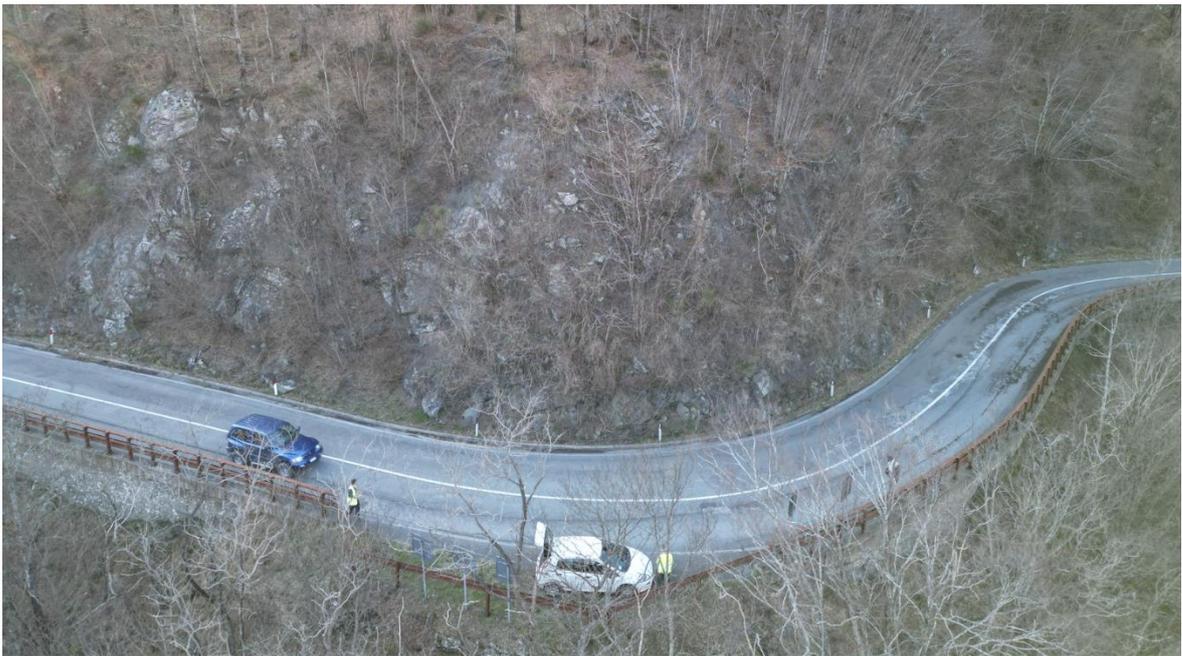




PROVINCIA DI AREZZO
Settore Viabilità Lavori Pubblici



PROGETTO DEFINITIVO

Prog 22-V103: Lavori di messa in sicurezza rete paramassi lungo la S.R. 71 Umbro Casentinese dal km 189+700 al km 198+950 in Comune di Bibbiena e Poppi - 1° e 2° stralcio
CUP I37H22002900001

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA

Codice: S22234-PD-RE-0002-0

REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
0	29/02/2024	P. Giacomini	F. Moruzzi	A. Mastrangelo
1				
2				



ENSER SRL
C.F./P.IVA/Registro Imprese RA 02058800398

WEB: www.enser.it
www.enser.fr

E-MAIL: ingegneria@enser.it
P.E.C.: ensersrl-ra@legalmail.it

SEDE PRINCIPALE
Viale A. Baccarini, 29/2
48018 Faenza (RA)
Tel. (+39) 0546 663423

SEDE DI BOLOGNA
Via E. Zacconi, 16
40127 Bologna (BO)
Tel. (+39) 051 245663

SEDE DI SANTARCANGELO
Via A. Costa, 115
47822 Santarcangelo di Romagna (RN)
Tel. (+39) 0546 663423

SUCCURSALE DI PARIGI
1 Rue de Stockholm
75008 Paris (France)
Tel. +33 (0)6 60688977



INDICE

1	PREMESSA	7
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
3	DOCUMENTAZIONE TECNICA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO.....	11
4	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	13
5	GEOLOGIA.....	15
5.1	ASSETTO GEOLOGICO REGIONALE	15
5.2	ASSETTO GEOLOGICO LOCALE.....	17
5.3	ASSETTO STRUTTURALE	20
6	GEOMORFOLOGIA.....	22
7	IDROGEOLOGIA.....	24
8	CARTOGRAFIA DELLA PERICOLOSITÀ E VINCOLI	25
8.1	INVENTARIO IFFI E PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME ARNO	25
8.1.1	PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME ARNO E INVENTARIO IFFI	30
8.2	PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO (PTC) DELLA PROVINCIA DI AREZZO	32
8.3	PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE (PSC) DELL'UNIONE DEI COMUNI MONTANI DEL CASENTINO	34
9	DISSESTI IN ATTO E POTENZIALI	35
10	SISMICITÀ	46
10.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	46
10.2	SISMICITÀ STORICA.....	52
10.3	SORGENTI SISMOGENETICHE.....	55
10.4	MAGNITUDO DI RIFERIMENTO.....	59
10.5	AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	60
10.5.1	Categoria di sottosuolo	60
10.5.2	Condizioni topografiche	61
10.5.3	Definizione dell'azione sismica	62
11	CONCLUSIONI	63

FIGURE

FIGURA 1-1: PLANIMETRIA DELL'AREA INTERESSATA DALLO STUDIO PRELIMINARE (IN ROSSO). CERCHIATA IN GIALLO L'AREA NEI PRESSI DELL'INTERVENTO OGGETTO DI PROGETTAZIONE, DENOMINATO Po.025. NON IN SCALA..... 7

FIGURA 1-2. UBICAZIONE PLANIMETRICA DELL'AREA INTERESSATA DALL'INTERVENTO Po.025. SCALA GRAFICA..... 8

FIGURA 4-1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL SITO (SCALA GRAFICA).	13
FIGURA 4-2. INQUADRAMENTO DEL TRATTO DI INTERESSE AI FINI DELL'ATTUALE FASE PROGETTUALE.	14
FIGURA 5-1. CARTA STRUTTURALE DELL'APPENNINO E DEL MAR TIRRENO. OR, LINEA ORTONA-ROCCAMONFINA; (1) ISOBATE DEL LIMITE PLIOCENE/QUATERNARIO AL DI SOTTO DELL'AVANFOSSA PADANA (LINEE TRATTEGGIATE CON I NUMERI CHE INDICANO I CHILOMETRI DI PROFONDITÀ); (2) FRONTE DELLA CATENA; (3) PRINCIPALI SOVRASCORRIMENTI POST-TORTONIANO; (4) FAGLIE NORMALI; (5) ANTIFORMI; (6) SINFORMI; (7) TREND REGIONALE DELLE STRUTTURE; (8), (9) VULCANISMO E CORPI INTRUSIVI. (DA VAI & MARTINI, 2001).	15
FIGURA 5-2. SCHEMA DELLE PRINCIPALI FASI DELL'EVOLUZIONE DELL'APPENNINO: (A) SITUAZIONE NEL TARDO GIURASSICO-CRETACEO; (B) FASE DEL CRETACEO SUPERIORE-PALEOCENE INFERIORE DI SUBDUZIONE "ALPINA" CON FORMAZIONE DEL CUNEO DI ACCREZIONE A DOPPIA VERGENZA DELLE LIGURIDI INTERNE; (C) EOCENE SUPERIORE, SUBDUZIONE OVEST-VERGENTE CHE GIUNGE FINO ALL'ACME DELLA COLLISIONE CONTINENTALE, SI DEPOSITANO LE ÈPILIGURI IN BACINI DI WEDGE-TOP; (D) SITUAZIONE ALL'OLIGOCENE INFERIORE IN CUI LE SUBLIGURIDI SONO STATE SOVRASCORSE ED IMPILATE NEL CUNEO DI ACCREZIONE. MODIFICATO DA CONTI ET AL. (2020). 16	
FIGURA 5-3. ESTRATTO MODIFICATO DELLA CARTA GEOLOGICA IN SCALA 1:10.000 DELLA REGIONE TOSCANA REDATTA PUBBLICATA NEL LUGLIO 2009. IN TRATTEGGIO GIALLO L'AREA DI INTERVENTO. NON IN SCALA.	18
FIGURA 5-4. ESTRATTO MODIFICATO DELLA CARTA GEOLOGICA IN SCALA 1:10.000 DELLA REGIONE TOSCANA DELL'AREA DI STUDIO DISPONIBILE SUL SERVIZIO INFORMATIVO DELLA REGIONE TOSCANA "GEOSCOPIO (HTTP://WWW502.REGIONE.TOSCANA.IT/GEOSCOPIO/GEOLOGIA.HTML#). IN TRATTEGGIO ROSSO L'AREA DI INTERVENTO. NON IN SCALA. 18	
FIGURA 5-5. STRUTTURA DELLE TORBIDITI IN UNA TIPICA SEQUENZA <i>THINNING UPWARD</i>	19
FIGURA 5-6. STRALCIO DELLA SEZIONE GEOLOGICA PASSANTE PER L'AREA DI STUDIO ESTRATTA DAL FOGLIO 107 DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA IN SCALA 1:100.000 IN CUI È POSSIBILE OSSERVARE L'IMPILAMENTO DELLE VARIE UNITÀ, TRA CUI LA MARNOSO ARENACEA (MA) E IL MACIGNO (MGC).	21
FIGURA 5-7. ESTRATTO DELLA SEZIONE B-B' DEL FOGLIO 265-BAGNO DI ROMAGNA DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50'000 (PROGETTO CARG). LA SEZIONE CORRE CIRCA 3 KM A NW DI BADIA PRATAGLIA E DESCRIVE IN ASSETTO GEOLOGICO ANALOGO A QUELLO PRESENTE NELL'AREA DI STUDIO. LA SCAGLIA TOSCANA (STO), CORRELABILE ALLE MARNE VARICOLORI DI VILLORE (MVV), COSTITUISCE IL LIVELLO DI SCOLLAMENTO E SCORRIMENTO DELL'UNITÀ TETTONICA FALTERONA SULLE UNITÀ TETTONICHE SOTTOSTANTI.	21
FIGURA 6-1. RIPRESA AEREA DA DRONE DELLA SCARPATA ROCCIOSA OGGETTO DI INTERVENTO (IN PRIMO PIANO). SULLO SFONDO UNA VISTA DEL CONTESTO MORFOLOGICO DELLA VALLE DEL TORRENTE ARCHIANO, CON IL TIPICO PROFILO A "V" E LA PRESENZA DI INCISIONI E DORSALI SECONDARIE CHE NE SOLCANO I RIPIDI VERSANTI.	22
FIGURA 6-2. MAPPA DELL'ACCLIVITÀ DELL'AREA DI STUDIO E DELLE SUE ADIACENZE. SCALA GRAFICA.	23
FIGURA 7-1. ESTRATTO MODIFICATO DELLA TAVOLA QC_B3Q5 "CARTA DELLE TEMATICHE IDROGEOLOGICHE" IN SCALA 1:10.000 DEL PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE DEI COMUNI DEL CASENTINO 2022 (NON IN SCALA). IN TRATTEGGIO GIALLO LA LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO.	24
FIGURA 8-1. ESTRATTO MODIFICATO DELLA "SCHEDE FRANA DI 1° LIVELLO – ID FRANA 0511051600" DELL'INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI ITALIANI (IFFI), A CURA DELL'ISPRA (SCALA GRAFICA). LA FRANA COINVOLGE PARZIALMENTE L'AREA DI INTERVENTO (IN TRATTEGGIO MAGENTA).	26
FIGURA 8-2. ESTRATTO MODIFICATO DAL WEBGIS DEL PORTALE IDROGEO (HTTPS://IDROGEO.ISPRAMBIENTE.IT/APP/IFFI/C/51015?HL=IT) CHE IDENTIFICA I PROCESSI FRANOSI CENSITI NELL'INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI ITALIANI (IFFI) NEI PRESSI DELL'AREA DI INTERVENTO (IN TRATTEGGIO MAGENTA) E DEFINISCE IL LIVELLO DI PERICOLOSITÀ DA FRANE; IN UN CONTESTO CARATTERIZZATO DA PERICOLOSITÀ MODERATA (P1), IN CORRISPONDENZA DELLE FRANE PER SCIVOLAMENTO CARTOGRAFATE NELL'IFFI, LA PERICOLOSITÀ È INVECE ELEVATA (P3).	27

FIGURA 8-3. ESTRATTO DELLA CARTOGRAFIA “PAI FRANE NEL BACINO DELL’ARNO - PERIMETRAZIONE DELLE AREE CON PERICOLOSITÀ DA FRANA E PERIMETRAZIONE DELLE AREE CON PROPENSIONE AL DISSETO” AGGIORNATO AL MOMENTO DELLA REDAZIONE DELLA PRESENTE RELAZIONE (FEBBRAIO 2024). SCALA GRAFICA.....	29
FIGURA 8-4 ESTRATTO DELLA PERIMETRAZIONE DEI PROCESSI FRANOSI IDENTIFICATI NELL'INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI ITALIANI (IFFI), A CURA DELL'ISPRA (SCALA GRAFICA). IN TRATTEGGIO ROSSO LA LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO	31
FIGURA 8-5: ESTRATTO DELLA “PERIMETRAZIONE DELLE AREE CON PERICOLOSITÀ DA FRANA DERIVANTE DALL’INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI DEL BACINO DEL FIUME ARNO - LIVELLO DI DETTAGLIO IN SCALA 1:10.000” (ESTRATTO IN SCALA GRAFICA). IN TRATTEGGIO ROSSO LA LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO.	32
FIGURA 8-6. ESTRATTO MODIFICATO DELLA TAVOLA QC.14D “PRINCIPALI VINCOLI SOVRAORDINATI. GEOMORFOLOGICI DEI PAI”. IN TRATTEGGIO MAGENTA L’AREA DI INTERVENTO. NON IN SCALA.	33
FIGURA 8-7. ESTRATTO MODIFICATO DELLA TAVOLA QC.14B “PRINCIPALI VINCOLI SOVRAORDINATI AMBIENTALI”. IN TRATTEGGIO MAGENTA L’AREA DI INTERVENTO. NON IN SCALA.	33
FIGURA 8-8: ESTRATTO MODIFICATO DELLA TAVOLA QC_B2Q5 “CARTA GEOMORFOLOGICA” IN SCALA 1:10.000 DEL PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE DEI COMUNI DEL CASENTINO 2022 (NON IN SCALA). IN TRATTEGGIO GIALLO LA LOCALIZZAZIONE DELL’AREA DI STUDIO.....	34
FIGURA 9-1: RIPRESA AEREA LATERALE DELLA PORZIONE MERIDIONALE DELLA SCARPATA OGGETTO DI INTERVENTO. QUI L’ALTEZZA DELLA STESSA RAGGIUNGE I 20 M CIRCA. L’ACCLIVITÀ, VARIABILE, SUPERA I 60-70° IN CORRISPONDENZA DEI FRONTI ROCCIOSI. ...	36
FIGURA 9-2: INDIVIDUAZIONE DELLA PENDENZA MEDIA DI CIASCUN SETTORE IN CUI SI È SUDDIVISA LA SCARPATA.	36
FIGURA 9-3: INDIVIDUAZIONE DEGLI SPESSORI DI AMMASSO SUPERFICIALE INSTABILE PER CIASCUN SETTORE IN CUI SI È SUDDIVISA LA SCARPATA.	37
FIGURA 9-4: DETTAGLIO DI UN SETTORE IN CUI L’AMMASSO ROCCIOSO PERVASO DA FRATTURAZIONE A SPAZIATURA DECIMETRICA. I BLOCCHI UNITARI RAGGIUNGONO AL MASSIMO POCHÉ DECINE DI LITRI DI VOLUME.....	38
FIGURA 9-5: DETTAGLIO DELLO SPERONE ROCCIOSO SEDE DELL’INTERVENTO Po.025-9, CARATTERIZZATO DA FRATTURAZIONE A SPAZIATURA DECIMETRICA CHE INTERESSA UNO SPESSORE DI CIRCA 3 M, ESTRUSO RISPETTO ALLA TOPOGRAFIA CIRCOSTANTE, POGGIANTE SU UNA SUPERFICIE A FRANAPOGGIO INCLINATA A CIRCA 60°, PER IL QUALE È PREVISTO L’ABBATTIMENTO MEDIANTE MEZZI MECCANICI. AL DI SOTTO DELLA SUPERFICIE A FRANAPOGGIO VIENE IPOTIZZATA LA PRESENZA DI UN ULTERIORE SPESSORE INSTABILE DI CIRCA 1 M.	38
FIGURA 9-6: RIPRESA AEREA FRONTALE DELLA PORZIONE SUD DELLA SCARPATA OGGETTO DI INTERVENTO. SONO TRACCIATI I LIMITI DEGLI INTERVENTI INDIVIDUABILI IN FIGURA 9-2. SI LO SPERONE ROCCIOSO SUDDIVISO IN GROSSI BLOCCHI OGGETTO DELL’INTERVENTO Po.025-13, DEL QUALE SI FORNISCE UN DETTAGLIO IN FIGURA 9-8.....	39
FIGURA 9-7: RIPRESA AEREA FRONTALE DELLA PORZIONE IMMEDIATAMENTE A SUD DELLA CURVA PRINCIPALE DELLA SCARPATA OGGETTO DI INTERVENTO. SONO TRACCIATI I LIMITI DEGLI INTERVENTI INDIVIDUABILI IN FIGURA 9-2.SI NOTI IL GROSSO VOLUME ISOLATO (>5 M ³) PRESENTE IN TESTA ALLO SPERONE ROCCIOSO POSTO AL CENTRO DELL’INTERVENTO Po.025-05 DEL QUALE VIENE FORNITA UNA VISTA DAL BASSO IN FIGURA 9-9.....	39
FIGURA 9-8: DETTAGLIO DEL FRONTE ROCCIOSO (CIRCA 200 M ³) OGGETTO DELL’INTERVENTO Po.025-13. LA FRATTURAZIONE CON SPAZIATURA DA PLURIDECIMETRICA A METRICA DEFINISCE VOLUMI UNITARI MODALI DELL’ORDINE DEGLI 0.2 M ³ E BLOCCHI MASSIMI FINO A 3-4 M ³ . LO SPESSORE INSTABILE IPOTIZZATO È PARI A 2.5 M E QUESTO POTREBBE ESSERE IN PARTE ISOLATO DAL RETROSTANTE AMMASSO ROCCIOSO PER MEZZO DI UNA SUPERFICIE (O DI PIÙ SUPERFICI CONIUGATE) A FRANAPOGGIO.	40
FIGURA 9-9: DETTAGLIO DELLO SPERONE ROCCIOSO OGGETTO DELL’INTERVENTO Po.025-15. LA FRATTURAZIONE CON SPAZIATURA DA PLURIDECIMETRICA A METRICA DEFINISCE VOLUMI UNITARI MODALI DELL’ORDINE DEGLI 0.2 M ³ E BLOCCHI MASSIMI FINO A 5 M ³ . LO SPESSORE INSTABILE IPOTIZZATO È PARI A 1.5 M. L’INTERO SPERONE PARE SVINCOLATO DAL RETROSTANTE AMMASSO ROCCIOSO DA UNA SUPERFICIE AD ALTO ANGOLO SUBPARALLELA ALLA SCARPATA.	40

FIGURA 9-10: NICCHIE DI DISTACCO PREGRESSE IN CORRISPONDENZA DEL CIGLIO DELLA SCARPATA (FRECCIA GIALLA) E CONSEGUENTE RIEMPIMENTO DETRITICO A TERGO DEL RIVESTIMENTO (FRECCIA NERA). IN CASO DI CEDIMENTO DELLA RETE VERREBBERO MOBILIZZARE DECINE DI METRI CUBI DI MATERIALE CON ANCHE LA PRESENZA, NON RARA, DI VOLUMI UNITARI BEN SUPERIORI.	41
FIGURA 9-11: ALTRO ESEMPIO DI NICCHIE DI DISTACCO PREGRESSE IN CORRISPONDENZA DEL CIGLIO DELLA SCARPATA (FRECCIA GIALLA) E CONSEGUENTE RIEMPIMENTO DETRITICO A TERGO DEL RIVESTIMENTO (FRECCIA NERA).	42
FIGURA 9-12: LO SPERONE ROCCIOSO DEL Po.025-9, GIÀ ILLUSTRATA NELLA FIGURA 9-5, PER IL QUALE È PREVISTO L'ABBATTIMENTO CON MEZZI MECCANICI, CON EVIDENZIATA LA SUPERFICIE A FRANAPOGGIO INCLINATA CIRCA 60° CHE ISOLA L'INTERO SPERONE DALL'AMMASSO ROCCIOSO RETROSTANTE. NEL CASO DI UNA MOBILIZZAZIONE SIMULTANEA PER SCIVOLAMENTO, SAREBBE DA ATTENDERSI UN VOLUME COMPLESSIVO DELL'EVENTO DI CIRCA 80 M ³	43
FIGURA 9-13: PLANIMETRIA DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO RELATIVI AL Po.025, CON RIPORTATE IN AGGIUNTA LE BARRIERE PARAMASSI PROPOSTE PRELIMINARMENTE NELL'AMBITO DELLO "STUDIO PRELIMINARE AI FINI DELLA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA CADUTA MASSI". L'ESTENSIONE VERSO MONTE DELL'INTERVENTO Po.025 (NELLE SUE SUDDIVISIONI) TERMINA IN CORRISPONDENZA DELLO STENDIMENTO DELLE CITATE BARRIERE PARAMASSI.	44
FIGURA 9-14: SUDDIVISIONE ABOZZATA SU FOTO AEREA DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO RELATIVI AL Po.025, CON RIPORTATE IN AGGIUNTA LE BARRIERE PARAMASSI PROPOSTE PRELIMINARMENTE NELL'AMBITO DELLO "STUDIO PRELIMINARE AI FINI DELLA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA CADUTA MASSI". L'ESTENSIONE VERSO MONTE DELL'INTERVENTO Po.025 (NELLE SUE SUDDIVISIONI) TERMINA IN CORRISPONDENZA DELLO STENDIMENTO DELLE CITATE BARRIERE PARAMASSI.	45
FIGURA 10-1: L'ALLEGATO 2 ALLA DEL. GRT N.421 DEL 26-05-2014. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELLA REGIONE TOSCANA. 47	
FIGURA 10-2: MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA ESPRESSA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE MASSIMA DEL SUOLO (A_{MAX}) CON PROBABILITÀ DI ECCEDENZA DEL 10% IN 50 ANNI RIFERITA A SUOLI MOLTO RIGIDI ($V_{S30}>800$ M/S) – DA INGV.	48
FIGURA 10-3: FIGURA 21: STORIA SISMICA DEL COMUNE DI BIBBIENA [43.697, 11.816].	55
FIGURA 10-4: SORGENTI SIMOGENETICHE CONTENUTE NELLA NUOVA VERSIONE DEL "DATABASE OF POTENTIAL SOURCES FOR EARTHQUAKES LARGER THAN M 5.5 IN ITALY" PER L'AREA IN OGGETTO (INDICATA IN TRATTEGGIO GIALLO).	56
FIGURA 10-5: QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SIMOGENETICA COMPOSITA MUGELLO-CITTA' DI CASTELLO-LEONESSA (ITCS037). 57	
FIGURA 10-6: QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SIMOGENETICA COMPOSITA BORE-MONTEFELTRO-FABRIANO-LAGA (ITCS027). 57	
FIGURA 10-7: QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SIMOGENETICA COMPOSITA CASTEL SAN PIETRO TERME-MELDOLA (ITCS001). 58	
FIGURA 10-8: QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SIMOGENETICA COMPOSITA RIMINESE ONSHORE (ITCS039).	58
FIGURA 10-9: ZONE SIMOGENETICHE PER LA MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DI RIFERIMENTO	59
FIGURA 10-10: VALORI DI M_{WMAX} PER LE ZONE SIMOGENETICHE DI ZS9	60

1 PREMESSA

Il presente documento fa parte del Progetto Definitivo del **1° e 2° stralcio di interventi di mitigazione del rischio idrogeologico** nell'ambito dell'incarico di redazione del Progetto Definitivo e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione per "Lavori di messa in sicurezza rete paramassi lungo la S.R. 71 Umbro Casentinese dal km 189+700 al km 198+950 in Comune di Bibbiena e Poppi - 1° stralcio e 2° stralcio CUP I37H22002900001".

