

COMUNE DI TERNI

DIREZIONE ASSETTO DEL TERRITORIO-URBANISTICA

Unità studi idrogeologici e VAS

**INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO PRESSO LA CASCATA
DELLE MARMORE.
AREE IN SINISTRA IDRAULICA IN ZONE R3 E R4**

**COMPLETAMENTO DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE
DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO IN LOCALITÀ CASCATA DELLE
MARMORE.
III LOTTO – SALTO PRINCIPALE**

**STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E
IDROGEOLOGICO PRELIMINARE**

**il Funzionario Tecnico
Dott. Geologo. PAOLO PACCARA**

Ottobre 2015

COMUNE DI TERNI

Premessa e generalità

Il presente studio geologico è stato eseguito per il Progetto Preliminare relativo ad interventi di consolidamento finalizzati alla mitigazione del rischio idrogeologico presso la Cascata delle Marmore, III Lotto, presso il Salto Principale. Si tratta di un'area ubicata in sinistra idraulica del salto principale del F. Velino, all'interno della zona R4 della UM 029 del PAI, recentemente oggetto di riclassificazione da parte della Regione Umbria, del Comune di Terni e ratificate dall'Autorità di Bacino del F. Tevere con Decreto del Segretario Generale n.17 del 2012. Si farà riferimento a questa recente cartografia negli allegati cartografici a seguire, con relativa nuova perimetrazione in funzione della riclassificazione sopra citata.

L'ampiezza dell'area investigata è stata definita in funzione delle sue caratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrogeologiche ed anche in funzione della pericolosità oggettiva dei luoghi, in relazione alla necessità di accrescere la fruibilità in sicurezza dei turisti che ogni anno giungono presso l'area naturale della Cascata delle Marmore. In particolare, in considerazione del finanziamento richiesto, la descrizione delle caratteristiche geologiche e naturalistiche del sito comporteranno degli interventi necessari, ma caratterizzati da elevato contenuto tecnico e insieme con problematiche inerenti gli aspetti di sicurezza e di mantenimento delle peculiarità ambientali tali da poter definire la zona di intervento come molto complessa. L'area è individuata come nelle cartografie a seguire.

Scopo del lavoro è stato quello di accertare ed analizzare, nella prospettiva di realizzare alcuni interventi di mitigazione del rischio idrogeologico, i seguenti elementi geologici:

- gli aspetti geomorfologici ed idrologici del territorio;
- le condizioni litologiche locali;
- la sismicità dell'area;
- le peculiarità geotecniche dei materiali;
- L'elevato grado di naturalità dei luoghi.

CARATTERI GEOLOGICI GENERALI

L'area in oggetto riguarda il consolidamento di una zona, ubicata in prossimità del salto principale della Cascata delle Marmore, in sinistra idraulica del F. Velino, ad una quota topografica di circa 360 metri s.l.m.

L'intero settore in esame è compreso nella zona di confluenza di due fiumi: il Fiume Nera e il Velino; il sito in studio non risulta stabile dal punto di vista geologico-geomorfologico, come confermato dall'analisi della **tavola n° 133 del P.A.I. del Comune di Terni**, tale zona è soggetta a frane quiescenti per crollo o ribaltamento e ricade tra quelle classificate secondo il PAI come **area R4, prossima ad un'altra area R3 posta immediatamente a valle sempre attinente al sito UM029 della Cascata delle Marmore, con rischio di frana molo elevato (R4) ed elevato (R3)**. Anche dalla consultazione della Carta Geologica del PRG del Comune di Terni (C.T.R. 347010 Collestatte) nell'area in studio risulta la presenza di un vasto corpo di frana allo stato quiescente.

Anche dalla consultazione della Carta dei vincoli geologico-ambientali di piano con adeguamento al P.A.I. del PRG del Comune di Terni (C.T.R. 347010 Collestatte) la zona ricade in area classificata R4, ovvero Rischio frana molto elevato, con un'area R3 confinante verso NordOvest.

