



# REGIONE LAZIO

## Comune di Paliano



### PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 37.807,2 kWp INTEGRATO CON UN SISTEMA DI ACCUMULO DELLA POTENZA DI 12.000 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 48.000 kW UBICATO NEL COMUNE DI PALIANO (FR) E DELLE OPERE CONNESSE NEL COMUNE DI ANAGNI (FR)

TITOLO  
Elettrodotto "CP Colleferro - CP Anagni" - PTO Terna benestariato  
Relazione geologica e planimetrie

PROGETTAZIONE

PROPONENTE

 **STUDIO  
RINNOVABILI**

SR International S.r.l.  
C.so Vittorio Emanuele II, 282-284 - 00186 Roma  
Tel. 06 8079555 - Fax 06 80693106  
C.F e P.IVA 13457211004



ATON 27 S.r.l.

ATON 27 S.r.l.  
VIA EZIO MACCANI 54 - 38121 Trento (TN)  
C.F e P.IVA 02708670225  
PEC: aton27.srl@pec.it

Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione
00	15/07/2023	Ing. Lauretti	Ing. Bartolazzi	ATON 27 S.r.l.	Relazione geologica e planimetrie

Codice Elaborato

**TCN-PLN-PTO-E-21**

Scala

-

Formato

-



CITTA' DI PALIANO

# Impianto Agrovoltaico "Paliano" della potenza di 24 MW in AC e 24,16 MWp in DC e opere di connessione alla RTN previste anche nei comuni di Colferro (RM) e Anagni (FR) PROGETTO DEFINITIVO



COMMITTENTE:



PALIANO SRL  
Galleria Vintler, 17 - 39100 Bolzano  
P.I.: 03128640210  
Tel: 0039 02 45440820

PROGETTAZIONE:

**MATE System Unipersonale srl**

Via Papa Pio XII, n.8 - 70020 Cassano delle Murge (BA)  
tel. +39 080 3072072  
mail: info@matesystemsrl.it | pec: matesystem@pec.it

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Francesco Ambron  
(Direttore Tecnico)



LEGALE RAPPRESENTANTE:

Geom. Damiano Baldassarre

**MATE SYSTEM**  
Unipersonale srl  
Via PAPA PIO XII n. 8  
70020 Cassano delle Murge - Bari-Italy  
P.I. 07580270721 - REA BA-567526

GEOLOGO:

Dott. Vito Dimola



# PTO

ELETTRODOTTO

## RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE E PLANIMETRIE

Tavola:

PTO\_21-00\_Geo

Filename:

202100606\_PTO\_21-00.pdf

Data 1° emissione:

Febbraio 2022

Redatto:

SPINELLI  
ADORNO

Verificato:

AMBRON  
ADORNO

Approvato:

AMBRON  
AMBRON

Scala:

n.a.

Protocollo Mate System:

202100606

n° revisione

1 Settembre 2022

2

3

4

## Sommario

PREMESSA .....	2
1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CARATTERI GEOLOGICI.....	3
1.1. Inquadramento dell'area di intervento.....	3
1.2. Inquadramento geologico dell'area .....	5
2. LITOLOGIA DI DETTAGLIO.....	8
3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI.....	9
4. CARATTERI IDROGEOLOGICI .....	12
5. CARATTERI GEOLOGICO-TECNICI INDICATIVI .....	15
6. AZIONI SISMICHE.....	17
7. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE .....	22
8. SISMICITÀ DELLA ZONA E DETERMINAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA.....	23
8.1. Inquadramento Sismico .....	23
8.2. Verifica dell'azione sismica .....	30
8.3. Analisi sismica del sito di progetto.....	33
9. CONCLUSIONI .....	35

## Allegati

Tav\_1 Corografia;  
Tav\_2 Ortofoto;  
Tav\_3 Carta Geologia Area Vasta;  
Tav\_4 Carta Geologica;  
Tav\_5 Geomorfologia;  
Tav\_6 Carta delle frane (IFFI)  
Tav\_7 Carta del rischio idrogeologico

## PREMESSA

Scopo della seguente relazione è quello di illustrare gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici dell'area di studio, localizzata tra l'abitato di Anagni e Colleferro per il potenziamento di una linea elettrica 150 kV Colleferro-Anagni.

La presente relazione, redatta in ottemperanza al Decreto Ministeriale 11 Marzo 1988 n. 47, al DPR 380/2001 e al DM 17 Gennaio 2018, riferisce sugli elementi geologici osservati in sito tramite un rilevamento di dettaglio che ha fornito indicazioni sulle proprietà geologico-tecniche del terreno su cui avverrà il potenziamento della linea elettrica; per una migliore conoscenza dell'area in studio è stata effettuata un'attenta ricerca del materiale bibliografico scientifico esistente.

Lo studio si è articolato nelle seguenti fasi:

- descrizione dei caratteri geologici generali del territorio dell'area oggetto d'intervento;
- individuazione dei rapporti stratigrafici esistenti tra le formazioni geologiche presenti ed affioranti nell'area d'intervento;
- studio delle caratteristiche geomorfologiche, con particolare riguardo alle condizioni di stabilità;
- descrizione dei caratteri idrogeologici e geomorfologici del territorio;
- descrizione delle caratteristiche geologico-tecniche del sottosuolo dell'area d'intervento;
- descrizione delle caratteristiche sismiche del territorio;
- individuazione delle pericolosità geologiche nel territorio.

Lo scopo finale dello studio è stato quello di ottenere infine un modello geologico di massima relativo alle aree d'intervento.

I caratteri geologici dell'area di studio sono stati descritti facendo riferimento alla carta geologica in scala 1:50.000 del foglio n. 389 Anagni e n. 388 Velletri.

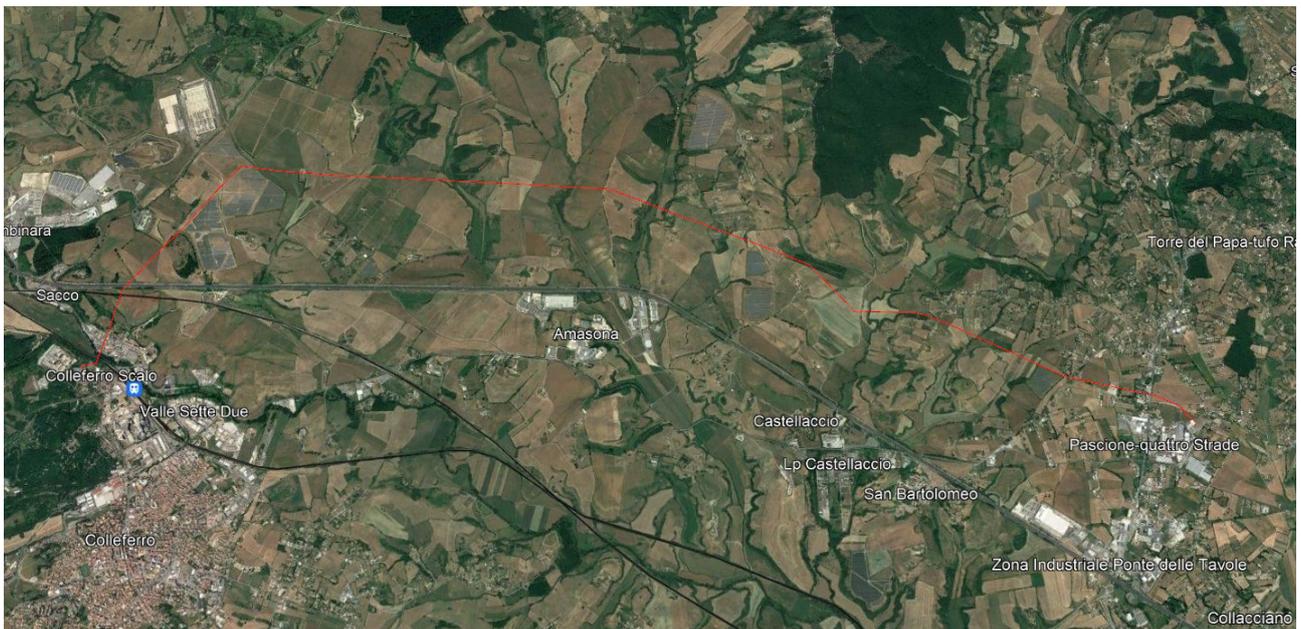
I caratteri idro-geomorfologici facendo riferimento alla Carta idro-geomorfologica della Regione Lazio in scala 1:50.000 del foglio n 389 Anagni”.

Si precisa che, secondo la normativa in vigore, l'area in studio rientra nella perimetrazione sismica identificata come zona 3.

# 1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CARATTERI GEOLOGICI

## 1.1. Inquadramento dell'area di intervento

L'area oggetto si trova tra due paesi Colferro (Roma) e Anagni (Frosinone) trattasi di un tratto già interessato da una linea elettrica che in questo progetto prevede il potenziamento della linea con lo spostamento ed inserimento di un nuovo traliccio. Il tracciato attraversa un territorio che passa da una quota di m 215 slm (stazione Elettrica di Colferro) ad una quota di circa m 270 slm per poi arrivare alla stazione elettrica di Anagni ad una quota di circa 236.



*Figura 1 - Area di intervento su ortofoto*



*Figura 2 - Dettaglio dell'area di intervento su CTR*

## 1.2. Inquadramento geologico dell'area

L'area in studio ricade del settore centrale della Valle Latina, la quale costituisce una depressione di origine tettonica di età miocenica, estesa in direzione NW-SE tra Valmontone e Rocca d'Evandro, colmata da sedimenti torbiditici e successivamente da depositi quaternari costituiti da accumuli di piroclastiti, colate laviche, alluvioni antiche ed attuali, sedimenti lacustri, ecc. (Angelucci A. – 1966).

Al suo intorno la depressione, di lunghezza 120 Km circa e larghezza variabile da 10 a 20 Km, è delimitata da dorsali costituite prevalentemente da unità carbonatiche meso-cenozoiche di piattaforma, mentre verso NW si raccorda gradualmente con l'edificio vulcanico dei Colli Albani.

Tali unità sono disposte in una serie di scaglie embricate, accavallate, generalmente traslate in direzione SW-NE, in una tipica struttura tipo thrust-belt sviluppatasi tra il Miocene e il Pleistocene inferiore, tramite un sistema ad arco-fossa migrante da W verso E.

In particolare, le strutture che bordano il margine sud-occidentale della valle sono rappresentate dai Monti Lepini, Ausoni ed Aurunci, sovrascorse verso NE durante il Tortoniano superiore sulla dorsale Simbruino-Ernica e sul bacino della Valle Latina, a sua volta passivamente trasportato come bacino marginale nel Messiniano inferiore. I piani di sovrascorrimento sono ben riconoscibili nel tratto centrale del fianco nord-orientale dei Monti Lepini, tra Sgurgola e Morolo, dove i calcari cretacici sovrascorrono sui sedimenti terrigeni terziari della depressione mediante una piega frontale ad asse NW-SE.

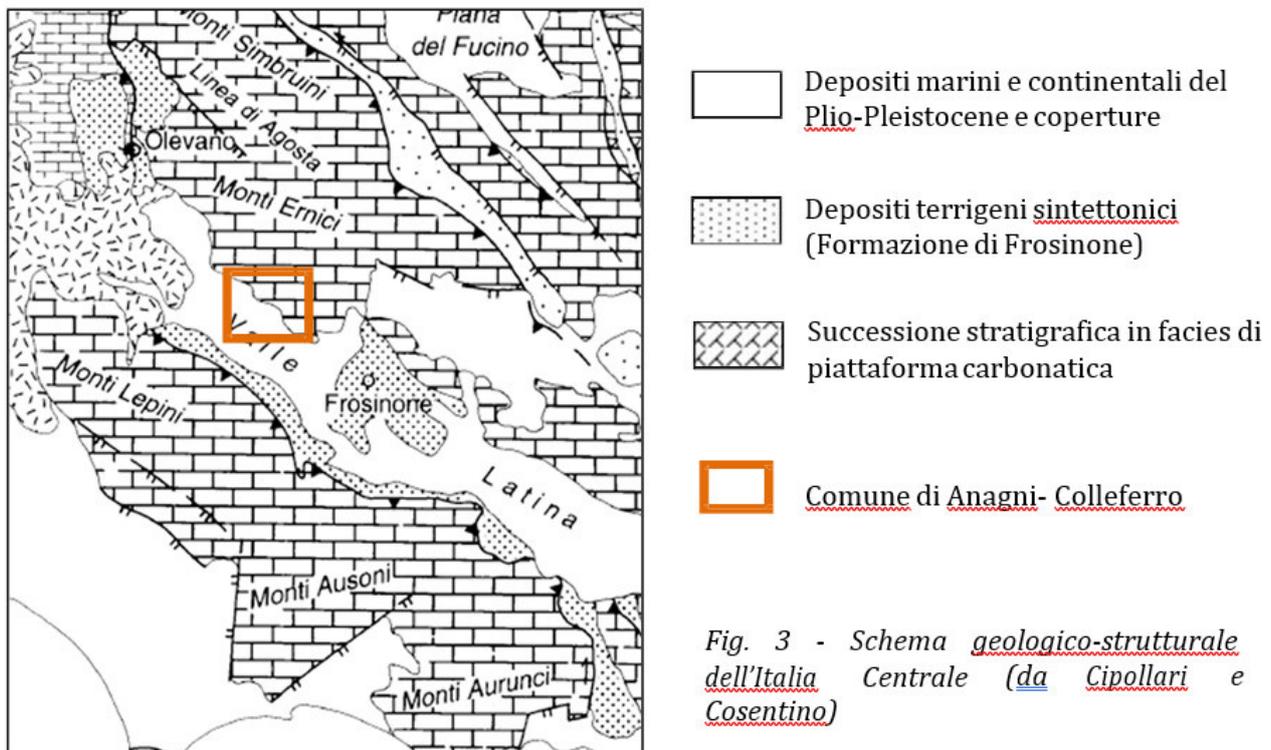
La dorsale costituita dai Monti Simbruini-Ernici e da Monte Cairo, nel tratto riguardante la Valle Latina, di cui rappresenta il margine nord-orientale, ha un andamento strutturale più semplice. Quest'area, infatti, durante il Pliocene ed il Pleistocene è stata interessata da una tettonica distensiva che si è sviluppata principalmente attraverso sistemi di faglie dirette con andamento NW-SE; il bordo nord-occidentale della struttura, pertanto, risulta ribassato al di sotto della valle, come dimostrato anche da rilievi gravimetrici condotti da alcuni studiosi. Tali studi hanno evidenziato che il tetto dei calcari, al di sotto della valle Latina, presenta un andamento ad "horst e graben" piuttosto accentuato.