Il presente Progetto Definitivo dà seguito allo Studio Preliminare ai fini della valutazione della pericolosità da caduta massi (Rif. [21], Rif. [22] e Rif. [23]) lungo la tratta stradale di interesse, consegnato nel febbraio 2024 da ENSER srl alla committente Provincia di Arezzo - Settore Viabilità Lavori Pubblici.

La tratta stradale, nonché l'area a monte della stessa, indagata ai fini della valutazione della pericolosità da caduta massi è individuabile in Figura 1-1.



Figura 1-1: Planimetria dell'area interessata dallo Studio Preliminare (in rosso). Cerchiata in giallo l'area nei pressi dell'intervento oggetto di progettazione, denominato Po.025. Non in scala.

Tale studio individua, lungo tutta la tratta di interesse le aree di potenziale distacco di blocchi e gli interventi di mitigazione esistenti e definisce una proposta di interventi areali (consolidamenti, rafforzamenti corticali, rivestimenti in rete semplice, abbattimenti e disgaggi) e lineari (barriere paramassi) volti alla completa messa in sicurezza della viabilità nei confronti della caduta massi. Agli oltre 120 interventi proposti, è stato attribuito un grado di priorità variabile da 1 (priorità massima) a 5 (priorità minima). Tra gli interventi in priorità massima, il gestore dell'infrastruttura ha individuato l'intervento denominato Po.025 come quello per il quale procedere alla redazione del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica e del Progetto Definitivo. Trattasi di un intervento di rafforzamento corticale lungo la scarpata stradale in roccia affiorante.

L'area interessata dall'intervento Po.025 si colloca lungo una scarpata stradale alta 15-20 m, a monte della tratta compresa tra le Pk 191+300 e 191+500 circa, nel Comune di Bibbiena (AR). L'ubicazione planimetrica di dettaglio è visibile in Figura 1-2.

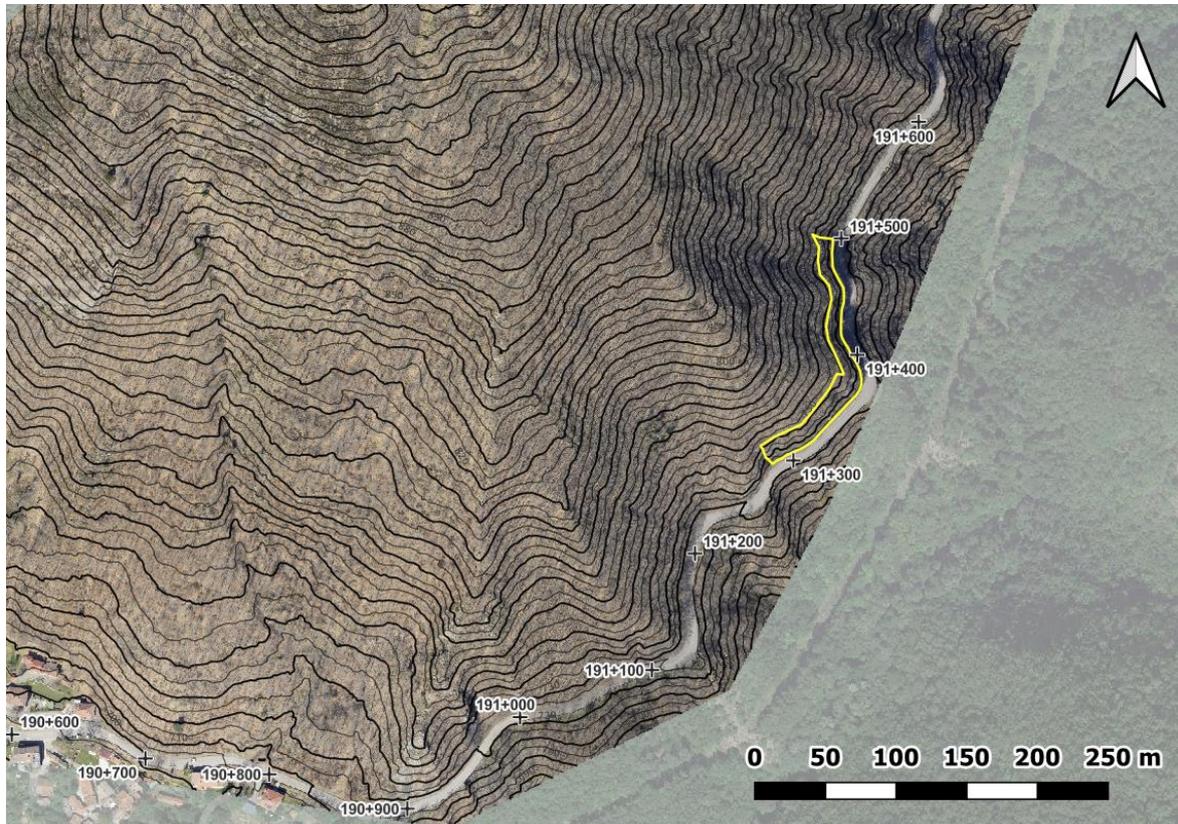


Figura 1-2. Ubicazione planimetrica dell'area interessata dall'intervento Po.025. Scala grafica

L'intervento, in particolare, prevede le seguenti lavorazioni:

- Pulizia della scarpata dalla vegetazione arbustiva e arborea (diametri per lo più inferiori ai 10 cm);
- Rimozione della rete semplice a doppia torsione che attualmente riveste la parete (opera esistente identificata nello studio preliminare col codice PoE.21);
- Disgaggio e rimozione dei blocchi maggiormente instabili, anche tramite abbattimento e demolizione meccanica, e trasporto del materiale di risulta a discarica autorizzata;
- Installazione di un rafforzamento corticale formato da rete metallica a doppia torsione, armata con funi e ancoraggi in barre d'acciaio a costituire una maglia quadrata.

La progettazione è stata svolta ai sensi della vigente normativa, in particolare le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) di cui al DM 14/01/2018 e la UNI 11211-4:2018: "Opere di difesa dalla caduta massi. Parte4: Progetto Definitivo ed esecutivo".

La progettazione è stata sviluppata secondo i seguenti passi:

- rilievi topografici e fotogrammetrici dell'area mediante droni;
- rilevamenti ed ispezioni dirette in sito eseguite da geologi ed ingegneri;
- selezione delle tipologie di intervento per lo specifico sito in oggetto e per le specifiche problematiche di dissesti rilevati;

- definizione dei criteri di calcolo e dimensionamento di massima delle opere;
- produzione degli elaborati.

Il presente documento sintetizza le informazioni di carattere geologico, geomorfologico e sismico riguardo il tratto compreso tra la km 191+300 e il tratto 191+500, ed è articolato come segue:

- inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'area;
- descrizione dello stato dei luoghi con individuazione dei dissesti in atto e potenziali;
- individuazione dei vincoli territoriali in essere;
- inquadramento e caratterizzazione sismica del sito;
- giudizio finale di fattibilità geologica.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Rif. [1] D.M. 17/01/2018, aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".
- Rif. [2] Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21/01/2019, n.7 recante "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018".
- Rif. [3] O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche ed integrazioni.
- Rif. [4] O.P.C.M. 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".
- Rif. [5] Deliberazione Giunta Regione Toscana n. 421 del 26/05/2014: "Aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012, recante "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519 /2006 ed ai sensi del D.M. 14.01.2008 - Revoca della DGRT 431/2006" e cessazione di efficacia dell'elenco dei Comuni a Maggior Rischio Sismico della Toscana (DGRT 841/2007)".
- Rif. [6] R.D.L. n. 3267 del 30/12/1923 "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani".
- Rif. [7] Raccomandazioni AGI giugno 1977 "Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".
- Rif. [8] UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- Rif. [9] UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.

3 DOCUMENTAZIONE TECNICA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- Rif. [10] Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Linee guida per la presentazione dei progetti per l’esame e parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, novembre 2019;
- Rif. [11] PGRA: “Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell’Appennino Settentrionale” approvato con DPCM del 26 ottobre 2016 e pubblicato in Gazzetta Ufficiale n. 28 del 3 febbraio 2017.
- Rif. [12] PSAI: “Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del fiume Arno”; (Delibera del Comitato Istituzionale n. 185 del 15 febbraio 2005);
- Rif. [13] Progetto di Piano – PAI “Dissesti Geomorfologici”, in applicazione dell’art.3 della Delibera CIP n. 20 del 20.12.2019 dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale,
- Rif. [14] PTC: “Piano Territoriale di Coordinamento” della Provincia di Arezzo, approvato Deliberazione del Consiglio Provinciale n°29 del 25/06/2021;
- Rif. [15] Piano Strutturale Intercomunale del Casentino, adottato con Delibera di Giunta dell’Unione dei Comuni montani del Casentino n. 89 dello 06/10/2023;
- Rif. [16] Hammerstein, James & Di Cuia, Raffaele & Cottam, Michael & Zamora Valcarce, Gonzalo & Butler, R.W.H. (2020); Fold and thrust belts; structural style, evolution and exploration: an introduction. 10.1144/SP490-2020-81.
- Rif. [17] Vannucchi P., Bettelli G. (2002); Mechanisms of subduction accretion as implied from the broken formations in the Apennines, Italy. *Geology* 2002; 30 (9): 835–838. doi: [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2002\)030<0835:MOSAAI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2002)030<0835:MOSAAI>2.0.CO;2)
- Rif. [18] Ricci Lucchi F. (1990); Turbidites in foreland and on-thrust basins of the northern Apennines, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Volume 77, Issue 1, 887651990, Pages 51-66, ISSN 0031-0182, [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(90\)90098-R](https://doi.org/10.1016/0031-0182(90)90098-R).
- Rif. [19] Scrocca D., Carminati E., Doglioni C., Marcantoni D. (2007); Slab Retreat and Active Shortening along the Central-Northern Apennines. In: Lacombe O., Roure F., Lavé J., Vergés, J. (eds) *Thrust Belts and Foreland Basins. Frontiers in Earth Sciences*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69426-7_25
- Rif. [20] Note Illustrative della Carta geologica d’Italia alla scala 1:50’000 – Foglio 265 - Bagno di Romagna
- Rif. [21] S22234-CT-RE-001-0_Relazione Tecnica Illustrativa, redatta dalla scrivente Enser srl nell’ambito dello “Studio preliminare ai fini della valutazione della pericolosità da caduta massi” – CUP I37H22002900001 – CIG 97057638FF
- Rif. [22] S22234-CT-TV-002-0_A0_Stato di Fatto_TAV02, redatta dalla scrivente Enser srl nell’ambito dello “Studio preliminare ai fini della valutazione della pericolosità da caduta massi” – CUP I37H22002900001 – CIG 97057638FF

Rif. [23] S22234-CT-TV-010-0_A0_Stato di Progetto_TAV02, redatta dalla scrivente Enser srl nell'ambito dello "Studio preliminare ai fini della valutazione della pericolosità da caduta massi" – CUP I37H22002900001 – CIG 97057638FF

4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio è situata nella porzione settentrionale della Provincia di Arezzo, lungo le pendici sud-orientali del Monte Tramignone, parte dell'Appennino Tosco-Romagnolo, tra i Comuni di Poppi e Bibbiena (AR).

L'oggetto di studio è il versante che costeggia la SR 71 "Umbro-Casentinese-Romagnola" nel segmento compreso tra la Pk 189+700 e la Pk 198+950, ossia da poco a valle del Passo dei Mandrioli, a nord-est, sino al ponte sul Fosso di Serravalle, a sud-ovest. In particolare, il presente elaborato tecnico è riferibile al segmento stradale compreso tra la pk 191+300 e 191+500.



Figura 4-1. Inquadramento geografico del sito (scala grafica).

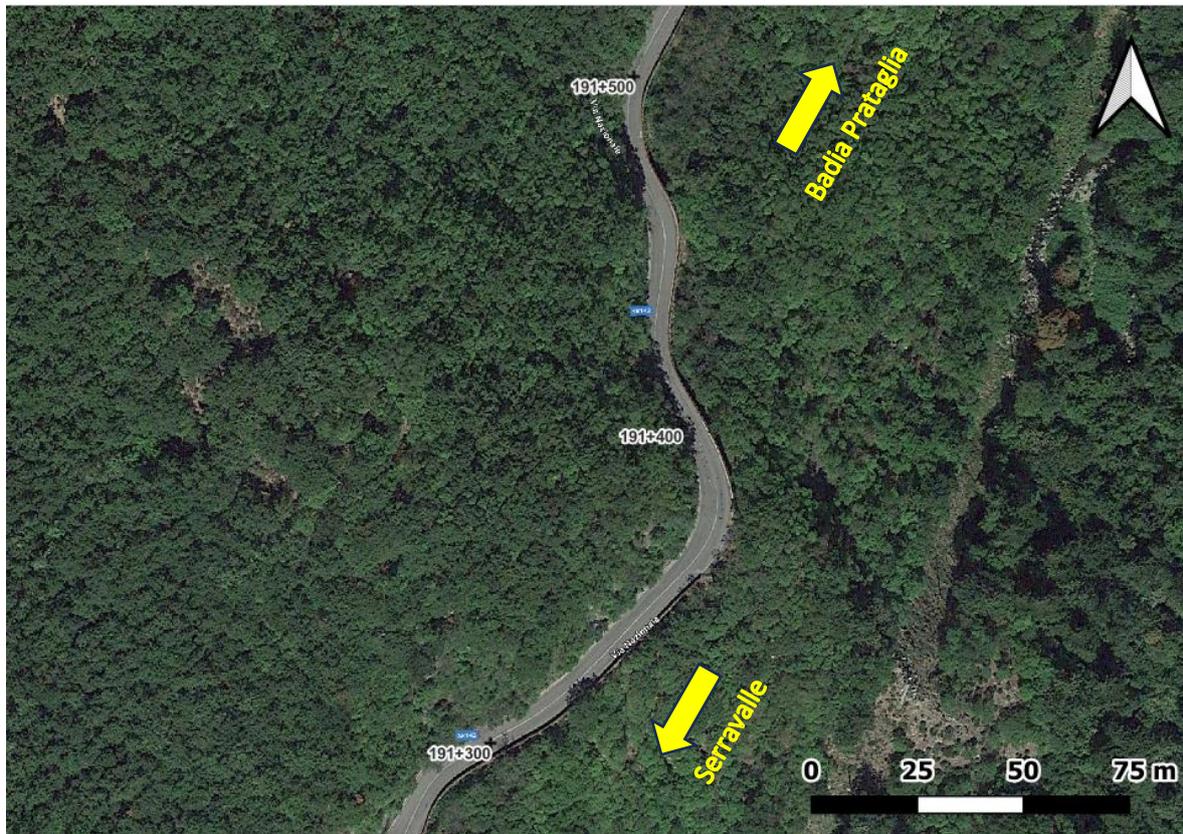


Figura 4-2. Inquadramento del tratto di interesse ai fini dell'attuale fase progettuale.

5 GEOLOGIA

5.1 ASSETTO GEOLOGICO REGIONALE

L'Appennino settentrionale è una catena orogenica di tipo *fold and thrust* (*sensu Hammerstein et al 2020*), sviluppatasi principalmente nel terziario a seguito della convergenza e collisione tra la placca europea (blocco Sardo-Corso) e la microplacca Adria, estensione settentrionale della placca africana (*Vannucchi et al., 2002*).

La rotazione del blocco di pertinenza europea (Sardo-Corso), ha comportato la progressiva chiusura dell'oceano ligure-piemontese interposto tra le placche e l'impilamento di falde tettoniche appartenenti a domini strutturali/paleogeografici meso-cenozoici molto diversi: il Dominio ligure di pertinenza oceanica, il Dominio sub-ligure sviluppato dalla consunzione della crosta africana assottigliata, e il Dominio tosco-umbro di pertinenza adriatico-padana. A partire dall'Eocene medio sulle unità liguri già tettonizzate si imposta la sedimentazione delle unità che costituiranno il Dominio epiligure (Figura 5-2 a, b).

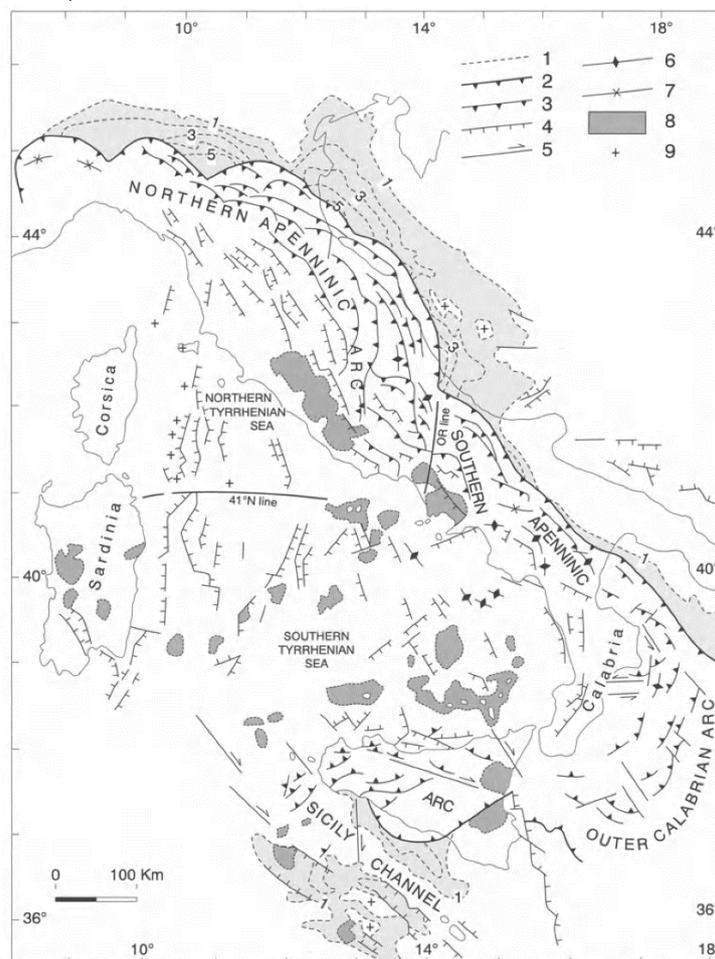


Figura 5-1 Carta strutturale dell'Appennino e del Mar Tirreno. OR, Linea Ortona-Roccamonfina; (1) isobate del limite Pliocene/Quaternario al di sotto dell'avanfossa padana (linee tratteggiate con i numeri che indicano i chilometri di profondità); (2) fronte della catena; (3) principali sovrascorrimenti post-Tortoniano; (4) faglie normali; (5) antiformi; (6) sinformi; (7) *trend* regionale delle strutture; (8), (9) vulcanismo e corpi intrusivi. (da Vai & Martini, 2001).

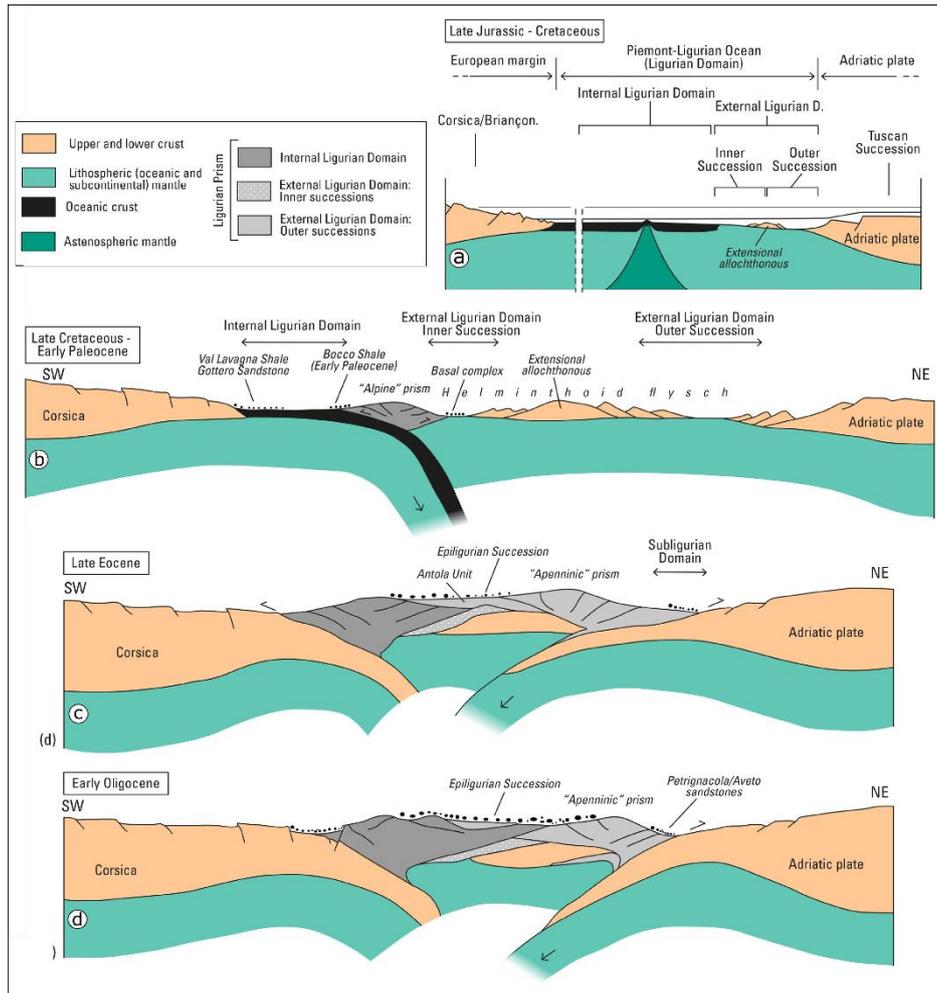


Figura 5-2 Schema delle principali fasi dell'evoluzione dell'Appennino: (a) situazione nel tardo Giurassico-Cretaceo; (b) fase del Cretaceo superiore-Paleocene inferiore di subduzione "alpina" con formazione del cuneo di accrezione a doppia vergenza delle Liguridi interne; (c) Eocene superiore, subduzione ovest-vergente che giunge fino all'acme della collisione continentale, si depositano le Epiliguri in bacini di wedge-top; (d) situazione all'Oligocene Inferiore in cui le Subliguridi sono state sovrascorse ed impilate nel cuneo di accrezione. Modificato da Conti et al. (2020).