Dalla consultazione della Carta dell'acclività dei versanti del PRG del Comune di Terni (C.T.R. 347010 Collestatte) l'area di studio ricade all'interno di classi di pendenza differenti; **la zona 1 ricade in parte nella classe 5 (pendenza tra i 24 e i 33 gradi) e in parte nella classe 6 (pendenza pari a 33 gradi), quindi può essere assunta una Categoria Topografica pari a T3 con pendii la cui inclinazione media $15^{\circ} \leq i \leq 30^{\circ}$ e pari a T4 con pendii la cui inclinazione media $i > 30^{\circ}$.**

Dal punto di vista geologico il sito in esame è caratterizzato da formazioni del Pleistocene - Olocene, ovvero **travertini litoidi in giacitura massiva o grossolanamente stratificati**, come confermato sia dal Foglio n° 138 della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100000; sia dallo stralcio della Carta Geologica del PRG del Comune di Terni 47010 Collestatte).

In tale settore quindi ciò che riveste importanza è la placca travertinosa di Le Marmore, che si estende per oltre un chilometro quadrato e per oltre 110 m di spessore, poggiante in discordanza stratigrafica sui calcari mesozoici della serie Umbro-marchigiana, appartenenti alla formazione della Corniola.

Tale ingente spessore di travertini, aventi origine prevalentemente fitoermale, si è depositato, per precipitazione chimica a causa della caduta repentina delle acque ricche di carbonato di calcio in soluzione, da un'altezza di circa 160 m, delle acque del Fiume Velino nel Fiume Nera.

3. CONDIZIONI DI STABILITA' DELL'AREA III LOTTO - AREA A RISCHIO R4

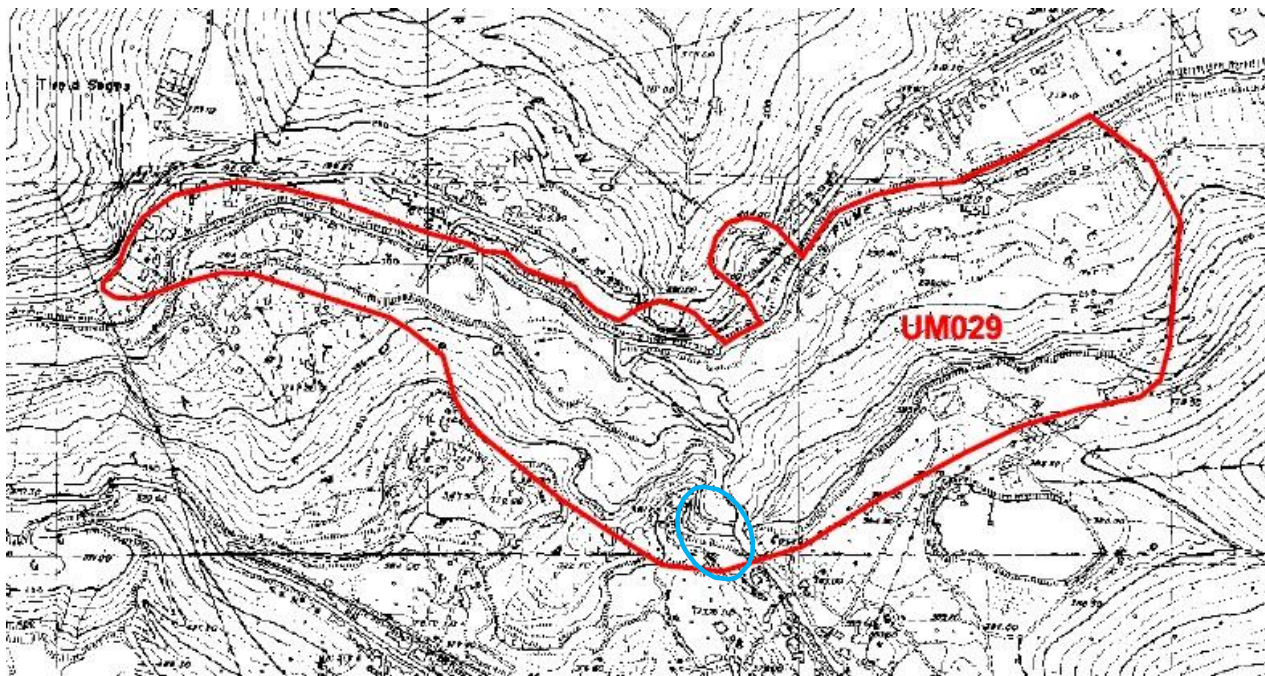


Fig 1 Perimetrazione PAI 2006

 **AREA III Lotto**

Dal Novembre 2012, dopo gli eventi meteo occorsi in Umbria, nell'intera area turistica della Cascata delle Marmore si è riscontrato un aumento del rischio di caduta di elementi lapidei (travertini e/o calcari stratificati), segnalati da colamenti delle coltri superficiali e da fenomeni di erosione accentuata con colamenti di fango nelle rupi a maggiore acclività.