La fase tettonica distensiva, connessa con l'apertura del bacino tirrenico, ha determinato inoltre l'assottigliamento crostale, riducendo quindi lo spessore della litosfera e favorendo, durante il Pleistocene medio, la risalita di ingenti quantità di magma di natura alcalino potassica che ha dato origine ad importanti distretti vulcanici.

L'area in esame è delimitata a est dal fiume Sacco, a ovest dai monti Prenestini e dalla propagine settentrionale dei monti Tiburtini, a nord dal caratteristico massiccio dei monti Ruffi e parte dei monti Simbruini, che con gli Ernici la separano ad est dall'Abruzzo, a sud-ovest dalle propagini settentrionali dell'edificio vulcanico dei Colli Albani e a sud dai monti Lepini.

La porzione occidentale del territorio di Anagni, a morfologia prevalentemente pianeggiante, si colloca all'interno Valle del Sacco mentre la porzione orientale, collinare e montuosa, si trova in

corrispondenza dei rilievi calcarei che costituiscono le propaggini occidentali dei Monti Ernici, poderoso massiccio che si allunga in direzione appenninica da NW a SE (figura 3).



*Fig. 3 - Schema geologico-strutturale dell'Italia Centrale (da Cipollari e Cosentino)*

I Monti Ernici appartengono alla grande unità paleogeografica della “piattaforma carbonatica laziale-abruzzese”, sviluppatasi a partire dal Trias superiore sul margine meridionale passivo della Tetide in espansione e formata pressoché per intero da calcari e dolomie. Il sistema orografico che occupa la parte occidentale del territorio del comune di Anagni presenta caratteristiche tipiche dell’Appennino calcareo laziale-abruzzese. Si tratta di un rilievo allungato in senso appenninico, con quote massime intorno i 750 m s.l.m. (Monte Campitelli) e costituito in massima parte da potenti pile di calcari mesozoici scomposti da faglie prevalentemente normali di entità variabile. I calcari, quasi ovunque stratificati, presentano giaciture con immersione SW.

L’assetto strutturale di base della regione appare relativamente semplice, le linee tettoniche più vistose sono ubicate poco a nord e nord-est dell’abitato di Anagni. Si tratta di faglie prevalentemente associabili ad accavallamenti o sovrascorrimenti delle strutture carbonatiche.

Di seguito si riporta uno stralcio della carta geologica ricavata dal sito della regione Lazio.

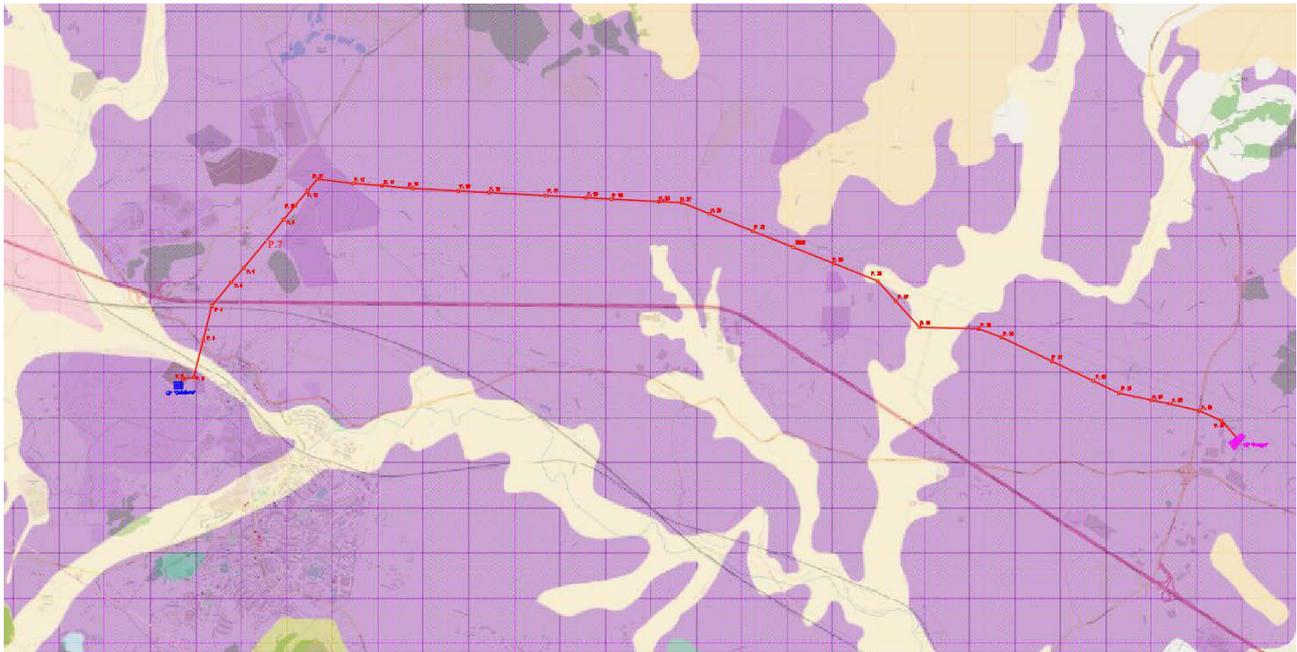


Figura 4 - Carta geologica dell'area di intervento

## Carta Geologica

- |   |  |
|---|--|
| 1) Detriti antropici  | 21) Calcareniti e calcari organogeni a luoghi con interc. marnose (margine molisano)   |
| 10) Depositi prevalentemente argillosi in facies marina e marino-marginale lungo costa                    | 22) Argille con gessi  |
| 11) Argille   | 23) Conglomerati poligenici  |
| 12) Depositi continentali antichi, conglomerati cementati di conoide alluvionale e limi calcarei lacustri | 24) Calcareniti, marni e argille varicolori paleogene interc. come olistostromi nei flysch miocenici   |
| 12a) Conglomerati di Santopadre   | 24a) Puddinghe poligeniche intercalate in argille varicolori (24)  |
| 13) Breccie di pendio cementate   | 25) Entpelagiti prevalentemente marnose  |
| 14) Calcareniti e calcari organogeni (tipo Macco Auct.)   | 26) Scaglia cinerea  |
| 15) Sabbie litoranee e palustri e dune recenti  | 27) Scaglia cinerea detritica  |
| 16) Olistoliti di Flysch Toffetano nei depositi marini pliocenici   | 28) Scaglia  |
| 16a) Arenarie molassiche in grosse bancate, discordanti sul ciclo pre-Messiniano                          | 29) Scaglia detritica  |
| 17) Flysch a componente dominante arenacea o conglomeratico-arenacea                                      | 2a) Deposito di frana  |
| 18) Flysch a componente dominante arenaceo o arenaceo-pellica   | 2a) Deposito di frana e conoidi detritiche   |
| 19) Flysch a componente dominante pellica o arenaceo-pellica  | 3) Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti anche terrazzate e coperture colluviali ed eluviali   |
| 2) Conoidi e detriti di pendio anche cementati, facies moreniche  | 30) Marni a Fucoidi  |
| 20) Alternanze di litotipi a componente dominante calcareo marnosa, subordinatamente argillitica          | 31) Maiolica   |
|   | 32) Calcari detritici granulari, marnosi, selciferi, m. a Posidonia, c. a filaments, c. diasprigni   |
| 33) Marni di Monte Serrone  | 5) Coperture colluviali ed eluviali e terre residuali quando distinte  |
| 34) Corniola detritica  | 55) Ignimbrite tefritico-fonolitiche, fonolitico-tefritiche fino a trachitiche, presentano sia facies incoerenti (pazzolane) sia facies compatte (tufo litode) |
| 34a) Calcari marnosi grigi spesso fortemente dolomitizzati, con frequenti lenti e noduli di selce         | 56) Tufi leucitici con intercalazioni di depositi lacustri e diatomiferi   |
| 35) Calcare massiccio   | 57) Ignimbrite quarzolitica (o riolalitica)  |
| 36) Dolomia   | 6) Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose antiche terrazzate dep. lacustri antichi  |
| 37) Calcare cavernoso   | 60) Bisclaro   |
| 38) Calcari detritici, micritici, microcristallini, oolitici e organogeni della serie Laziale-Abruzzese   | 7) Travertini  |
| 39) Filladi   | 8) Depositi preval. ghiaiosi a luoghi cementati in facies marina e marino-marginale lungo costa  |
| 4) Depositi prevalentemente limo - argillosi in facies palustre, lacustre e salmastra                     | 8dd) Depositi preval. ghiaiosi a luoghi cementati in facies marina e marino-marginale lungo costa  |
| 40) Scorie e lapilli  | 9) Depositi preval. sabbiosi a luoghi cementati in facies marina e marino-marginale lungo costa  |
| 41) Lave sovrature e laccoliti  | 9dd) Depositi prevalentemente sabbiosi   |
| 42) Lave sottature e sature   | 9ps) Depositi prevalentemente sabbiosi a luoghi cementati in facies marina e marino-marginale lungo costa  |
| 43) Tufi prevalentemente litoidi  | lago   |
| 44) Tufi stratificati, tufiti e tufi terrosi  |  |
| 45) Pozzolane   |  |
| 46) Facies freatomagmatiche   |  |

## 2. LITOLOGIA DI DETTAGLIO

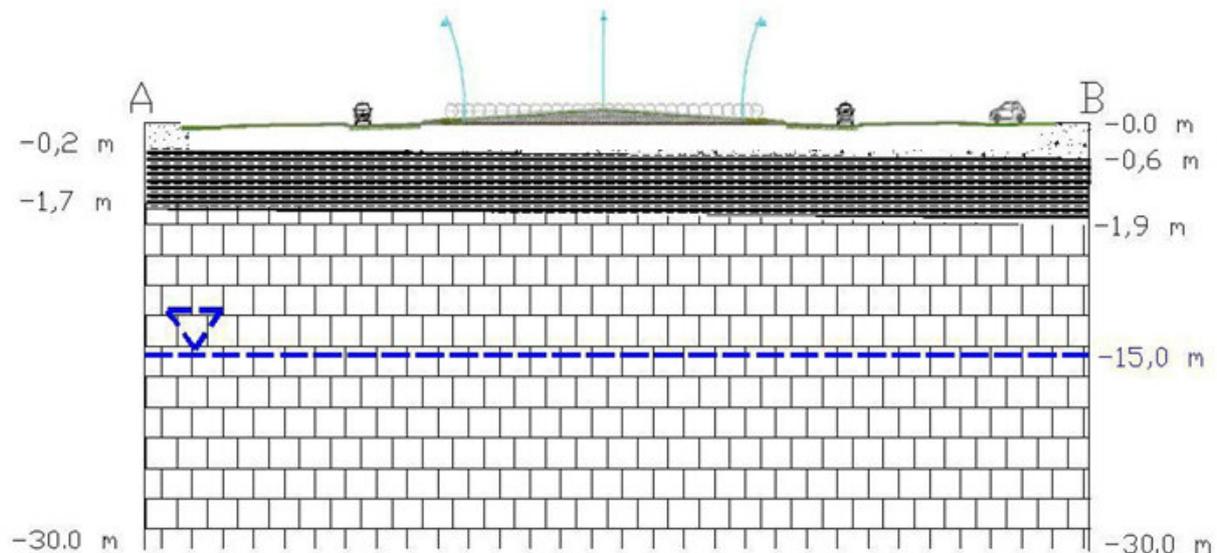
La carta restituita in Allegato, dal presente lavoro, restituisce un quadro altamente dettagliato delle litologie affioranti nell'area in esame.

L'evoluzione geologico-geomorfologica dell'area, nella quale ricade il territorio, ingloba diversi ambienti geologico-deposizionali. In particolare, nei settori occidentali, interessati dalle morfologie collinari e montuose, vengono identificati depositi sedimentari calcarei, riconducibili ad un ambiente deposizionale variabile da piattaforma continentale a marino/lagunare e continentale; pertanto si distinguono calcareniti e calcilutiti giallastre con resti di echinodermi, molluschi, briozoi e litotamni di colore biancastro e venature ocracee (Serravalliano Inferiore-Langhiano Superiore), principalmente affioranti nelle località di Monte Scutta, "Colle Del Conte", Monte Campitelli e parte di Monte San Giorgio. I settori corrispondenti alle porzioni vallive di origine tettonica del territorio, sono stati colmati dapprima con sedimenti miocenici legati ad una deposizione torbidityca (i potenti depositi torbidityci costituiscono proprio il riempimento dei bacini di avanfossa al fronte delle falde appenniniche) e successivamente da depositi lacustri, fluviali e vulcanici.