Le principali fasi deformative che hanno portato alla formazione del prisma di accrezione ligure, denominate nel complesso "fase ligure" (o mesoalpina), terminano nell'Eocene medio (Figura 5-2c) con l'inizio della deposizione (sin- e post-tettonica) della Successione Epiligure, che continuerà fino al Miocene superiore. Queste unità semi-alloctone poco deformate, note in letteratura "bacini satellite" (Ricci Lucchi, 1990), composte da corpi torbidity fino a depositi di mare basso, si depositano in discordanza sul "dorso" del cuneo di accrezione in movimento verso E-NE. Questi bacini risentono fortemente della tettonica sin-sedimentaria e, in particolare, della presenza di lineamenti trasversali alla catena.

A partire dal Burdigaliano (Miocene inferiore), si assiste al graduale spostamento del fronte compressivo appenninico verso le porzioni più esterne e all'instaurarsi di un regime estensionale nella parte più interna (occidentale) della catena direttamente correlato all'apertura del Mar

Tirrenico (*Scrocca et al., 2007*). Questa fase di estensione tettonica determina la formazione di bacini sedimentari con allungamento NO-SE.

Nelle fasi evolutive tardo neogeniche-quadernarie la catena emerge definitivamente come testimoniato dal graduale passaggio ad una sedimentazione di tipo continentale tra il Pliocene e il Pleistocene medio, e dall'*uplift* registrato dai terrazzi quadernari. In definitiva la strutturazione dell'Appennino settentrionale risulta strettamente connessa da un lato all'evoluzione estensionale del Mediterraneo occidentale e dall'altro al contemporaneo sotto-scorrimento del basamento padano-adriatico e delle coperture meso-cenozoiche al di sotto di quello ligure-toscano. Queste dinamiche hanno portato alla definizione di un quadro lito-stratigrafico e tettonico complesso che vede le unità tettoniche liguri e subliguri, con sovrapposte stratigraficamente le formazioni epiliguri, a costituire una estesa coltre alloctona che a partire dal Miocene inferiore si accavalla via via sugli altri domini (quelli toscani e umbro marchigiani) sino al margine padano dell'Appennino. Il fronte della catena, sepolto dai sedimenti quadernari padano-adriatici e deformato dai vari sistemi di pieghe e sovrascorrimenti si sviluppa nel Pliocene e nel Pleistocene.

5.2 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

In riferimento alla Carta Geologica in Scala 1:10.000 della Regione Toscana, ossia la cartografia geologica della zona alla migliore risoluzione disponibile, sono state consultate due diverse versioni: una datata a luglio 2009 (Figura 5-3) e una scaricata al momento della redazione del presente documento direttamente al sito <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html#> e dunque da ritenersi la più aggiornata (Figura 5-4).

Dall'analisi delle citate cartografie si evince come l'ammasso roccioso costituente i versanti lungo i quali si sviluppa l'area di studio siano appartenenti alla Formazione di Monte Falterona (FAL), nota in letteratura anche come Macigno, Macigno del Chianti, Macigno B o Macigno del Falterona.

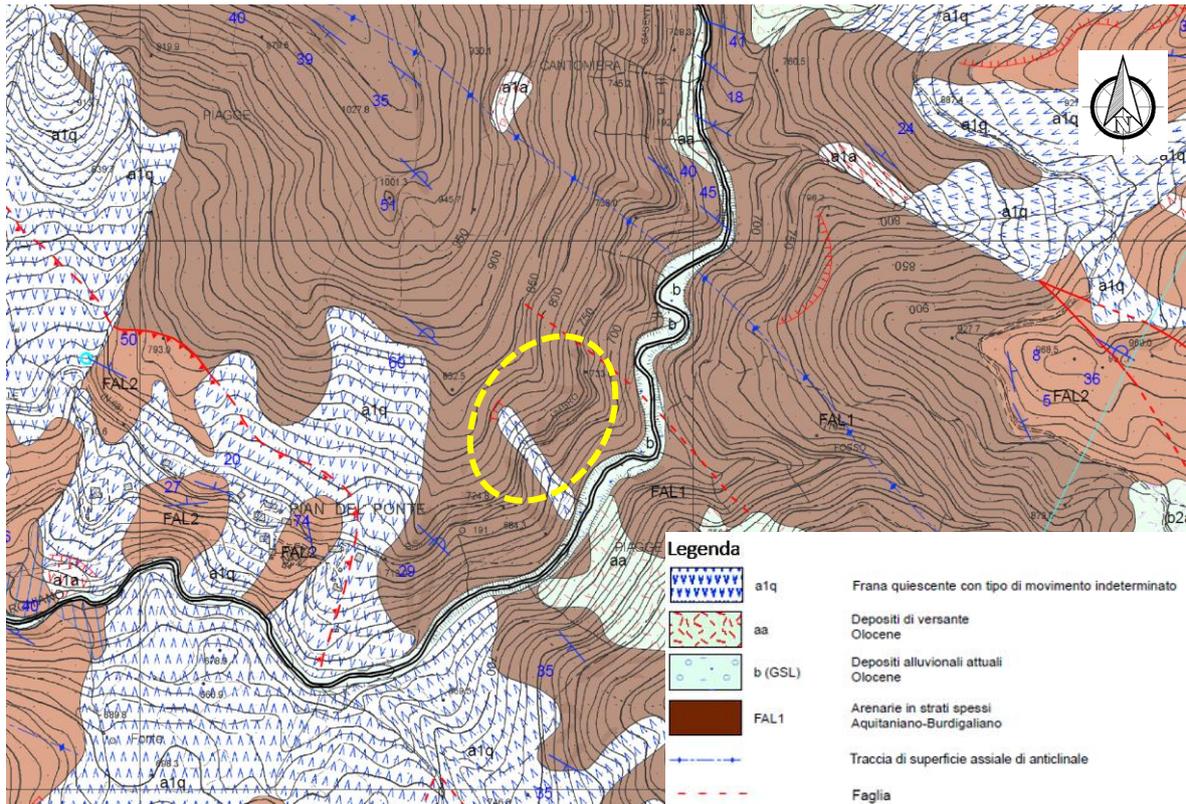


Figura 5-3: Estratto modificato della Carta Geologica in Scala 1:10.000 della Regione Toscana redatta pubblicata nel luglio 2009. In tratteggio giallo l'area di intervento. Non in scala.



Figura 5-4: Estratto modificato della Carta Geologica in Scala 1:10.000 della Regione Toscana dell'area di studio disponibile sul servizio informativo della Regione Toscana "Geoscopio" (<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html#>). In tratteggio rosso l'area di intervento. Non in scala.

Come descritto all'interno CATALOGO DELLE FORMAZIONI DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50'000, il "Macigno" appartiene al dominio strutturale della Falda Toscana, di cui costituisce la porzione sommitale. Nello specifico, FAL costituisce una potente successione terrigena (con spessore fino a circa 3000 metri), composta prevalentemente da depositi arenacei nella porzione inferiore, arenaceo-pelitici nella parte intermedia e pelitici nella parte superiore. Le arenarie sono gradate generalmente da medie a molto fini, mentre il rapporto A/P diminuisce verso l'alto. Al tetto dei livelli arenitici le peliti sono grigie e laminate; nelle successioni meno arenacee sopra le peliti laminate sono frequenti marne siltose grigie e compatte l'età della formazione è attribuibile all'Oligocene superiore-Miocene inferiore.

La sequenza descritta ha configurazione *thinning upward* e genesi relativa a rimobilizzazione di sedimenti litorali e deltizi in ambiente sottomarino. Questo processo avveniva ad opera di terremoti o tempeste marine che innescavano frane sottomarine lungo il margine della piattaforma continentale causando l'attivazione di correnti di torbida che trasportavano sedimento, per lo più in sospensione, anche per decine di km prima di depositarlo all'interno del bacino di avanfossa (mare profondo). Questo tipo di processo sedimentario è conosciuto in letteratura con il nome di "torbidite" (Ricci Lucchi, 1980); in Figura 5-5 viene proposto uno schema esemplificativo della struttura dei depositi connessi ad una corrente di torbida.

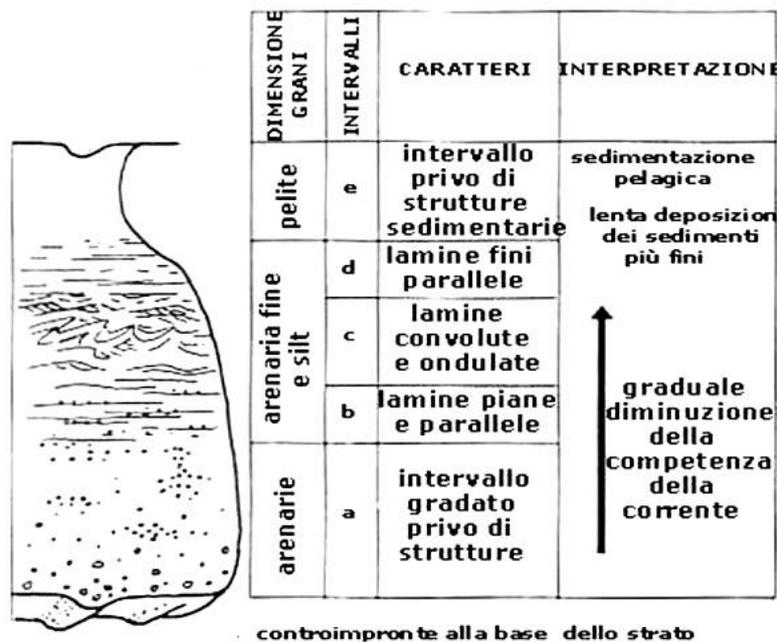


Figura 5-5. Struttura delle torbiditi in una tipica sequenza *thinning upward*.

Nell'area di studio affiora il membro inferiore della Formazione; ovvero il Membro di Monte Falco (FAL1).

Formazione del Monte Falterona- Membro di Monte Falco: arenarie grigie e grigio-verdi in strati spessi e molto spessi (Figura 5-1 e Figura 5-2), frequentemente amalgamati, con base grossolana, talora microconglomeratica. La pelite è quasi assente. Lo spessore degli strati diminuisce verso l'alto.

Il limite inferiore è tettonico sulla porzione più interna della Formazione Marnoso Arenacea (FMA) o tettonizzato sulla scaglia toscana (STO).

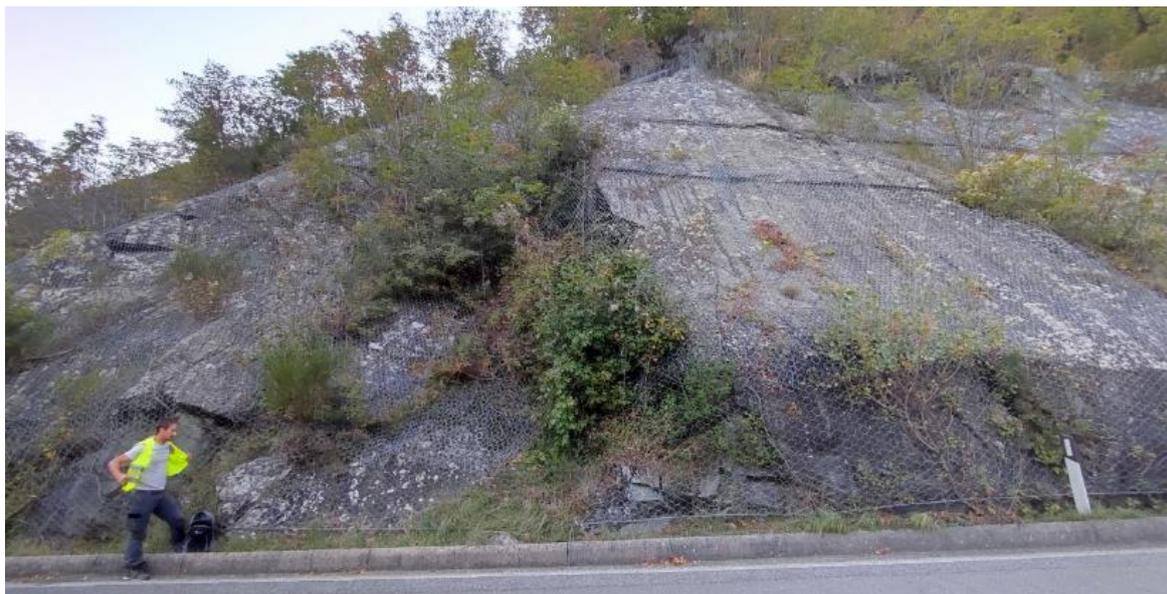


Figura 5-1. Strati pluridecimetri (prossimi al metro) in assetto a franapoggio ascrivibili al Membro di Monte Falco (FAL1).



Figura 5-2. Scarpata rocciosa (FAL1) in assetto a traverpoggio. Gli strati hanno potenza pluridecimetrica (talora superiore al metro).

5.3 ASSETTO STRUTTURALE

Da un punto di vista strutturale, il settore di interesse è caratterizzato dalla presenza di una serie di pieghe su scala regionale e sovrascorrimenti con direzione appenninica (NW-SE) e vergenza NE, in cui le unità alloctone della falda Toscana si accavallano fino quasi ai crinali appenninici al di sopra della Formazione della Marnoso Arenacea (autoctono). L'intera catena è pervasa da una serie di faglie con direzione appenninica e antiappenninica che complicano l'assetto geometrico/strutturale dell'orogene, condizionando la morfologia dei versanti.

In Figura 5-6 e Figura 5-7 si riportano due sezioni geologiche di riferimento, la Sez. IV estratta dal foglio 107 - "Monte Falterona" della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in sc. 1:100.000 e la Sez. B-B' del foglio 265 - "Bagno di Romagna" della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in sc. 1:50.000.

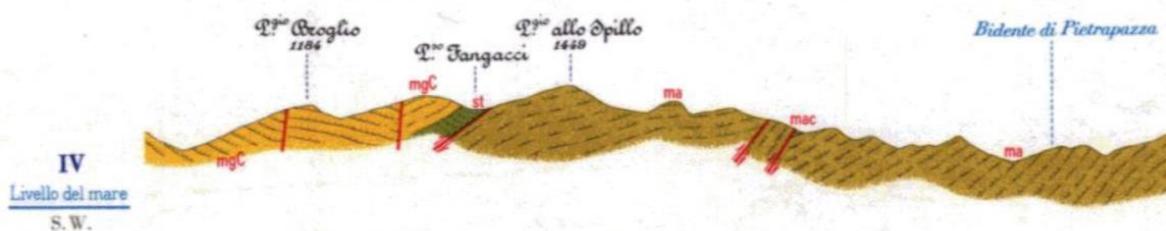


Figura 5-6 Stralcio della sezione geologica passante per l'area di studio estratta dal foglio 107 della Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 in cui è possibile osservare l'impilamento delle varie unità, tra cui la Marnoso Arenacea (ma) e il Macigno (mgC).

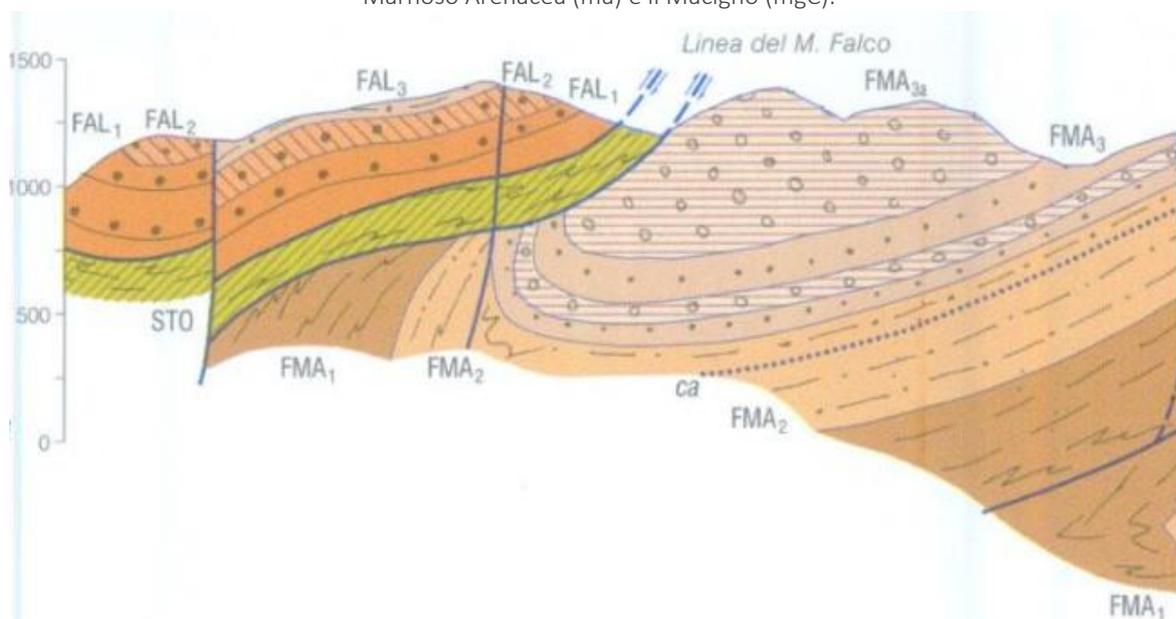


Figura 5-7. Estratto della Sezione B-B' del Foglio 265-Bagno di Romagna della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50'000 (progetto CARG). La sezione corre circa 3 km a NW di Badia Prataglia e descrive in assetto geologico analogo a quello presente nell'area di studio. La Scaglia Toscana (STO), correlabile alle Marne Varicolori di Villore (MVV), costituisce il livello di scollamento e scorrimento dell'Unità tettonica Falterona sulle unità tettoniche sottostanti

Come si evince dall'estratto della Carta Geologica in Scala 1:10.000 della Regione Toscana riportato in Figura 5-3, presso il limite nord dell'area di intervento è mappata una faglia incerta ad orientazione appenninica (NW-SE). Tale elemento tettonico non compare nelle cartografie più recenti (Figura 5-4).

Vengono riportati invece, in tutte le cartografie geologiche consultate, il sovrascorrimento e l'asse di anticlinale, rispettivamente a S-W e N-E dell'area di intervento.

6 GEOMORFOLOGIA

L'area di studio è ubicata a circa metà del pendio sud-orientale del Monte Tramignone, tra le progressive chilometriche 191+300 e 191+500 della SR71 Umbro-Casentinese-Romagnola, a quota di circa 730 m s.l.m. L'infrastruttura si inserisce all'interno di un contesto fisiografico montano in cui la morfologia è dominata dai rilievi appenninici che in quest'area superano i 1000 m s.l.m. (Monte Tramignone 1233 m s.l.m.). Ai piedi del pendio scorre il Torrente Archiano, che raccoglie i contributi dei vari corsi d'acqua che discendono dal Passo dei Fangacci, dal Passo dei Mandrioli e dalla Cima del Termine, per poi confluire nell'Arno più sud, nei pressi di Bibbiena. L'evoluzione di questo torrente ha comportato la genesi di una valle incisa a "V" piuttosto pronunciata, concorrendo nell'accentuare l'acclività dei versanti (Figura 6-1).

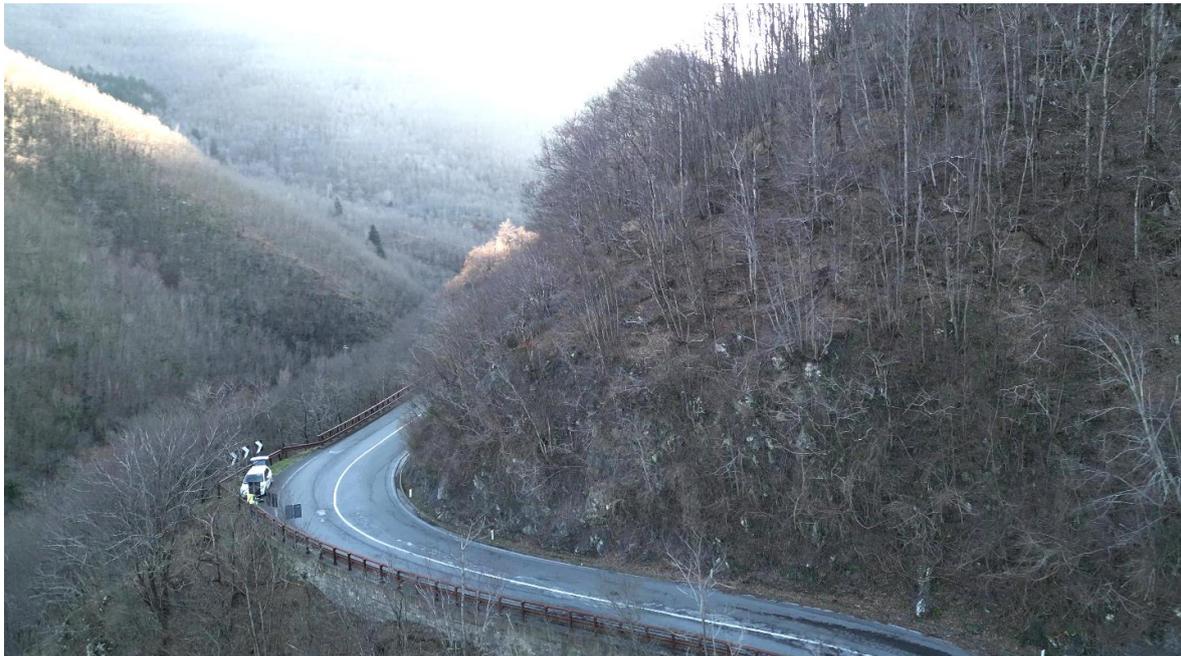


Figura 6-1. Ripresa aerea da drone della scarpata rocciosa oggetto di intervento (in primo piano). Sullo sfondo una vista del contesto morfologico della valle del Torrente Archiano, con il tipico profilo a "V" e la presenza di incisioni e dorsali secondarie che ne solcano i ripidi versanti.