Tali fenomeni hanno indicato un aggravamento delle condizioni di sicurezza idrogeologica delle aree di frana classificate R4 e R3 ricomprese nel perimetro della Cascata delle Marmore. L'intero settore, nel corso del 2011 e 2012, è stato oggetto di una procedura di riclassificazione dell'area di rischio geomorfologico. Nelle cartografie di franosità dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere era stata indicata una vasta area con livello R4 (UM029), contemplata nella prima versione del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'ABT. A seguito di lavori di consolidamento eseguiti dalla Regione Umbria presso una zona denominata i Campacci tra il 1992 ed il 2007, si è determinata una sostanziale riduzione del livello di rischio presso questo sito specifico. Quindi, di concerto tra Comune di Terni, Regione Umbria, l'Autorità di Bacino del f. Tevere nel 2012 ha decretato una revisione con riclassificazione del livello di rischio iniziale in diverse sottozone a livello di

rischio R2 (Campacci di Marmore e altre piccole aree consolidate e/o non interessate da rischi elevati per approfondimenti di studio della reale condizione di esposizione al rischio idrogeologico), aree R3 e permanenza in R4 per altre zone comprese nel perimetro originario.

La nuova perimetrazione contiene anche l'indicazione delle aree di rischio idraulico R4 relative alla possibilità esondativa del f. Velino e del f. Nera.

La proposta di ripermimetrazione e riclassificazione dell'area R4 di Marmore è stata eseguita sull'originario perimetro della UM029 del PAI Vigente (Fig. 1).

Di seguito si riporta la carta con la proposta di riclassificazione dell'area di Marmore e l'ubicazione della zona in studio (Fig. 2). Inoltre in calce alla presente relazione si riporta l'ubicazione precisa della zona in esame sulla Carta Geologica d'Italia in scala 1:10000 Foglio n° 138 Terni, sulla Carta I.G.M., sulla Carta del P.A.I. Tavola n° 133 del Comune di Terni, sull'ortofotocarta e sulle Carte del P.R.G. del Comune di Terni.