Sulla base calcarea iniziale si è pertanto impostata nel Miocene una larga fascia di formazione torbidityca, costituita da alternanze di marne, argille ed arenarie (Flysch). I depositi torbidityci, che prendono il nome nell'area della Valle del Sacco di "Formazione di Frosinone", affiorano estesamente nel territorio in studio e nelle aree di fondovalle si alternano ai depositi alluvionali, rappresentati nella Valle del Sacco da terreni a granulometria varia, ai depositi piroclastici e ai depositi travertinosi costituiti da sabbie e sabbie limose alternate a orizzonti litoidi, teneri e vacuolari. Nello specifico, nelle porzioni vallive, i depositi riconducibili alla Formazione di Frosinone affiorano in prossimità delle località di "Collacciano", "Consortita" e "Macchia di Anagni", mentre i depositi alluvionali, corrispondenti ad orizzonti ghiaiosi alternati a orizzonti o livelli limosi, sabbiosi e argillosi affiorano in prossimità delle località "Sette Due", "Valle Secina", "Osteria della Fontana" parte di "Valle Catenaccio" e principalmente lungo le aree golenali del Fiume Sacco. I depositi piroclastici e travertinosi ricoprono gran parte dell'area valliva del territorio di Anagni sino a Colferro, dove i primi tendono a seguire la paleomorfologia, formando lingue di rilievo tozze e allungate in direzione Sud, mentre i secondi costituiscono le zone pianeggianti. I depositi piroclastici, caratterizzati da limi inorganici, micacei e da sabbie fini, affiorano principalmente nelle località di "Tufo Traverso", "San Bartolomeo", "Fontana Ranuccio", "Colle del Signore", "Colle Cotoveno", "Colle Trombetta", d'altro canto i depositi travertinosi sono principalmente presenti in località "Mortelli", "Piano Spinelli", "Casecotte", "Nocecchia" e "Tufano". La loro origine è dovuta ai fenomeni di tipo carsico, che interessano la zona, tuttavia per le porzioni più litoidi si ipotizza una origine dovuta alla dissoluzione del carbonato di calcio da parte dell'azione dei fenomeni carsici combinata all'azione delle acque calde, risalenti tramite le sorgenti idrotermali, derivanti dall'attività vulcanica dei centri eruttivi della Valle del Sacco e rese maggiormente aggressive dalla presenza di Zolfo, che ne aumenta l'acidità. La precipitazione del travertino avveniva sia nelle zone di sorgente (conseguentemente alla perdita di anidride carbonica o alla diminuzione di temperatura) sia più a valle dove le acque ruscellanti o

quelle presenti nella zona vadosa, producevano ingenti incrostazioni, oppure in prossimità di ambienti lacustri, nei quali i processi fotosintetici, operati dagli organismi vegetali, ne favorivano la formazione.

L'area che verrà interessata dall'opera in progetto è caratterizzata in affioramento prevalentemente rocce effusive e vulcanoclastiche. Le formazioni rilevate sul campo coincidono perfettamente con quelli emersi dalla carta geologica. Nelle figure 5 è possibile osservare l'interpretazione stratigrafica del sottosuolo nell'area in studio.



## LEGENDA

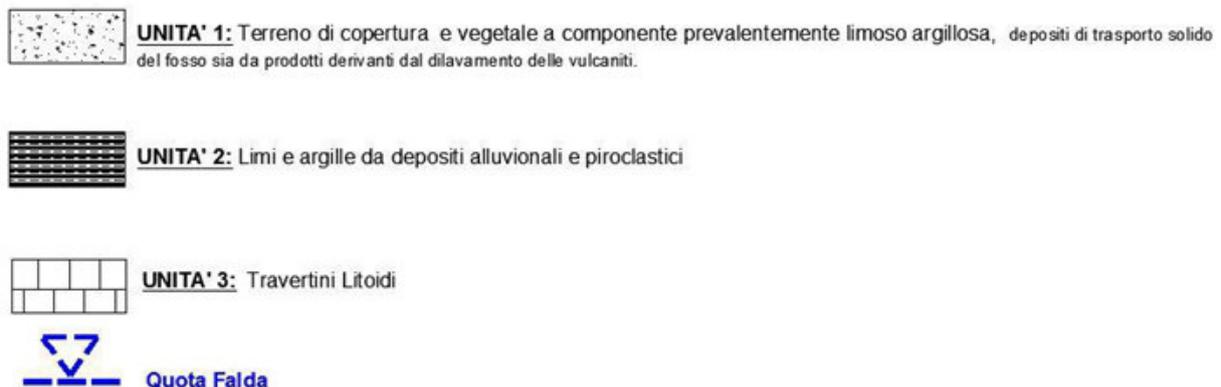


Figura 5 - schema stratigrafico

## 3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Gli elementi geomorfologici di spicco che concorrono a modellare e caratterizzare l'area interessata sono ascrivibili alle propaggini occidentali della dorsale carbonatica appenninica dei Monti Ernici e alla depressione valliva di origine tettonica del fiume Sacco. Il raccordo tra le dorsali montuose ed il

fondovalle è marcato, sia in destra sia in sinistra idrografica del fiume Sacco, da una fascia collinare di quote variabili che in prossimità del centro abitato di Anagni non supera i 400 m s.l.m., la quale rispecchia la sedimentazione dei depositi torbiditici, avvenuta nell'avanfossa appenninica, durante lo sviluppo della catena. L'ampio fondovalle alluvionale, compreso a quote variabili tra 100 e 250 m s.l.m., è caratterizzato dall'incisione dell'asta fluviale del fiume Sacco e dei suoi principali affluenti e dalla sedimentazione di depositi alluvionali sulle coltri torbiditiche. L'andamento geomorfologico fortemente variabile, che contrappone nella zona, aree aspre come le porzioni collinari e montuose, ad area morfologicamente dolci, come i settori pianeggianti della valle del Fiume Sacco, concorre a modellare il territorio del comune di Anagni con elementi morfologici facilmente riconoscibili. In particolare in carta vengono contraddistinti orli di scarpate con un'altezza variabile da 10 a quote maggiori di 20 m. In carta sono altresì indicate evidenze morfologiche di corpi sedimentari associabili a conoidi alluvionali, che testimoniano indirettamente le brusche variazioni topografiche dell'area. L'assetto litologico della zona, inoltre, ha contribuito a determinare svariati fenomeni di instabilità, la cui evidenza è facilmente riconoscibile nelle porzioni centro-settentrionali del territorio comprensivo del comune di Anagni. Nella carta, sono state riportate le zone R3 ed R4, A3, A4, le aree di rischio e di attenzione potenzialmente alti, facendo riferimento alle direttive indicate dai piani stralcio di assetto idrogeologico Autorità di Bacino Fiumi Liri Garigliano e Volturno (attuale Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale).

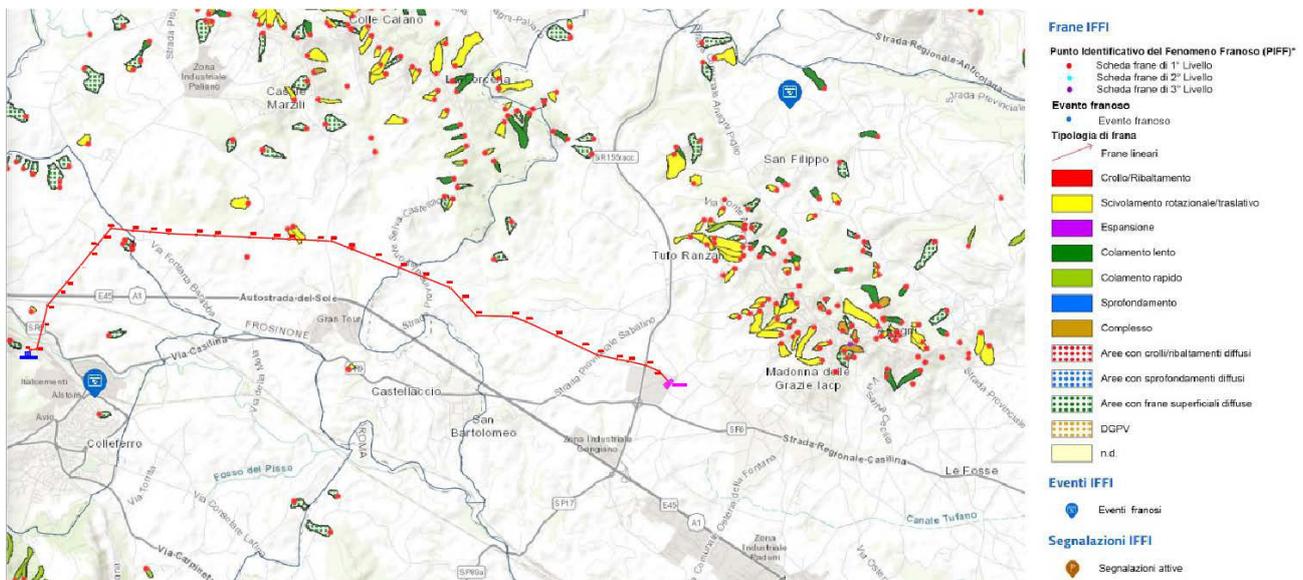


Figura 6 - Carta idrogeomorfologica a grande scala dell'area di intervento (PAI e IFFI)

Le evidenze e le prove dei fenomeni di dissesto evidenziate nella “Carta geologia con elementi geomorfologici” (Allegato) sono state raccolte e analizzate grazie alle carte PAI e a quelle di inventario del progetto IFFI. Esse si concentrano principalmente nelle aree collinari incise dai fossi, laddove è presente un gradiente topografico relativamente alto e nelle zone dove affiorano depositi torbiditici, caratterizzati dall'alternanza di arenarie, marne e argille; inoltre i suddetti corpi di frana presentano generalmente una morfologia lobata, dendriforme e allungata. Tali aspetti fanno propendere a classificare i movimenti come frane di colamento, caratterizzate da mobilitazioni

rapide lungo dei canali a grandezza variabile, di materiale costituito da un miscuglio di fango roccia e acqua, ascrivibile alle coltri superficiali della Formazione di Frosinone, o agli orizzonti calcarei maggiormente alterati, che a contatto con i livelli più competenti, nei periodi maggiormente piovosi, possono generare fenomeni di scorrimento/scollamento, determinando il dissesto.

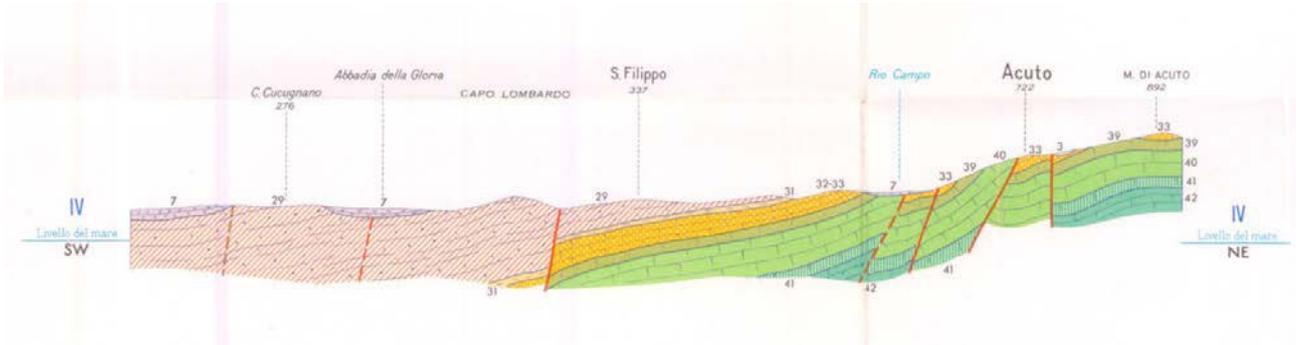


Fig. 7 Schema sezione geologica

## 4. CARATTERI IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista idrogeologico il territorio in studio rientra parzialmente nel Gruppo dei Monti Simbruini, Ernici, Monte Cairo, Monte Camino, Monti delle Mainarde e di Monte Cesima, struttura individuata nello “Schema Idrogeologico dell’Italia Centrale” (Boni, Bono, Capelli, 1986).

I sedimenti affioranti nell’area sono descritti nei seguenti “complessi idrogeologici”:

### **Complesso dei depositi di copertura recente – 3**

Suoli e paleosuoli, terre rosse, coperture eluviali, tufi pedogenizzati, e più genericamente prodotti di alterazione del substrato o depositi di colmamento di depressioni, in aree carsiche e vulcaniche, alluvioni fluviali terrazzate. Spessore sempre limitato, da qualche metro a poche decine di metri. Contiene falde locali di potenzialità esigua. Permeabilità molto limitata con valori d’infiltrazione efficace inferiori ai 250 mm/anno.

### **Complesso dei depositi eluviali e colluviali – 6**

Depositi eluviali e colluviali, talora associati a sedimenti palustri, cineriti rimaneggiate e terre rosse; argilliti e sabbie argillose, di deposito continentale, con concrezioni travertinose ed elementi piroclastici sparsi. Tale complesso presenta valori di infiltrazione efficace inferiori ai 250 mm/a.

### **Complesso di piattaforma carbonatica – 8**

Questo complesso risulta costituito da una potente sequenza di calcari e calcari dolomitici, indifferenziati, privi d’intercalazioni significative di altra natura. Lo spessore può superare i 2000 metri nella Dorsale Simbruino-Ernica, dove affiora l’intera serie di piattaforma. A questo complesso sono stati assimilati i lembi miocenici trasgressivi.

Il complesso di piattaforma carbonatica, ovunque fratturato e carsificato, è dotato di elevatissima permeabilità: assorbe ogni anno da 750 a 1000 mm di acqua meteorica, che s’infiltra in profondità verso gli enormi acquiferi che saturano la base dei rilievi carbonatici e alimentano numerose grandi sorgenti.

### **Complesso torbiditico - 10**

Arenarie, marne ed argille in ritmica alternanza con spessori di alcune centinaia di metri (Miocene). Sono depositi di flysch con bassa permeabilità d’insieme, ma con discreta capacità d’immagazzinamento e circolazione sotterranea diffusa ma quantitativamente molto limitata. Dove le arenarie sono più fratturate e dove è più sviluppata la coltre di alterazione superficiale si trovano acquiferi epidermici discontinui che alimentano piccole sorgenti e sostengono il flusso di base di corsi d’acqua a regime prevalentemente stagionale. La tessitura più grossolana dei litotipi prevalentemente arenacei, accentua la capacità d’immagazzinamento e la permeabilità d’insieme favorendo una più attiva circolazione sotterranea diffusa. In generale questo complesso ha funzioni di “aquiclude”.

