

COMUNE DI CROPALATI

(Provincia di Cosenza)

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

**MESSA IN SICUREZZA E CONSOLIDAMENTO DI LUOGHI ESPOSTI
A RISCHIO IDRAULICO E GEOMORFOLOGICO MOLTO ELEVATO**

GEOLOGIA

TAVOLA

SCALA

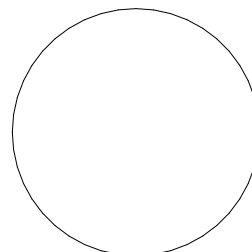
STUDIO GEOLOGICO E DI
COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA

GEO.01

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Cropalati

RESP. UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Andrea CALIO'

Timbro e Firma

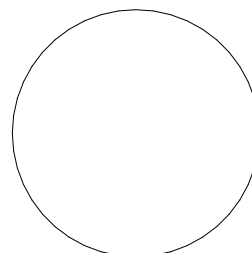
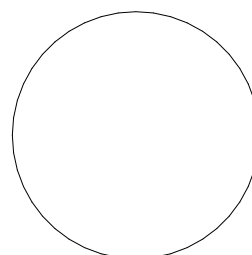


LOCALITA': C.da Circonvallazione

PROGETTISTA - D.L. - CSP - CSE: Ing. Francesco MANGONE

GEOLOGO: Dott. Giuseppe CUFARI

Timbro e Firma



1. PREMESSA E QUADRO NORMATIVO

In ottemperanza al D.M. 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche sulle Costruzioni) e alla Circolare applicativa n.7 del 21 gennaio 2019 del CSLPP - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"», lo scrivente, Dott. Geologo Giuseppe Cufari, regolarmente iscritto all'Albo dei Geologi della Calabria al n. 428, ha eseguito uno studio geologico-tecnico su un'area sita nel Comune di Cropalati (CS), su incarico avuto dall'Amministrazione Comunale con Determina Area tecnica 164/2020.

Tale studio è stato effettuato in merito al progetto riguardante “LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E CONSOLIDAMENTO DI LUOGHI ESPOSTI A RISCHIO IDRAULICO E GEOMORFOLOGICO MOLTO ELEVATO” – CUP G94J18000110001 – CIG Z722DC6569.

L'infrastruttura viaria oggetto di rilevamento e indagine risulta interessata da fenomeni franosi caratterizzati da lente e progressive deformazioni, in parte riattivatisi in seguito ad eventi meteorici eccezionali che si sono verificati nelle ultime stagioni.

Lo scopo del presente studio è quello di accertare, verificare, identificare e definire la situazione geo-lito-stratigrafica, idrogeologica nonché i lineamenti e le condizioni geomorfologiche.

Allo stesso tempo, tale studio è anche finalizzato alla caratterizzazione dei terreni interessati dall'intervento e alla determinazione delle caratteristiche e delle proprietà fisico-meccaniche in termini di parametri peculiari dei terreni interessati, in prospettiva geotecnica di stabilità.

Tale studio è stato elaborato in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente in materia di progettazione, ed in particolare al:

- ✓ D.M. 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche sulle Costruzioni) e alla Circolare applicativa n.7 del 21 gennaio 2019 del CSLPP - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"»;

- ✓ Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003: “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.” e succ. mod. ed integrazioni;

Si è altresì tenuto conto degli studi relativi al “Piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico” a cura dell’Ex Autorità di Bacino della Calabria, ora facente parte dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale di cui al D.Lgs 152/2006 come modificato dall’art. 51, comma 5 della Legge 221/2015.

In particolare con riferimento al Piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico vigente la strada oggetto d’intervento non è interessata da fascia di rischio per frana ma ricade in parte in zona franosa con indice di pericolosità IP3.

In dettaglio comunque, schematicamente, l’indagine si è così articolata :

Fase operativa con :

- ✓ sopralluoghi preliminari per eventuali problematiche di ordine tecnico e pratico insieme al responsabile dell’Ufficio Tecnico comunale, durante i quali si è provveduto ad effettuare rilievi e misurazioni sulle aree interessate dal dissesto e ad eseguire una serie di riprese fotografiche nei punti ritenuti più significativi.
- ✓ Successivamente lo studio è stato integrato da una ricerca bibliografica e cartografica di base con osservazione stereoscopica di foto aeree al fine di avere un quadro di insieme dell’intera zona colpita dai dissesti.
- ✓ A completamento dello studio geologico preliminare, sono state eseguite una serie di indagini che hanno permesso di completare il quadro geologico rilevato e definire un modello geologico preliminare.

Fase di verifica con:

- ✓ indagini geognostiche.
- ✓ costruzione del modello geologico-tecnico definitivo.
- ✓ Verifiche di stabilità

In particolare è stata effettuata una campagna di indagini così articolata:

- N° 01 sondaggio - metri 25,00
- N° 01 installazione tubo Piezometrico

- Estrazione di n° 04 campioni indisturbati
- N° 04 Indagine sismica a rifrazione
- N° 03 Indagine sismica di tipo MASW
- N° 04 DPSH

Dall'interpretazione ed elaborazione dei risultati è poi stata redatta la presente relazione geologica, conclusiva ed esplicativa, cui fanno parte integrante anche i seguenti allegati cartografici:

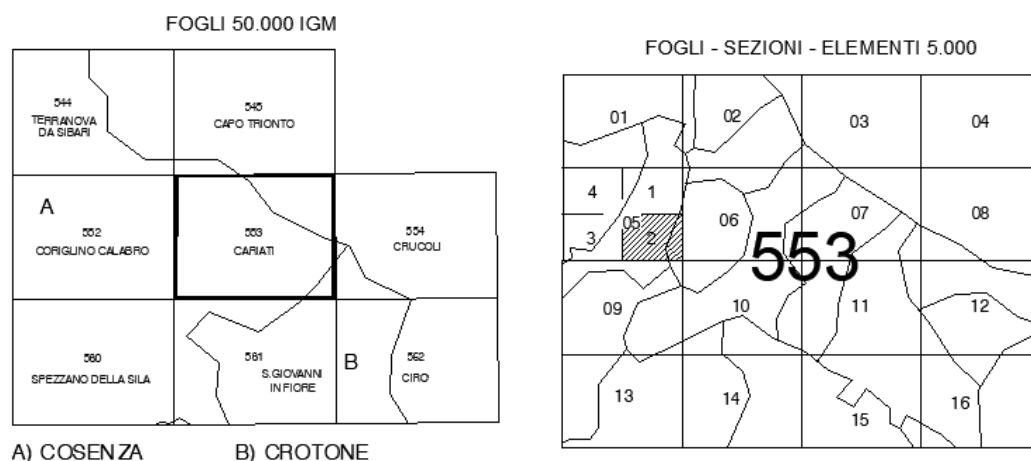
- ✓ INQUADRAMENTO 1_10.000
- ✓ INQUADRAMENTO GEOLOGICO
- ✓ CARTA DEI DISSESTI RILEVATI
- ✓ CARTA DELLE PENDENZE
- ✓ Stralci P.A.I. e P.T.C.P.
- ✓ Ubicazione Indagini
- ✓ Schede Modellazione geologica e geotecnica
- ✓ Prospetti e tabelle varie
- ✓ Documentazione fotografica

2. UBICAZIONE, RIFERIMENTI ED INDICAZIONI CARTOGRAFICI, TOPOGRAFICI ED ALTIMETRICI, VINCOLISTICA.

2.1 Inquadramento cartografico e descrizione del sito d'intervento

In via generale, l'area in questione, fa parte del territorio comunale di Cropalati (CS), e ricade nei fogli n°554 SEZ. IV "Caloveto", della Carta D'Italia I.G.M. a scala 1/25.000, ed è posto ad una quota media di circa 310 metri sul livello del mare.

L'area in esame ricade inoltre nell'elemento n. 553052 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000.



Per un inquadramento più dettagliato si rimanda alla cartografia allegata in calce alla relazione.

2.2 Analisi documenti e cartografia da altri Piani Sovraordinati di Settore;

P.T.C.P.

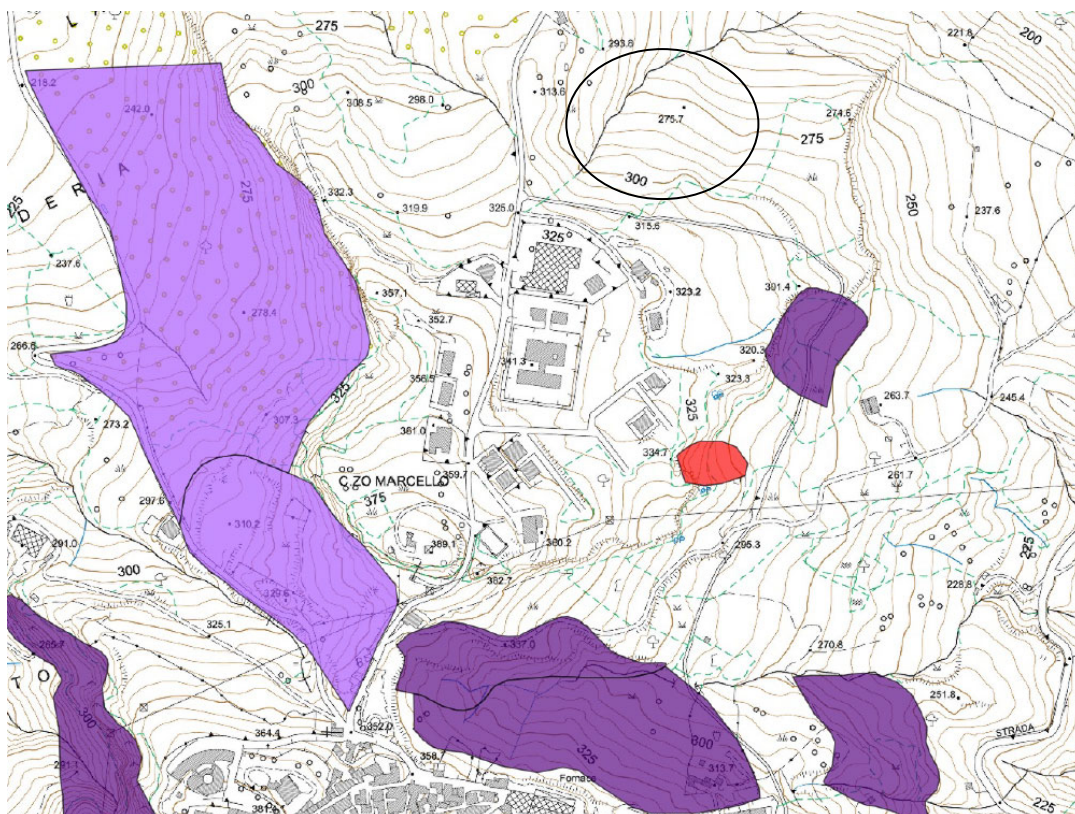
Il P.T.C.P. della Provincia di Cosenza, adottato con Delibera di Consiglio Provinciale n. 38 del 27.11.2008 e approvato con delibera di Consiglio Provinciale n. 14 del 05/05/2019, entrato definitivamente in vigore con la pubblicazione dell'avviso di approvazione sul BURC n. 21 del 22/05/2019, si articola nei seguenti documenti:

Quadro conoscitivo

Progetto di Piano (Relazione e Cartografia e Valutazione Ambientale Strategica)

ALLEGATI:

Programma di Previsione e Prevenzione del Rischio nella Provincia di Cosenza (con deliberazione del Consiglio Provinciale n. 16 del 01/09/2015 è stato approvato l'aggiornamento del Piano di Previsione e Prevenzione dei Rischi e del Piano di Emergenza (P.P.P.R. della Provincia di Cosenza, quale variante settoriale del P.T.C.P. esclusivamente per la componente "valutazione e catalogazione dei rischi" restando non variata la componente urbanistica del P.T.C.P.).



Legenda

PROVINCIA CS_frane 2008_2012

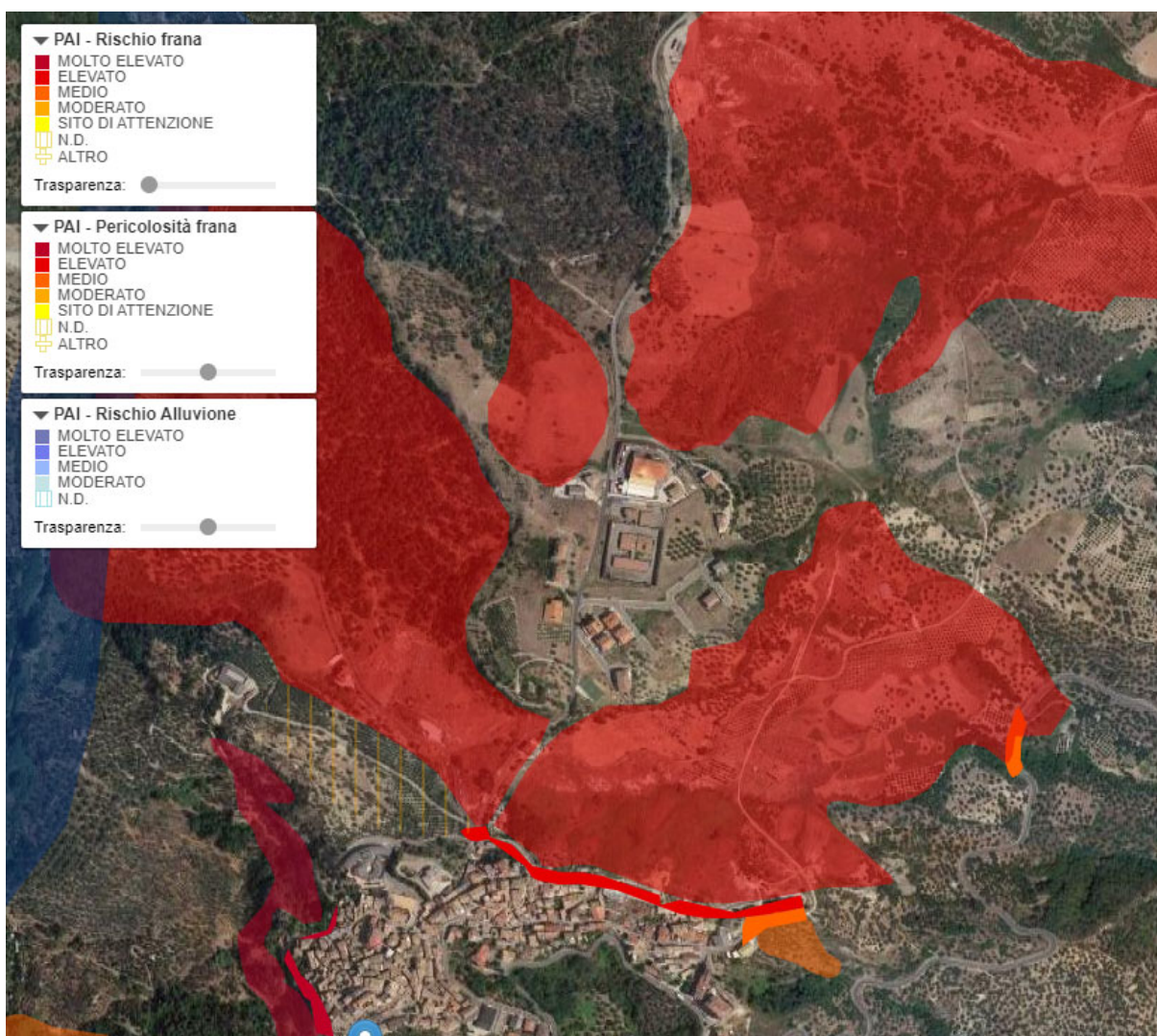
- colata
- complessa
- crollo
- scorrimento
- zona_erosione_intensa
- zona_franosa_profonda
- zona_franosa_superficiale