In Figura 6-2 è riportato un estratto di carta dell'acclività della zona oggetto di studio, ricavata dal DTM a maglia 50 cm, ottenuto da volo Lidar 2023, fornito dalla committenza. La maggior parte del versante presenta pendenze medie di circa 35°, ma in prossimità della scarpata, prodotta mediante sbanco antropico al fine di ricavare la sede stradale, si raggiungono pendenze maggiori, anche subverticali (70°). Lungo il pendio, inoltre, è identificabile la presenza di alcuni incisioni e dossi in corrispondenza dei quali si può avere una locale variazione di pendenza. I dossi possono causare un annullamento della acclività, mentre, si può osservare come lungo le incisioni le pendenze possono occasionalmente raggiungere valori elevati individuati dalle zone in arancione (45-55°). I fenomeni di crollo e ribaltamento oggetto della progettazione, hanno maggior propensione ad avvenire lungo la scarpata di sbanco a monte della strada, ma localmente possono attivarsi in altre porzioni del versante identificabili dall'elevata acclività, coincidenti sostanzialmente con i fronti rocciosi più o meno potenti presenti lungo il pendio. Anche la mobilizzazione di blocchi, detti "testimoni silenti", contenuti all'interno delle coltri detritiche, e riconducibili a crolli pregressi, possono costituire "aree sorgenti" puntuali, disseminate lungo il pendio.

. Nei successivi capitoli del presente elaborato si provvederà a caratterizzare le zone interessate da dissesto in maniera più dettagliata.

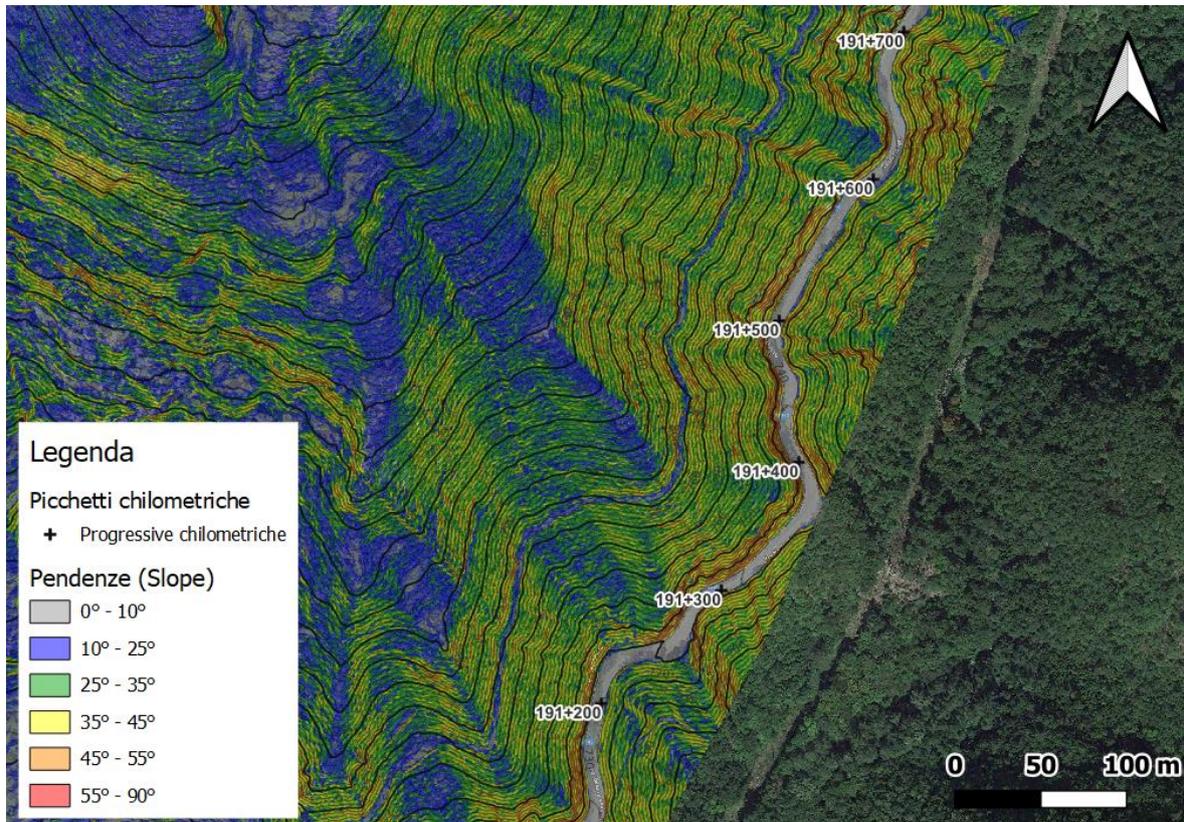


Figura 6-2 Mappa dell'acclività dell'area di studio e delle sue adiacenze. Scala grafica.

7 IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico è ragionevole ipotizzare che la circolazione sotterranea sia governata:

- dalla permeabilità per porosità, all'interno delle coltri superficiali e dei corpi di frana (ove presenti);
- dalla permeabilità per fratturazione, all'interno dell'ammasso roccioso.

Le coperture detritiche ed eluvio-colluviali presentano spessori ridotti, specie lungo le porzioni di versante più acclivi, ed influenzano molto marginalmente l'idrogeologia del versante. Assai più rilevante appare invece la circolazione all'interno dell'ammasso roccioso, che avviene sostanzialmente all'interno delle fratture.

Ciò trova riscontro anche nella tavola QC_B3q5 "Carta delle tematiche idrogeologiche" in scala 1:10.000 del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni del Casentino 2022, della quale si riporta un estratto in Figura 7-1.

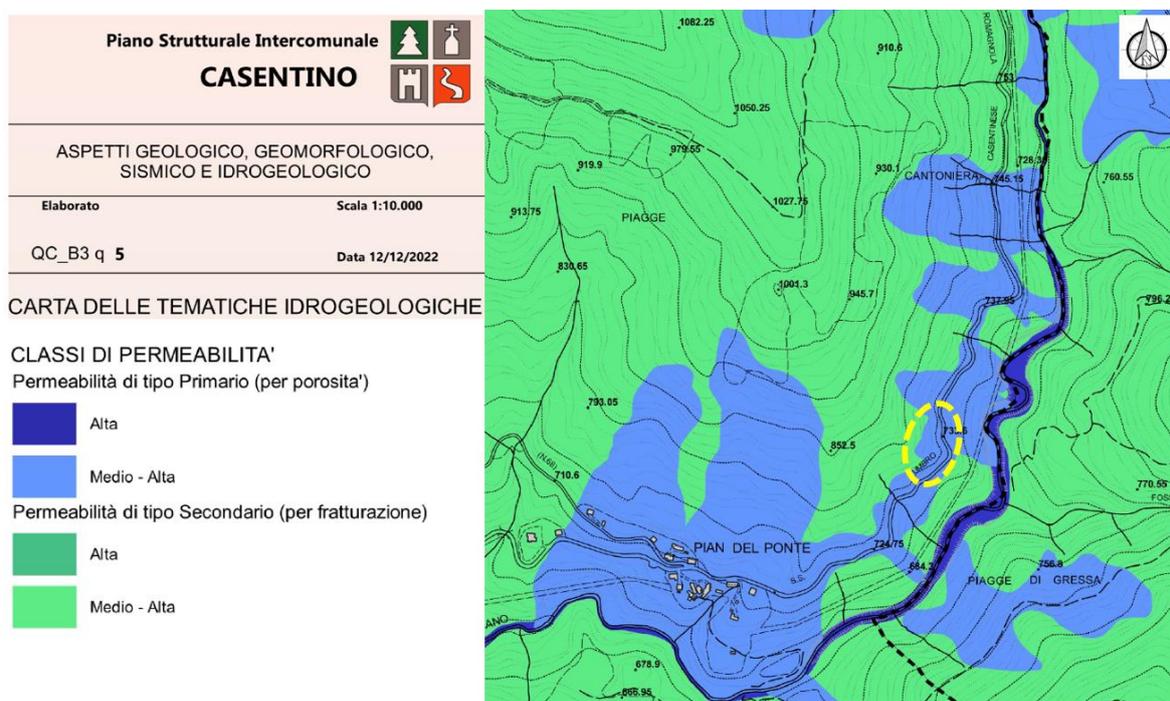


Figura 7-1: Estratto modificato della Tavola QC_B3q5 "Carta delle tematiche idrogeologiche" in scala 1:10.000 del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni del Casentino 2022 (non in scala). In tratteggio giallo la localizzazione dell'area di studio.

8 CARTOGRAFIA DELLA PERICOLOSITÀ E VINCOLI

Nel seguito del capitolo viene analizzata la parte di vincolistica a supporto della caratterizzazione geologica del sito in oggetto. Per un ulteriore approfondimento dei vincoli, anche di carattere paesaggistico e naturalistico si rimanda all'elaborato di progetto S22234-PD-RE-0004-0 – "RELAZIONE PAESAGGISTICA).

8.1 INVENTARIO IFFI E PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME ARNO

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), anche successivamente alla riforma che recepisce la "Direttiva Alluvioni", mantiene i propri contenuti e le proprie norme d'uso per quanto riguarda la pericolosità ed il rischio da frana nel bacino. Il PAI "frane" continua a costituire lo strumento del Piano di Bacino per l'individuazione delle aree a pericolosità da frana, e impone agli strumenti pianificatori locali vincoli e condizioni per l'analisi del territorio. Le norme di PAI continuano a mantenere la loro operatività per tutti gli articoli della normativa facenti riferimento a pericolosità e rischio da frana.

Il PAI, in quanto stralcio del Piano di bacino, ai sensi dell'art. 65, c.1 del Dlgs 152/06 e s.m.i., è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ed alla corretta utilizzazione delle acque.

In accordo con l'atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti ex DI180/98 (DPCM 29.09.98) per il bacino dell'Arno i dati del progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani, a cura dell'ISPRA) hanno costituito la base conoscitiva principale della "Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivante dall'inventario dei fenomeni franosi – Livello di dettaglio in scala 1:10.000" del Piano di bacino, stralcio "Assetto Idrogeologico" – PAI (art.9 delle Norme di Attuazione, DPCM 06/05/2005).

Come si evince dalla cartografia relativa alla perimetrazione dei processi franosi censiti nel catalogo IFFI, consultabile tramite il portale cartografico IdroGeo dell'ISPRA, all'indirizzo web <https://idrogeo.isprambiente.it/app/iffi/f/0511051600?hl=it&@=43.77435951708293,11.86756124733925,19>, riportato in Figura 8-1, un processo franoso risulta interferente con l'area di intervento. Si tratta di una frana per scivolamento rotazionale/traslato (ID: 0511051600), con stato di attività classificato "quiescente".

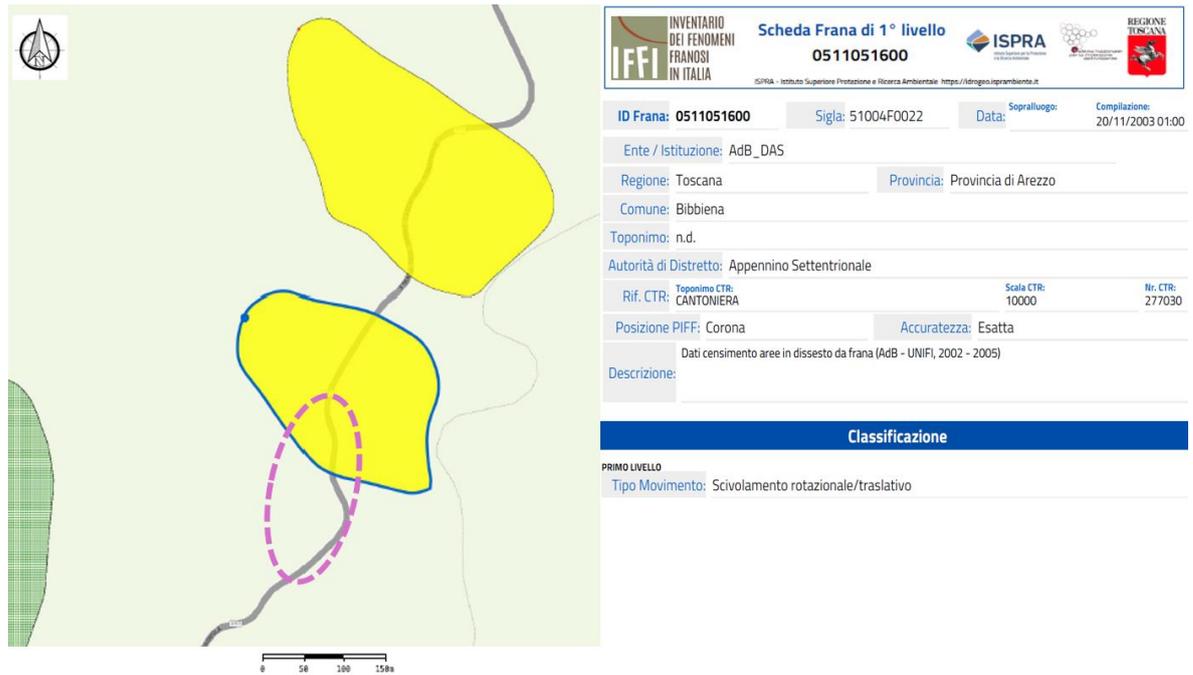


Figura 8-1. Estratto modificato della “Scheda Frana di 1° livello – ID Frana 0511051600” dell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI), a cura dell'ISPRA (scala grafica). La frana coinvolge parzialmente l'area di intervento (in tratteggio magenta).

Il sito IdroGEO fornisce inoltre una classificazione della pericolosità da frana. Come si evince dall'estratto modificato riportato in Figura 8-2, in un contesto caratterizzato da pericolosità da frana Moderata (P1), in corrispondenza delle frane per scivolamento cartografate nell'IFFI, la pericolosità è invece Elevata (P3).

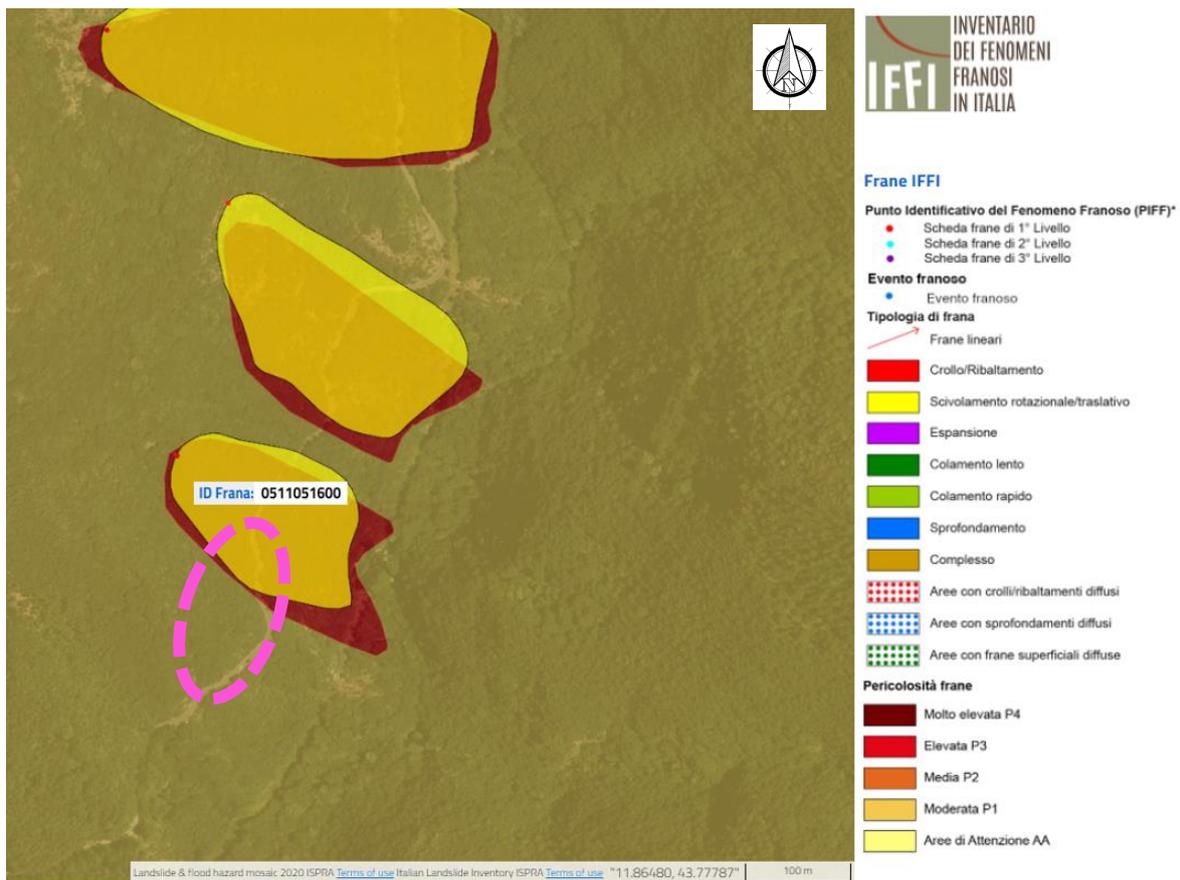


Figura 8-2: Estratto modificato dal Webgis del Portale IdroGEO (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/iffi/c/51015?hl=it>) che identifica i processi franosi censiti nell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI) nei pressi dell'area di intervento (in tratteggio magenta) e definisce il livello di pericolosità da frane; in un contesto caratterizzato da pericolosità Moderata (P1), in corrispondenza delle frane per scivolamento cartografate nell'IFFI, la pericolosità è invece Elevata (P3).

Il PAI del bacino dell'Arno è tutt'ora vigente e dal 2 febbraio 2017, con la pubblicazione in G.U. del decreto ministeriale n. 294 del 26 ottobre 2016, la sua competenza è passata all'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale.

Sulla base di più di 10 anni di applicazione operativa è stata sviluppata e consolidata una prassi tecnica applicativa che integra e sviluppa nei dettagli quanto esplicitato all'allegato 2 delle Norme del PAI Arno, confluito ora nell'allegato 3 del progetto di PAI "dissesti geomorfologici". La metodologia tecnico-operativa per quanto riguarda la definizione della pericolosità da frana è esplicitata nel dettaglio nella sezione dedicata consultabile all'indirizzo web: https://www.appenninoseptentrionale.it/itc/?page_id=11384.

Il PAI è uno strumento in continuo aggiornamento per il quale sono previste procedure semplificate per la modifica e l'integrazione della cartografia della pericolosità a scala locale o a scala comunale secondo quanto previsto dall'art.16 della disciplina del Progetto di PAI "dissesti geomorfologici", norma approvata in salvaguardia che, di fatto, sostituisce quanto previsto agli artt. 27 e 32 NTA PAI Arno.

Le modifiche alla pericolosità hanno immediato effetto dato che per loro valgono le misure di salvaguardia previste per il Piano di bacino (art. 65, c.7, D.lgs. 152/06). L'Autorità di bacino si adopera, anche tramite la collaborazione con gli enti competenti nel governo del territorio, per garantire adeguate forme di partecipazione e consultazione da parte del cittadino sia in fase istruttoria degli aggiornamenti sia in fase di vigenza una volta approvate le modifiche e le integrazioni alla pericolosità del PAI.

Come già indicato sopra, dal punto di vista dei criteri e delle metodologie, in seguito all'approvazione della delibera CIP (Comitato Istituzionale Permanente) n.28 del 21 dicembre 2022 (https://www.appenninosettentrionale.it/rep/distretto/pai/progetto_piano_2022/CIP_AdB_Appennino_Settentrionale_Delibera_n_28_Progetto_PAi.pdf), anche per il PAI del bacino dell'Arno viene applicato quanto previsto agli allegati 2 e 3 della disciplina del Progetto di Piano – PAI “dissesti geomorfologici”.

Dalla consultazione della cartografia aggiornata secondo Progetto di Piano – PAI “Dissesti Geomorfologici” (in applicazione dell'art.3 della Delibera CIP n. 20 del 20.12.2019), l'area di intervento risulta esposta a “Pericolosità molto elevata da frana (P.F.4) - pericolosità indotta da fenomeni franosi attivi – PF4” e solo marginalmente, nella parte nord, a “Pericolosità elevata da frana (P.F.3) - pericolosità indotta da fenomeni franosi inattivi che presentano segni di potenziale instabilità (frane quiescenti)”.

In Figura 8-3 si riporta un estratto della cartografia PAI frane nel bacino dell'Arno aggiornata e disponibile per consultazione e download tramite webgis all'indirizzo web: <https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=72f02517284e4c5ba2f8a5310eff44e1>. Rispetto alla cartografia IFFI (riportata in Figura 8-1 e Figura 8-2), che fino Delibera CIP n. 20 del 20.12.2019 costituiva la base conoscitiva principale della perimetrazione delle aree con pericolosità da frana, l'attuale cartografia “PAI frane del bacino dell'Arno” identifica in corrispondenza dell'area di intervento un poligono di pericolosità molto elevata (PF4), assente nella cartografia IFFI. Il poligono di pericolosità elevata (PF3) sembrerebbe coincidere grossomodo con quello identificato in Figura 8-2 e riconducibile alla frana quiescente per scivolamento traslativo/rotazionale ID: 0511051600 dell'IFFI.