### **Complesso dei Travertini – 11**

Travertini da compatti a sabbiosi, a diversi livelli della successione quaternaria (Pleistocene-Olocene), derivanti sia da circuiti geotermici sia carsici. La loro estensione nella zona si presenta variabile, presenti soprattutto nella porzione meridionale del territorio indagato, con uno spessore variabile nell'ordine delle decine di metri. Questi complessi presentano valori di immagazzinamento e permeabilità medio alte, con valori infiltrazione efficace variabile da 250 a 500 mm/a e possono presentare sia falde libere sia confinate.

### **Complesso vulcanico della media e alta valle del fiume Sacco -12**

Cineriti, piroclastiti, colate di cenere, colate piroclastiche con spessore dell'ordine delle decine di metri. Questo complesso ha nel suo insieme una capacità di immagazzinamento medio bassa. Le piroclastiti della media e alta valle del fiume Sacco hanno valori di infiltrazione efficace variabili da 100 a 250 mm/a; la quantità d'acqua è generalmente buona per il contenuto salino, si trovano tuttavia, localmente, acque mineralizzate, con concentrazioni anomale di particolari elementi e con variabile contenuto gassoso, a seconda dell'attività idrotermale.

### **Complesso alluvionale – 14**

Alluvioni fluviali e recenti, limose e sabbiose e ciottolose. Riguardo tale complesso non si conoscono le caratteristiche idrogeologiche

I sistemi carbonatici sono costituiti nell'areale in esame da complessi calcarei ed in subordine da complessi dolomitici. I primi sono contraddistinti da elevata permeabilità per fratturazione e per carsismo, i secondi da permeabilità medio-alta per fratturazione. Tali sistemi comprendono idro-strutture carbonatiche caratterizzate dalla presenza di falde idriche di base, generalmente poste ad elevata profondità; gran parte delle idro-strutture carbonatiche presentano notevole estensione ed "alta potenzialità idrica".

Le successioni e formazioni torbiditiche, argilloso-marnoso-arenacee con irregolari intercalazioni di orizzonti e potenti sequenze litoidi, sono spesse fino ad alcune migliaia di metri. Si tratta di depositi di flysch caratterizzati da permeabilità variabile, generalmente da bassa a medio-bassa. I termini litoidi (arenarie) fessurati possono contenere infatti falde discontinue o di limitata estensione; nei termini argillosi e marnosi manca invece una significativa circolazione idrica sotterranea. Il complesso ha pertanto funzione di "aquiclude" laterale nei confronti degli acquiferi carbonatici, e di base per falde contenute entro i depositi quaternari (ad es. acquiferi alluvionali). Il ruolo di impermeabile relativo laterale, a contatto con le strutture idrogeologiche carbonatiche, determina la formazione, lungo il limite stratigrafico tra il flysch e i calcari, di numerose sorgenti. Acquiferi di importanza locale sono invece ubicati entro i depositi continentali quaternari (acquiferi alluvionali e/o nelle coperture detritiche). I depositi continentali sono caratterizzati da notevole eterogeneità litologica e spessore limitato (da qualche decina a poche centinaia di metri). Contengono falde a superficie libera di spessore, estensione ed importanza molto variabile con la geometria e la prevalente natura litologica del deposito.

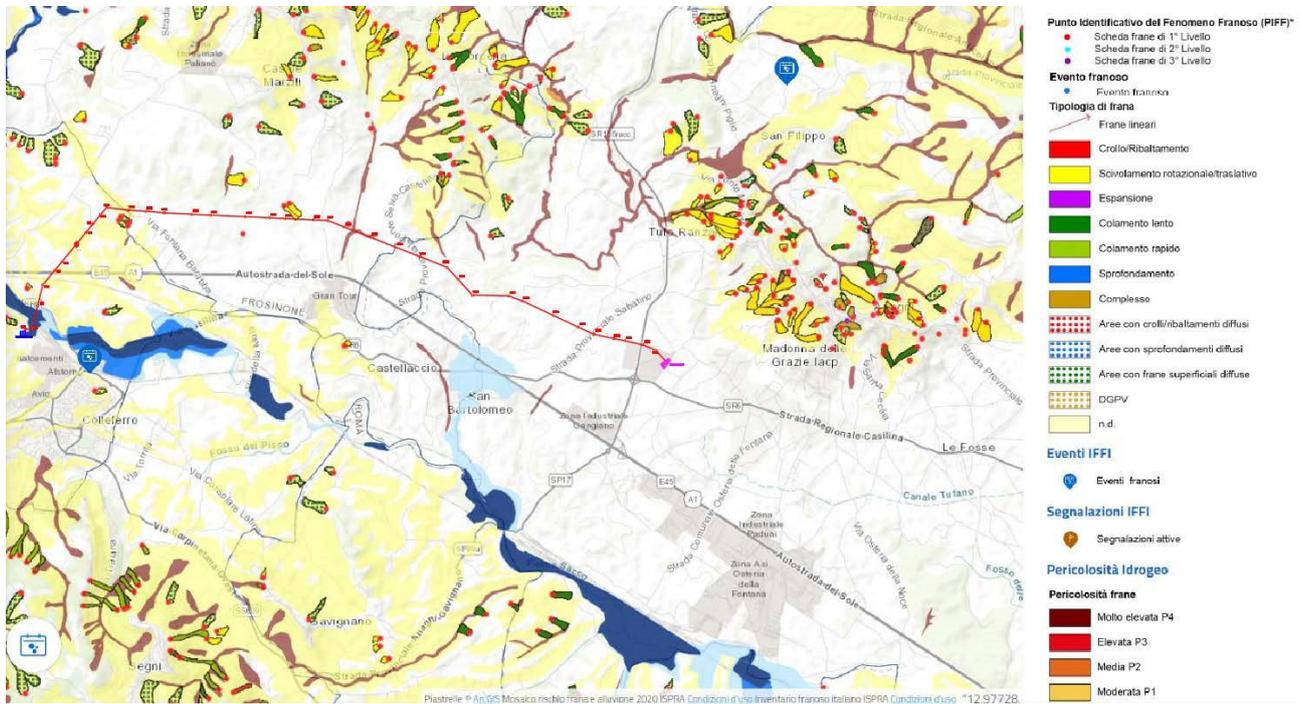
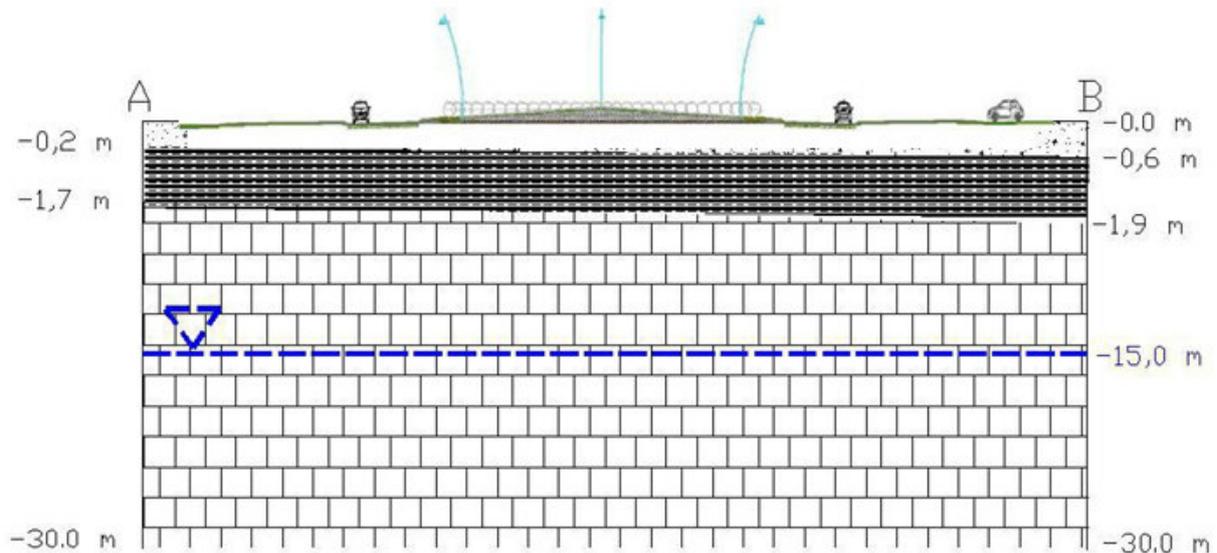


Figura 8 - Carta idrogeomorfologica a grande scala dell'area di intervento (PAI e IFFI)

## 5. CARATTERI GEOLOGICO-TECNICI INDICATIVI

La caratterizzazione geologico-tecnica del sottosuolo è stata compiuta attraverso un'analisi dei dati determinati da prove in sito e dai dati esistenti di bibliografia tecnico-scientifica e relativi a litotipi analoghi a quelli presenti nell'area oggetto d'intervento. Dal punto di vista geologico tecnico i litotipi presenti nelle aree d'intervento possono essere suddivisi in due principali unità caratterizzate da i seguenti parametri geologico-tecnici di massima che di solito vengono utilizzati per descriverne il comportamento meccanico:



### LEGENDA

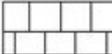
-  **UNITA' 1:** Terreno di copertura e vegetale a componente prevalentemente limoso argillosa, depositi di trasporto solido del fosso sia da prodotti derivanti dal dilavamento delle vulcaniti.
-  **UNITA' 2:** Limi e argille da depositi alluvionali e piroclastici
-  **UNITA' 3:** Travertini Litoidi
-  **Quota Falda**

Fig. 9 schema dei rapporti stratigrafici

## Caratteristiche tecniche dei materiali piroclastici

peso specifico reale $\gamma_r$	2,70 - 2,78	gr/cm <sup>3</sup>
peso dell'unità di volume $\gamma$	1,30 - 1,85	gr/cm <sup>3</sup>
contenuto naturale d'acqua $w_n$	20 - 50	%
Granulometria molto variabile:		
ghiaia	0 - 20	%
sabbia	10 - 40	%
limo	34 - 75	%
argilla	0 - 56	%
limite di liquidità LL	24 - 65	%
limite di plasticità LP	15 - 32	%
indice di plasticità IP	4 - 40	%
modulo di compressibilità E	50 - 180	kg/cm <sup>2</sup>
coefficiente di permeabilità k	$1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-9}$	cm/sec
carico di rottura a dilatazione laterale libera $\sigma_r$	0,4 - 1,5	kg/cm <sup>2</sup>
angolo di attrito $\phi$ (prova non drenata)	0° - 20° (*)	
coesione c	0 - 0,9	kg/cm <sup>2</sup>

## Caratteristiche tecniche dei tufi

Località	Caratteristiche geotecniche																
	Prof (m)	Carat fisiche				Carat granulometriche			Carat meccaniche		Carat di compressibilità						
		peso spec gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	acqua naturale%	sat. %	G %	S %	L %	prove di taglio c kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,25-0,50	0,5-1	1-2	2-4	4-8	8-16
Fermata Metro Anagnina	10	2,54	1,79	34	97	40	46	14	0	40°		87	58	68	112	180	277
	20		1,63	42		27	52	21	0	50°							
	31	2,50	1,78	31	95	47	39	14	1,30	30°		50	51	74	111	183	309

## 6. AZIONI SISMICHE

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. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. 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 PVR, nel periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla *pericolosità sismica* del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, 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;

**$T^*C$**  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla presente norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*C$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

### STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d’uso significativi;

- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell’interruzione d’uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti

strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 1.

Stati Limite		$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tab. 1 Probabilità di superamento  $P_{V_R}$  al variare dello stato limite considerato

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di PVR forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

## CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

### Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento che di seguito si riporta:

Categoria	DESCRIZIONE
<b>A</b>	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.
<b>B</b>	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.
<b>C</b>	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.
<b>D</b>	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 m/s e 180 m/s.
<b>E</b>	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 30m.

Tab. 2 Categorie di sottosuolo

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (Per *volume significativo* di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*)  $NSPT_{30}$  (definito successivamente) nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente  $c_{u,30}$  (definita successivamente) nei terreni prevalentemente a grana fina. Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definite al § 3.2.3 delle presenti norme D.M. 17/01/2018.

La velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

### Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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 $i > 30^\circ$

Tab. 3 Categorie Topografiche

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

## PERICOLOSITA' SISMICA

Ai fini di una valutazione dell'azione sismica indotta da un terremoto su strutture esistenti o in fase progettuale per il controllo del grado di danneggiamento che potrebbe verificarsi, è utile definire, per l'area di interesse, il livello di "pericolosità sismica di base", riferita ad un suolo rigido con superficie topografica orizzontale e derivante da studi condotti a scala nazionale con procedure e metodologie validate. Detta pericolosità sismica va descritta in modo tale da renderla compatibile con le norme tecniche vigenti ed occorre dotarla di un sufficiente livello di dettaglio sia in termini geografici sia temporali, fornendo, i valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e i parametri che consentono di fornire gli spettri di risposta per diverse probabilità di superamento in 50 anni. Quest'ultima informazione consente di adottare, sia nella progettazione sia nella verifica delle costruzioni, valori dell'azione sismica meglio correlati alla pericolosità sismica del sito, alla vita nominale della struttura e all'uso cui essa è destinata, permettendo in tal modo, soluzioni più agevoli del problema progettuale con significative economie. Allo stato attuale, la pericolosità sismica sul reticolo e nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) in cui, i valori di  $a_g$  riportati sono quelli calcolati dal Gruppo di Lavoro MPS (2004) che ha redatto la carta di Pericolosità Sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Le azioni sismiche di progetto si ricavano dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali le quali vengono definite in funzione di tre parametri:

**$a_g$**  – accelerazione orizzontale massima del terreno

**$F_0$**  – valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale

**$T^*c$**  – periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno  $T_R$  considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- .  **$a_g$**  - il valore previsto dalla pericolosità sismica,
- .  **$F_0$**  e  **$T^*c$**  – i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine, per individuare a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche, occorre fissare:

- la vita di riferimento  $V_R$  della costruzione

- le probabilità di superamento nella vita di riferimento PvR associate a ciascuno degli stati limite considerati. Detta operazione deve essere possibile per tutte le vie di riferimento e per tutti gli stati limite considerati dalle NTC, utilizzando, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica TR espresso in anni.