Stralcio carta frane PTCP (mappatura 2008-2012)

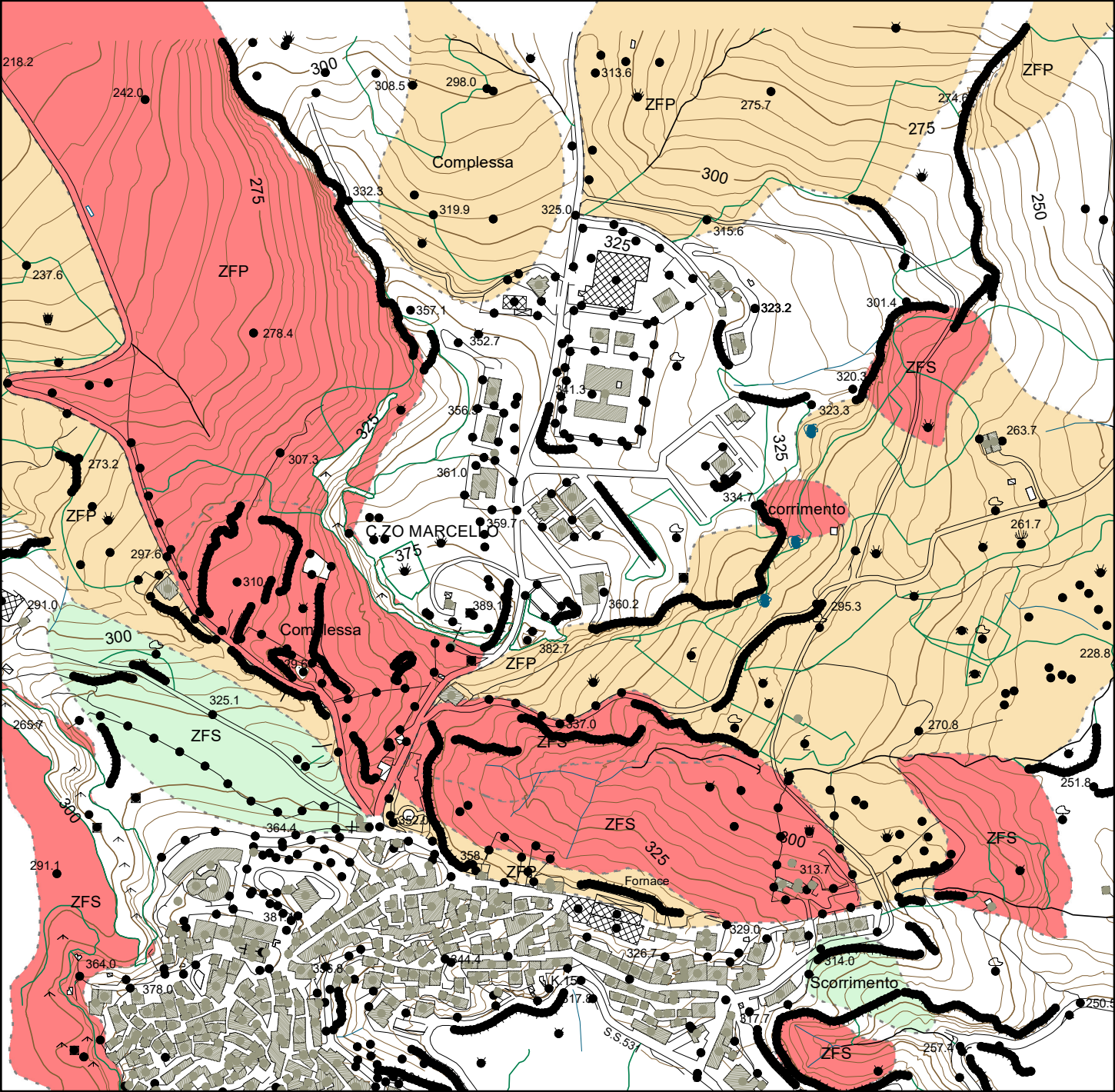
P.A.I. Piano di Assetto Idrogeologico

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) è stato approvato con Delibera di Consiglio Regionale n. 115 del 28.12.2001, *"DL 180/98 e successive modificazioni. Piano stralcio per l'assetto idrogeologico"*. Testo delle N.T.A. aggiornato con Delibera del C.I. n. 27 del 02/08/2011.

L'infrastruttura viaria in esame non ricade in areali interessati da Rischio PAI, mentre ricade in aree con elevato grado di pericolosità per frana.



Stralcio P.A.I. da WebGis Calabria

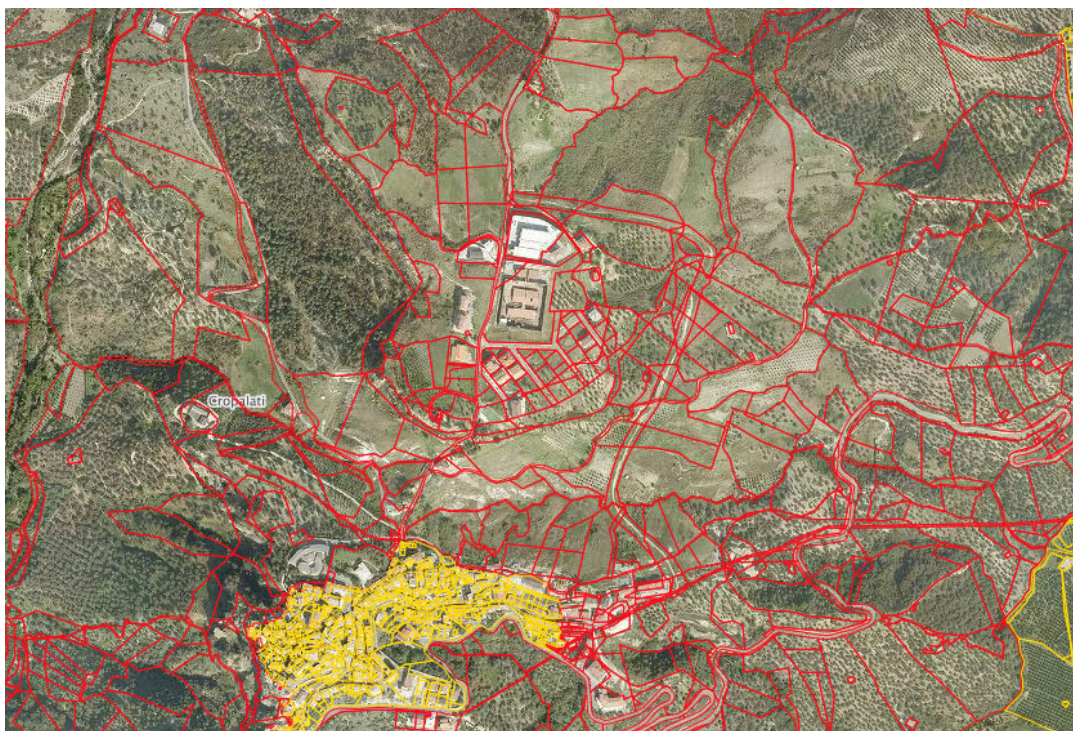


Legenda

- pericolosità
- IP1
 - IP2
 - IP3
 - IP4

Vincolo idrogeologico

le aree interessate dagli interventi strutturali risultano all'interno del perimetro sottostante che comprende le aree sottoposte a vincolo idrogeologico (in rosso) ai sensi del R.D. 30 dicembre 1923 n. 3267.



3. DOCUMENTAZIONE E FONTI

La documentazione consultata ed utilizzata per la realizzazione dello studio e la seguente:

- Relazioni Tecniche e documentazione varia rese disponibili dall'Ufficio Tecnico Comunale.
- PSC Comune di Cropalati
- Q.T.R.P. Regione Calabria
- P.T.C.P. Provincia di Cosenza
- A regional structural model for the northern sector of the Calabrian Arc (southern Italy) J.P. Van Dijk e ali. 2000
- Raised marine terraces in the Northern Calabrian Arc (Southern Italy): a ~ 600 kyr-long geological record of regional uplift. (Cucci 2004)
- LEO OGNI BEN - Le argille scagliose ed i sedimenti messiniani a sinistra del Trionto (Rossano, Cosenza).
- Foglio n° 554 SEZ. IV "Bocchigliero", della Carta D'Italia 25K taglio ED50 I.G.M. a scala 1/ 25.000.
- Foglio 230 I S.O. "Calopezzati" della Carta Geologica della Calabria 1:25.000 e relative note illustrative.
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000
- Ortofoto digitali
- Riprese aerofotogrammetriche, Volo Calabria 2001.
- Piano Assetto Idrogeologico della Regione Calabria.
- <http://terremoti.ingv.it/>

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, TETTONICO ED IDROGEOLOGICO DELL'AREA.

4.1 Assetto geologico

L'area in esame, in via generale, è compreso e descritto nel Foglio n°230 I SO "Calopezzati", della Carta Geologica d'Italia 1:25.000 (Carta Geologica della Calabria).

La zona è situata sul lato ionico della penisola calabra, nella parte meridionale del golfo di Taranto.

Dal punto di vista geologico l'areale in esame ricade nel bacino rossanese che, con i sedimenti neogenico–quaternari della valle del Crati e con quelli del Crotonese, fa parte di un insieme di bacini postorogeni, adiacenti e complementari alla zona di sollevamento silana.

I sedimenti di Rossano costituiscono un estremo lembo del bacino di sedimentazione della valle del Crati e tendono a congiungere questo bacino a quello coevo del Crotonese. Ambedue vanno considerati come post–orogeni rispetto all'edificio a falde della Calabria. Per quando riguarda l'andamento della sedimentazione post–orogena, si osservano forti analogie fra zona di Rossano e Crotonese. La soglia silana, risultante dall'accumulo delle falde calabridi, è sede nel Miocene medio di una parziale trasgressione. L'attiva erosione nella parte emersa forniva il materiale per la «Formazione arenaceo–conglomeratica» e, con l'estendersi della trasgressione, per la «Formazione argilloso–marnosa». Come nel Crotonese, anche il bacino di Rossano, in seguito al sollevamento, avanzò verso NE, spostandosi verso il Golfo di Taranto determinando verso il retropaese, i trasporti orogenici delle unità Crotonidi, diretti da NE verso SO.

Contemporaneamente si hanno i depositi del ciclo evaporitico messiniano, e, per quanto riguarda i sedimenti terrigeni, si hanno trasporti di materiale prevalentemente da ovest, per la sinistra del Torrente Coserì, e prevalentemente da est, per la destra dello stesso torrente (Ogniben, 1964).

Le successioni del Miocene superiore, che affiorano nella zona fra Rossano e Cropalati, poggiano stratigraficamente su terreni cristallini e sedimentari. È

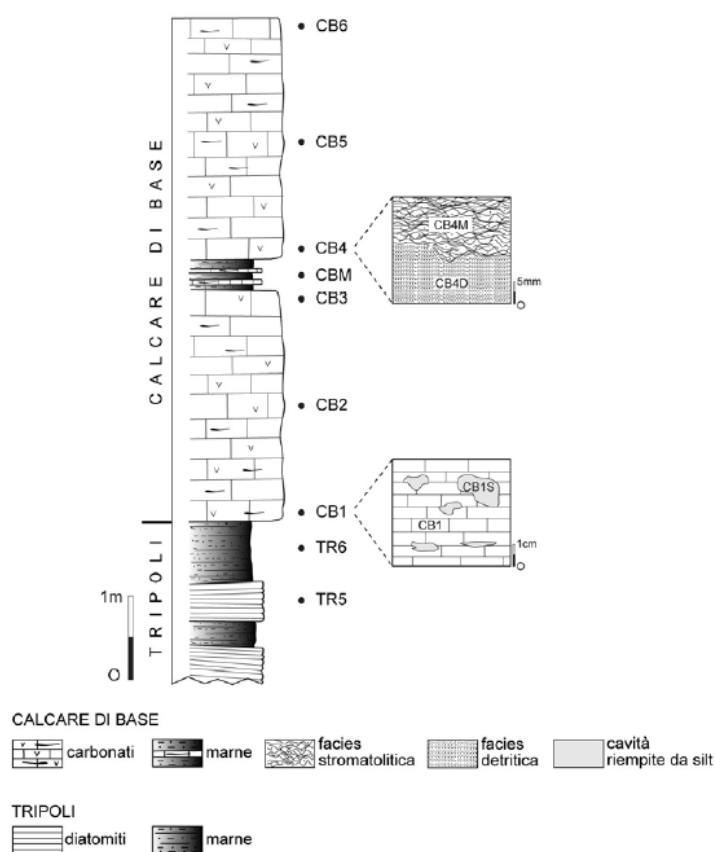
possibile distinguere due unità, delle quali quella inferiore poggia direttamente sul substrato mentre la superiore, che comprende livelli del Messiniano e del Pliocene inferiore, si trova tettonicamente sovrapposta alla precedente. Nei dintorni di Cropalati il substrato è costituito da filladi alterate. I livelli appartenenti a queste due unità sono ben esposti lungo una fascia compresa tra Rossano e Cropalati.

La prima unità (Unità A di Di Nocera et al., 1974) è costituita da una successione comprendente i seguenti termini (Di Nocera et al. 1974):

Conglomerati rossi ed arenarie, argille, diatomiti, calcare di base, argilla e gesso.