Mappa "PAI frane nel bacino dell'Arno"

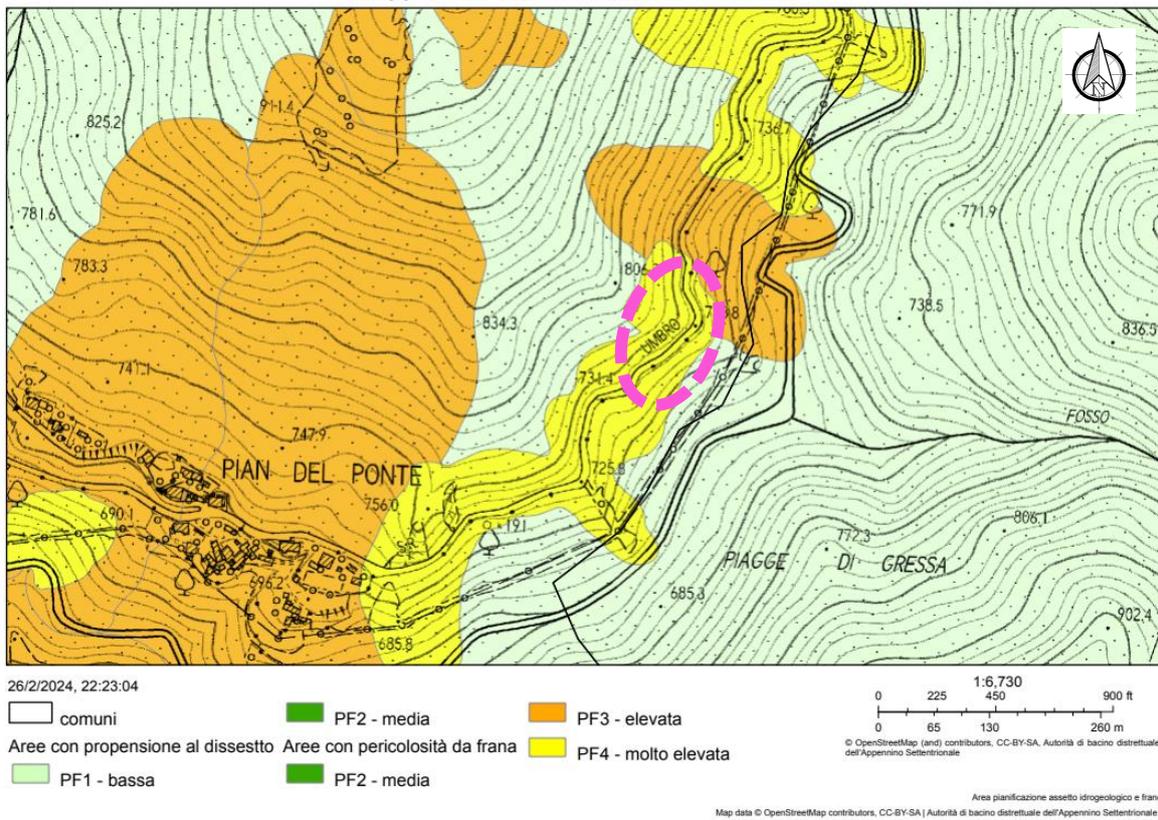


Figura 8-3. Estratto della cartografia "PAI frane nel bacino dell'Arno - Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana e Perimetrazione delle aree con propensione al dissesto" aggiornato al momento della redazione della presente relazione (febbraio 2024). Scala grafica.

8.1.1 PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME ARNO E INVENTARIO IFFI

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), anche successivamente alla riforma che recepisce la “Direttiva Alluvioni”, mantiene i propri contenuti e le proprie norme d’uso per quanto riguarda la pericolosità ed il rischio da frana nel bacino. Il PAI “frane” continua a costituire lo strumento del Piano di Bacino per l’individuazione delle aree a pericolosità da frana, e impone agli strumenti pianificatori locali vincoli e condizioni per l’analisi del territorio. Le norme di PAI continuano a mantenere la loro operatività per tutti gli articoli della normativa facenti riferimento a pericolosità e rischio da frana.

Il PAI, in quanto stralcio del Piano di bacino, ai sensi dell’art. 65, c.1 del Dlgs 152/06 e s.m.i., è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d’uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ed alla corretta utilizzazione delle acque.

In accordo con l’atto di indirizzo e coordinamento per l’individuazione dei criteri relativi agli adempimenti ex DI180/98 (DPCM 29.09.98) per il bacino dell’Arno i dati del progetto IFFI (Inventari o dei Fenomeni Franosi Italiani, a cura dell’ISPRA) sono la base conoscitiva principale della “Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivante dall’inventario dei fenomeni franosi – Livello di dettaglio in scala 1:10.000” del Piano di bacino, stralcio “Assetto Idrogeologico” – PAI (art.9 delle Norme di Attuazione, DPCM 06/05/2005). Come si evince dalla cartografia relativa alla perimetrazione dei processi franosi censiti nel catalogo IFFI, consultabile tramite il portale cartografico IdroGeo dell’ISPRA, all’indirizzo web <https://idrogeo.isprambiente.it/app/iffi/c/51031?@=43.800909347514846,11.879825808338998,17>, cui uno stralcio è riportato in Figura 8-4, in corrispondenza dell’area di studio è cartografata una frana quiescente caratterizzata da movimento di tipo scivolamento rotazionale/traslativo (ID:0511051600).

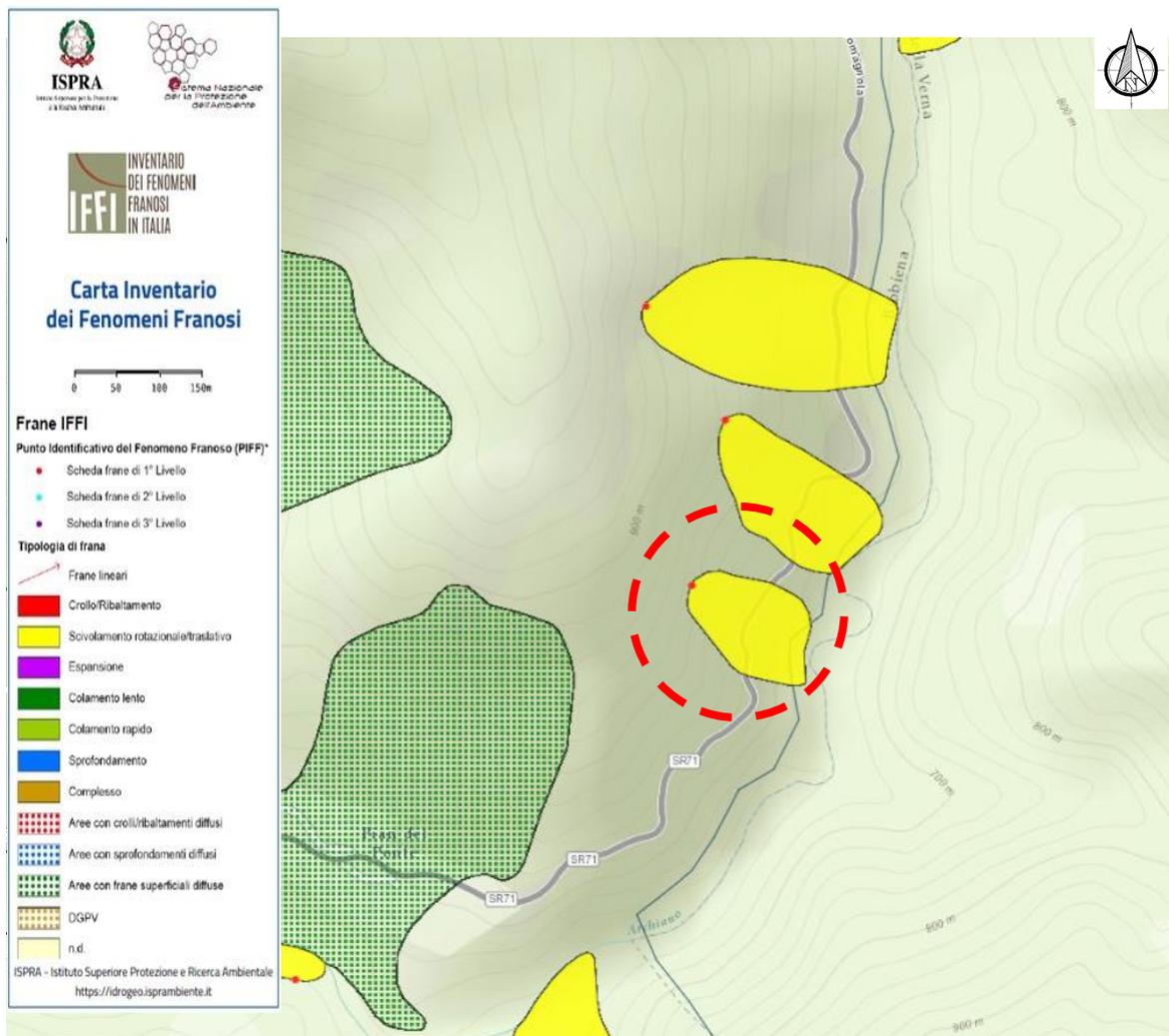


Figura 8-4 Estratto della perimetrazione dei processi franosi identificati nell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI), a cura dell'ISPR (scala grafica). In tratteggio rosso la localizzazione dell'area di studio

Recependo la perimetrazione dei processi franosi dell'IFFI e la documentazione del PAI del Fiume Arno, la pericolosità da frana derivante dall'inventario dei fenomeni franosi con livello di dettaglio in scala 1: 10.000 è graduata come di seguito:

- pericolosità molto elevata da frana (P.F.4): pericolosità indotta da fenomeni franosi attivi che siano anche causa di rischio molto elevato. Le prescrizioni per il P.F.4 sono elencate all'art.10.
- pericolosità elevata da frana (P.F.3): pericolosità indotta da fenomeni franosi attivi o da fenomeni franosi inattivi che presentano segni di potenziale instabilità (frane quiescenti) causa potenziale di rischio elevato. Le prescrizioni per il P.F.3 sono elencate all'art.11.
- pericolosità media da frana (P.F.2): pericolosità indotta da fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente) causa di rischio medio. Le prescrizioni per il P.F.2 sono elencate all'art.12.

Il PAI del Fiume Arno è consultabile al portale cartografico on-line al sito <https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=14ca15f41e8e4396a1b27d788db98f60>. In Figura 8-5 è riportato un estratto della cartografia della "Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivante dall'inventario dei fenomeni franosi

del bacino del fiume Arno - Livello di dettaglio in scala 1:10.000". L'area di studio risulta ricadere in parte in area a pericolosità molto elevata da frana (P.F.4).

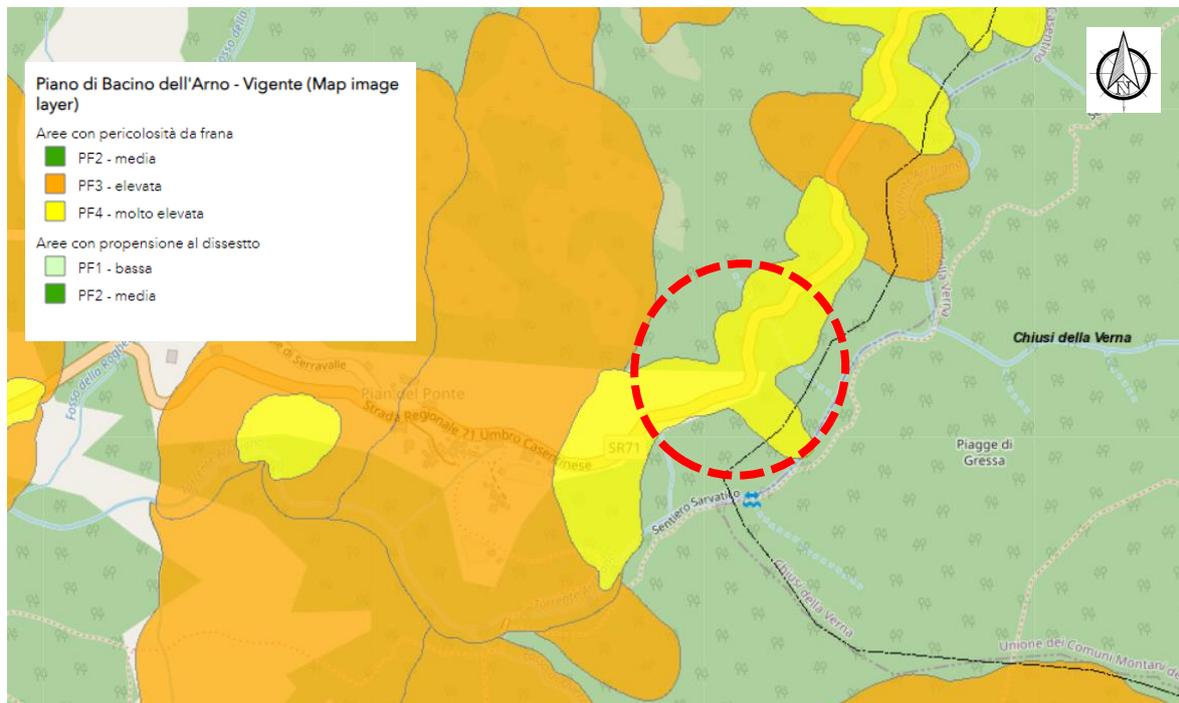


Figura 8-5: Estratto della "Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivante dall'inventario dei fenomeni franosi del bacino del fiume Arno - Livello di dettaglio in scala 1:10.000" (estratto in scala grafica). In tratteggio rosso la localizzazione dell'area di studio.

8.2 PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO (PTC) DELLA PROVINCIA DI AREZZO

Con Deliberazione del Consiglio Provinciale n°29 del 25/06/2021, è stata approvata e adottata la variante al Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Arezzo. Gli elaborati sono consultabili all'indirizzo web <https://pianificazioneterritoriale.provincia.arezzo.it/i-procedimenti-2/variante-al-p-t-c-3/> e visualizzabili tramite webGIS disponibile all'indirizzo <https://webgis2.artel.it/ptcp/ptcp/>.

Dalla consultazione della Tavola QC.14d "Principali vincoli sovraordinati. Geomorfologici dei PAI", della quale si riporta un estratto modificato in Figura 8-6, risulta come l'area di intervento sia marginalmente coinvolta da una Pericolosità elevata da frana (PF3), in accordo con quanto individuato dal catalogo IFFI consultabile sul portale IdroGEO (Figura 8-2). La variante vigente del PTC evidentemente non recepisce ancora la nuova "Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana" del progetto PAI "Dissesti Geomorfologici" (in applicazione dell'art.3 della Delibera CIP n. 20 del 20.12.2019) illustrata al §8.1 (Figura 8-3), da considerarsi tuttavia sovraordinata rispetto al PTC vigente.

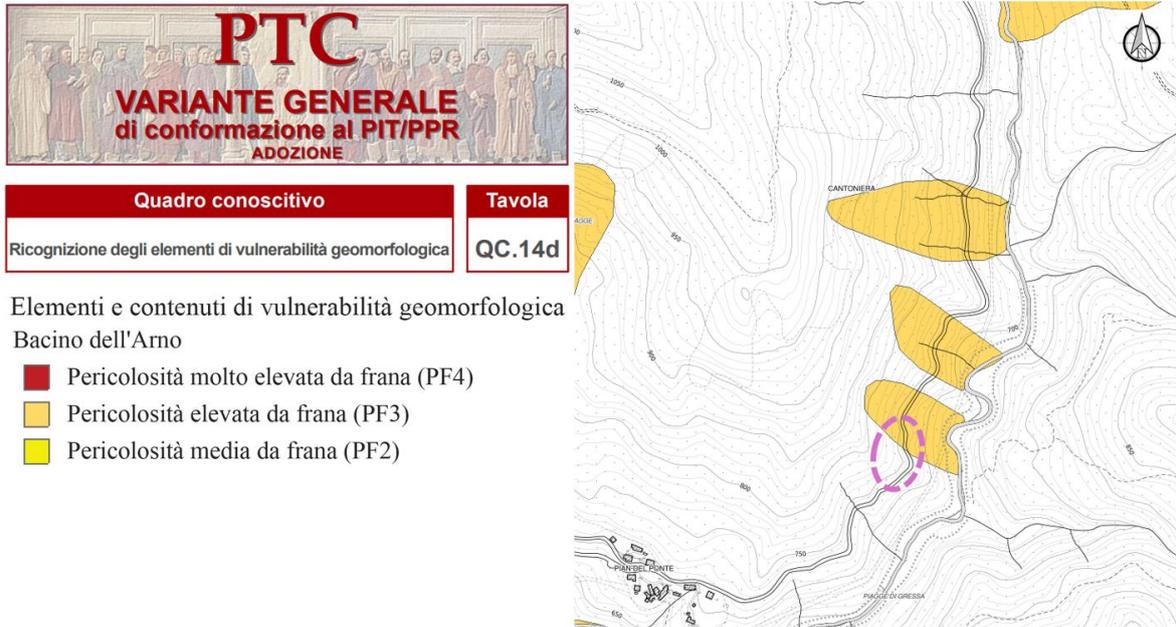


Figura 8-6. Estratto modificato della Tavola QC.14d “Principali vincoli sovraordinati. Geomorfologici dei PAI”.
 In tratteggio magenta l’area di intervento. Non in scala.

Dalla consultazione della Tavola QC.14b “Principali vincoli sovraordinati Ambientali”, della quale si riporta un estratto modificato in Figura 8-7, risulta come l’area di intervento:

- Risulti sottoposta a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D.L. n. 3267 del 30 dicembre 1923 ed il successivo regolamento di applicazione (R.D.L. n. 1126 del 16 maggio 1926),
- ricada all’interno del Parco nazionale delle Foreste Casentinesi Monte Falterona e Campigna,
- ricada all’interno della Zona Speciale di Conservazione (ZSC, ex SIC) IT5180002 “Foreste alto bacino dell’Arno” vincolata dalla Rete natura 2000.

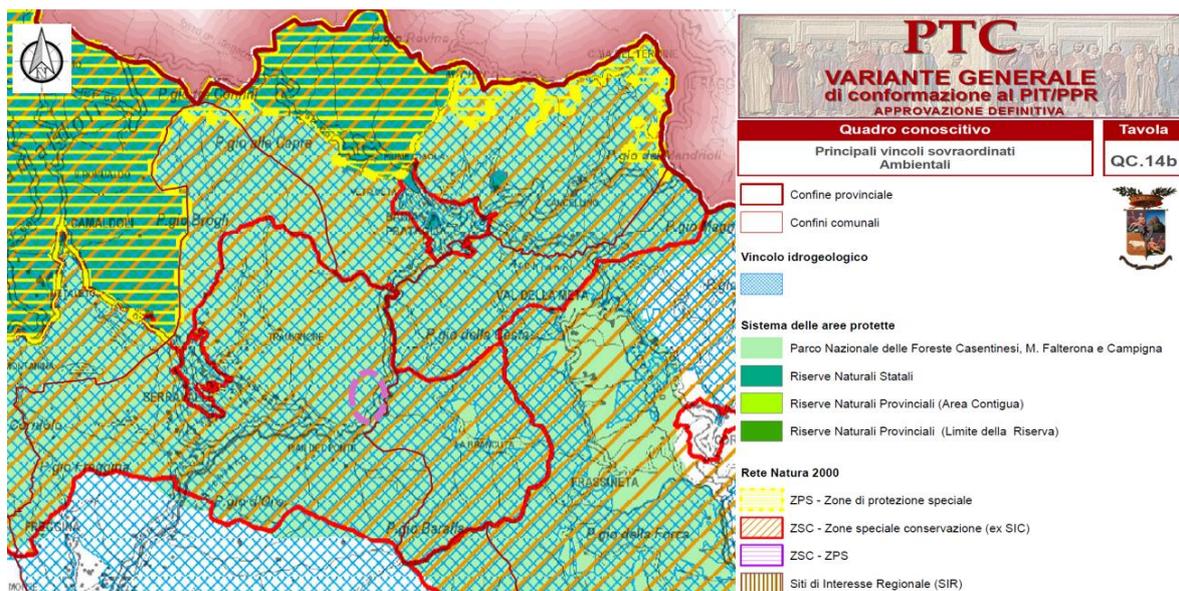


Figura 8-7. Estratto modificato della Tavola QC.14b “Principali vincoli sovraordinati Ambientali”. In tratteggio magenta l’area di intervento. Non in scala.

8.3 PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE (PSC) DELL'UNIONE DEI COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

Con delibera di Giunta dell'Unione dei Comuni montani del Casentino n. 123 del 27/12/2022 e con delibera di Giunta dell'Unione dei Comuni montani del Casentino n. 51 del 17/05/2023 è stata approvata la proposta di Piano Strutturale Intercomunale del Casentino ai sensi dell'art. 23, comma 7 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65. Con Delibera di Giunta dell'Unione dei Comuni montani del Casentino n. 89 dello 06/10/2023 è stato preso atto dell'adozione del Piano nei Consigli comunali.

In Figura 8-8 viene riportato un estratto della Tavola QC_B2q5 "Carta geomorfologica" in scala 1:10.000 del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni del Casentino 2022. Tale carta indica come la scarpata stradale oggetto di intervento:

- sia di origine antropica,
- sia classificata come "Area a franosità diffusa" cui può essere correlata la "pericolosità molto elevata da frana - PF4" definita dal PAI (Figura 8-3),
- sia coinvolta marginalmente (al limite nord) da una frana quiescente per scorrimento (già identificata da PAI, IFFI e PTC).



Figura 8-8: Estratto modificato della Tavola QC_B2q5 "Carta geomorfologica" in scala 1:10.000 del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni del Casentino 2022 (non in scala). In tratteggio giallo la localizzazione dell'area di studio.

9 DISSESTI IN ATTO E POTENZIALI

Una serie di sopralluoghi e rilievi, realizzati tra il dicembre 2022 ed il febbraio 2024, ha permesso di individuare i dissesti attualmente in evoluzione e quelli potenziali lungo la scarpata oggetto di intervento, posta a monte della SR71 Umbro-Casentinese-Romagnola, tra le Pk 191+300 e 191+500 circa. L'attività di campagna ha permesso di raccogliere dati volti alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geomeccaniche degli ammassi rocciosi. Gli elementi geologici, geomorfologici e geotecnici/geomeccanici sono stati definiti sulla base di considerazioni qualitative, integrate con dati di carattere quantitativo per i quali si rimanda all'elaborato di progetto S22234-PD-RE-0003-0- "Relazione geotecnica geomeccanica".

I dissesti idrogeologici presenti lungo la scarpata che possono costituire un pericolo per la viabilità sono essenzialmente riconducibili alla caduta massi. Per quanto riguarda la frana quiescente per scorrimento rotazionale/traslato mappata al limite nord dell'area di intervento nell'inventario IFFI, nel PAI e negli strumenti di pianificazione territoriale di rango inferiore, e che esula comunque dalle finalità del presente lavoro, non sono state riscontrate evidenze di superficie circa la sua presenza o il suo grado di attività; il conglomerato bituminoso della sede stradale stessa non presenta particolari lesioni in corrispondenza del fianco destro dell'ipotetico corpo di frana.