Fissata, quindi, la vita di riferimento VR, i due parametri TR e PvR sono esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$TR = VR / [\ln (1- PvR)]$$

### **Criteri generali di classificazione**

Al fine di trattare i problemi tecnico-amministrativi tipici della gestione del territorio, ogni Regione ha definito l'appartenenza di ciascun Comune o parte di esso, ad una determinata zona sismica, sulla base del valore massimo di un parametro di pericolosità sismica opportunamente valutato, all'interno dell'area considerata.

In particolare è stato utilizzato il valore dell'accelerazione orizzontale massima al suolo  $ag_{475}$ , ossia quella relativa al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni ed una probabilità di superamento del 10%.

In tal modo, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche così definite, con una tolleranza di 0,025 g che permetta di rendere più continua la classificazione sul territorio:

**zona 1**- ricadono in questa zona i comuni o parti di essi per i quali  $ag_{475} \geq 0,25g$ .

**zona 2** - ricadono in questa zona i comuni o parti di essi per i quali  $0,25 > ag_{475} \geq 0,15g$ .

**zona 3** - ricadono in questa zona i comuni o parti di essi per i quali  $0,15 > ag_{475} \geq 0,05g$ .

**zona 4** - ricadono in questa zona i comuni o parti di essi per i quali  $ag_{475} < 0,05g$ .

## 7. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

I riferimenti legislativi in materia di costruzioni in zona sismica e classificazione sismica del territorio nazionale, in tema di “Microzonazione sismica”, hanno suddiviso il territorio nazionale in quattro “Zone sismiche” caratterizzate da differenti valori di “accelerazione orizzontale massima” su suolo di categoria A. Sulla base dell’O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/03 e della nuova classificazione Sismica della Regione Lazio (D.G.R. n. 387 del 22/05/2009), il comune di Anagni risulta essere classificato in **Zona 2b**. Tale Ordinanza, ripresa dal DM del 17 gennaio 2018, contempla, per la definizione delle azioni sismiche di progetto, cinque categorie principali di terreno di fondazione, individuate dai valori della velocità media delle onde di taglio ( $V_{s,eq}$ ) non più necessariamente fino alla profondità di 30 m (come era nelle NTC precedenti a quella del 2018), ma alla reale profondità del bedrock, ovvero, alla profondità di quella formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da  $V_s$  non inferiore a 800m/s, pertanto la profondità del bedrock varierà di volta in volta a seconda dell’assetto geologico del sottosuolo.

La classificazione è effettuata principalmente sulla base dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h(strato)$  e dalla velocità delle onde S  $V_s(strato)$ . Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI ( $a_g$ )
1		$0.25 \leq a_g < 0,278g$ (val. Max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(val. min.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

Tab. 4 Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all’accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della Regione Lazio.

## 8. SISMICITÀ DELLA ZONA E DETERMINAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

### 8.1. Inquadramento Sismico

Per valutare la sismicità storica del Comune di Anagni sono stati estratti dal catalogo parametrico prodotto dall' Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia i terremoti che hanno interessato l'area Comunale dal 1900 al 2006 (fig. 10).

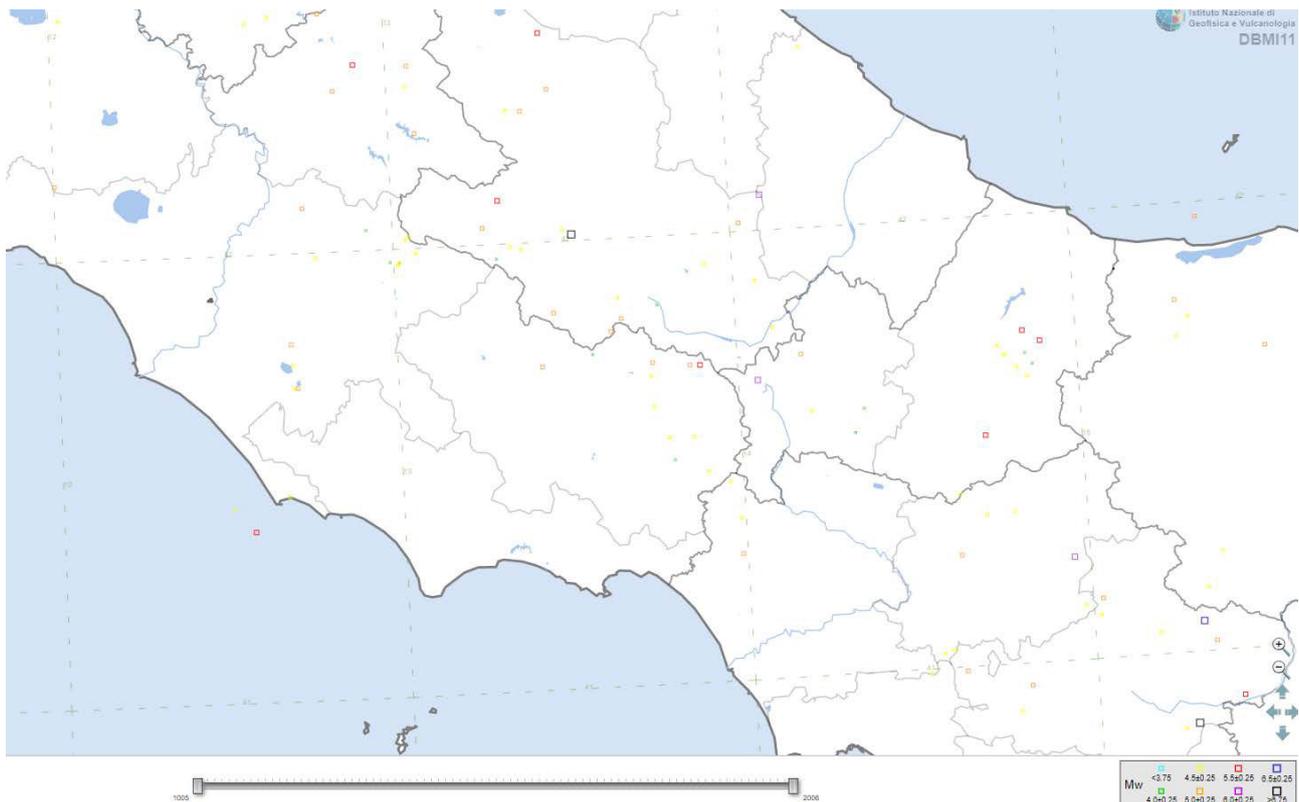


Fig. 10 Mappa dei terremoti

Come è ben visibile nella figura gli epicentri dei terremoti sono concentrati quasi esclusivamente nella zona Appenninica, la quale risulta essere un'area altamente sismica.

In riferimento all' OPCM n° 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche che hanno definito i "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (GU n. 105 del 8-5-2003- Suppl. Ordinario n.72), il territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche omogenee (fig. 12).

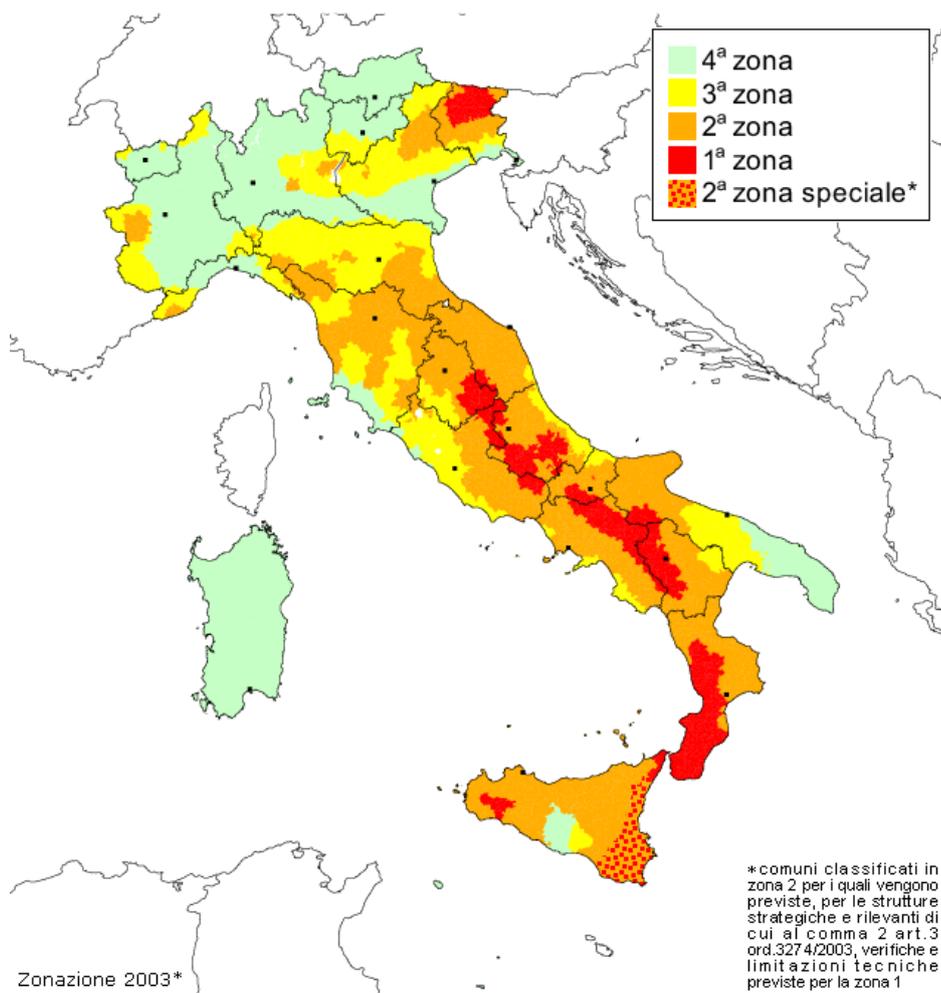


Figura 11 - Distribuzione delle categorie sismiche sul territorio nazionale (OPCM n°3274 /03)

In linea generale, rispetto alla classificazione del 2003, per ottenere un maggiore dettaglio classificativo, le precedenti Zone Sismiche 2 e 3 sono state suddivise in 2 sub-zone ottenendo così un totale di 5 Zone Sismiche: Zona 1, Zona 2A e 2B, Zona 3A e 3B, come riportato nella Classificazione della Regione Lazio suddivide la zona 2 in A e B.

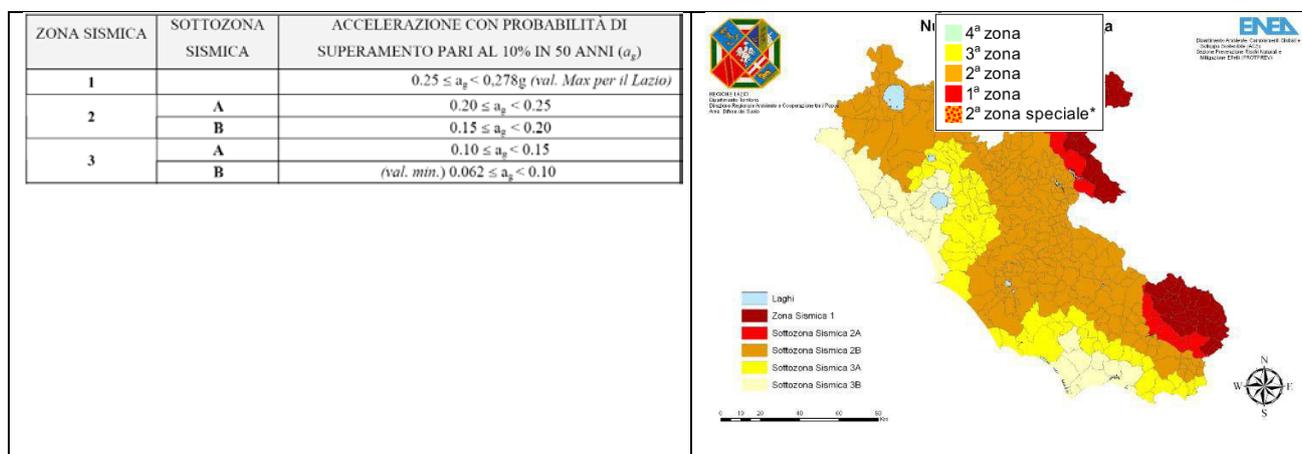


Figura 12 - Distribuzione delle categorie sismiche sul territorio Regione Lazio (D.G.R. n 387/2005)

Al Comune di Anagni è stata attribuita la Categoria 2B, a **medio-alto rischio sismico**. Ad ognuna di queste zone corrisponde un' accelerazione ( $a_g$ ) di riferimento variabile da 0.35 g nella prima zona, fino a 0.05 g nella quarta zona. Nelle figure sottostanti sono riportate le accelerazioni per ogni zona omogenea di riferimento (fig. 13 e 14).