La seconda unità (Unità B di Di Nocera et al., 1974) poggia tettonicamente sull'unità precedente e rappresenta una successione argillosa ed evaporitica costituita da:

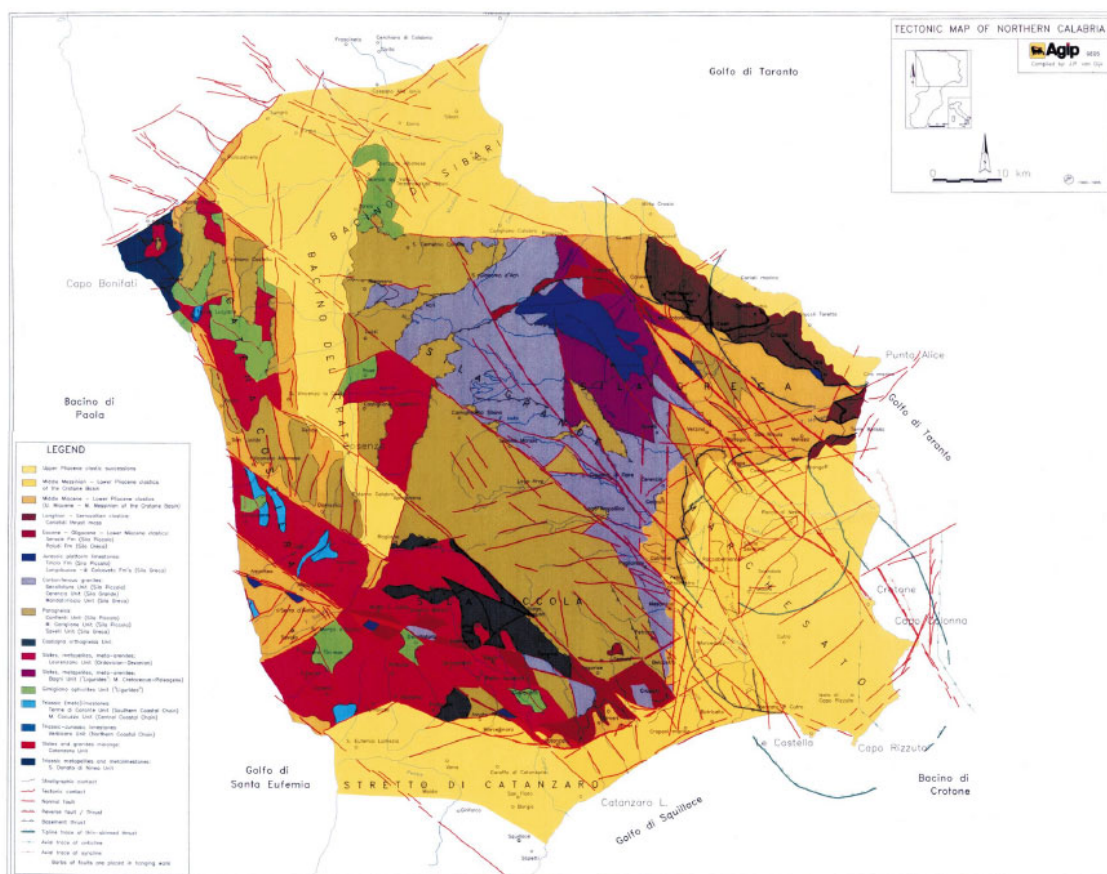
Alternanza di argille e gesso, Gesso.



Sezione stratigrafica caratteristica dell'area in esame (Guido 2006)

L'abitato di Cropalati si sviluppa su una culminazione collinare a circa 400 m.s.l., che forma lo spartiacque stretto tra il bacino del T. Coserie a nord e quello del Fiume Trionto a sud.

Per quanto attiene all'assetto tettonico, per alcuni Autori (Van Dijk & Okkes, 1991; Van Dijk 1994; Van Dijk et al., 2000) detta evoluzione può essere considerata come il risultato dell'attività neogenico- quaternaria di zone di taglio crostali orientate NO-SE e caratterizzate da cinematica trascorrente sinistra. Tali strutture sono caratterizzate da un complesso pattern strutturale che comprende thrusts, flower structures, etc. e da elementi di rango inferiore che dissecano l'intero l'Arco Calabro settentrionale.

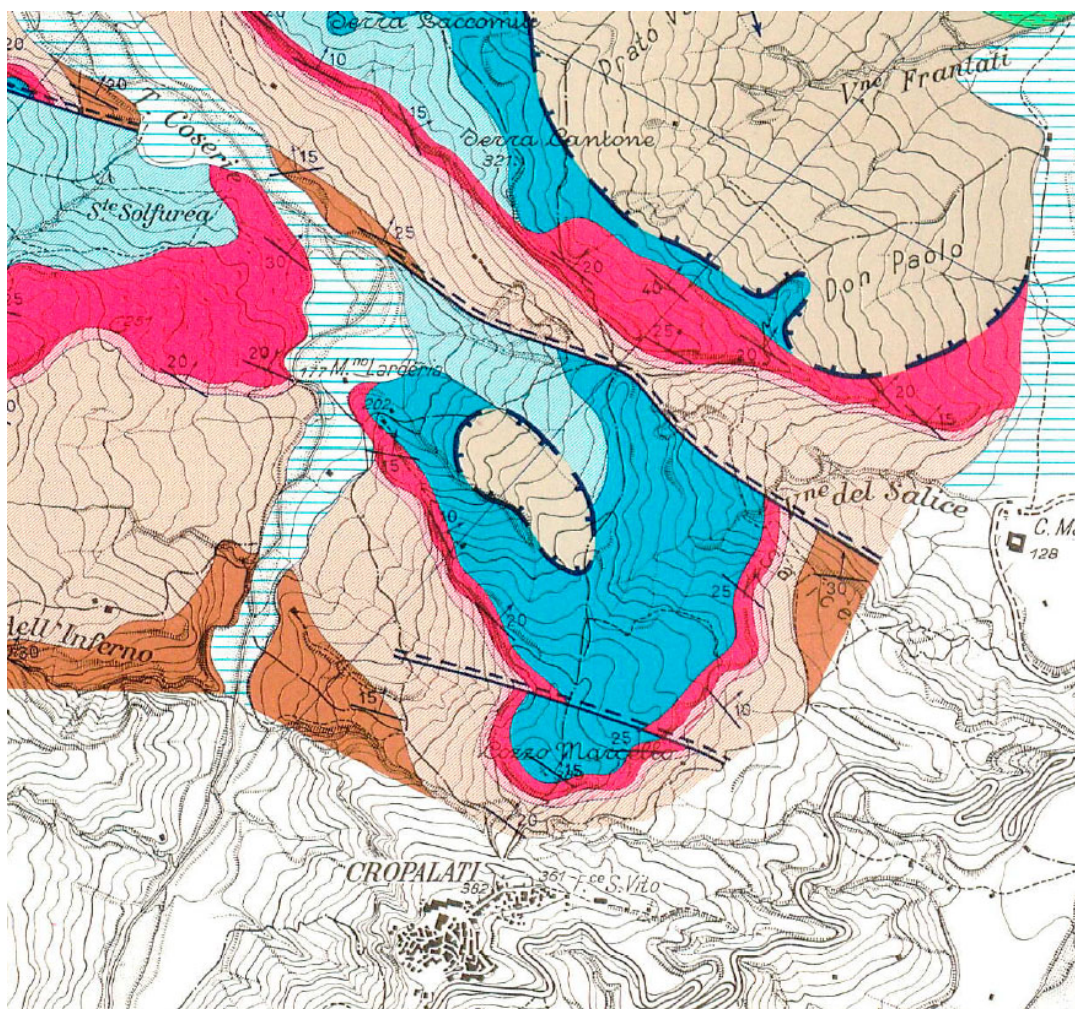


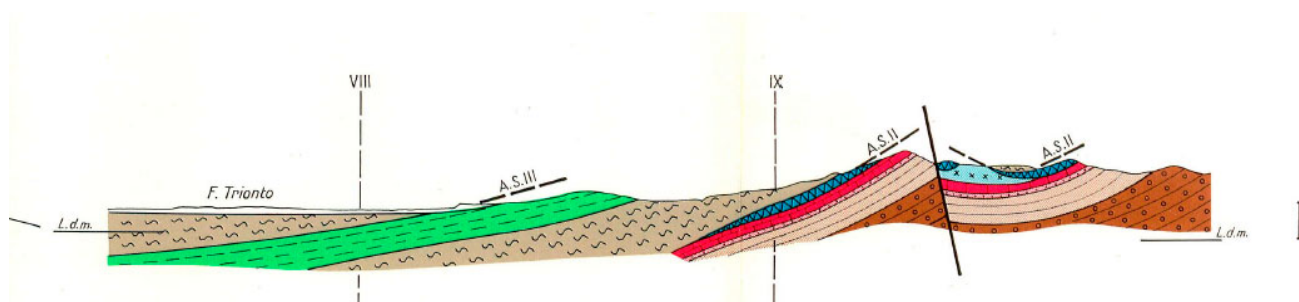
Schema tettonico Wan Dijk

Strutturalmente, la zona è stata interessata da un'intensa attività tettonica che ha prodotto numerosi fagliamenti. Le faglie della zona rilevata mostrano quasi senza eccezione direzione NW - SE e piano subverticale fortemente inclinato verso SW, con sollevamento del labbro NE. Fanno eccezione alcune brevi diramazioni di

faglie maggiori, che assumono direzioni prossime ad E-W, ed una faglia che, sulla destra del T. Coserìe, solleva la Formazione dei Gessi e le Argille marnose salifere del labbro Sud nei confronti dei terreni pliocenico-calabrianici del labbro Nord.

La più notevole fra le faglie osservate è quella passante per le località Scorpiano-Castiglione-Salici, cui corrisponde anche un'inflessione in senso NW-SE del corso del T. Coserìe. Il suo rigetto ammonta a circa 150 m all'altezza di Cropalati, e diminuisce gradualmente verso NW fino ad una ventina di metri.





4.2 Assetto geomorfologico

La morfologia è essenzialmente articolata su forme collinari anche se, in dettaglio, presenta sentite ma graduali variazioni dal limite con il massiccio silano al mare e cioè da ovest ad est. Infatti, là dove le prime consistenti sequenze sedimentarie si addossano ai complessi metamorfici (zona di Campana), la morfologia continua in scala più modesta gli stessi caratteri dei massicci silani diventando man mano meno accidentata verso le zone costiere.

Si rilevano versanti da poco inclinati o con giacitura sub-orizzontale fino a pendenze elevate dell'ordine del 100%, caratterizzato da morfologie molto accidentate (costoni rocciosi, fenomeni gravitativi di massa superficiali e profondi, ecc.).

Le forme generali del rilievo sono il risultato dell'azione combinata di processi morfologici ed idraulici che, influenzati anche dalle caratteristiche locali (litologia, vegetazione, idrografia, ecc.), hanno modificato le condizioni geostatiche in maniera più o meno definitiva, senza trascurare l'impatto nel tempo delle azioni antropiche dovute all'urbanizzazione dell'area.

L'analisi geomorfologica dell'area è stata effettuata mediante analisi aerofotogrammetria, su foto aeree eseguita da enti diversi per diverse finalità. Una successiva fase di rilievo e taratura sul terreno ha permesso di approfondire, l'attendibilità di questi dati, confrontandoli ed incrociandoli eventualmente con dati cartografici e non tratti da lavori e pubblicazioni che riguardano la zona in esame, permettendo di ricostruire il modello geomorfologico e definire il grado di stabilità dei terreni.

In via generale, il territorio comunale di Pietrapaola, può essere suddiviso principalmente in tre aree geomorfologico-paesaggistiche distinte:

- Una prima area caratterizzata da un paesaggio più accidentato ed incisioni vallive più profonde, dove affiorano principalmente i terreni miocenici.
- una seconda area di tipo collinare meno aspra con affioramenti di argille, costituita da una serie di terrazzi marini sospesi sulla pianura sottostante su altezze comprese tra gli 80 ed i 140 m., spesso delimitati alla base da scarpate di erosione fluviale.

- Infine un area di pianura litoranea con prevalente affioramento di litofacies quaternarie, caratterizzata da pendenze quasi nulle, fortemente antropizzata.

L'infrastruttura viaria in esame ricade all'interno della prima area geomorfologica caratterizzante la parte alta del bacino geomorfoidrologico del Fiume Trionto.

Nell'insieme comunque la zona è caratterizzata da una morfologia in rapida evoluzione, tipica della regione, geologicamente e tettonicamente "giovane" ed in fase di sollevamento.

L'analisi cartografica storica dell'area evidenzia comunque una notevole modificazione dei sistemi geomorfologici presenti, soprattutto in corrispondenza delle aree urbanizzate.

Tra gli agenti del modellamento il ruolo preponderante è svolto dalla gravità e dall'acqua anche se, soprattutto negli ultimi decenni, le attività antropiche hanno contribuito anch'esse a modificare sensibilmente il paesaggio.

Anche le condizioni climatiche rivestono un ruolo importante, soprattutto in relazione alle modificazioni subite dal clima negli ultimi decenni; da questo punto di vista è importante evidenziare la sempre maggiore frequenza di eventi particolarmente intensi, tali per cui si verificano, ad esempio, forti piogge concentrate in brevissimi periodi.