Per quanto meramente concerne la problematica di caduta massi, tale processo è sostanzialmente influenzato:

- dalla topografia di superficie (in particolare dall'acclività),
- dal grado di fratturazione (spaziatura delle discontinuità) dell'ammasso roccioso e dal suo detensionamento
- dall'orientazione delle discontinuità e dei relativi rapporti nei confronti della superficie topografica,
- dalle condizioni delle discontinuità, in termini di apertura e riempimento delle fratture e di resistenza e rugosità delle pareti dei giunti.

In linea di massima si può affermare che la scarpata in oggetto, anche a causa del detensionamento dell'ammasso roccioso derivante dallo sbanco antropico, sia soggetta al naturale processo di evoluzione geomorfologica che tende al rimodellarla, smantellando gradualmente le porzioni maggiormente acclivi.

L'osservazione di dettaglio delle condizioni topografiche e dell'ammasso roccioso, da terra e tramite drone, ha permesso di suddividere l'area di intervento in settori assunti come omogenei dal punto di vista geomorfologico e geomeccanico. Per ognuno di essi sono stati definiti l'acclività media (Figura 9-1 e Figura 9-2) e lo spessore di ammasso roccioso superficiale instabile, ovvero al di sotto del quale le condizioni delle discontinuità sono assunte come sufficienti a mantenere in posto i volumi unitari da esse stesse definiti (Figura 9-3 – NB: nell'estratto cartografico sono schematizzati gli spessori instabili attesi una volta eseguite le operazioni di svuotamento della rete esistente, pulizia e disaggio e i locali abbattimenti con mezzi meccanici).



Figura 9-1: Ripresa aerea laterale della porzione meridionale della scarpata oggetto di intervento. Qui l'altezza della stessa raggiunge i 20 m circa. L'acclività, variabile, supera i 60-70° in corrispondenza dei fronti rocciosi.

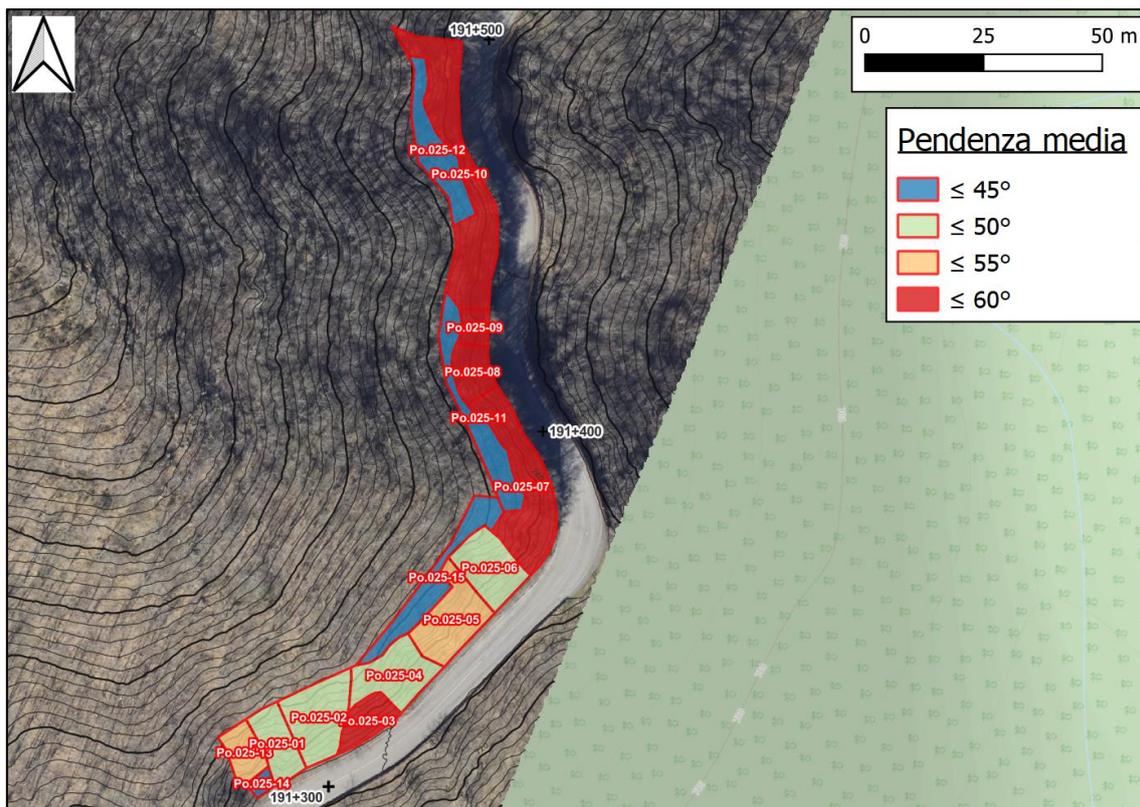


Figura 9-2: Individuazione della pendenza media di ciascun settore in cui si è suddivisa la scarpata.

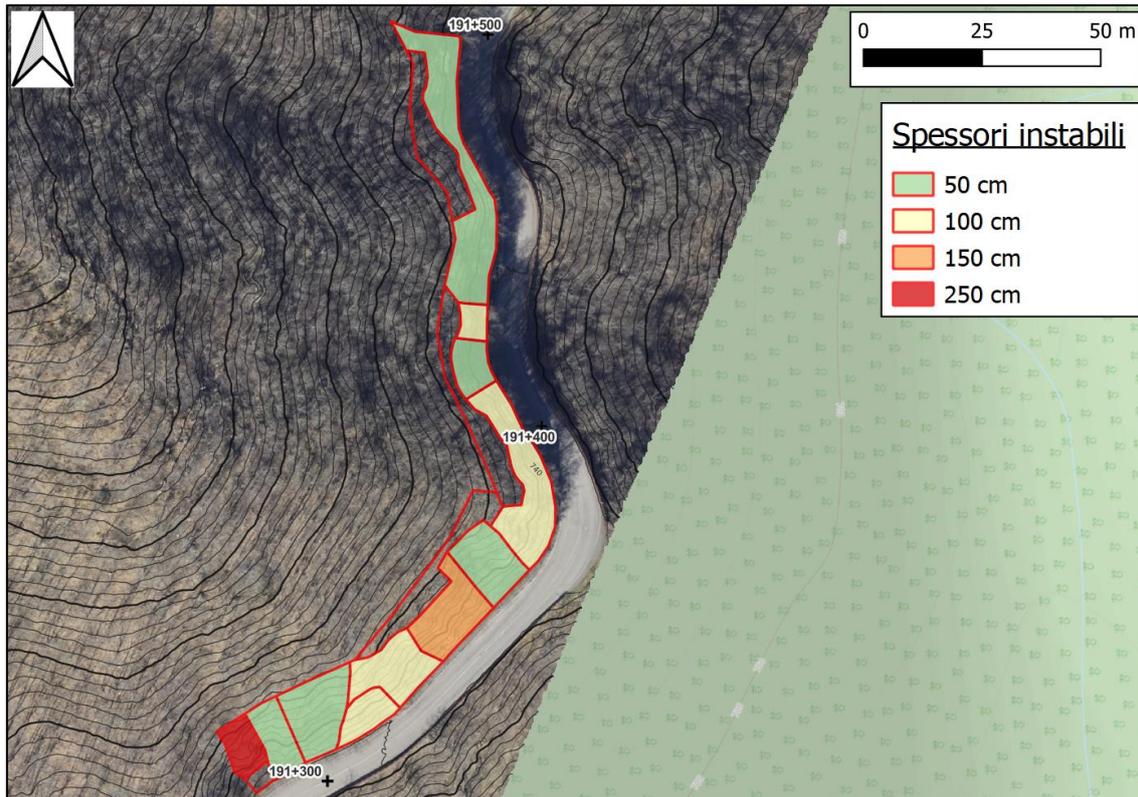


Figura 9-3: Individuazione degli spessori di ammasso superficiale instabile per ciascun settore in cui si è suddivisa la scarpata.

In generale lungo la scarpata rocciosa si alternano settori in cui l'ammasso roccioso si presenta interessato da fratturazione a spaziatura decimetrica che definisce blocchi tendenzialmente < di 0.1 m³ (Figura 9-4 e Figura 9-5), fino ad un massimo di 0.3 m³, ad altri settori nei quali la spaziatura delle discontinuità, da pluridecimetrica fino a metrica, comporta la presenza di blocchi unitari che superano di frequente gli 0.3 m³ e che localmente possono raggiungere anche alcuni metri cubi di volume unitario.



Figura 9-4: Dettaglio di un settore in cui l'ammasso roccioso è pervaso da fratturazione a spaziatura decimetrica. I blocchi unitari raggiungono al massimo poche decine di litri di volume.



Figura 9-5: Dettaglio dello sperone roccioso sede dell'intervento Po.025-9, caratterizzato da fratturazione a spaziatura decimetrica che interessa uno spessore di circa 3 m, estruso rispetto alla topografia circostante, poggiante su una superficie a franapoggio inclinata a circa 60°, per il quale è previsto l'abbattimento mediante mezzi meccanici. Al di sotto della superficie a franapoggio viene ipotizzata la presenza di un ulteriore spessore instabile di circa 1 m.

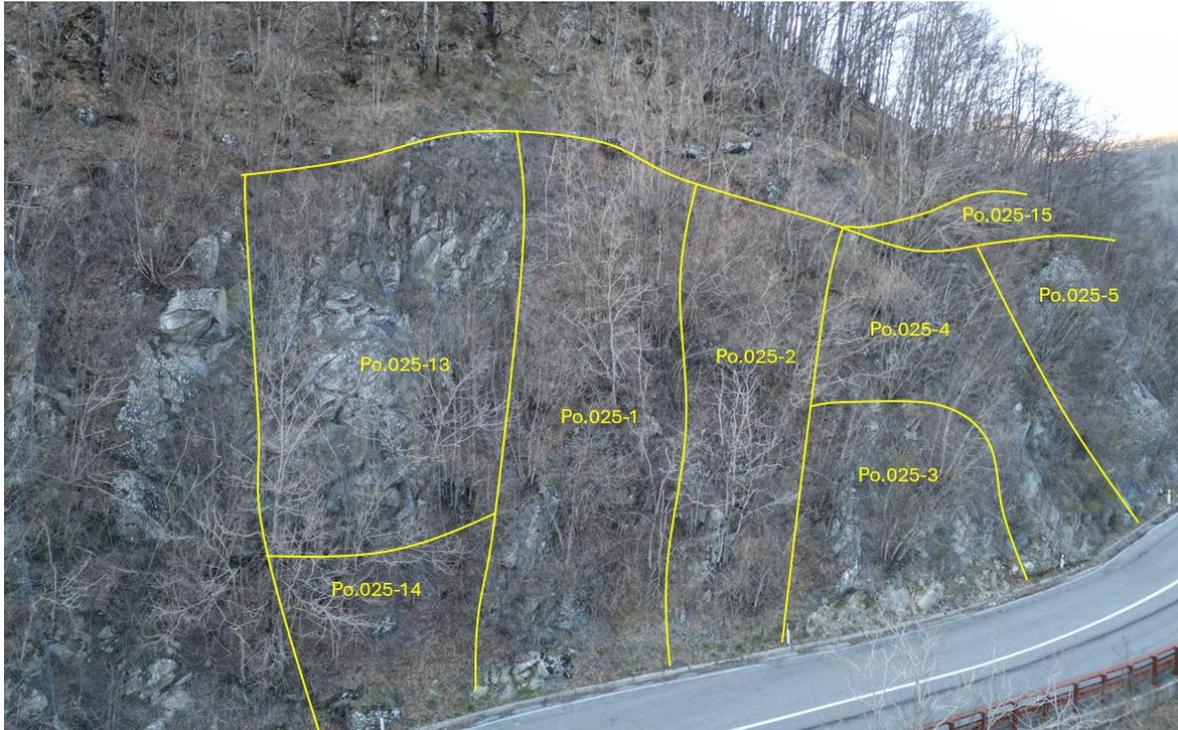


Figura 9-6: Ripresa aerea frontale della porzione sud della scarpata oggetto di intervento. Sono tracciati i limiti degli interventi individuabili in Figura 9-2. Si lo sperone roccioso suddiviso in grossi blocchi oggetto dell'intervento Po.025-13, del quale si fornisce un dettaglio in Figura 9-8.



Figura 9-7: Ripresa aerea frontale della porzione immediatamente a sud della curva principale della scarpata oggetto di intervento. Sono tracciati i limiti degli interventi individuabili in Figura 9-2. Si noti il grosso volume isolato ($>5 \text{ m}^3$) presente in testa allo sperone roccioso posto al centro dell'intervento Po.025-05 del quale viene fornita una vista dal basso in Figura 9-9.



Figura 9-8: Dettaglio del fronte roccioso (circa 200 m³) oggetto dell'intervento Po.025-13. La fratturazione con spaziatura da pluridecimetrica a metrica definisce volumi unitari modali dell'ordine degli 0.2 m³ e blocchi massimi fino a 3-4 m³. Lo spessore instabile ipotizzato è pari a 2.5 m e questo potrebbe essere in parte isolato dal retrostante ammasso roccioso per mezzo di una superficie (o di più superfici coniugate) a franapoggio.



Figura 9-9: Dettaglio dello sperone roccioso oggetto dell'intervento Po.025-15. La fratturazione con spaziatura da pluridecimetrica a metrica definisce volumi unitari modali dell'ordine degli 0.2 m³ e blocchi massimi fino a 5 m³. Lo spessore instabile ipotizzato è pari a 1.5 m. L'intero sperone pare svincolato dal retrostante ammasso roccioso da una superficie ad alto angolo subparallela alla scarpata.

Lungo il ciglio in testa alla scarpata il detensionamento dell'ammasso tende a produrre i maggiori effetti circa la possibile instabilizzazione dei blocchi. Per quanto poco visibili a causa della folta vegetazione, proprio lungo i cigli si sono prodotti negli anni una moltitudine di distacchi di blocchi generalmente inferiori ai 10 litri, ma che non di rado possono superare gli $0,2 \text{ m}^3$ e raggiungere localmente il metro cubo (Figura 9-10 e Figura 9-11).



Figura 9-10: Nicchie di distacco pregresse in corrispondenza del ciglio della scarpata (freccia gialla) e conseguente riempimento detritico a tergo del rivestimento (freccia nera). In caso di cedimento della rete verrebbero mobilizzare decine di metri cubi di materiale con anche la presenza, non rara, di volumi unitari ben superiori.

A tergo del rivestimento sono presenti importanti riempimenti di materiale detritico già mobilizzati e trattenuti unicamente dalla rete semplice. Le sacche di detrito che si sono create superano localmente il metro e mezzo di spessore e costituiscono un grave pericolo, in quanto un cedimento del rivestimento comporterebbe la mobilizzazione di decine e decine di metri cubi di materiale che raggiungerebbe la sede stradale (Figura 9-10 e Figura 9-11).



Figura 9-11: Altro esempio di nicchie di distacco pregresse in corrispondenza del ciglio della scarpata (freccia gialla) e conseguente riempimento detritico a tergo del rivestimento (freccia nera).

Il volume complessivo dell'evento massimo atteso (la quantità di materiale che può mobilizzarsi simultaneamente durante un evento franoso, al di là dei volumi rocciosi unitari) varia localmente; è generalmente condizionato dalla presenza di superfici persistenti, tendenzialmente a franapoggio, o dall'intersezione di più superfici persistenti, in grado di isolare intere porzioni di ammasso (Figura 9-12).



Figura 9-12: Lo sperone roccioso del Po.025-9, già illustrata nella Figura 9-5, per il quale è previsto l'abbattimento con mezzi meccanici, con evidenziata la superficie a franapoggio inclinata circa 60° che isola l'intero sperone dall'ammasso roccioso retrostante. Nel caso di una mobilitazione simultanea per scivolamento, sarebbe da attendersi un volume complessivo dell'evento di circa 80 m³.

A monte della scarpata, il versante presenta inclinazioni medie di 35°, localmente maggiori (in corrispondenza degli affioramenti rocciosi) e solo raramente inferiori. Sono presenti locali fronti rocciosi instabili e alcuni blocchi, contenuti all'interno del detrito e riconducibili a crolli pregressi, possono mobilizzarsi ad esempio in seguito al passaggio di animali, al ruscellamento superficiale in occasione di precipitazioni importanti o al ribaltamento di un albero. La presenza di un bosco fitto contribuisce notevolmente nel limitare la propagazione dei potenziali corpi di crollo provenienti dal versante; tuttavia, tale problematica costituisce un pericolo reale per la viabilità.

Nell'ambito dello "Studio preliminare ai fini della valutazione della pericolosità da caduta massi" (Rif. [21], Rif. [23]) vengono pertanto proposti, in priorità 3, alcuni stendimenti di barriere paramassi immediatamente a monte del ciglio della scarpata oggetto di progettazione. La Figura 9-13 mostra la planimetria degli interventi di progetto relativi al Po.025, con riportate in aggiunta le citate barriere paramassi, preliminarmente proposte in sede di studio di pericolosità. In Figura 9-14 se ne riporta una schematizzazione di massima abbozzata su ripresa aerea nell'area della curva principale.

Lungo la superficie interposta tra il ciglio della scarpata e le citate barriere paramassi, l'acclività cala drasticamente e con essa la propensione all'instabilità dei potenziali corpi di crollo ivi presenti, siano essi contenuti nelle coltri di copertura o suscettibili di distacco dall'ammasso roccioso. La

mobilitazione di elementi litoidi non è comunque escludibile, specie in occasione di eventi meteorologici intensi con ruscellamento superficiale e questi, in virtù della loro posizione, costituirebbero una minaccia per l'utenza della strada. Viene pertanto proposta la posa di una rete zincata a doppia torsione, che risulta sufficiente, in contesti di pendenze contenute, a scongiurare la mobilitazione di materiale.

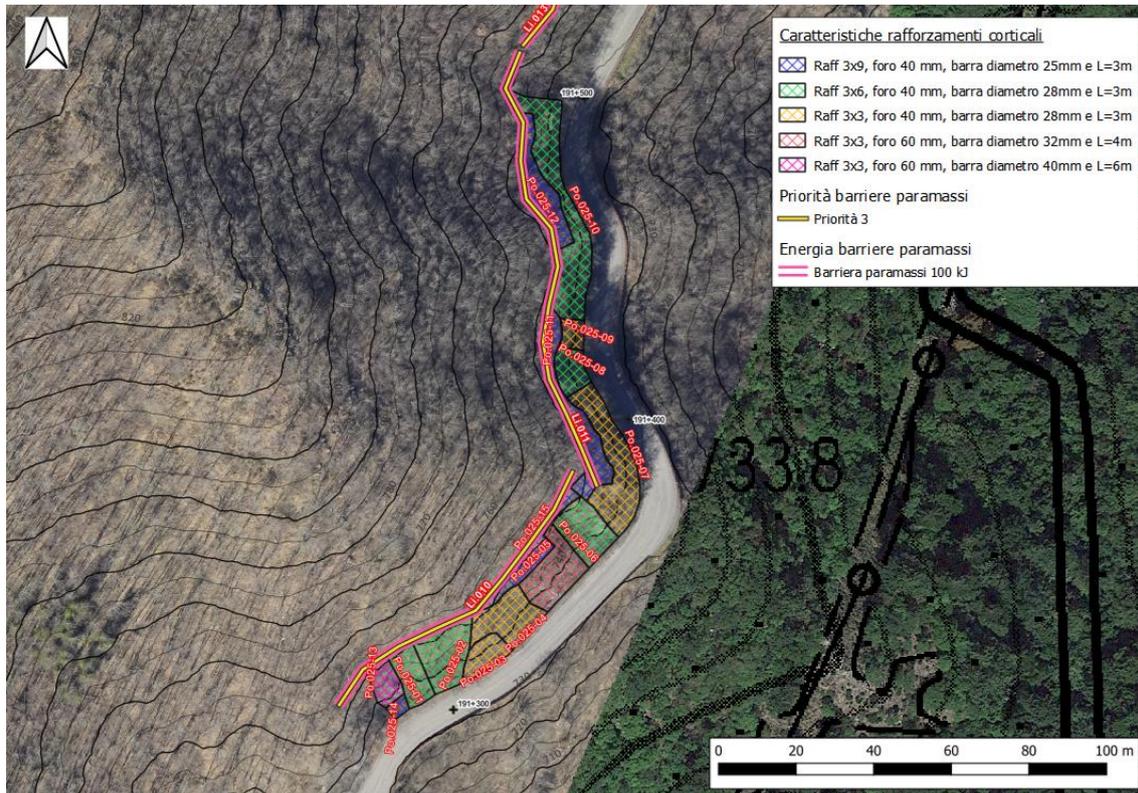


Figura 9-13: Planimetria degli interventi di progetto relativi al Po.025, con riportate in aggiunta le barriere paramassi proposte preliminarmente nell'ambito dello "Studio preliminare ai fini della valutazione della pericolosità da caduta massi". L'estensione verso monte dell'intervento Po.025 (nelle sue suddivisioni) termina in corrispondenza dello stendimento delle citate barriere paramassi.

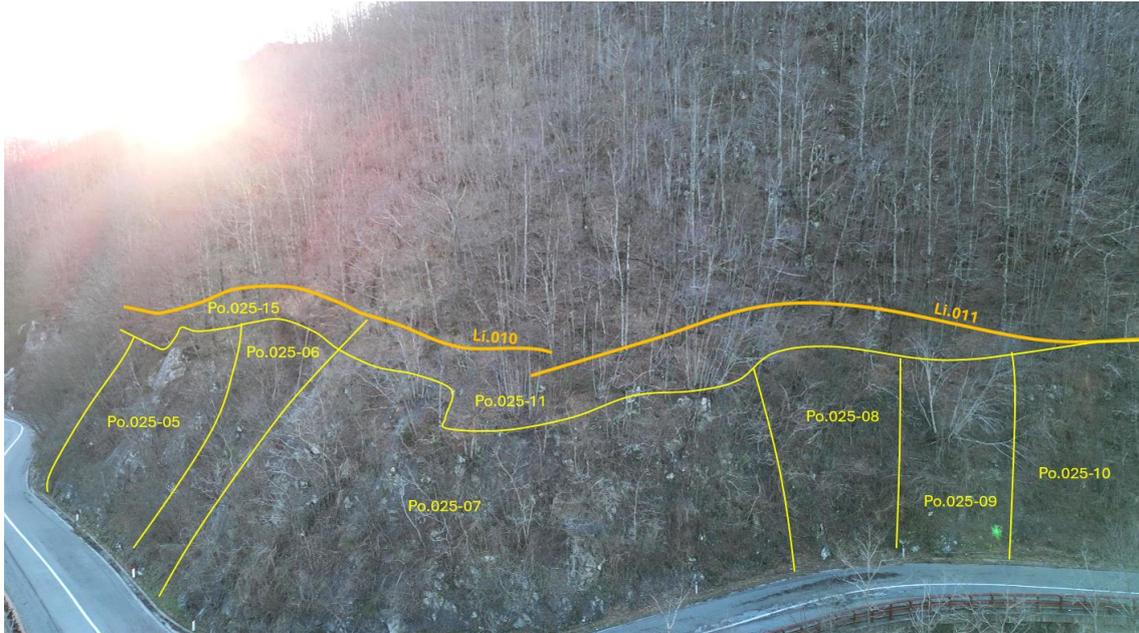


Figura 9-14: Suddivisione abbozzata su foto aerea degli interventi di progetto relativi al Po.025, con riportate in aggiunta le barriere paramassi proposte preliminarmente nell'ambito dello "Studio preliminare ai fini della valutazione della pericolosità da caduta massi". L'estensione verso monte dell'intervento Po.025 (nelle sue suddivisioni) termina in corrispondenza dello stendimento delle citate barriere paramassi.