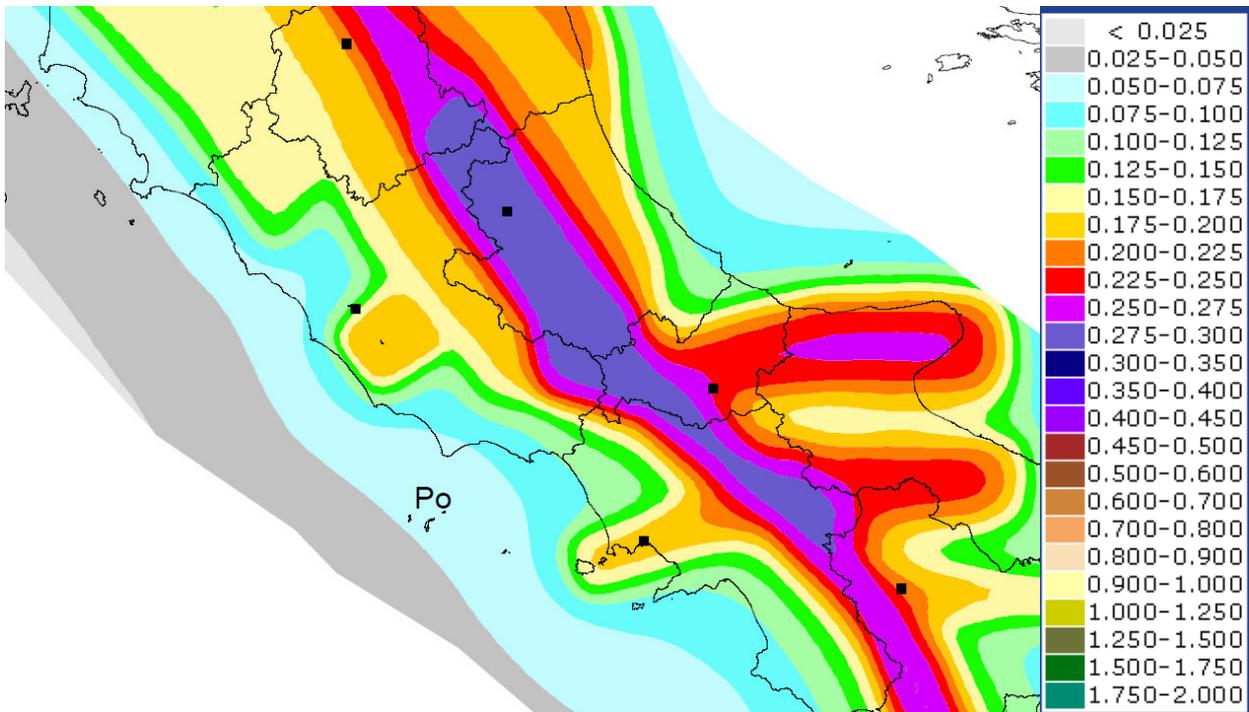
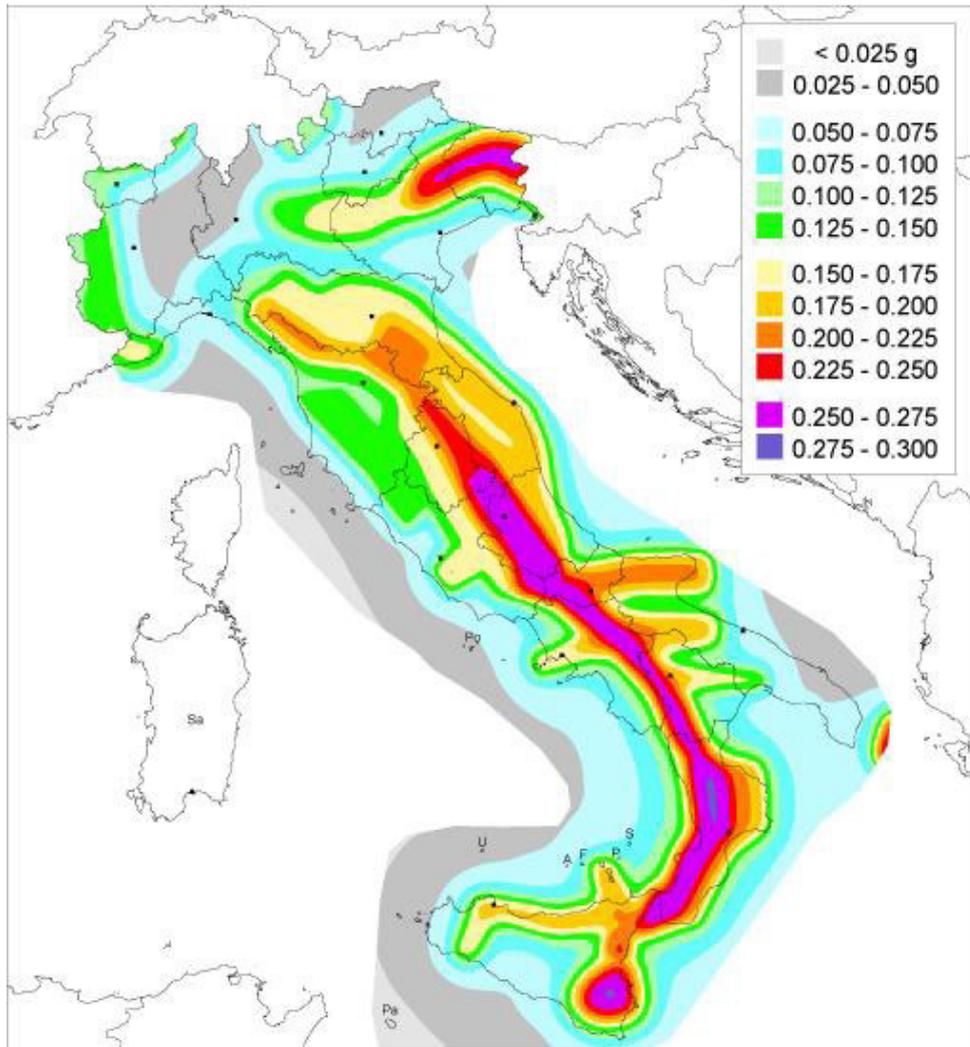


Figura 13 - Distribuzione delle accelerazioni  $a_g$  per ogni zona omogenea di riferimento (OPCM n°3519/06)



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

### Modello di rischio sismico MPS04-S1

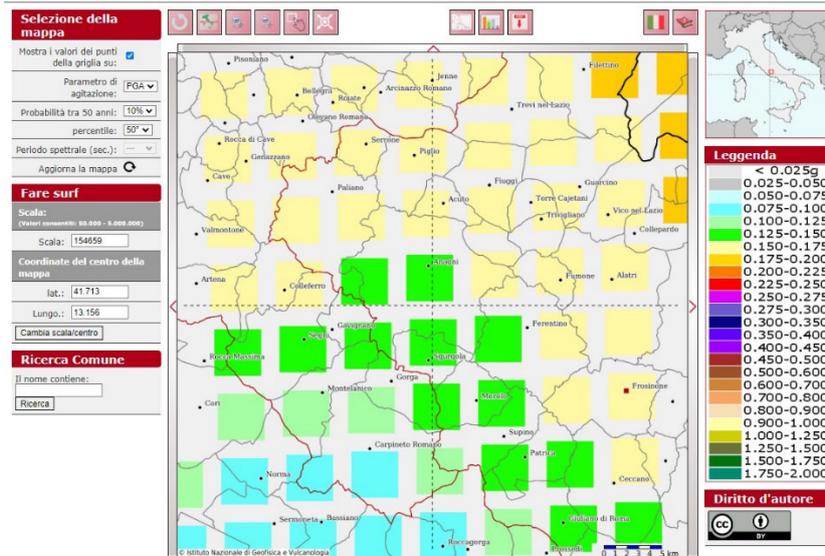


Figura 14 - Carta delle accelerazioni sismiche locali

I valori riportati nella figura 12 sono tutti riferiti alle accelerazioni che sono attese a seguito di un evento sismico laddove il sottosuolo interessato sia costituito da formazioni litoidi o rigide, definite fig. 12) è riportato il valore di picco orizzontale del suolo ( $ag/g$ ) espresso in percentuale di “g” (accelerazione di gravità), mentre nella seconda colonna sono riportati i valori dell’accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico nelle norme tecniche sulle costruzioni. Il Comune in studio è stato classificato come zona sismica di categoria 2B a cui corrisponde un’accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra 0,15 g e 0,20 g che si traduce in un’accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a: 0.20 ( $ag/g$ ) . A chiarimento di questo paragrafo si riportano (Fonte CPTI15 v2.0 - DBMI15 “Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani” consultati per località, a cura di Rovida A., Locati M., Camassi R., Loli, B., Gasperini P., 2019. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)) i risultati di uno studio eseguito su tutto il territorio nazionale, che considera la ricorrenza dei forti terremoti dall’anno 1000. Per una completa comprensione della tabella si consideri che la colonna “effetti” riporta, in termini di intensità (Int.) (Scala Mercalli – MCS), mentre la colonna “in occasione del terremoto del” riporta, oltre al toponimo dell’area epicentrale, quanto “forte” è stato il terremoto sia in termini di intensità ( $I_0$ ) che di magnitudo ( $M_w$ ) (Scala Richter).

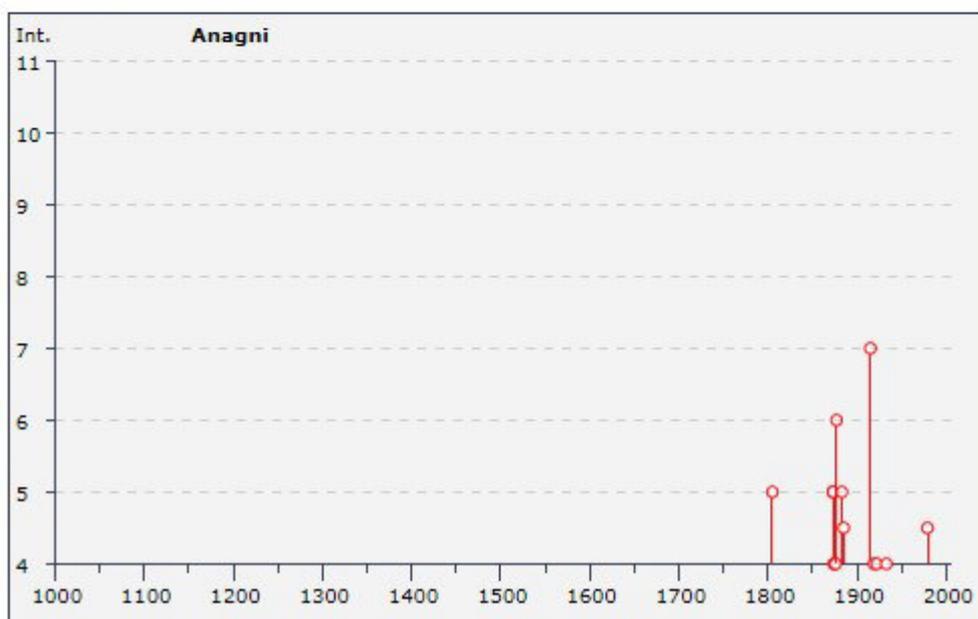
Di seguito si riportano osservazioni sismiche disponibili per Anagni.

## Storia sismica di Anagni [41.742, 13.156]



Numero di eventi: 23

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
NR	1315 12 03	Castelli dell'Aquilano	13	8 5.57 ±0.34
5	1805 07 26 21:00	Molise	223	10 6.62 ±0.11
5	1873 03 12 20:04	Marche meridionali	196	8 5.95 ±0.10
5	1873 07 12 06:06	Monti della Meta	62	7-8 5.35 ±0.20
4	1874 12 06 15:50	Monti della Meta	43	7-8 5.52 ±0.24
4	1875 12 06	S.MARCO IN LAMIS	97	8 5.98 ±0.16
4	1876 10 26 14:18	PALESTRINA	29	7 4.94 ±0.34
2	1877 08 16 12:24	ROCCA DI PAPA	15	6 4.43 ±0.44
6	1877 08 24 02:45	Lazio meridionale	54	7 5.23 ±0.22
5	1883 09 02 07:03	FRASCATI	27	5-6 4.60 ±0.45
4-5	1885 04 10 01:44	Avezzano	44	5 4.66 ±0.24
2-3	1895 11 01	CASTELPORZIANO	98	6 4.85 ±0.14
NF	1905 08 25 20:41	SULMONA	39	6 5.16 ±0.26
7	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11 7.00 ±0.09
4	1919 10 22 06:05	Anzio	142	5.48 ±0.15
4	1922 12 29 12:22	Bassa Val Roveto	119	6-7 5.19 ±0.12
4	1933 09 26 03:33	Maiella	326	9 5.95 ±0.09
NF	1960 03 14 04:44	Marsica	40	7 4.75 ±0.37
4-5	1979 09 19 21:35	Valnerina	694	8-9 5.86 ±0.09
3	1987 04 11 02:26	Colli Albani	72	6 4.37 ±0.16
NF	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09
NF	1997 10 14 15:23	Appennino umbro-marchigiano	786	7-8 5.65 ±0.09
3	2000 06 27 07:32	Monti Tiburtini	138	6 4.28 ±0.09



## Storia sismica di Colleferro [41.730, 13.006]



Numero di eventi: 13

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
5-6	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11 7.00 ±0.09
NF	1971 02 06 18:09	TUSCANIA	89	4.80 ±0.14
3	1984 04 29 06:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7 5.65 ±0.09
4	1987 04 11 02:26	Colli Albani	72	6 4.37 ±0.16
NF	1989 10 23 21:19	Colli Albani	65	6 4.43 ±0.15
NF	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09
NF	1994 08 07 06:31	Aquilano	103	5-6 4.37 ±0.15
4	1997 09 26 09:40	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 6.01 ±0.09
4	1997 10 14 15:23	Appennino umbro-marchigiano	786	7-8 5.65 ±0.09
3	1997 11 06 02:20	MONTI SABINI	91	5-6 4.34 ±0.13
4-5	2000 03 11 10:35	Alto Aniene	211	6 4.29 ±0.09
NF	2000 06 27 07:32	Monti Tiburtini	138	6 4.28 ±0.09
NF	2004 10 05 23:12	Monti Tiburtini	78	5 3.29 ±0.21