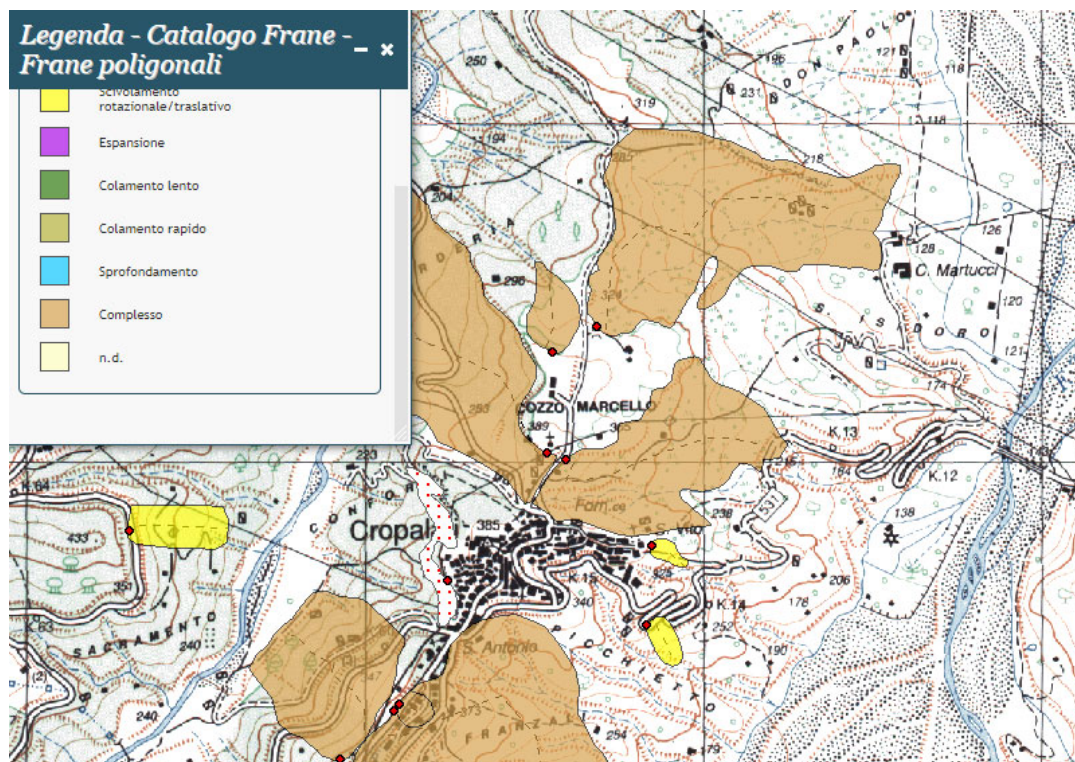
Riguardo ai processi erosivi, in corrispondenza degli affioramenti di corpi litoidi, le acque superficiali subiscono un forte controllo strutturale dovuto al grado di fratturazione della roccia, il reticolo idrografico spesso si sviluppa secondo direzioni preferenziali, creando vallette molto incise, spesso caratterizzate da accumulo di materiale detritico disgregato sui versanti.

In corrispondenza delle aree litologicamente più erodibili, con minore energia di rilievo e maggiore organizzazione nella distribuzione degli impluvi, con possibile innesco di fenomeni franosi per scivolamento e colamento.

Dall'analisi della Carta Geomorfologica inserita nel Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Calabria e dalla carta delle fenomenologie franose del progetto IFFI, si evince come il territorio di Cropalati sia sensibile

principalmente a fenomeni gravitativi di versante impostati sui depositi di copertura e su terreni argillosi.

I fenomeni maggiormente diffusi sono rappresentati da deformazioni superficiali e profondi di tipo complesso.



-Stralcio dal catalogo frane "Geoportale Nazionale"-

4.3 Idrologia e Idrogeologia

Per quanto riguarda l'idrologia superficiale, il territorio studiato ricade nell'ambito dei *Bacini del versante ionico centrale tra F. Crati e F. Nicà*, in particolare i corsi d'acqua più significativi presenti nell'area, sono rappresentati dal F. Trionto e dal F. Nicà, associati ad una numerosa serie di torrenti e corsi d'acqua minori. L'andamento, la forma e la distribuzione delle vie naturali di scorrimento dell'acqua nella zona, sono determinati prevalentemente dai processi erosivi subiti dalle formazioni affioranti, oltre che dalle interferenze strutturali più o meno evidenti legati alla presenza di allineamenti morfologici su cui si è imposta l'idrografia superficiale. Le caratteristiche granulometriche dei sedimenti determinano valori di permeabilità medio bassi.

Idrogeologicamente l'acquifero più importante del territorio è quello alluvionale che si estende e si sviluppa prevalentemente nel corso del Fiume Trionto fino allo sbocco al mare.

In fase di sondaggio non è stata rilevata falda acquifera, è ipotizzabile rilevarla a profondità non inferiori ai 100 metri. Sono comunque presenti numerose emergenze sorgentizie a carattere stagionale.

5. CARATTERI E LINEAMENTI CLIMATICI

Le caratteristiche geografiche e morfologiche determinano sensibili differenze nel clima per cui i parametri di temperatura e piovosità sono largamente indicativi delle caratteristiche climatiche. Ulteriori fattori come vento, umidità dell'aria, frequenza ed intensità dei temporali si manifestano in modo diverso a seconda delle condizioni orografiche, condizionando anche pesantemente il fenomeno degli incendi boschivi come ad esempio i fenomeni di aridità che possono protrarsi per un più di due mesi e che interessano soprattutto la fascia collinare.

La caratterizzazione idrologica del bacino in esame è stata realizzata analizzando i dati registrati dalle stazioni idro-meteorologiche gestite dal Centro Funzionale Meteo Idrologico della Regione Calabria (Ex SIMN) durante il periodo compreso tra il 1920 ed il 2002, in particolare nella tabella che segue sono riportati i valori di precipitazione, temperatura ed evapotraspirazione medi mensili, stimati sul bacino.

	PIOGGIA (mm)	T (°C)
gennaio	126.770	6.2
febbraio	94.774	5.52
marzo	103.693	8.87
aprile	59.659	9.48
maggio	41.074	13.71
giugno	18.348	19.26
luglio	15.137	21.37
agosto	16.352	21.64
settembre	46.485	18.69
ottobre	115.219	14.23
novembre	125.941	10.47
dicembre	139.026	5.34

Valori di precipitazione e temperatura

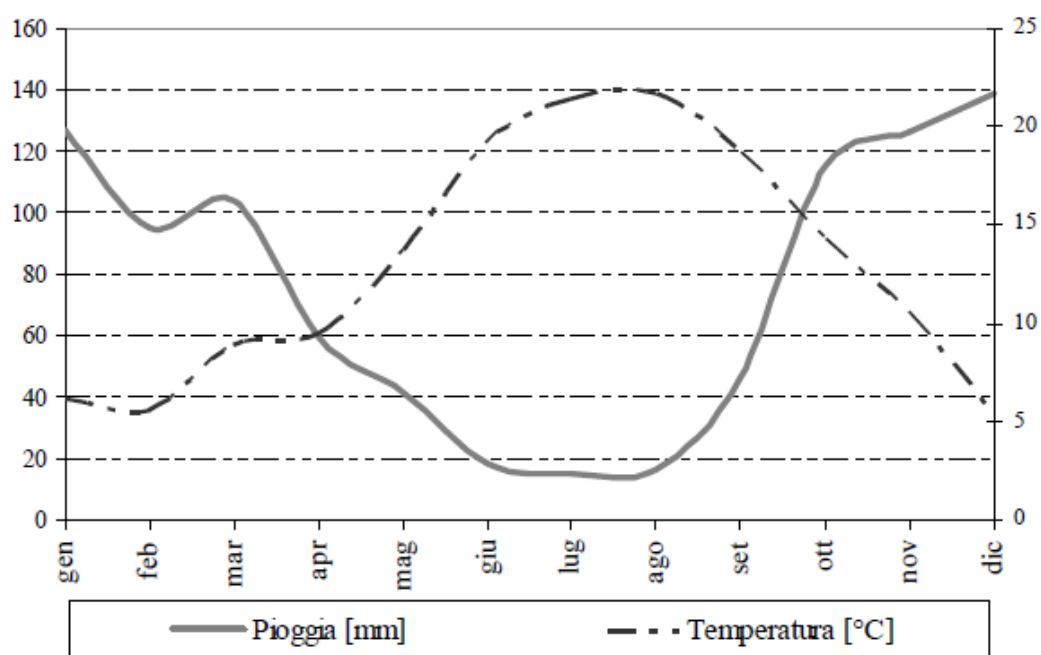


Diagramma di Gausen

6. MODELLO GEOMORFOLOGICO ED ANALISI DELLA FRANOSITA' DELL'AREALE ESAMINATO

Considerata la complessità dei fenomeni è stato necessario costruire preliminarmente il modello fisico delle aree, al fine di ottenere un quadro di riferimento per la convergenza dei risultati. Tale metodologia ha consentito di stabilire il piano di indagini geognostiche e successivamente di ricostruire un modello geomorfologico e geologico-tecnico definitivo per come esplicitato nei paragrafi successivi.

Gli elementi morfologici caratterizzanti sono stati individuati mediante l'utilizzo di tecniche di foto-interpretazione. Successivamente, in fase di digitalizzazione, si è proceduto ad un controllo sistematico degli elementi mappati mediante confronto con le ortofoto digitali (2000-2006-2012), il Lidar Calabria e le basi topografiche a disposizione.

Ad integrazione dell'analisi indiretta ed al fine di tarare l'analisi morfologica da foto aerea, sono stati effettuati sopralluoghi sul terreno durante i quali è stata verificata la rispondenza tra gli elementi mappati con quelli effettivamente riscontrabili sul territorio.

L'approfondimento del processo foto-interpretativo e la sua taratura mediante sopralluoghi di terreno, ha permesso l'individuazione delle caratteristiche morfologiche dell'area in esame e l'analisi preliminare dei dissesti in atto.

L'analisi storica e bibliografica ha evidenziato il verificarsi di eventi franosi che hanno interessato l'areale comunale di Cropalati, si tratta di fenomeni che hanno riguardato spessori di terreno sia superficiale che molto elevati e che allo stato attuale risultano in parte quiescenti ed in parte riattivati.

L'analisi storica del dissesto in esame (sequenza cronologica da ortofoto) evidenzia la presenza del corpo franoso già precedentemente alla realizzazione del tracciato stradale attuale. Dopo la realizzazione della strada e presumibilmente in seguito ad eventi meteorici il dissesto si è riattivato nell'area di corona, anche se non si evince un'evoluzione in termini di ampliamento né di spostamento a valle (il perimetro della frana rimane pressoché invariato), questo

fa ipotizzare che siamo in presenza di un fenomeno comunque mitigabile con opportune opere di contenimento e mitigazione

L'analisi degli studi sovraordinati pregressi (IFFI, P.A.I.,...ecc) indica la presenza nell'areale, di fenomeni franosi profondi e superficiali (ZFP e ZFS), complessi, in parte riattivatisi da alcuni anni con lente e progressive deformazioni, che hanno provocato evidenti mutazioni dell'ambiente geomorfologico, creando forme anomale con frequenti montonature, avvallamenti e rotture di pendenza.

Il rilevamento di campagna ha fatto emergere elementi sia litologici che strutturali necessari per approfondire le conoscenze sulle frane oggetto di studio.

In particolare, la viabilità oggetto d'intervento è interessata da un movimento classificabile come scorrimento superficiale, che ipoteticamente potrebbe interessare circa 4-5 metri di spessore, i cui effetti si evidenziano con un abbassamento del livello stradale.

Un movimento innescato in particolare da una rete di drenaggio naturale delle acque superficiali insufficiente soprattutto in concomitanza di eventi meteorici significativi come quelli che ormai da alcuni anni interessano il territorio (piogge consistenti e torrenziali e di discreta durata).

Tale movimento di versante nella cartografia PAI risulta inglobato in un dissesto più ampio presentando un'estensione che, almeno allo stato attuale, non corrispondente alla superficie cartografica delimitata.

Nell'ottica della finalità del presente studio è stato di fondamentale importanza individuare le cause che hanno generato il movimento.

A tal proposito, premesso che le caratteristiche morfologiche del sito in oggetto indicavano elementi di evidente instabilità pregressa, quali cause scatenanti si possono presumibilmente individuare gli eventi piovosi eccezionali verificatisi negli ultimi anni. Tra le cause predisponenti vanno invece considerate, le pendenze e le scadenti caratteristiche geotecniche della coltre superficiale limo-argilloso-sabbiosa derivante dall'alterazione dei sottostanti litotipi calcarei ed evaporitici. Non meno importante, dall'osservazione della tipologia di indicatori del dissesto, va rimarcata l'inadeguatezza delle opere di regimentazione delle acque di dilavamento superficiale.

Si sottolinea infine che la conformazione morfologica e la presenza di alcune linee di impluvio naturale devono comunque far prevedere, in occasione di eventi meteorici significativi, un ingente circolazione idrica superficiale lungo il sito in oggetto. Si allega di seguito una sequenza cronologica di ortofoto dal 2000-2012 esplicativa del contesto esaminato, una foto attuale da drone e alcune fotografie.



Ortofoto 2000



Ortofoto 2006



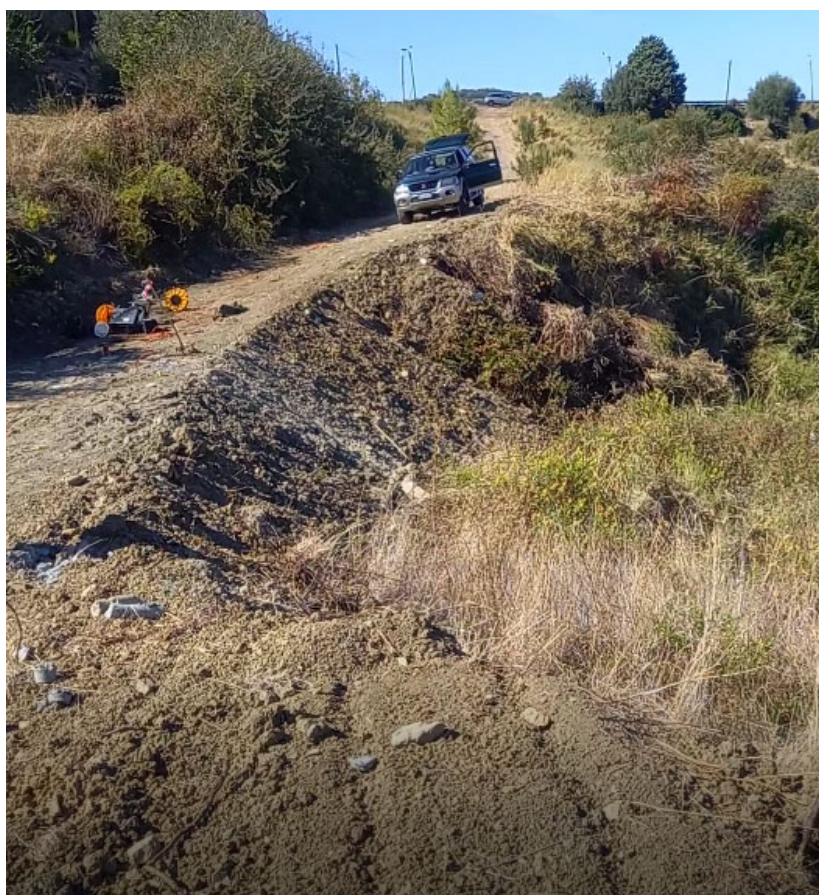
Ortofoto 2012



Foto aerea 2020 (Bing Map)



Area in frana (vista frontale)



Area in frana (vista laterale)



Depositi evaporitici (basamento dissesto – 4,0 mt circa)



Fossa naturale (lato frana)

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Il piano delle indagini è stato finalizzato alla valutazione delle caratteristiche geolitologiche, idrogeologiche e geotecniche del sottosuolo in riferimento ai parametri necessari in fase progettuale.