10 SISMICITÀ

10.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La classificazione sismica del territorio nazionale è stata elaborata e rivista in seguito ai principali terremoti; tra questi, in particolare, quelli verificatisi in Irpinia nel 1980 ed in Molise nel 2002.

Fino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione; la sismicità era definita attraverso il grado di sismicità S.

Per quanto concerne la classificazione sismica del territorio in esame, trova attuazione la Delibera della Giunta Regionale della Toscana n.421 del 26-05-2014 *"Aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012, recante "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519 /2006 ed ai sensi del D.M. 14.01.2008 - Revoca della DGRT 431/2006" e cessazione di efficacia dell'elenco dei Comuni a Maggior Rischio Sismico della Toscana (DGRT 841/2007)"*, che aggiorna la precedente classificazione, che era stata approvata con Deliberazione GRT n. 878 dell'8.10.2012, si è reso necessario a seguito della fusione di 14 comuni toscani, con conseguente istituzione dal 1° gennaio 2014 di 7 nuove amministrazioni comunali (consulta la storia della classificazione):

- Fabbriche di Vergemoli in provincia di Lucca
- Crespina Lorenzana e Casciana Terme Lari in provincia di Pisa
- Figline e Incisa Valdarno e Scarperia e San Piero in provincia di Firenze
- Castelfranco Piandiscò e Pratovecchio Stia in provincia di Arezzo

Sotto il profilo della pericolosità sismica di base e della classificazione sismica, l'aggiornamento ha previsto semplicemente la conferma della classificazione sismica dei comuni originari oggetto di fusione.

Come stabilito dall'allegato 1 e 2 (Figura 10-1) della Del. GRT n.421 del 26-05-2014, il Comune di Bibbiena (AR) di cui è parte il tratto di SR71 considerato, risulta classificati in zona "2", come riportato in Figura 10-1.

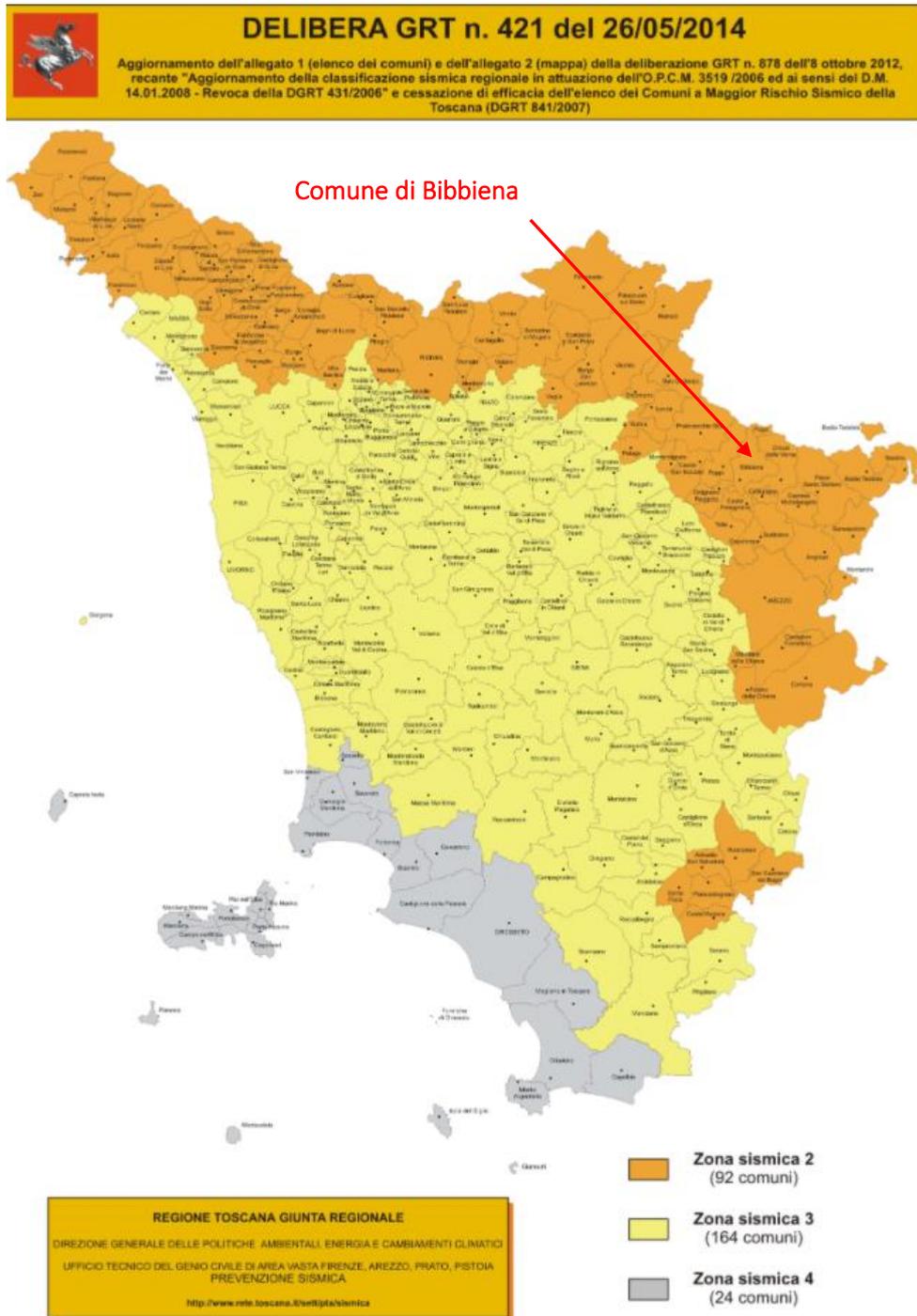


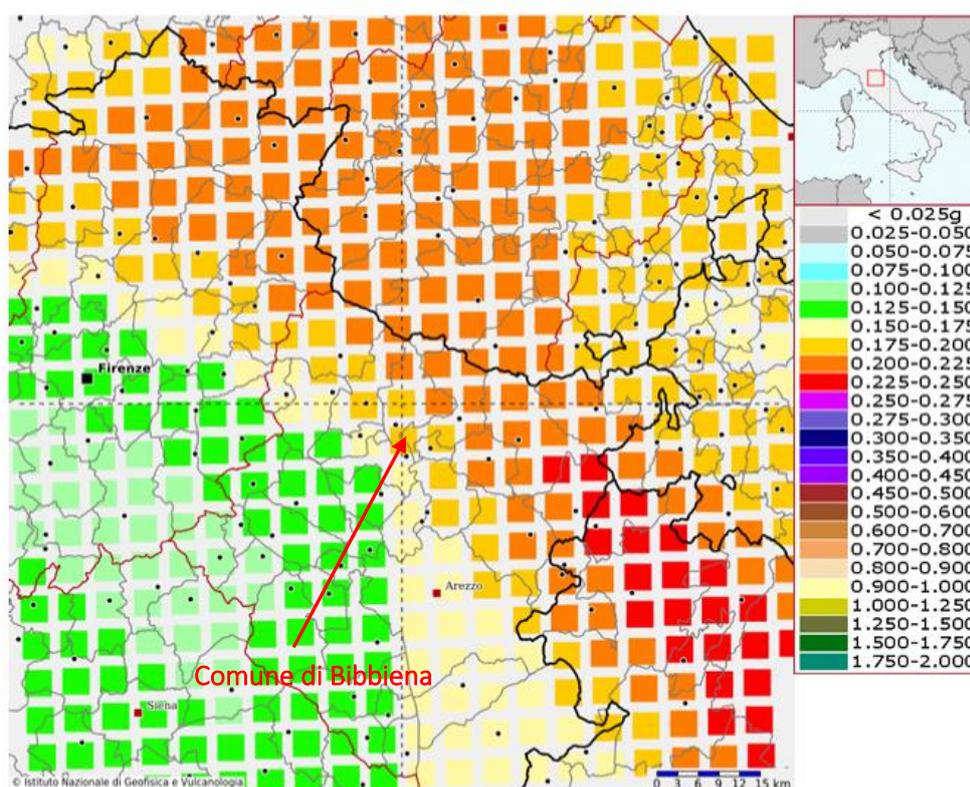
Figura 10-1: L'allegato 2 alla Del. GRT n.421 del 26-05-2014. Classificazione sismica dei Comuni della Regione Toscana.

Rispetto alla classificazione sismica del Comune di Bibbiena ed in base alla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. 28/04/2006 n.3519), il range di accelerazione massima del suolo, con probabile eccedenza del 10% in 50 anni, nell'area in studio è compresa tra 0.15 e 0.25 g (Tabella 10-1).

Tabella 10-1: Valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche, a_g/g)
1	>0.25	0.35
2	$0.15 \div 0.25$	0.25
3	$0.05 \div 0.15$	0.15
4	<0.05	0.05

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)
Informazioni sul nodo con ID: 20289 - Latitudine: 43.723 - Longitudine: 11.830



La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, $V_{s30} > 800$ m/s) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID **20289** (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

Figura 10-2: Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s) – da INGV.

In Tabella 10-2 vengono forniti, per il Comune di Bibbiena e per periodi di ritorno T_R di 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni, i valori dei parametri a_g , F_0 e T_{c^*} da utilizzare per definire l'azione sismica nei diversi stati limite considerati.

Nel dettaglio:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito su suolo tipo A;

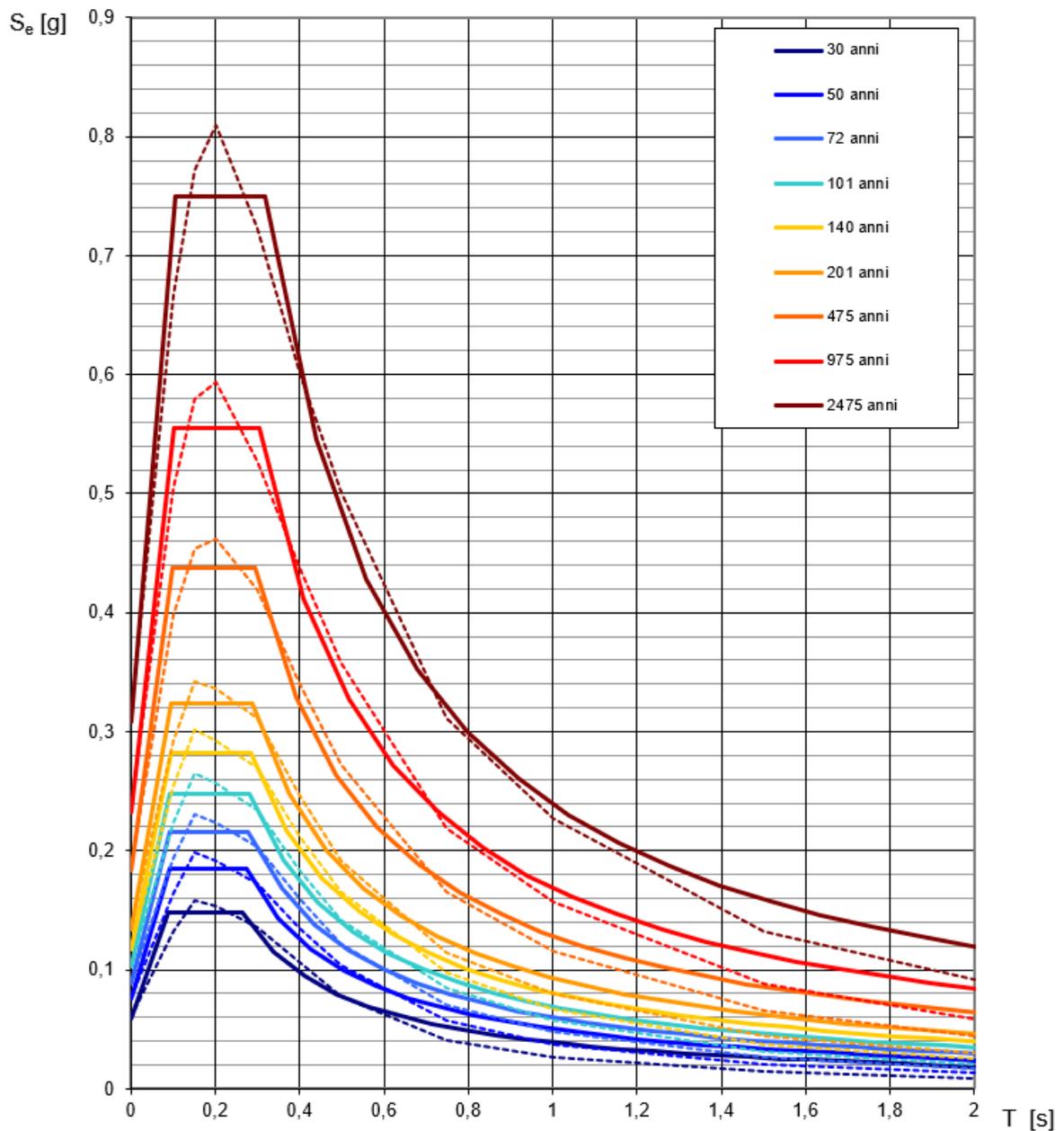
F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_{c^*} = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

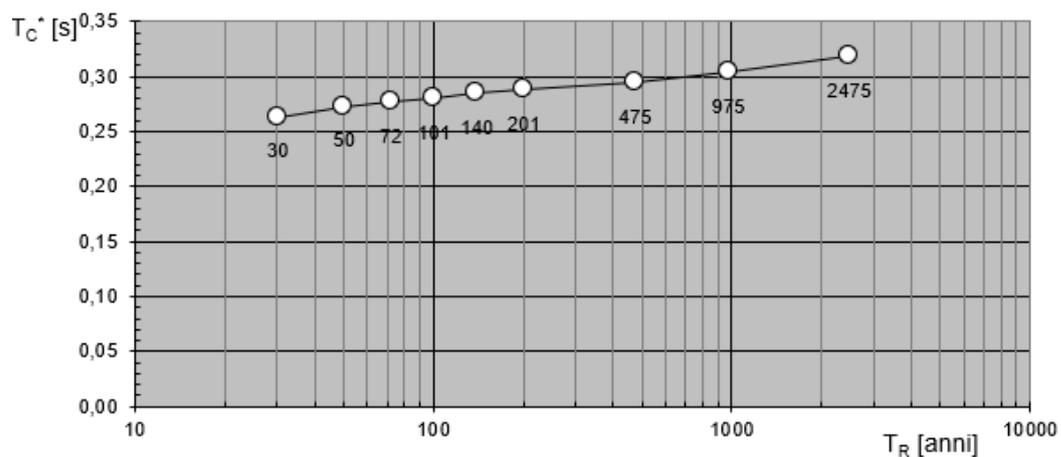
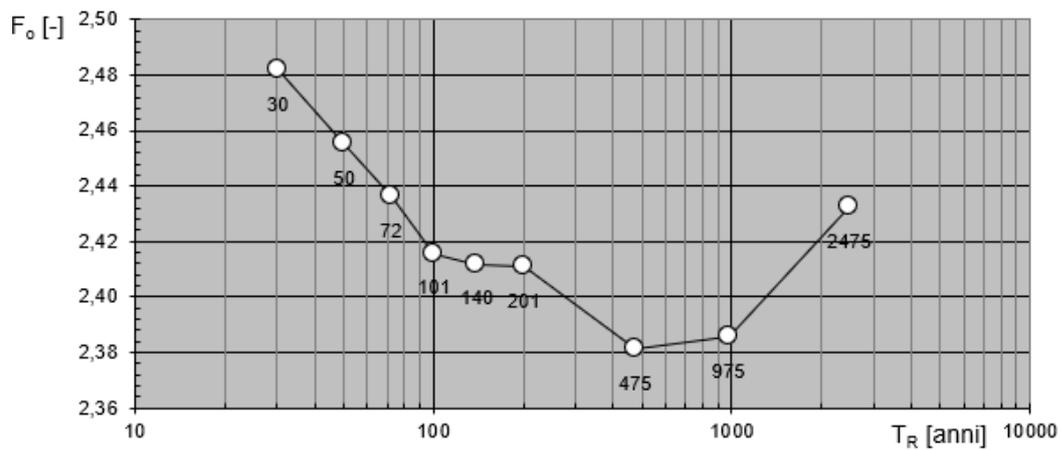
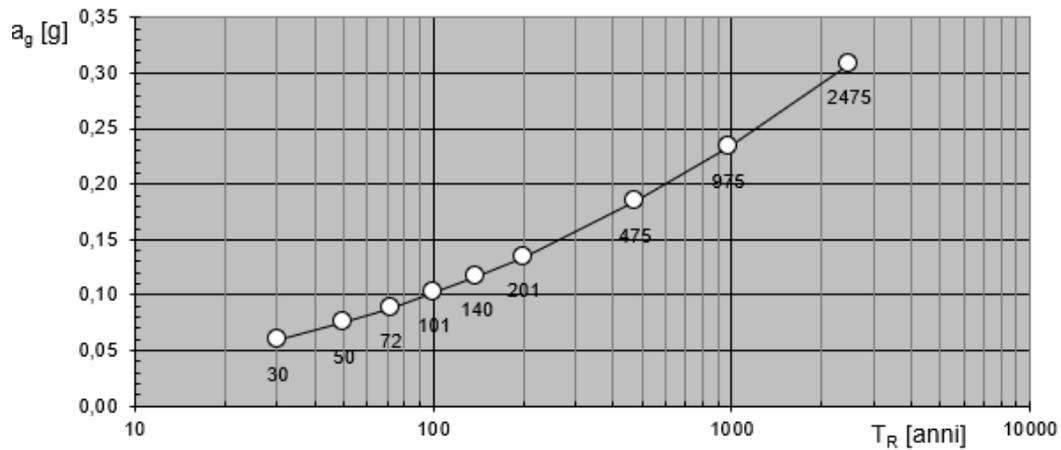
Tabella 10-2: Valori dei parametri di a_g , F_0 , T_{c^*} per i periodi di ritorno T_R di riferimento

TR [anni]	a_g [g]	F_0	T_{c^*}
30	0,060	2,482	0,263
50	0,075	2,455	0,273
72	0,089	2,436	0,277
101	0,103	2,416	0,280
140	0,117	2,412	0,285
201	0,134	2,411	0,288
475	0,184	2,381	0,294
975	0,233	2,386	0,304
2475	0,308	2,432	0,319

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



10.2 SISMICITÀ STORICA

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente il comune di Poppi.

Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15 versione 4.0 (Locati et al., 2024; consultabile on-line al sito https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_eq/), il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 versione 4.0 (Rovida et al., 2022; consultabile on-line al sito https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/).

Nella successiva Tabella 10-3 sono indicati con i seguenti simboli:

Is = intensità in sito (MCS);

Anno = anno Me = mese Gi = giorno Or = ora; Se= secondi

NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;

Io = intensità massima (MCS);

Mw = magnitudo momento.