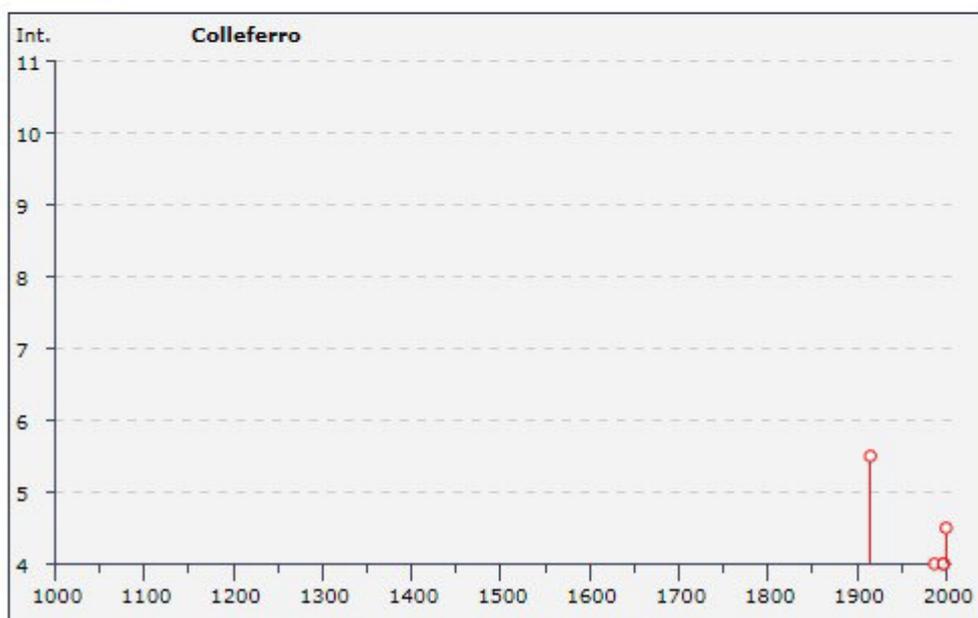


Tabella 5 - Elenco degli eventi sismici registrati nel territorio di Anagni e Colleferro con grafico “anno-intensità”

Legenda:

**NF** - non avvertito (not felt); in caso di esplicita segnalazione in tal senso è equiparabile a  $I = 1$

**F** - avvertito (felt); in genere si esclude che vi siano danni (equiparabile ad  $I = 3.9$ )

## 8.2. Verifica dell'azione sismica

Con l'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche delle Costruzioni – D.M. 17.01.18, vengono stabiliti nuovi e precisi criteri prestazionali di verifica dell'azione sismica nella progettazione di nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante un'analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle categorie di sottosuolo e della definizione della pericolosità di base fondata su un reticolo di punti di riferimento costruito per l'intero territorio nazionale. La vita nominale di progetto VN di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di VN da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella tab. 6.

TIPI DI COSTRUZIONI		Vita nominale VN (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 6 - Vita nominale VN per diversi tipi di opera (NTC 2018)

In presenza di azioni sismiche, le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso, la cui definizione viene di seguito sinteticamente riportata:

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

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, industrie con attività non pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti;

**Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti;

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente, reti viarie di tipo A o B, importanti per il mantenimento delle vie di comunicazione, dighe annesse al funzionamento di acquedotti e ad impianti di produzione di energia elettrica.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:

$$VR = VN \cdot CU = 100 \times 2 = 200$$

Il valore del coefficiente d'uso CU è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tab. 7:

<b>CLASSE D'USO</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>
<b>COEFFICIENTE CU</b>	0,7	1,0	1,5	2,0

Tabella 7 - Valori del coefficiente d'uso CU (NTC 2018)

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti:

**Gli stati limite di esercizio sono:**

- Stato Limite di Operatività (**SLO**);
- Stato Limite di Danno (**SLD**).

**Gli stati limite ultimi sono:**

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento **PVR**, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tab. 4:

<b>Stati Limite</b>	<b>PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR</b>	
Stati limite di esercizio	<b>SLO</b>	81%
	<b>SLD</b>	63%
Stati limite ultimi	<b>SLV</b>	10%
	<b>SLC</b>	5%

Tabella 8 - Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite (NTC 2018)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 del D.M. In alternativa, 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 (VS). I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove, oppure sono valutati opportunamente in funzione di relazioni empiriche. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in tab. 9.

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<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>B</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>
<b>C</b>	<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>
<b>D</b>	<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>
<b>E</b>	<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>

Tabella 9 - Categorie di sottosuolo (NTC 2018)

Per la determinazione dell'azione sismica occorre considerare anche le condizioni stratigrafiche locali e il contributo derivante dalla morfologia superficiale. Per condizioni topografiche complesse occorre predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; nel caso in cui la topografia non presenti particolare complessità, è possibile adottare la seguente classificazione (tab. 10):

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

Tabella 10 - Classificazione dei terreni in funzione delle condizioni topografiche del sito

### 8.3. Analisi sismica del sito di progetto

#### DATI DI INPUT PER DEPOSITI PIROCLASTICI

##### Tipo "E"

Comune	<b>Anagni-Colleferro</b>
Coordinate WGS84	<b>41.758163 - 13.056000</b>
Coordinate ED50	<b>41.759152 - 13.056912</b>
Categoria suolo	<b>E</b>
Tipo di costruzione	<b>3</b>
Vita Nominale	<b>100 anni</b>
Classe d'uso	<b>IV</b>
Coefficiente d'uso	<b>2</b>
Vita di riferimento ( $V_R = V_N \times C_U$ )	<b>200</b>

In riferimento al sito di progetto, la struttura da realizzare rientra in classe III – Costruzioni con livelli di prestazioni elevati con una vita nominale  $V_N$  100 anni. In considerazione delle risultanze dello studio geofisico ottenuto attraverso una prospezione sismica ed in particolare dai valori di velocità delle onde di tipo S (ottenuti da studi sismici), è possibile assegnare al sito in studio la categoria del sottosuolo di tipo "E"). Trattandosi di area pianeggiante, l'area in esame ricade in categoria **T1**, a cui non è attribuibile alcun fenomeno di amplificazione sismica legato alle condizioni topografiche .

Categoria topografica	Ubicazione intervento	ST
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	<b>1,0</b>
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1,4

**Tab. 11** Tabella amplificazione topografica

I parametri sismici calcolati per i diversi tempi di ritorno sono indicati nella tabella 12 seguente, considerando il periodo di riferimento per l'azione sismica 200 anni.

Da quanto fin qui esposto e dalla documentazione esistente, si può classificare il sito in esame come segue:

- Zona sismica **2B** (D.G.R. n. 387 del 22.05.2009);
- Categoria topografica: **T1**;
- Categoria di sottosuolo: **E** (in base ad indagine effettuate in aree limitrofe);

*Parametri Categoria suolo tipo "E"*

Stato limite	T <sub>R</sub> (anni)	ag (g)	F <sub>0</sub> (-)	T <sub>c</sub> (s)
<b>SLO</b>	120	0,092	2,478	0,296
<b>SLD</b>	201	0,111	2,478	0,305
<b>SLV</b>	1989	0,225	2,526	0,334
<b>SLC</b>	2475	0,242	2,535	0,337

*Tab. 12 Valori dei parametri sismici per i periodi di ritorno TR*

calcolando il fattore topografico ST e il coefficiente di amplificazione stratigrafica o di sottosuolo SS è possibile determinare, infine, i valori di accelerazione massima **A<sub>max</sub>** del sito per ciascuno stato limite e rispetto al periodo di ritorno TR, riportati nella successiva tabella 13.

Stato limite	SS	CC	ST	Kh	Kv	A max	Beta
<b>SLO</b>	1,60	1,87	1,00	0,029	0,015	1,436	0,200
<b>SLD</b>	1,60	1,85	1,00	0,043	0,021	1,742	0,240
<b>SLV</b>	1,38	1,78	1,00	0,087	0,043	3,043	0,280
<b>SLC</b>	1,33	1,78	1,00	0,090	0,045	3,156	0,280

*Tab. 13 Valori dei coefficienti sismici associati a ciascun Stato Limite*

<b>A</b>	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.
<b>B</b>	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.
<b>C</b>	Depositati 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.
<b>D</b>	Depositati 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 m/s e 180 m/s.
<b>E</b>	<b>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 30m.</b>

*Tabella 14*

*Categorie di sottosuolo NTC 2018, con evidenziata la categoria di suolo E, corrispondente al suolo studiato.*

## 9. CONCLUSIONI

L'indagine geologica preliminare, eseguita sull'area interessata dal potenziamento della rete elettrica, ha mostrato che il sito d'intervento ricade su tufi vulcanici, ricoperto da una coltre di depositi alluvionali e/o piroclastici costituiti da limi e argilla.

Si prescrivono le seguenti indagini per la fase definitiva ed esecutiva:

- Indagini sismiche per stimare il reale valore della VS,eq;
- Indagini geoelettriche per verificare la presenza di eventuali cavità;
- Indagini penetrometriche (con penetrometro pesante) o in alternativa sondaggi a carotaggio continuo.

Le indagini, concentrate nelle zone dove sono previsti i nuovi tralicci serviranno per determinare la stratigrafia puntuale dei terreni affioranti, le caratteristiche sismiche, le caratteristiche geotecniche dei terreni e rilevare l'eventuale presenza di falda.

Secondo la nuova classificazione sismica, la zona in studio ricade in zona 2B.

La categoria di profilo stratigrafico associato alla nostra zona molto probabilmente sarà di tipo:

- categoria "E" .

Sulla scorta di quanto detto in precedenza si è potuto definire il modello geologico e geologico-tecnico che caratterizza l'area di intervento, che risulta così definito:

- il sottosuolo dell'area di intervento risulta costituito da una successione di sedimenti piroclastici e di rocce vulcaniche che si presentano alterati nella parte più superficiale per poi diventare meno fratturato e meno alterati più in profondità;
- ai sensi del P.A.I. (Autorità Distrettuale dell'Appennino Meridionale) le aree d'intervento non ricadono in aree a pericolosità idraulica e geomorfologica di alcun tipo.

In conclusione si può dunque asserire che l'attuazione del progetto, in questa fase preliminare, è ammissibile dal punto di vista geologico, con le dovute attenzioni da rivolgere alle indagini da effettuare nella fase esecutiva per la scelta della tipologia di fondazione. Particolare cura dovrà essere rivolta nella messa in opera delle opere di captazione e smaltimento delle acque piovane, in modo da evitare infiltrazioni e ristagni idrici al livello e sotto i piani fondali, con conseguente scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione e successivo innesco di possibili cedimenti differenziali. Dal punto di vista geologico, idrogeologico, morfologico, idraulico e sismico la realizzazione dell'intervento, così come proposto, non modificherà l'assetto dell'intera area e non creerà fenomeni di instabilità di alcun genere. **Atteso tutto ciò, considerato i carichi**

trasmessi al terreno di fondazione, l'intervento proposto, dal punto di vista geologico, idrogeologico, morfologico e sismico, si ritiene ammissibile.

Altamura, settembre 2022

il geologo



## **Allegati**

Tav\_1 Corografia;

Tav\_2 Ortofoto;

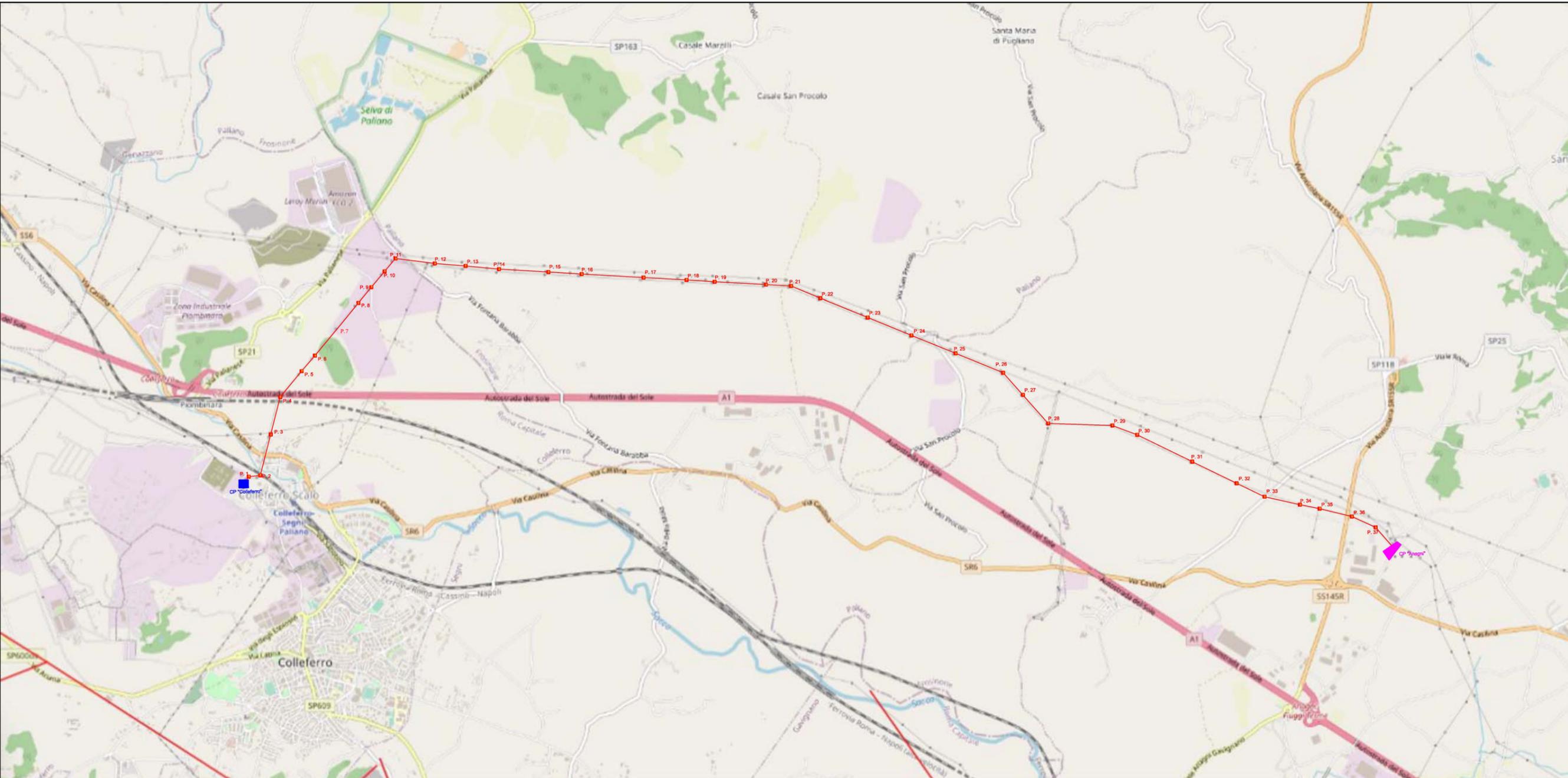
Tav\_3 Carta Geologia Area Vasta;