In particolare, esso ha permesso di determinare:

- Natura e giacitura dei terreni oggetto dell'intervento
- Eventuale presenza di acque sotterranee e le relative interferenze con i manufatti.
- Le caratteristiche geomeccaniche dei terreni.

Per caratterizzare il sito oggetto di intervento sia da un punto di vista geomeccanico e sia da un punto idrogeologico si è fatto riferimento ad indagini ed analisi di laboratorio effettuate dalla Ditta GEOMAT snc.

La campagna di indagine ha previsto l'esecuzione di:

- N° 01 sondaggio - metri 25,00
- N° 01 installazione tubo Piezometrico
- Estrazione di n° 04 campioni indisturbati
- N° 04 Indagine sismica a rifrazione
- N° 03 Indagine sismica di tipo MASW
- N° 04 DPSH

In allegato a parte la Ditta incaricata ha trasmesso tutti gli elaborati esplicativi ed interpretativi riguardanti le indagini geognostiche e prove di laboratorio effettuate.



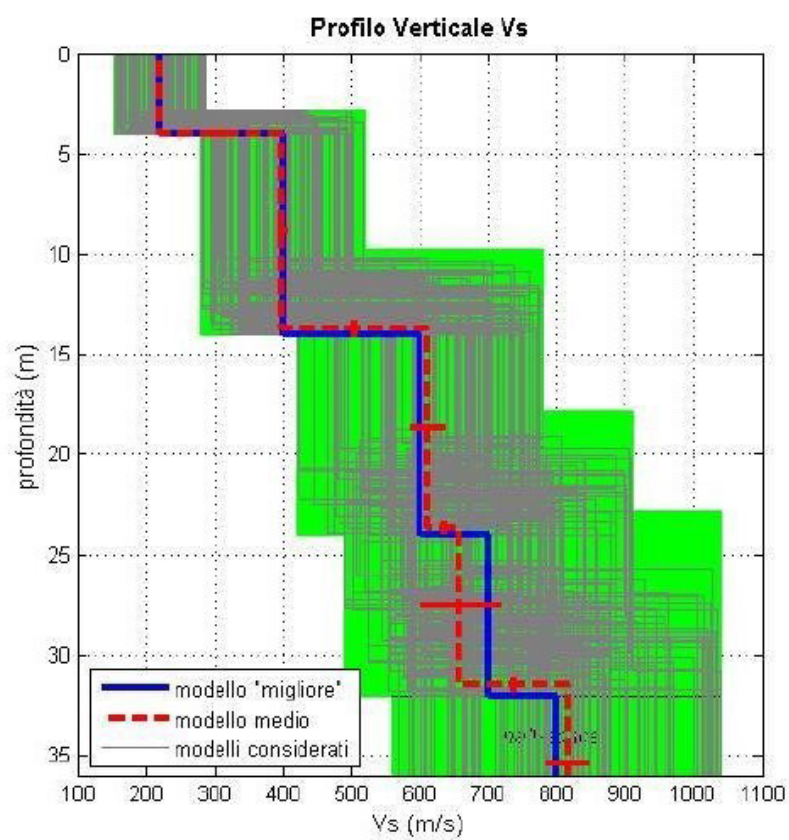
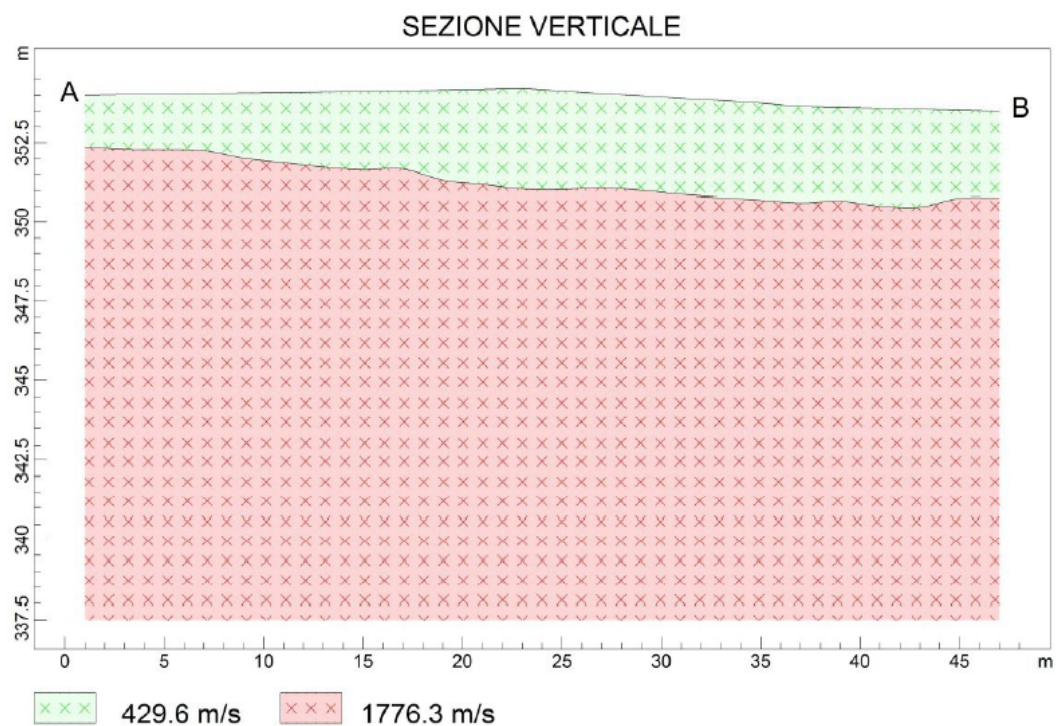
-  Sondaggio a carotaggio continuo S1 con tubo Piezometrico
-  DPSH

UBICAZIONE INDAGINI



Scale (m)	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici	S.P.T.	Campita	Metodo Perforazione	Falda
		terreno vegetale	0.50					
1		Materiale calcareo frantumato dalle operazioni di carotaggio	1.50					
2		limo argilloso con sabbia						
3								
4			4.00					
5		marna calcarea					5.00	
6							5.50	
7								
8								
9							8.00	
10							9.50	
11								
12								
13			13.60					
14		sabbia finissima limosa di colore marroncino					14.50	
15							15.00	
16			16.50					
17		argilla limosa con bande calcaree	17.20					
18		alternanza di limo sabbioso calcareo con livelli argillosi con ciottoli di dimensioni centimetriche						
19								
20							20.50	
21							21.00	
22								
23								
24			25.00					

Sondaggio geognostico



8. MODELLO GEOMORFOLOGICO DEFINITIVO

La correlazione dei dati e delle informazioni acquisite dal rilevamento di campagna, con i risultati delle indagini geognostiche effettuate nell'areale di riferimento, hanno premesso di ricostruire un modello geomorfologico definitivo sufficientemente attendibile.

L'approfondimento del processo foto-interpretativo e la sua taratura mediante sopralluoghi di terreno, ha permesso l'individuazione delle caratteristiche morfologiche dell'area in esame e l'individuazione dei fenomeni franosi presenti.

Rispetto al modello preliminare ipotizzato, è stato possibile definire in maniera più accurata la distribuzione areale dei corpi di frana.

Ai sensi della classificazione di Cruden & Varnes 1996 i dissesti rilevati, possono essere classificati prevalentemente come movimenti complessi "Scorrimenti traslazionali" che interessano le coperture e la porzione superficiale, maggiormente alterata del sottostante basamento marnoso evaporitico.

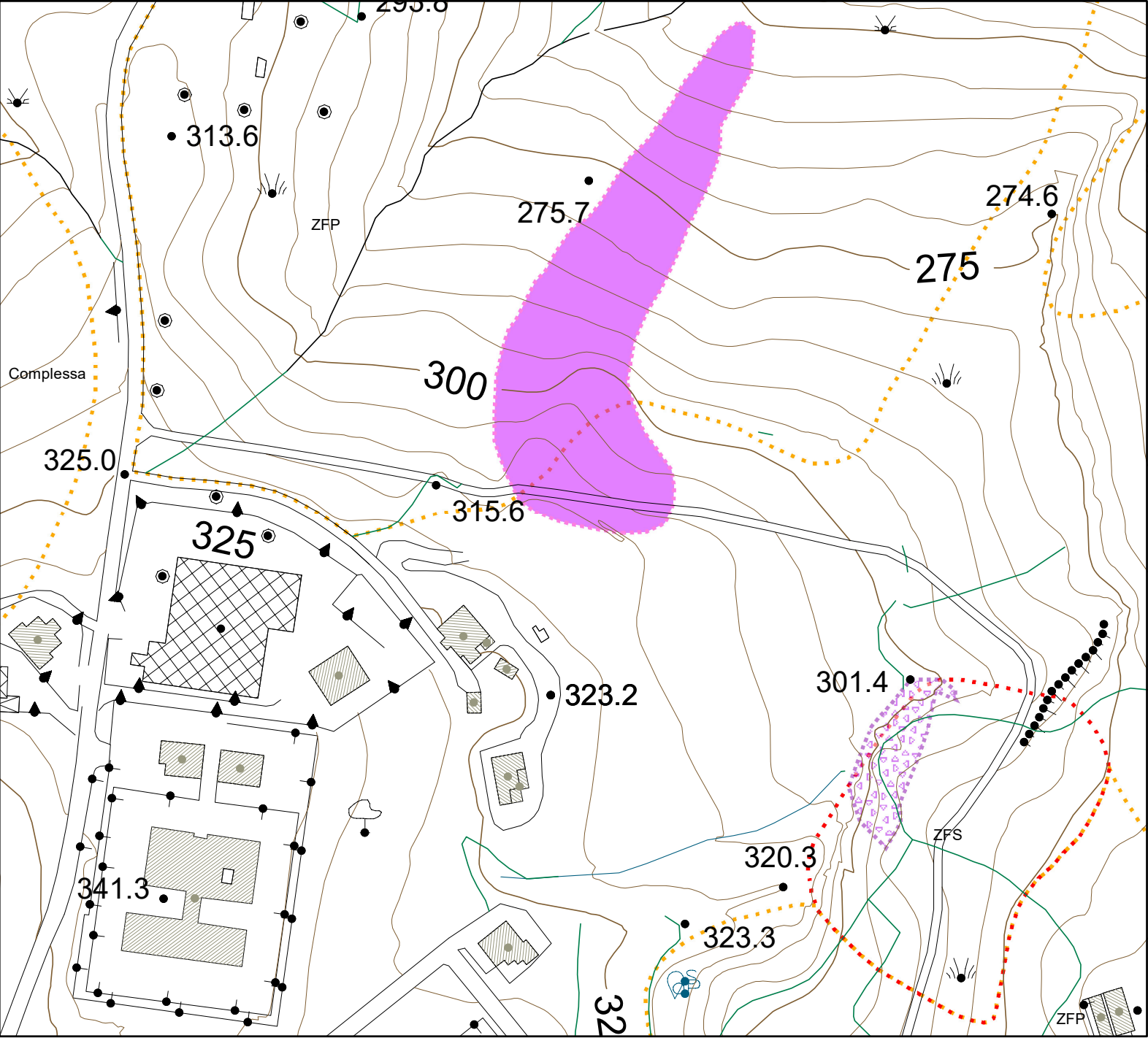
Tutto il versante investigato, evidenzia inoltre fenomeni superficiali classificabili come creep, associati a frane più limitate classificabili come scivolamenti più o meno superficiali.

Quali cause scatenanti della fase di ripresa ed accelerazione dei movimenti gravitativi investigati si possono ragionevolmente assumere, le forti e persistenti precipitazioni che hanno interessato l'area di interesse nelle stagioni invernali pregresse.

Va sottolineato come tutto il contesto collinare oggetto di rilevamento, rappresenta da un punto di vista geomorfologico, un areale comunque interessato da una forte propensione al dissesto dovuto principalmente alle caratteristiche litologiche dei terreni, alle pendenze ed alla presenza di acqua più o meno superficiale.

Si riporta di seguito uno stralcio cartografico dell'area con la ricostruzione geomorfologica dello stato di dissesto così come rilevato allo stato attuale.

CARTA DEI DISSESTI RILEVATI



Legenda

Contorno frane P.A.I.

- IP3
- IP4

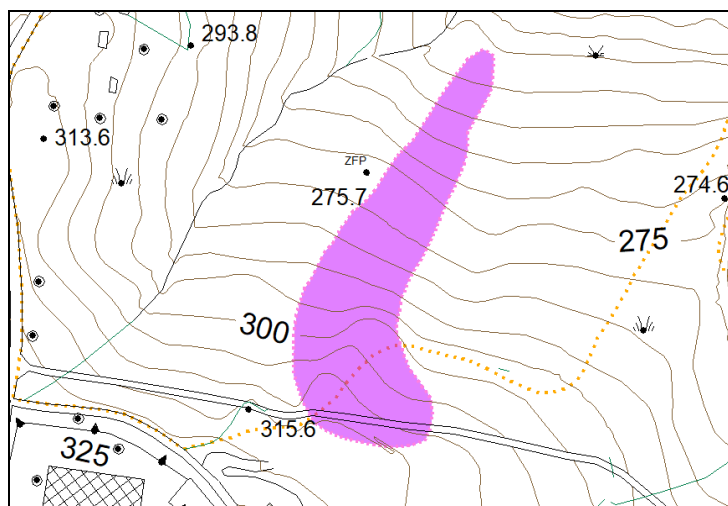
Frane rilevate 2020

TIPOLOGIA

- CADUTA MASSI E BLOCCHI
- SCORRIMENTO-COLATA

Profondità della superficie di scorrimento e volumi della massa in movimento sono stati stimati sulla base dei dati rilevati dalle verticali di sondaggio e dalle sezioni geofisiche.

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE – DISSESTO AREA CIMITERIALE	
Lunghezza max	185 mt
Larghezza max	60 mt
Quota corona principale	315 m.slm
Quota piede	250 m slm
Prof. min /max prima superficie scorrimento	4 – 5 mt
Superficie	7500 mq
Volume stimato presunto	25.000 mc



Sulla base delle modellazioni eseguite si può ipotizzare un meccanismo evolutivo dei dissesti in atto che prevede l'innesco del movimento in occasioni di eventi meteorici di particolare intensità.

Per quanto sopra la progettazione in questione dovrà essere prevalentemente orientata alla diminuzione delle spinte tramite opere di sostegno e gradonature del pendio e attraverso la regimentazione delle acque superficiali.

9. MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DEFINITIVO DEL SOTTOSUOLO E CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI.

Il modello geologico-tecnico definisce uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, della presenza di acqua nel sottosuolo e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce, comprese nel volume significativo cioè la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa.