Tabella 10-3: Storia sismica del comune di Bibbiena [43.697, 11.816]

Effetti	In occasione del terremoto di:						Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
	Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi Se				
7	1504	11	1				245	7	5,1	
4-5	1875	3	17	23	51	Costa romagnola	1375	8	5,74	
3	1889	12	8			Gargano	1558	7	5,47	
4	1889	12	12			San Piero a Sieve	1559	5	4,16	
F	1892	11	21			Alta Valtiberina	1601	5-6	4,25	
5	1895	5	18	19	55 12	Fiorentino	1653	8	5,5	
NF	1897	6	24	19	4	Apecchio	1706	5	4,34	
2-3	1899	6	26	23	17 22	Valle del Bisenzio	1753	7	5,02	
3	1904	11	17	5	2	Pistoiese	1867	7	5,1	
NF	1907	12	20	10	29 15	Chianti	1936	6	4,44	
5	1909	1	13	0	45	Emilia-Romagna orientale	1976	6-7	5,36	

Effetti	In occasione del terremoto di:					Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
	Is	Anno	Me	Gi	Or					Mi
3-4	1909	8	25	0	22	Crete Senesi	1989	7-8	5,34	
5	1911	2	19	7	18	30	Forlivese	2033	7	5,26
4	1911	9	13	22	29	2	Chianti	2048	7	5,08
5	1914	10	27	9	22		Lucchesia	2106	7	5,63
3	1916	5	17	12	50		Riminese	2145	8	5,82
4-5	1917	4	26	9	35	59	Alta Valtiberina	2192	9-10	5,99
7	1918	11	10	15	12	28	Appennino forlivese	2226	9	5,96
7	1919	6	29	15	6	13	Mugello	2235	10	6,38
2	1920	6	8	16	13		Appennino forlivese	2257	5-6	4,54
NF	1924	1	2	8	55	13	Senigallia	2305	7-8	5,48
3	1929	7	18	21	2		Mugello	2404	6-7	4,96
NF	1941	12	19				Monti Sibillini	2584	7	5,02
4	1948	6	13	6	33	36	Alta Valtiberina	2631	7	5,04
4	1952	12	2	6	13	22	Appennino forlivese	2701	5	4,42
2	1956	6	3	1	45	57	Appennino forlivese	2755	6	4,51
4	1957	4	30	6	5	8	Alta Valtiberina	2767	5	4,23
2	1959	3	24	10	24		Fiorentino	2794	7	4,85
2	1960	10	29	0	8	39	Mugello	2825	7	4,91
4	1965	8	4	11	49	53	Alta Valtiberina	2900	5	4,48
2-3	1983	11	9	16	29	52	Parmense	3380	6-7	5,04
3-4	1984	4	29	5	2	59	Umbria settentrionale	3388	7	5,62
NF	1984	5	7	17	50		Monti della Meta	3395	8	5,86

Effetti	In occasione del terremoto di:					Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
	Is	Anno	Me	Gi	Or					Mi
NF		1984	5	11	10	41	Monti della Meta	3401	7	5,47
		49,27								
NF		1989	7	9	3	54	Montefeltro	3589	5	4,09
		37,25								
NF		1990	5	8	22	33	Alta Valtiberina	3629	5	3,77
		15,91								
4-5		1991	1	14	7	38	Casentino	3647	5	4,26
		36,65								
NF		1993	1	17	10	51	Alta Valtiberina	3703	5	4,26
		23,39								
3-4		1997	9	26	0	33	Appennino marchigiano	umbro- 3850	7-8	5,66
		12,88								
4-5		1997	9	26	9	40	Appennino marchigiano	umbro- 3853	8-9	5,97
		26,6								
4		1997	10	2	19	38	Alta Valtiberina	3868		4,42
		2,29								
2		1997	10	14	15	23	Valnerina	3890		5,62
		10,64								
2		1998	4	5	15	52	Appennino marchigiano	umbro- 3941		4,78
		21,01								
4		1999	1	25	22	45	Appennino forlivese	3979	5	4,36
		58,08								
NF		2000	5	8	12	29	Faentino	4023	5	4,67
		56,2								
NF		2000	5	10	16	52	Faentino	4025	5-6	4,82
		11,6								
5-6		2001	11	26	0	56	Casentino	4116	5-6	4,63
		55,46								
4		2002	2	21	14	36	Casentino	4119	5	4,09
4-5		2003	1	26	20	15	Appennino forlivese	4199	5-6	4,5
		3,07								

Effetti	In occasione del terremoto di:						Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
	Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi				
3-4		2003	1	29	23	50	Appennino forlivese	4201	4-5	4,06
		16,38								
NF		2003	12	7	10	20	Forlivese	4227	5	4,18
		33,04								
NF		2005	7	15	15	17	Forlivese	4274	4-5	4,29
		10,01								
NF		2006	10	21	7	4	Anconetano	4303	5	4,21
		10,01								

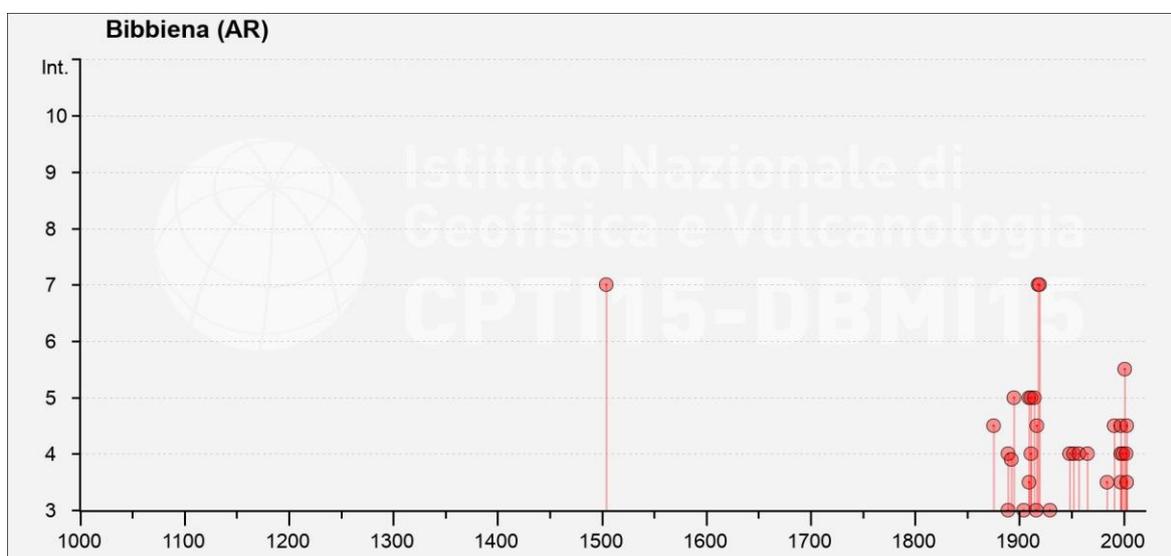


Figura 10-3: Figura 21: Storia sismica del Comune di Bibbiena [43.697, 11.816]

10.3 SORGENTI SIMOGENETICHE

Recentemente è stata presentata la nuova versione (vers. 3.2.1) del database “A compilation of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas”, inizialmente divulgato in forma preliminare nel luglio 2000 come versione 1.0 e quindi pubblicato nel 2001 come versione 2.0 (Valensise & Pantosti, 2001).

Il Database contiene sorgenti simogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti. La nuova versione del Database contiene oltre 100 sorgenti simogenetiche identificate attraverso studi geologico-geofisici (70% in più rispetto alla precedente versione). Tali sorgenti ricadono sull'intero territorio italiano e su alcune regioni confinanti.

L'assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull'andamento dei maggiori sistemi di faglie attive, consentendo in alcuni casi di individuare aree di potenziale gap sismico.

Obiettivo del Database è quello di rendere quanto più possibile completa l'informazione sulle sorgenti simogenetiche potenziali del territorio nazionale; per questa ragione, oltre ad un numero

maggiore di sorgenti individuali, viene proposta una forma di rappresentazione e caratterizzazione di tutte le aree che, pur essendo certamente in grado di generare forti terremoti, sono ancora poco comprese. È stata pertanto istituita una nuova categoria di aree sismogenetiche per le quali, in analogia con quanto proposto dalla nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa.

Dall'esame del Database, nei pressi del territorio di Bibbiena sono presenti quattro sorgenti sismogenetiche composite (Figura 10-4): la sorgente Mugello-Città di Castello-Leonessa (ITCS037), la sorgente Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga (ITCS027), la sorgente Castel San Pietro Terme-Meldola (ITCS001) e la sorgente Riminese onshore (ITCS039). Le principali informazioni di riferimento per ciascuna sorgente sono riportate da Figura 10-5 a Figura 10-8.



Figura 10-4: Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy" per l'area in oggetto (indicata in tratteggio giallo).

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	0.5	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Max depth [km]	8.0	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Strike [deg] min... max	280...330	EJ	Inferred from regional geological data.
Dip [deg] min... max	25...40	EJ	Inferred from regional geological data.
Rake [deg] min... max	260...280	EJ	Inferred from regional geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.2	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 10-5: Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Mugello-Città di Castello-Leonessa (ITCS037).

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	12.0	OD	Based on structural geology and geodynamic constraints.
Max depth [km]	22.0	OD	Based on structural geology and geodynamic constraints.
Strike [deg] min... max	90...160	OD	Based on geological constraints and structural geology.
Dip [deg] min... max	20...55	OD	Based on geological constraints and structural geology.
Rake [deg] min... max	70...110	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.2	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 10-6: Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga (ITCS027).

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.0	OD	Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	8.0	OD	Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	110...140	LD	Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	30...40	LD	Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	LD	Based on geological data from various authors.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.24...0.63	EJ	Inferred from geological data on adjacent structures.
Max Magnitude [Mw]	5.8	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 10-7: Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Castel San Pietro Terme-Meldola (ITCS001).

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.0	LD	Based on geological data from various Authors.
Max depth [km]	10.0	LD	Based on geological data from various Authors.
Strike [deg] min... max	120...140	OD	Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	25...35	OD	Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	OD	Based on geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	1.0...1.07	LD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	5.9	LD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 10-8: Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Riminese onshore (ITCS039).

10.4 MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

Sulla base delle originali elaborazioni relative alla definizione delle sorgenti sismogenetiche (DISS2.0-2001) è stato elaborato un modello sintetico che descrive la localizzazione delle sorgenti di futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere ed i rate di sismicità attesa zona per zona. Questo modello, che si pone come base per la redazione della carta di pericolosità sismica (Figura 10-9) è rappresentato dalla mappa delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti & Valensise, 2004).

In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale, la sismicità in Italia può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo, espressa in termini di magnitudo momento Mw. Nel caso di siti che ricadono al di fuori di tali zone si dovrà eseguire un'analisi accoppiata magnitudo distanza per il calcolo del valore di magnitudo in relazione alla distanza minima di ogni sito dalle zone sismogenetiche circostanti.

Il territorio in oggetto ricade all'interno della zona sismogenetica 915 "Garfagnana - Mugello", caratterizzata da Mw=6.60 (Figura 10-10).

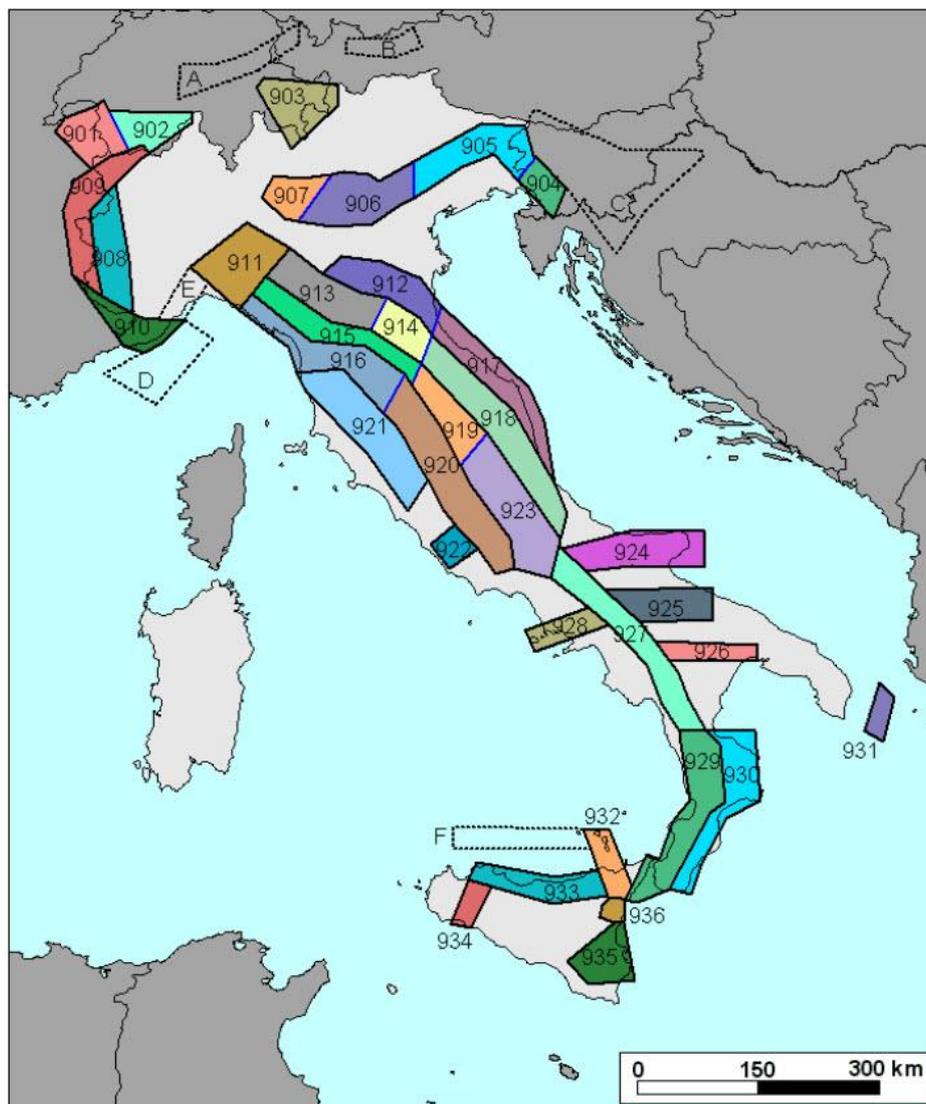


Figura 10-9: Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento

Nome ZS	Numero ZS	M _{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Figura 10-10: Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9

10.5 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_{C^*} valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

10.5.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II del D.M. 17/01/2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

- h_i spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Sulla base delle evidenze del rilievo geologico e geomorfologico condotto in sito data la presenza pressoché costante di substrato da affiorante a subaffiorante, in assenza di specifiche indagini geofisiche, nonostante risulti ragionevole assumere una categoria di sottosuolo di tipo A, cautelativamente è stata assunta una categoria di sottosuolo "B" ovvero "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

10.5.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, la morfologia dell'area può essere ricondotta ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 17/01/2018 in Tabella 3.2.III.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

In particolare, il versante in oggetto presenta una pendenza media superiore ai 15° , pertanto può essere classificato in categoria T2.

10.5.3 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica di riferimento è individuata in termini di:

$a_{g,max}$ = accelerazione massima su suolo tipo B;

S = fattore di amplificazione che dipende dalla categoria di sottosuolo (S_S) e dalle condizioni topografiche (S_T);

F_0 = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima;

T_{C*} = periodo di riferimento che consente di calcolare il periodo TC corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

Prendendo quindi in considerazione l'area oggetto di studio, nel seguito si riportano i parametri dell'azione sismica di riferimento ipotizzando, per le opere in esame una vita nominale ed una classe d'uso come di seguito indicate, e comunque da confermare in fase di progettazione:

Vita nominale V_N : 50 anni

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso C_U : 1,0

Periodo di riferimento V_R : 50 anni

Per gli Stati Limite Ultimi risulta quanto segue:

Stato limite di salvaguardia della vita (SLV):

$$a_{g,max} = S_S \times S_T \times a_g = 1,200 \times 1,000 \times 0,184 \text{ g} = 0,220 \text{ g};$$

$$F_0 = 2,381;$$

$$T_{C*} = 0,294 \text{ s.}$$

Stato limite di prevenzione del collasso (SLC):

$$a_{g,max} = S_S \times S_T \times a_g = 1,148 \times 1,200 \times 0,263 \text{ g} = 0,362 \text{ g};$$

$$F_0 = 2,401;$$

$$T_{C*} = 0,296 \text{ s.}$$

11 SINTESI, CONCLUSIONI E FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Nell'ambito del Progetto Definitivo del 1° e 2° stralcio di interventi di mitigazione del rischio idrogeologico, parte del Progetto Definitivo e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione per "Lavori di messa in sicurezza rete paramassi lungo la S.R. 71 Umbro Casentinese dal km 189+700 al km 198+950 in Comune di Bibbiena e Poppi - 1° stralcio e 2° stralcio CUP I37H22002900001", è stato condotto uno studio geologico, geomorfologico, idrogeologico lungo la scarpata stradale alta 15-20 m e il versante a monte di essa nel tratto di S.R.71 compreso tra le Pk 191+300 e 191+500 circa. In particolare, il Progetto consiste nell'installazione di un rafforzamento corticale formato da rete metallica a doppia torsione, armata con funi e ancoraggi in barre d'acciaio a costituire una maglia quadrata o rettangolare.

L'area di studio è situata nella porzione settentrionale della Provincia di Arezzo, in Comune di Bibbiena, lungo il versante sud-orientale del Monte Tramignone, in sinistra idrografica al Torrente Archiano.

Dal punto di vista geologico-strutturale i litotipi affioranti appartengono al dominio della Falda Toscana, di cui costituiscono la porzione sommitale. Nell'area di studio affiora, infatti, il membro inferiore della Formazione del Monte Falterona; ovvero il Membro di Monte Falco (FAL1). Questa Formazione ha genesi connessa alla rimobilizzazione di sedimenti litorali e deltizi in ambiente sottomarino avvenuta tra l'Oligocene sup. e il Miocene inf. ad opera di terremoti o tempeste marine che al progredire dell'orogenesi appenninica innescavano frane sottomarine lungo il margine della piattaforma continentale. A tale fenomeno è messa in relazione la deposizione di una sequenza sedimentaria torbidaica, che a livello generale è rappresentata da una ciclica ripetizione di strati con termini da sabbioso-conglomeratici ad argillosi. Nel sito di studio è costituita da arenarie grigie e grigio-verdi in strati da spessi a molto spessi, frequentemente amalgamati, con base grossolana, talora microconglomeratica. Nel membro di interesse (FAL1) la pelite è quasi assente.

Sul piano geomorfologico, l'infrastruttura è posta a quota di circa 730 m s.l.m. e si inserisce all'interno di un contesto fisiografico montano in cui la morfologia è dominata dai rilievi appenninici che nel settore Tosco-Romagnolo superano i 1000 m s.l.m. (Monte Tramignone 1233 m s.l.m.). Ai piedi del pendio scorre il Torrente Archiano, che raccoglie i contributi dei vari corsi d'acqua che discendono dal Passo dei Fangacci, dal Passo dei Mandrioli e dalla Cima del Termine, per poi confluire nell'Arno più sud, nei pressi di Bibbiena. L'evoluzione di questo torrente ha comportato la genesi di una valle incisa a "V" piuttosto pronunciata, concorrendo nell'accentuare l'acclività dei versanti.

Le pendenze medie del versante sono di circa 35°; in corrispondenza della scarpata relativa allo sbanco stradale si raggiungono pendenze maggiori, anche subverticali (70°). Il pendio è contraddistinto dalla presenza alcuni dossi e incisioni che possono far variare localmente la pendenza. Lungo le incisioni si possono raggiungere valori di pendenza del 45-55°. In corrispondenza delle porzioni più acclivi, che corrispondono generalmente a quelle interessate dalla presenza di substrato affiorante, si concentra la gran parte delle aree potenzialmente soggette a distacco di blocchi.

Dal punto di vista idrogeologico, come confermato anche all'interno della tavola QC_B3q5 "Carta delle tematiche idrogeologiche" in scala 1:10.000 del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni del Casentino 2022, la circolazione sotterranea più rilevante nell'area di studio avviene sostanzialmente all'interno delle fratture dell'ammasso roccioso.

Circa la classificazione sismica del Comune di Bibbiena ed in base alla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. 28/04/2006 n.3519), il range di accelerazione massima del suolo, con probabile eccedenza del 10% in 50 anni, nell'area in studio è compresa tra 0.15 e 0.25 g

Dall'esame del Database delle sorgenti sigmogenetiche (vers. 3.2.1) "A compilation of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas", nei pressi del territorio di Bibbiena sono presenti quattro sorgenti sismogenetiche composite: la sorgente Mugello-Città di Castello-Leonessa (ITCS037), la sorgente Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga (ITCS027), la sorgente Castel San Pietro Terme-Meldola (ITCS001) e la sorgente Riminese onshore (ITCS039).

Basandosi sulla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale, magnitudo momento Mw all'interno della zona sismogenetica 915 "Garfagnana - Mugello", è pari a Mw=6.60.

Al §9 vengono illustrati i dissesti in atto e potenziali che interessano la scarpata oggetto di intervento; tra di essi, quelli che possono costituire un pericolo per la viabilità sono essenzialmente riconducibili alla caduta massi. Tale processo è influenzato:

- dalla topografia di superficie (in particolare dall'acclività),
- dal grado di fratturazione (spaziatura delle discontinuità) dell'ammasso roccioso e dal suo detensionamento
- dall'orientazione delle discontinuità e dei relativi rapporti nei confronti della superficie topografica,
- dalle condizioni delle discontinuità, in termini di apertura e riempimento delle fratture e di resistenza e rugosità delle pareti dei giunti.

In linea di massima si può affermare che la scarpata in oggetto, anche a causa del detensionamento dell'ammasso roccioso derivante dallo sbanco antropico, sia soggetta al naturale processo di evoluzione geomorfologica che tende al rimodellarla, smantellando gradualmente le porzioni maggiormente acclivi.

L'area di intervento è stata suddivisa in settori assunti come omogenei dal punto di vista geomorfologico e geomeccanico. Per ognuno di essi sono stati definiti l'acclività media e lo spessore di ammasso roccioso superficiale instabile. Lungo la scarpata rocciosa si alternano settori in cui l'ammasso roccioso è interessato da fratturazione a spaziatura decimetrica che definisce blocchi tendenzialmente minori di 0.1 m³, fino ad un massimo di 0.3 m³, ad altri settori nei quali la spaziatura delle discontinuità, da pluridecimetrica fino a metrica, comporta la presenza di blocchi unitari che superano di frequente gli 0.3 m³ e che localmente possono raggiungere anche alcuni metri cubi di volume unitario.

Lungo il ciglio in testa alla scarpata il detensionamento dell'ammasso tende a produrre i maggiori effetti circa la possibile instabilizzazione dei blocchi. Proprio lungo i cigli si sono prodotti negli anni una moltitudine di distacchi di blocchi generalmente inferiori ai 10 litri, ma che non di rado possono superare gli 0,2 m³ e raggiungere localmente il metro cubo.

A tergo del rivestimento sono presenti importanti riempimenti di materiale detritico già mobilizzati, con spessori localmente superiori al metro e mezzo, trattenuto unicamente dalla rete semplice. Questi costituiscono un grave pericolo, in quanto un cedimento del rivestimento comporterebbe la mobilitazione di decine e decine di metricubi di materiale che raggiungerebbe la sede stradale.

Il volume complessivo dell'evento massimo atteso (la quantità di materiale che può mobilizzarsi simultaneamente durante un evento) varia localmente fino ad un massimo nell'ordine del centinaio di metri cubi; è generalmente condizionato dalla presenza di superfici persistenti, tendenzialmente a franapoggio, o dall'intersezione di più superfici persistenti, in grado di isolare intere porzioni di ammasso.

A monte della scarpata, il versante presenta inclinazioni medie di 35°. Son presenti locali fronti rocciosi instabili e alcuni blocchi, contenuti all'interno del detrito, possono mobilizzarsi ad esempio in seguito al passaggio di animali, al ruscellamento superficiale in occasione di precipitazioni importanti o al ribaltamento di un albero. La presenza di un bosco fitto contribuisce notevolmente nel limitare la propagazione dei potenziali corpi di crollo provenienti dal versante; tuttavia, tale problematica, che esula da quelle che l'intervento in progetto mira a mitigare, costituisce un pericolo reale per la viabilità.

In conclusione, si può affermare che lo studio eseguito ha permesso di comprendere e descrivere le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geomeccaniche e sismiche, illustrate all'interno del presente elaborato e riassunte sinteticamente in questo capitolo. In particolare, sono stati individuati e caratterizzati i dissesti in atto e potenziali, essenzialmente riconducibili alla caduta massi, presenti lungo la scarpata oggetto di intervento, che costituiscono una minaccia per l'incolumità dell'utenza della viabilità.

In termini di fattibilità geologica, si può pertanto affermare che la messa in opera degli interventi di difesa in progetto contribuirà a ridurre sensibilmente la pericolosità legata alla caduta massi e ad aumentare la sicurezza del transito sulla strada.