Tav\_4 Carta Geologica;

Tav\_5 Geomorfologia;

Tav\_6 Carta delle frane (IFFI)

Tav\_7 Carta del rischio idrogeologico



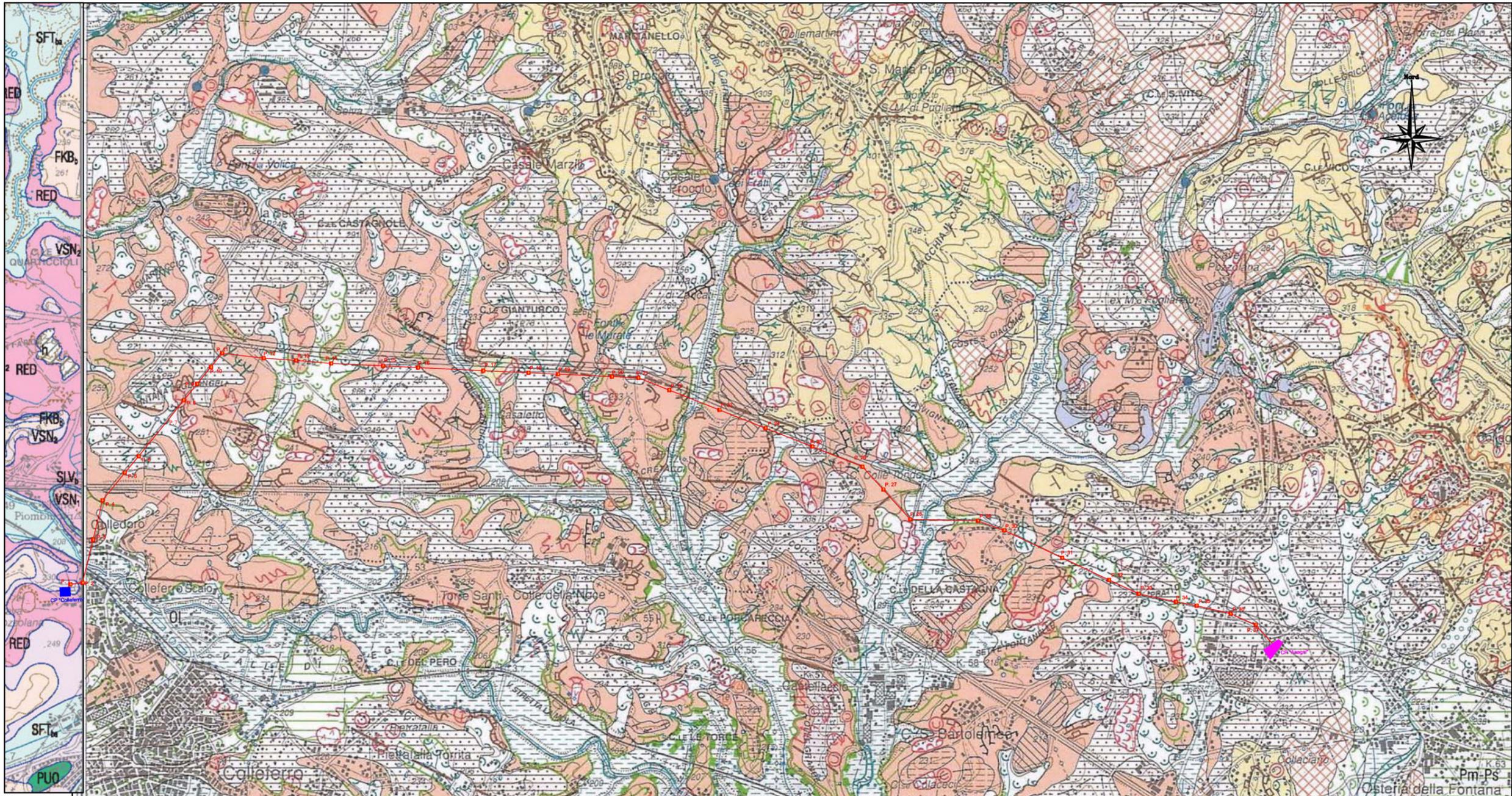
Tav\_1 Corografia (Stralcio CTR)



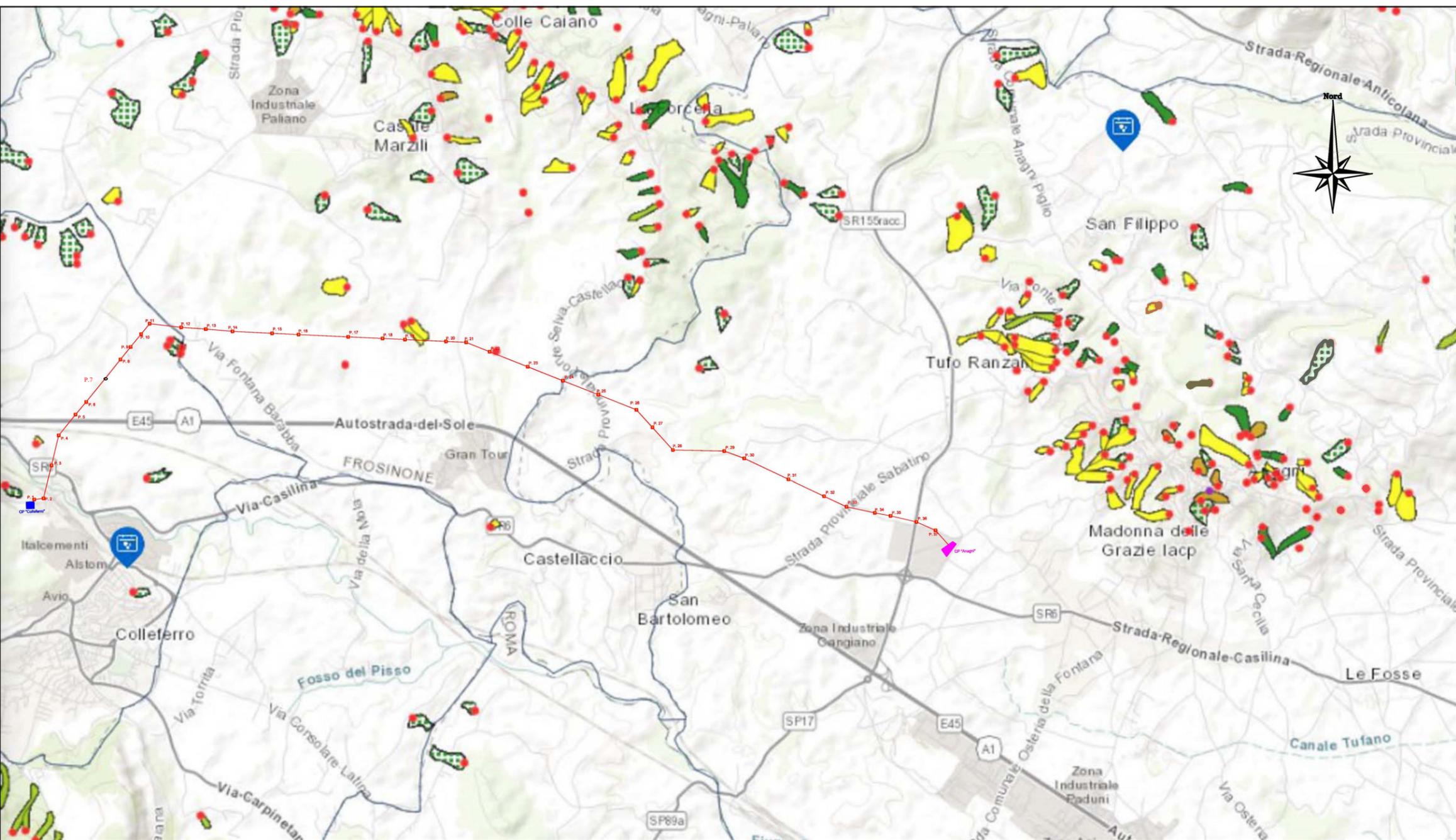
Tav\_2 Ortofoto







Tav\_5 Stralcio Carta Geomorfologica 389 Anagni



### Frane IFFI

#### Punto Identificativo del Fenomeno Franoso (PIFF)\*

- Scheda frane di 1° Livello
- Scheda frane di 2° Livello
- Scheda frane di 3° Livello

#### Evento franoso

- Evento franoso

#### Tipologia di frana

- Frane lineari
- Crollo/Ribaltamento
- Scivolamento rotazionale/traslativo
- Espansione
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso
- Aree con crolli/ribaltamenti diffusi
- Aree con sprofondamenti diffusi
- Aree con frane superficiali diffuse
- DGPV
- n.d.

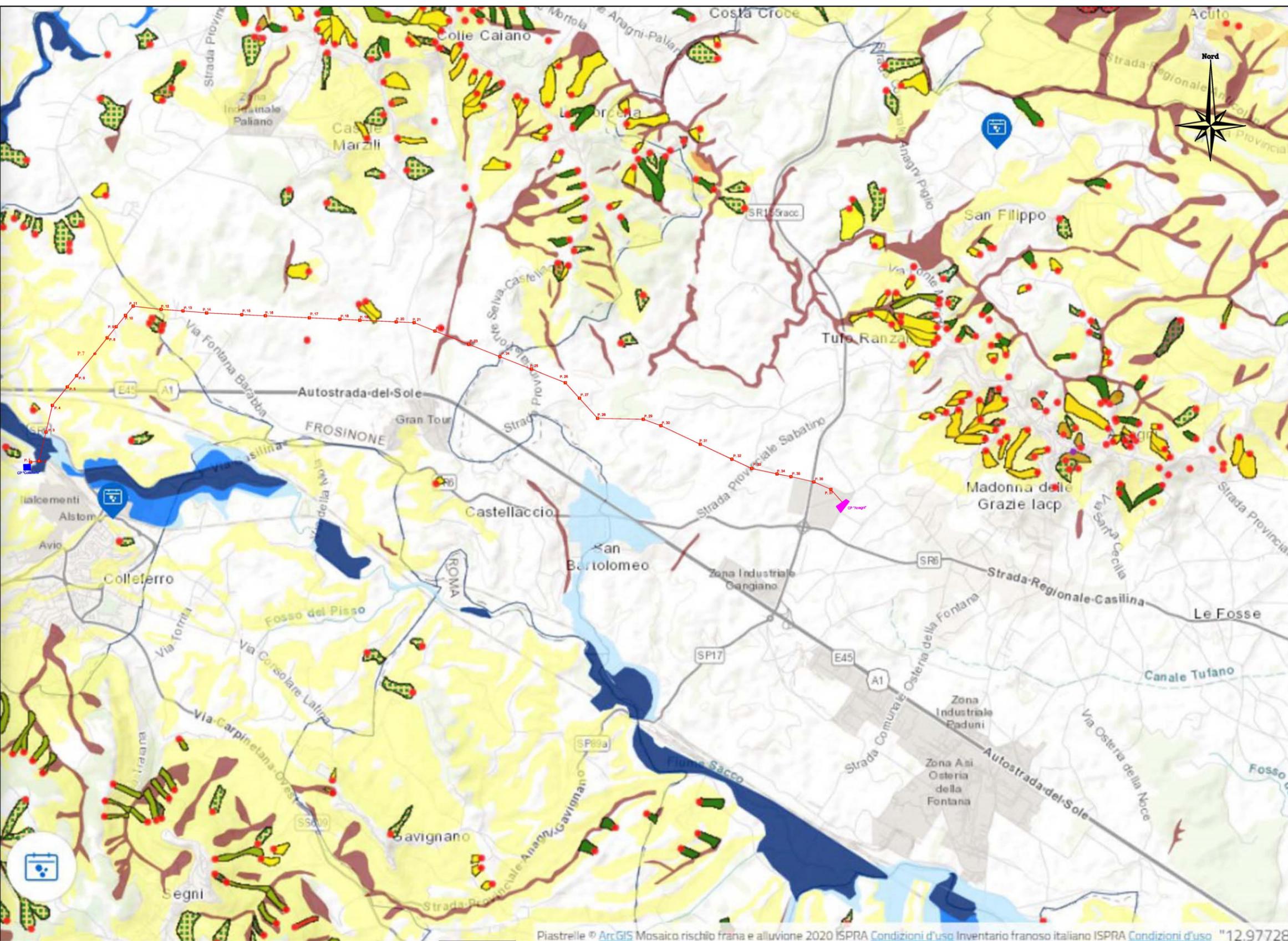
### Eventi IFFI

- Eventi franosi

### Segnalazioni IFFI

- Segnalazioni attive

**Tav\_6 Carta delle frane censite (IFFI)**



### Frane IFFI

#### Punto Identificativo del Fenomeno Franoso (PIFF)\*

- Scheda frane di 1° Livello
- Scheda frane di 2° Livello
- Scheda frane di 3° Livello

#### Evento franoso

- Evento franoso

#### Tipologia di frana

- Frane lineari
- Crollo/Ribaltamento
- Scivolamento rotazionale/traslato
- Espansione
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso
- Aree con crolli/ribaltamenti diffusi
- Aree con sprofondamenti diffusi
- Aree con frane superficiali diffuse
- DGPV
- n.d.

### Eventi IFFI

- Eventi franosi

### Segnalazioni IFFI

- Segnalazioni attive

### Pericolosità Idrogeologica

#### Pericolosità frane

- Molto elevata P4
- Elevata P3
- Media P2
- Moderata P1

Tav\_7 Carta pericolosità idrogeologica e del rischio frana