Tutti i dati rilevati dalle indagini geognostiche effettuate in sito, integrati con quelli provenienti dal rilevamento preliminare e dalla ricerca delle fonti storiche e bibliografiche, hanno permesso di verificare il modello geologico preliminare e ricostruire un **modello geologico-stratigrafico definitivo** attendibile del sottosuolo, alla scala di progetto.

9.1 Stratigrafia delle aree oggetto d'intervento

Le indagini in sito hanno messo in evidenza una stratigrafia caratterizzata da buona continuità in senso laterale, costituita dalla seguente successione di livelli sedimentari, ritenuta *caratteristica del substrato* delle aree in esame.

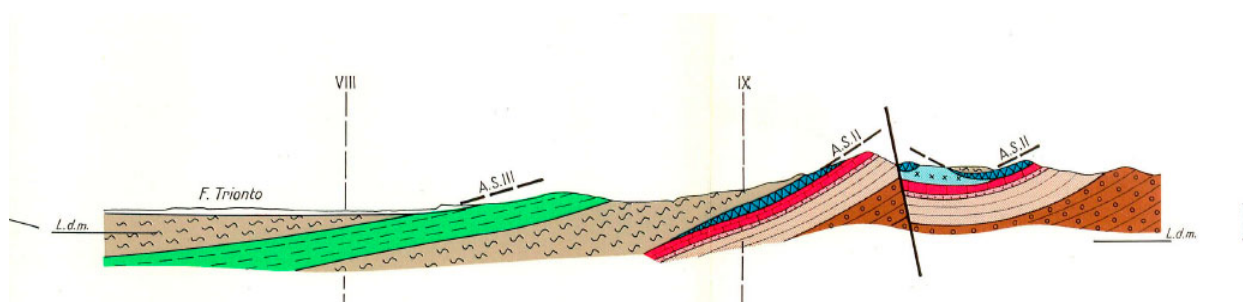
- **1° livello stratigrafico** rappresentato da una copertura vegetale con spessore massimo di un metro;
- **2° livello stratigrafico** di natura prevalentemente limo-argillosa con sabbia, a basso grado di cementazione. Spessore medio circa 3 metri.
- **3° livello stratigrafico** rappresentato da facies evaporitiche a discreto grado di cementazione, definite come marne calcaree in stratigrafia di sondaggio. Con spessori variabili tra 8 e 9 metri.
- **4° livello stratigrafico** di natura prevalentemente sabbiosa fine, mediamente addensate. Sono presenti a tratti livelli centimetrici di natura argillo-limosa. Con spessori massimi di 3 metri
- **5° livello stratigrafico** di natura calcarea, a discreto grado di cementazione, rilevato fino alle profondità investigate nei sondaggi e nelle indagini geofisiche (30 mt.)

In fase di sondaggio e nelle successive misurazioni freatiche in foro, non è stata rilevata falda freatica.

E' ipotizzabile comunque la presenza di una circolazione idrica più superficiale, influenzata dal regime delle precipitazioni stagionali, di cui si dovrà tener conto in fase progettuale.

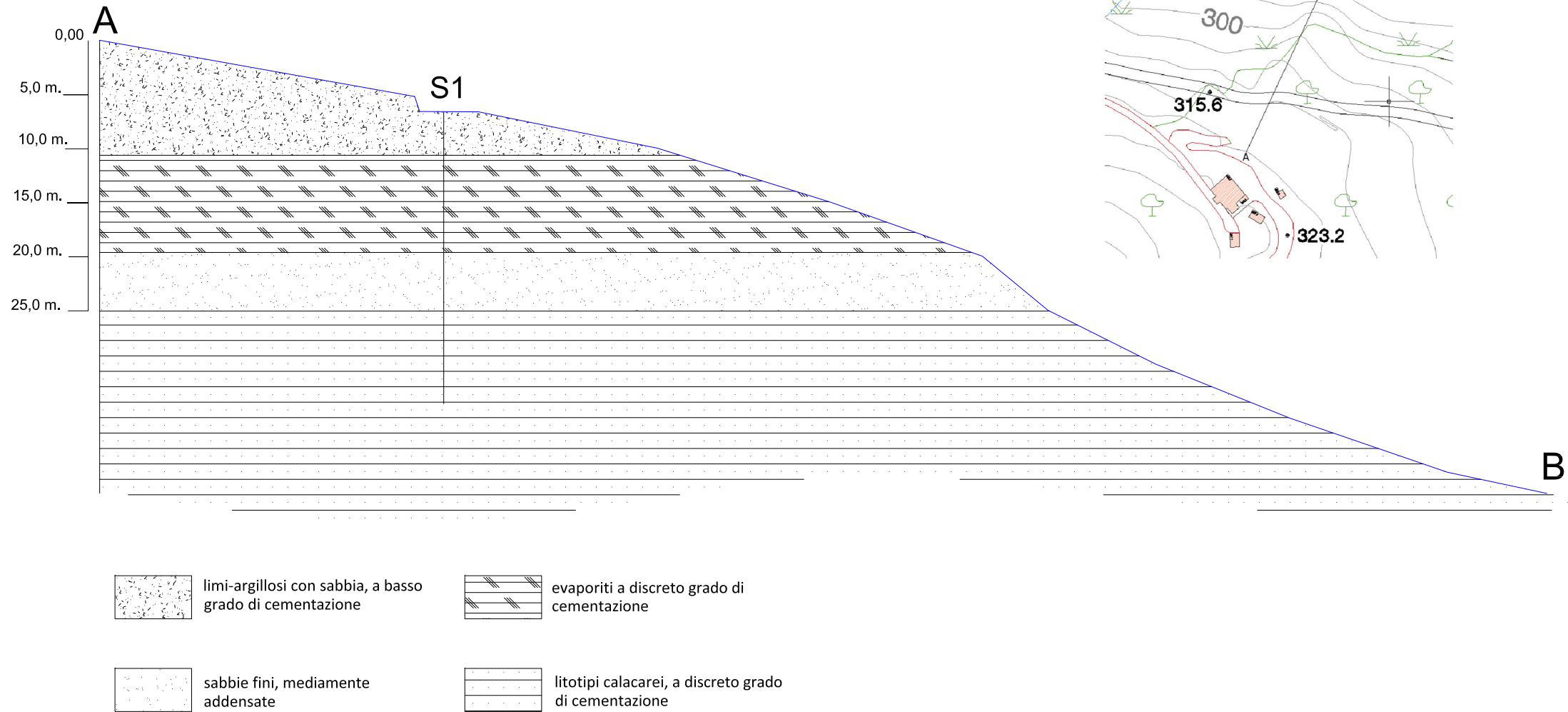
MODELLO GEOLOGICO (Norme Tecniche Costruzioni)	
Ambiente deposizionale	Evaporitico e torbido di scarpata-bacino
Costituzione geologica	variabile
Caratteri geomorfologici	Area collinare
Caratteri idrogeologici	Assenza di falda
Pericolosità geologica	media per frana

Si riporta di seguito una sezioni stratigrafiche interpretative del sottosuolo.



-Stralcio sezione Carta geologica -

RICOSTRUZIONE LITOSTRATIGRAFICA RAPPRESENTATIVA



9.2 Caratterizzazione fisico-meccanica

Sulla base dei dati acquisiti dalle indagini è stato possibile definire il modello geotecnico del sottosuolo, sono state riconosciute **quattro unità litotecniche** con caratteristiche fisico-meccaniche omogenee.

UNITA A

γ naturale= 18,15 KN/mc

coesione non drenata = 0,5 Kg/cm^q

coesione efficace = 0,00 Kpa (assenza di analisi di laboratorio)

angolo attrito = 28-29°

modulo edometrico = 13,5 - 14,4 Mpa

modulo Young = 13,7 - 14,3 Mpa

V_s = 219 m/sec

UNITA B

γ naturale= 17,5 -17,8 KN/mc

coesione non drenata = 3,04 Kg/cm^q

coesione efficace di picco = 0,11 -0,21 Kg/cm^q

coesione efficace residua = 0,17 Kg/cm^q

angolo attrito picco= 21,9° - 27,7°

angolo attrito residuo= 17,7°

modulo edometrico = 44 Mpa

modulo Young = 49 Mpa

V_s = 399 m/sec

UNITA C

γ naturale= 18 KN/mc

coesione non drenata = 2,5 Kg/cm^q

coesione efficace di picco = 0,098 Kg/cm^q

coesione efficace residua = 0,057 Kg/cm^q

angolo attrito picco= 30,8°

angolo attrito residuo= 24,2°

modulo edometrico = 22 Mpa

modulo Young = 19 Mpa

Vs = 611 m/sec

UNITA D

y naturale= 18,6 KN/mc

coesione non drenata = 3,04 Kg/cm²

coesione efficace di picco = 0,10 Kg/cm²

angolo attrito picco=27,2°

modulo edometrico = -

modulo Young = -

Vs = 611 m/sec

Sulla scorta di quanto riportato in precedenza, ai fini dello studio geotecnico da eseguire, viene quindi ricostruito il seguente schema geotecnico, di riferimento per i calcoli successivi:

MODELLO GEOTECNICO (Norme Tecniche Costruzioni)	
Stato del piano strada	Sub pianeggiante
Profondità della falda	Assente fino a 25 metri dal p.c.
Volume significativo (Eurocodice 7)	fondazione sup singola = 1.5-2 B pali = lunghezza + 5 volte il diametro
Terreno di fondazione	B e C
Comportamento geotecnico	Incoerente/coesivo

9.4 Parametrazione sismica ed elasto-meccanica

Sono stati riconosciuti due orizzonti sismici significativi (sismiche a rifrazione):

Orizzonte sismico 1: (profondità variabile da 1,5 a 4,8 metri)

Vp (m/s)	Vs (m/s)	Mod. Poisson	Modulo yung (Mpa)
420-560	219	0,40	30,01

Orizzonte sismico 2: (profondità fino a 10 metri)

Vp (m/s)	Vs (medio) (m/s)	Mod. Poisson	Modulo yung (Mpa)
1780-1990	400	0,35	49

10. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA: DETERMINAZIONE DELLA V_{Seq} E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

10.1 Storia sismica del sito

Come è noto, la Calabria è una delle regioni più sismiche, con terremoti forti e diffusi di cui circa 20 sono stati fortemente distruttivi. Questa condizione è dovuta al fatto che l'Africa e l'Adriatico sono ancora connessi e il loro margine, notevolmente deformato, che svolge un ruolo di cerniera profonda tra i due blocchi, è immerso sotto l'Arco Calabro e il Tirreno meridionale fino a ca. 500 km di profondità.

I più gravi eventi sismici avvengono nello Stretto, lungo la dorsale dell'Aspromonte e delle Serre, tra i golfi di Sant'Eufemia e di Squillace, nella valle del Crati, sul versante orientale della Sila e nel Crotonese.

Altri terremoti si verificano lungo la costa settentrionale ionica e nel mar Tirreno meridionale, dove si verificano terremoti di elevata magnitudo che solitamente non provocano eccessivi danni a causa della loro localizzazione in mare e della elevata profondità ipocentrale (oltre 100 Km). Nel 1905, tuttavia, un terremoto devastante (I=X-XI MCS) colpì molti centri che si affacciano sul golfo di Sant'Eufemia, causando gravi distruzioni nel territorio di Vibo Valentia.

I terremoti più forti di tutta la regione (intensità massima I = XI MCS), tra i maggiori dell'intero territorio italiano, avvengono nella Calabria meridionale. Qui si sono verificati gli eventi sismici del 1783, con epicentro lungo la fascia costiera tra Vibo Valentia e Scilla, che hanno provocato distruzioni lungo tutto il versante tirrenico della dorsale appenninica (i morti furono più di 30.000), e quello del 1908, con epicentro nello stretto di Messina, che ha provocato ampie devastazioni nel settore costiero e in Aspromonte. Reggio Calabria venne rasa al suolo, le vittime furono oltre 80.000, di cui circa 2.000 inghiottite dall'onda di maremoto. In quest'area i terremoti di magnitudine 7 o superiore avvengono con periodi di ritorno di poche centinaia di anni. Sono stati inoltre frequenti eventi meno energetici ma che hanno provocato comunque danni gravi (I = IX MCS - 1894, 1907, 1975, 1978) a causa della presenza di abitazioni con un livello di vulnerabilità alta.

La media e alta Valle del Crati è sede di un'attività sismica abbastanza frequente, caratterizzata sia da terremoti fortemente distruttivi che da scosse e sequenze sismiche minori.

Anche il versante orientale della Sila e il bacino crotonese sono caratterizzati da terremoti di elevata intensità ($I = X$ MCS), ma che avvengono meno frequentemente rispetto alle altre zone sismiche della regione. La zona maggiormente colpita è quella del Marchesato (1638, 1832).

Più a nord, terremoti che provocano danni anche gravi ($I = IX-X$ MCS) si verificano lungo il versante ionico della Sila greca, colpendo in particolare il territorio di Rossano (951, 1836).

Nella Calabria settentrionale, il versante meridionale e orientale del massiccio del Pollino, il territorio costiero tirrenico, tranne che per quei territori in prossimità dell'area di Cosenza, e la piana di Sibari, eccetto che per i terremoti che hanno colpito in particolare il territorio di Rossano (951 – 1836), sembrano essere aree caratterizzate da una bassa sismicità. Tuttavia, non può escludersi che forti terremoti avvengano con periodi di ritorno estremamente lunghi (migliaia di anni), così da non averne traccia nei documenti storici.

Il Comune di Cropalati è stato interessata diverse volte da fenomeni sismici. Il territorio comunale rientra nell'area caratterizzata a medio-alta sismicità: costa jonica compresa tra Rossano e Crotone (vedi "Macrozonazione sismica del territorio italiano" I.N.G.1996)

La classificazione sismica del Comune di Cropalati secondo quanto riportato nell'ordinanza del Presidente del Consiglio n.3274. del 20.03.2003 è la seguente:

NOME DEL COMUNE	CATEGORIA PRECEDENTE CLASSIFICAZIONE	ZONA SISMICA OPCM 3274/2003	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE SU SUOLO RIGIDO
Cropalati	II	2	0.25g

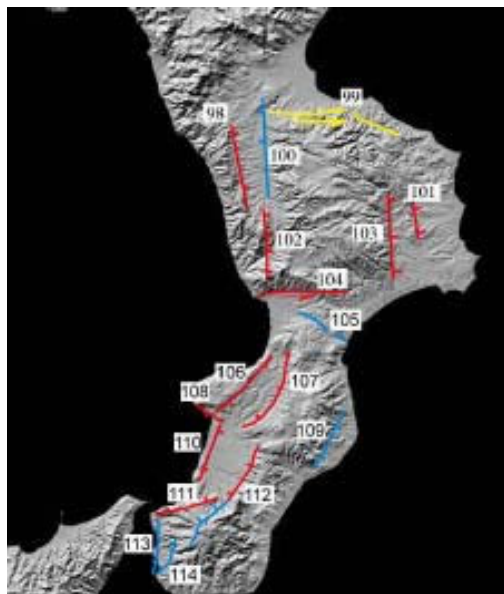
Si riporta di seguito la scheda allegata al P.P.C provinciale relativa ai terremoti rilevati negli ultimi 200 anni.

Anno	Mese	Giorno	Ora	Min	Lat	Long	Io	Int	Epicentro	Me	RC
1832	03	08	18	30	39.05	16.95	10.0	6.5	Crotonese	6.7	A
1836	04	25	00	20	39.57	16.73	9.0	8.0	Calabria Sett.	6.1	A
1887	12	03	03	45	39.53	16.17	8.0	3.0	Calabria Sett.	5.2	A
1905	09	08	01	43	38.67	16.05	10.0	6.0	Calabria	6.9	A
1908	12	28	04	20	38.18	15.68	11.0	6.0	Cal. Merid.-ME	7.2	A
1913	06	28	08	53	39.55	16.20	8.0	6.0	Calabria Sett.	5.6	A
1947	05	11	06	32	38.70	16.48	8.0	0.0	Calabria Centr.	5.5	A
1980	11	23	18	34	40.85	15.28	10.0	4.5	Irpinia-Basilic.	6.7	S

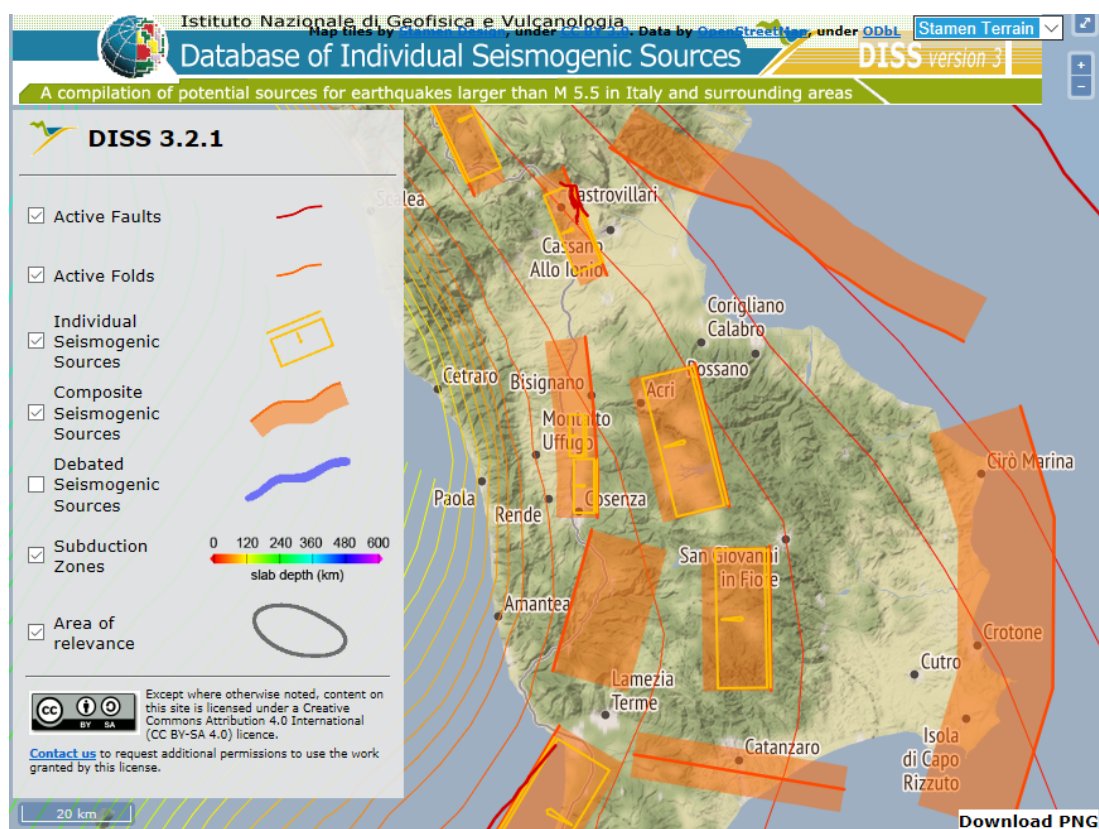
La sismicità del territorio in esame è associata alla importante struttura sismogenetica che si sviluppa per circa 47 Km e tra le località di Corigliano e Rossano.

Faglie e sistemi di faglia	Lunghezza del sistema di faglia (km)	Slip-rate verticale (mm/a)	Slip-rate verticale minimo (mm/a)	Intervallo cronologico	Intervallo di ricorrenza per eventi di fagliazione di superficie (anni)	Spessore strato sismogenetico (km)
S.Marco Argentano – Domanico (98)	35	0.5–2	-	Olocene	-	5-10
Corigliano–Rossano (99)	47	1-5	-	Olocene	-	2-15
Tarsia–Zumpano (100)	40	0.1–0.5	-	Olocene	-	5
Faglie di M.Fuscaldo (101)	16	0.1–0.3	-	Olocene	-	2-6
Piano Lago-Valle del Savuto–Decollatura (102)	25	0.2–0.5	-	Olocene	-	5-10
Faglie del Marchesato (103)	33	0.5–1.5	-	Olocene	-	5-10
Lamezia-Catanzaro (104)	35	-	-	Olocene	-	5-15
Graben Catanzaro Sud (105)	21	-	0.2	Quaternario	-	5-15
Mesima Ovest (106)	33	-	0.2	Quaternario	-	5-15
Serre (107)	37	0.8–1	-	0.24 Ma	-	5-15
Nicotera (108)	14	-	0.2	Quaternario	-	5-15
Serre Est (109)	26	-	0.2	Quaternario	-	5-15
Gioia Tauro (110)	23	-	-	-	-	-
S.Eufemia (111)	26	0.7	-	0.12 Ma	-	5-15
Cittanova (112)	48	0.6–0.9	-	0.12 Ma	-	5-15
Reggio Calabria (113)	21	1	-	0.24 Ma	-	5-15
Pellaro – Mosorrofa (114)	17	0.6	-	0.12 Ma	-	5-15
		-	-	-	-	5-15

Tab. 4 - Sintesi dei dati disponibili sulle faglie attive della Calabria.



-Carta delle faglie attive della Calabria (elementi geologici di superficie) (Da “Stato delle conoscenze delle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie”. F. Galadini et al.)-

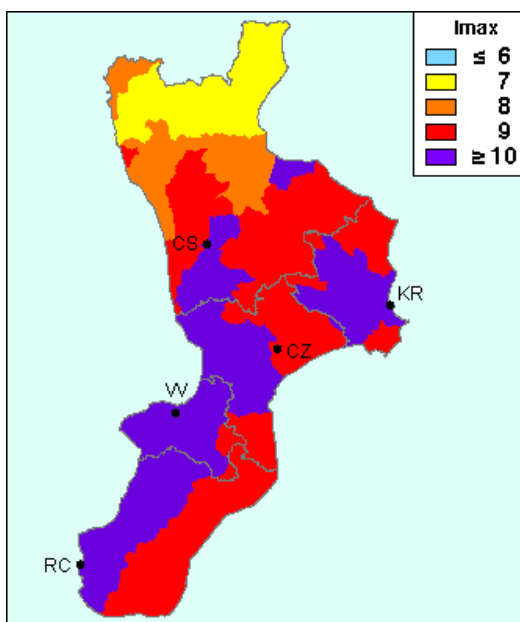


Relativamente al database delle **Massime intensità macrosismiche** osservate nei comuni italiani, elaborato dal Dipartimento di Protezione civile e valutate a partire

dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA, per il comune di Pietrapaola risulta un valore della $I_{max} = 9$.

Sempre in termini macrosismici, il catalogo DOM 4.1, che raccoglie le osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno e che contiene circa 37.000 osservazioni macrosismiche relative a più di 900 terremoti e a più di 10.000 località, è stato utilizzato, su incarico della protezione civile, da Molin et al. (1996) in combinazione con i dati di CFTI (Catalogo dei Forti Terremoti Italiani di ING/SGA – Boschi et al., 1995) per la redazione della “Mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani”, di cui si riporta un estratto relativamente alla Regione Calabria.

Il territorio della Provincia di Cosenza è caratterizzato da un'intensità macrosismica che varia tra 7 e >10 , indicando per la zona di interesse un valore pari a 9.



10.2 Zone sismogenetiche

Negli ultimi anni, e fino al 2002, la zonazione sismogenetica ZS4 ha rappresentato il punto di riferimento per la maggior parte delle valutazioni di pericolosità sismica nell'area italiana.

Tale zonazione era stata realizzata da Scandone e colleghi nel 1996; ZS4 rappresentava la traduzione operativa del modello sismotettonico a grande scala riassunto in Meletti et al. (2000).

Gli sviluppi più recenti delle conoscenze in materia di sismogenesi hanno evidenziato alcune inconsistenze di tale modello di zonazione. Per superare questo stato di cose e rendere disponibile,

nel breve tempo a disposizione, una zonazione utilizzabile, si è convenuto di disegnare una nuova zonazione, denominata ZS9. La zonazione sismogenetica ZS9 è il risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone di ZS4 e dell'introduzione di nuove zone.

L'obiettivo di questa ricerca è stato la realizzazione di un modello più coerente con i nuovi dati e con il quadro sismotettonico oggi disponibile.

Con ZS9 non si è inteso introdurre drastici elementi di novità in riferimento al quadro cinematico generale su cui si basava ZS4. Il vero elemento di novità, oltre naturalmente al catalogo sismico, è rappresentato dall'introduzione delle conoscenze più recenti sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche. Negli ultimi anni, infatti, la quantità di informazioni sulla sismogenesi del territorio italiano (sia per quanto riguarda gli aspetti geometrici delle sorgenti che per quanto attiene il loro comportamento atteso) è notevolmente aumentata rispetto a quella disponibile nel periodo in cui i ricercatori procedevano alla realizzazione di ZS4. Tali conoscenze rappresentano uno degli elementi chiave per il tracciamento delle nuove zone. Un importante elemento di novità rispetto al passato è rappresentato dall'utilizzo del database delle soluzioni dei meccanismi focali dei terremoti italiani, recentemente pubblicato da Vannucci e Gasperini (2003).

Riassumendo, in ZS9 le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche si innestano sul quadro di evoluzione cinematica Plio-Quaternaria su cui si basava ZS4. Tuttavia,

l'elaborazione di ZS9 si fonda su una base informativa notevolmente più ricca e affidabile di quella disponibile all'epoca della prima realizzazione di ZS4.

Nel processo che ha portato alla redazione di ZS9, l'unione di più zone di ZS4 è avvenuta in base alle peculiarità del dominio cinematico al quale ognuna delle zone veniva attribuita. L'unione di zone di ZS4 adiacenti e con simile comportamento cinematico non ha, controindicazioni di tipo sismotettonico. Contemporaneamente alla riduzione del numero di zone si è provveduto a modificare la geometria delle stesse in funzione delle mutate conoscenze sismotettoniche. Le modifiche ai limiti delle zone di ZS4 sono state basate su nuovi dati relativi alle geometrie di singole sorgenti o di insiemi di queste. Tali informazioni hanno anche consentito di inglobare all'interno delle zone-sorgente di ZS9 alcune aree escluse dalla zonazione ZS4 e, viceversa, di escluderne altre.

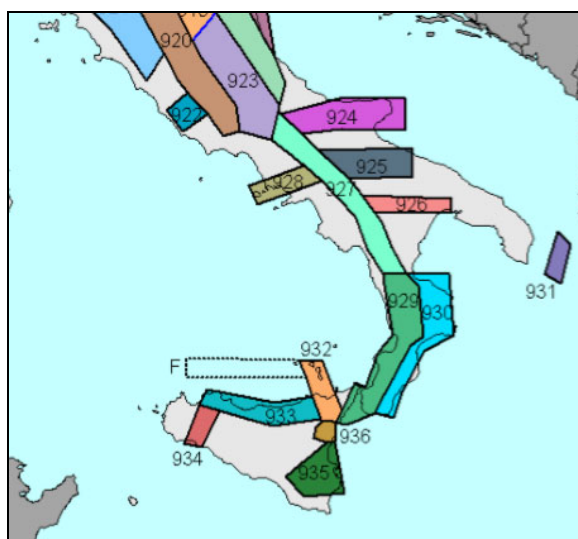
Inoltre è stato ripensato uno dei criteri usati nel disegno di ZS4, vale a dire quello di definire zone sorgente estese fino a inglobare al loro interno tutta la sismicità al di sopra di una certa soglia di magnitudo, giustificando questo modo di procedere come maggiormente cautelativo verso queste aree. Si è verificato invece che in molti casi l'aumento di superficie portava a ridurre in maniera non corretta la stima di pericolosità nelle aree centrali della zona, caratterizzate dai terremoti più importanti per magnitudo e numero. Si è ritenuto pertanto che un procedimento più corretto fosse quello di disegnare zone sorgente più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale e di cautelare le aree circostanti attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente.

10.2.1 Zone sismogenetiche della Calabria (ZS 929 e 930):

Le zone-sorgente della Calabria fino allo Stretto di Messina sono state modificate in due nuove zone, una sul lato tirrenico della regione (ZS929) e una sul lato ionico (ZS 930). L'esistenza di queste due distinte zone rispecchia livelli di sismicità ben differenti.

I terremoti con più elevata magnitudo hanno infatti interessato i bacini del Crati, del Savuto e del Mesima fino allo Stretto di Messina (ZS 929). Tra questi eventi

spiccano la sequenza del 1783 e i terremoti del 1905 e 1908. Viceversa sul lato ionico della Calabria solo 4 eventi hanno superato un valore di magnitudo pari a 6, e tra questi il terremoto del 1638 appare come l'evento più forte verificatosi. Peraltro recenti studi paleosismologici (Galli e Bosi, 2003) porrebbero l'evento del 9 giugno 1638 in relazione con la faglia dei Laghi posta sulla Sila. L'area della Sila, che in ZS4 veniva equiparata al background, nella nuova proposta viene divisa in due parti attribuite alle due zone appena descritte. Secondo lo stesso criterio si è deciso di attribuire alla zona 929 l'area che in ZS4 era compresa tra le zone 71 e 72. Nella Zona Sismogenetica 929 sono previsti, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax} = 7,29$; inoltre, il meccanismo di fagliazione responsabile dei terremoti che si sono verificati in tale zona è di tipo faglia normale, con una profondità ipocentrale media stimata di 10 km.



10.3 Vs equivalente e categoria di sottosuolo

L'O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003 prevede ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto la definizione della categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, basata sulla velocità delle onde sismiche di taglio VS. Ma la novità delle N.T.C. 2018 (Art. 3.2.2.) è l'introduzione della VSeq, che costituisce un parametro correlato alla velocità delle onde di taglio VS degli strati di terreno, ivi nei primi 30 m di sottosuolo al di sotto del piano di posa delle fondazioni; VSeq, che rappresenta una velocità equivalente, è espressa dalla seguente formula:

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

dove H risulta essere la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

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

Sulla base di quanto esposto, si è proceduto alla ricostruzione del profilo sismo-stratigrafico attraverso una serie di indagini geofisiche (MASW) in situ che ha consentito di definire dati sulle velocità delle onde di taglio VS.

Le nuove "categorie di sottosuolo" secondo il Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018, sono:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

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

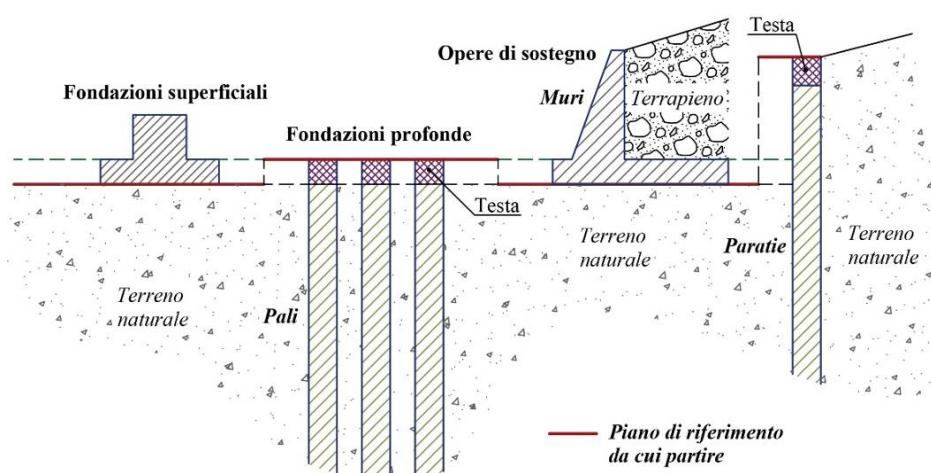
C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un

miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s

D - 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 E - 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.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

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

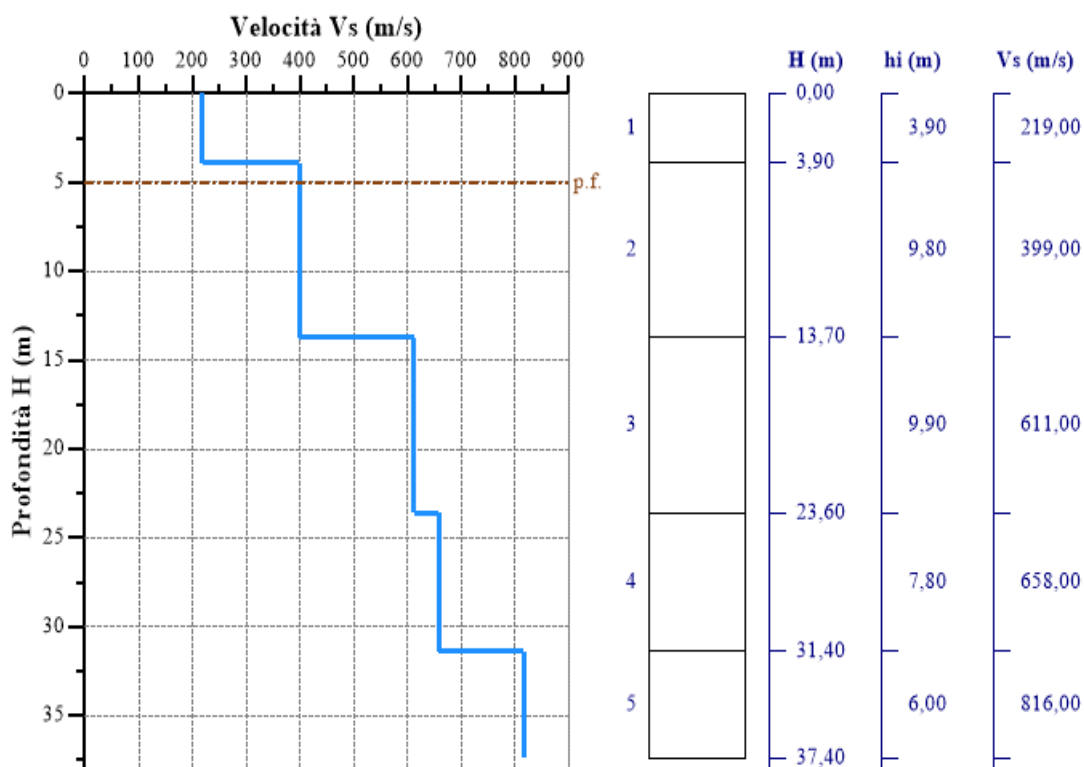


Schemi di riferimento richiamati al § 3.2.2 delle NTC 2018.

Per il caso in studio in base ai risultati delle indagini MASW realizzate è possibile definire un modello sismostratigrafico delle aree d'intervento e stimare la relativa V_{seq} ricavata in base a diverse profondità di imposta delle fondazioni.

Profondità fondazione (m)	Vseq (m/sec)	Categoria
0,00	439,25	B
1	459,75	B
2	479,65	B
3	500,63	B
4	523,22	B
5	529,47	B

B_Descrizione: *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.*



La **valutazione dell'amplificazione topografica**, fissata la categoria e la posizione nel pendio, è stata effettuata in osservanza a quanto previsto dalle NTC 2018 che al paragrafo 3.2.3.2.1 recita: "La variazione spaziale del coefficiente di

amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove ST assume valore unitario."

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 $i > 30^\circ$

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

CATEGORIA TOPOGRAFICA SITI IN ESAME = T2

Con tali dati sarà possibile definire la pericolosità sismica di sito che viene ad essere esplicitata nella relazione di pericolosità sismica di base.

11. LIQUEFAZIONE

Non sussistono le condizioni per l'insorgere di fenomeni di liquefazioni, soprattutto per l'assenza di falda nei primi 15 metri dal piano campagna.

In queste condizioni il rischio di liquefazione è escluso, come pure quello di cedimenti per densificazione.

12. INDICAZIONI GEOLOGICHE, COMPATIBILITA' DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO CON LE CONDIZIONI GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE, CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI.

La presente relazione geologica è stata predisposta in seguito ad una serie di sopralluoghi nell'area interessata dagli interventi in oggetto e ha consentito di completare il quadro geologico emerso con lo studio preliminare fornendo la caratterizzazione delle formazioni geologiche affioranti, delle loro proprietà fisico-meccaniche, della loro distribuzione spaziale e delle condizioni idrogeologiche, geomorfologiche e tettoniche generali dell'area interessata dagli interventi in progetto, per i risultati si rimanda ai paragrafi precedenti.

Lo studio geomorfologico ha condotto alla individuazione delle principali tipologie di dissesto in atto e potenziali lungo il tratto stradale indagato, e si è concluso con la stesura della relativa Carta dei Dissesti.

Nell'area di intervento sono state realizzate una serie di indagini geognostiche e geofisiche ubicate in prossimità di punti significativi che oltre a caratterizzare geomeccanicamente i terreni hanno consentito di ricercare eventuali superfici di rottura e di verificare la presenza di falda acquifera.

Le indagini effettuate sono state sufficientemente dettagliate per verificare la fattibilità geologica, geotecnica e idrogeologica dell'area e non si ritiene necessario effettuare ulteriori indagini.

Dai risultati delle indagini eseguite possono essere tratte le seguenti considerazioni:

L'analisi storica del dissesto in esame (sequenza cronologica da ortofoto) evidenzia la presenza del corpo franoso già precedentemente alla realizzazione del tracciato stradale attuale. Dopo la realizzazione della strada e

presumibilmente in seguito ad eventi meteorici il dissesto si è riattivato nell'area di corona.

In particolare, la viabilità oggetto d'intervento è interessata da un movimento classificabile come scorrimento superficiale, che tende a movimentare i primi 4-5 metri di spessore, i cui effetti si evidenziano con un abbassamento del livello stradale.

Un movimento innescato in particolare da una rete di drenaggio naturale delle acque superficiali insufficiente soprattutto in concomitanza di eventi meteorici significativi. Tra le cause predisponenti vanno invece considerate, le pendenze e le scadenti caratteristiche geotecniche della coltre superficiale limo-argilloso-sabbiosa derivante dall'alterazione dei sottostanti litotipi calcarei ed evaporitici.

I movimenti gravitativi rilevati non coinvolgono volumi di terreno particolarmente significativi, ma interessano porzioni della carreggiata stradale rendendo difficoltoso se non impossibile il traffico veicolare.

Non è stata rilevata falda superficiale.

In base ai risultati dell'analisi simica effettuata per la determinazione diretta delle Vseq, il terreno di fondazione, ai sensi delle N.T.C. 2018, può essere classificato come suolo di tipo B, categoria topografica T2.

Gli scavi di sbancamento, qualora non sostenuti da adeguate opere, dovranno avere fronti di scavo con una pendenza massima non superiore a quella naturale di riposo dei terreni movimentati che, in via cautelativa, può essere di circa 45°. Durante la realizzazione e nelle fasi di sospensione dei lavori i fronti dovranno essere protetti dalle intemperie, al fine di evitarne il dilavamento che potrebbe portare al collassamento dello scavo.

La realizzazione dell'opera prevista dovrà comunque porre particolare attenzione al contenimento del materiale di riporto e riempimento ed al corretto e regolare smaltimento delle acque meteoriche superficiali.

Il monitoraggio consentirà l'acquisizione dei dati reali relativi all'evoluzione del dissesto e la verifica dell'efficacia degli interventi consentendo la fruizione in sicurezza del sito.

Alla luce dei rilievi e delle indagini eseguiti nell'area oggetto del presente studio, sono state individuate le problematiche essenziali e le principali linee di intervento. Il quadro degli interventi proposto tiene conto delle problematiche attualmente esistenti secondo un criterio di priorità stabilito insieme tecnici progettisti.

Gli interventi previsti in progetto, tenuto conto del modello geologico di versante ricostruito, hanno come obiettivo il miglioramento delle condizioni di stabilità generali della strada e l'inserimento di elementi specificatamente finalizzati a limitare il rischio di futuri inneschi di dissesti analoghi a quelli rilevati negli anni precedenti.

In conclusione, (rimandando agli specifici elaborati progettuali per l'analisi del dimensionamento e la verifica delle opere) sulla base delle risultanze acquisite dal presente studio, si può esprimere un giudizio favorevole circa la disponibilità dell'area alla realizzazione dell'opera previste in fase progettuale che sono così schematizzabili (vedi elaborati grafici progettuali di riferimento):

a) Interventi strutturali:

- Intervento 1: gabbioni in rete metallici di lunghezza di 60,00 mt, alto 2,00 mt.
- Intervento 2: paratia di pali di lunghezza complessiva di 60 mt, con pali di diametro 60 cm, interasse di 110 cm, profondi 20 mt e cordolo di collegamento in c.a. di sezione 80x50;

b) Interventi di completamento

- Regimazione delle acque bianche che convoglierà le acque raccolte in due pozzetti esistenti che recapiteranno le stesse nei fossi esistenti.

Il sistema di smaltimento delle acque meteoriche, costituito da cunette triangolari (alla francese) poste sul lato a monte della strada, convoglierà le acque raccolte in un pozzetto posto nella parte centrale che recapiterà le stesse in un fosso esistente.

Gli interventi previsti riguarderanno, inoltre, il rifacimento completo della pavimentazione del tratto di strada e relative cunette di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche, ove necessario.

Tutto quanto suddetto è consentito a patto che vengano seguiti i seguenti criteri esecutivi generali:

- le opere siano previste e realizzate in maniera tale da garantire e assicurare il normale e regolare deflusso delle acque, risulta opportuno regolamentare lo smaltimento delle acque meteoriche tramite un adeguata rete scolante, evitando di eliminare le vie di scorrimento naturali presenti. Particolare attenzione dovrà essere posta nella realizzazione delle opere di drenaggio a tergo dei muri di sostegno, evitando che le acque superficiali vadano a ristagnare nell'area fondazionale;

- si eviti di compromettere l'assetto topomorfologico, adeguando l'intervento alla locale situazione e quindi rendendo reciprocamente compatibile il binomio strutture-luoghi, soprattutto in merito ad eventuali opere di sbancamento, scavo e/o sterro che possano modificare quello che è l'attuale equilibrio naturale della zona.

- Gli scavi di sbancamento, qualora non sostenuti da adeguate opere, dovranno avere fronti di scavo con una pendenza massima non superiore a quella naturale di riposo dei terreni movimentati; durante la realizzazione e nelle fasi di sospensione dei lavori i fronti dovranno essere protetti dalle intemperie, al fine di evitarne il dilavamento che potrebbe portare al collassamento dello scavo.

- La validità delle ipotesi di progetto dovrà, comunque, essere verificata durante la realizzazione dei manufatti considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate. La realizzazione dell'opera prevista dovrà comunque porre particolare attenzione al contenimento del materiale di riporto e riempimento ed al regolare smaltimento delle acque meteoriche superficiali;

Riguardo infine agli aspetti tecnici dell'intervento, è necessario che siano progettati, dimensionati e verificati nel rispetto dei dati e dei risultati geotecnici scaturiti dall'indagine eseguita allo scopo e di cui agli elaborati forniti in allegato. Pertanto si rimanda alla loro visione per maggiori e più specifici particolari e dettagli in merito a quanto previsto in progetto, circa le locali condizioni del

sottosuolo in termini litostratigrafici, idrogeologici e di resistenza dinamica in prospettiva fisico-meccanica e di parametri geotecnici peculiari.

Infine si ricorda che, l'intervento in progetto dovrà essere previsto e realizzato nel rispetto delle norme tecniche vigenti preposte a regolare e disciplinare l'esecuzione di qualsiasi intervento in zone dichiarate sismiche, in quanto appunto, il sito in questione fa parte e ricade in un ambito territoriale dichiarato e classificato come zona sismica di tipo 2 con accelerazione orizzontale su suolo rigido pari a 0,25 g.

Il geologo

Dr Giuseppe Cufari