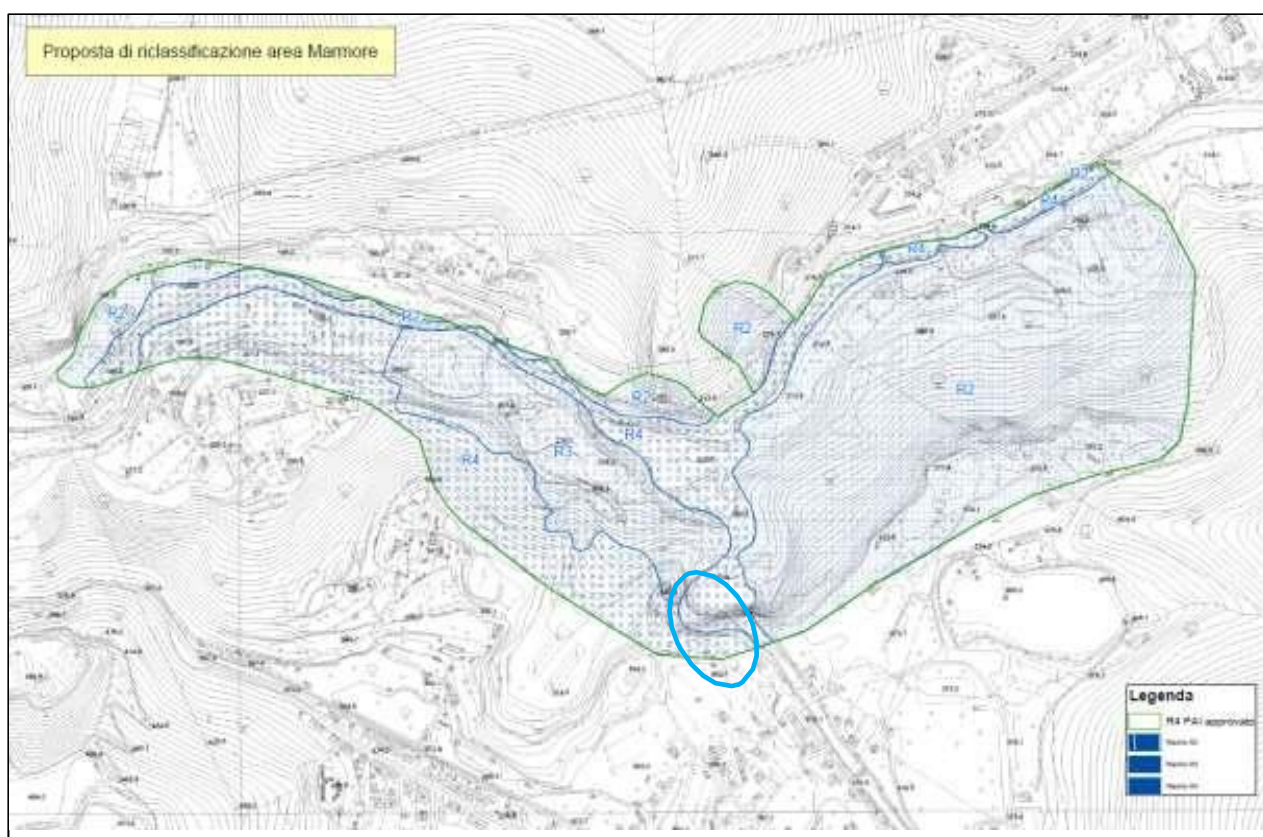


Fig 2 Riclassificazione area Marmore



AREA III Lotto

Nell'area della Cascate delle Marmore, precisamente nella zona dei sentieri (sentiero n 1), il Comune di Terni ha eseguito, tra il 2005 e il 2010, degli interventi di consolidamento di alcune porzioni di scarpate impostate sia su travertino sia su calcari stratificati della Corniola, incombenti sul sentiero 1 e quindi anche a protezione delle aree immediatamente circostanti, come il Centro Direzionale Didattico ed il Giardino Botanico. Gli interventi sono stati tutti volti a ridurre il pericolo di caduta di porzioni di travertini e di calcari e quindi ad aumentare il livello di protezione per i turisti e gli operatori turistici. Quest'ultimi hanno consentito di abbattere l'iniziale livello di rischio "molto elevato" R4 ad "elevato" R3 ed hanno consentito di proteggere i turisti da crolli che potevano coinvolgerli da zone immediatamente adiacenti al loro passaggio.

Tuttavia, vista la problematica geomorfologica dell'area, gli interventi fatti in passato hanno solo ridotto di poco l'esposizione al rischio, consentendo all'ente comunale di gestire l'area a fini turistici con una relativa sicurezza.

Negli anni le forti precipitazioni, la particolare modesta competenza geotecnica dei terreni che costituiscono le rupi di Marmore (travertini di origine fluviale), le vaste coperture di terreni di alterazione a modesta reologia e resistenza agli agenti atmosferici hanno determinato un peggioramento della sicurezza dell'area della Cascata delle Marmore, tanto che sono stati eseguiti interventi di stabilizzazione e consolidamento di alcune porzioni.

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche dell'area di interesse turistico - naturalistico di Marmore determinano una situazione di permanente rischio idrogeologico generale, tanto che sono presenti altre zone oltre a quella indicata per il presente studio, a rischio idrogeologico R3 ed R4 per pericolo di crolli di grandi masse lapidee e per la potenziale occorrenza di colate di terreni di alterazione, fenomeni questi che insistono in vicinanza di sentieri e aree attrezzate per i turisti, richiedendo quindi interventi di consolidamento da possibili crolli nelle aree R3 e R4 (presso le aree turistiche) e di mitigazione del rischio idrogeologico.

4. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

L'idrografia del settore è incentrata sulla presenza del Fiume Velino che genera in questo punto il salto principale della Cascata delle Marmore; il Velino è d'altra parte responsabile altresì della formazione e deposizione della placca travertinosa corrispondente al salto morfologico che dà origine alla Cascata. Il salto principale, detto "Caduta della Clementina" (dal nome del Papa Clemente VIII che volle la realizzazione dell'ampliamento del canale realizzato dal console Manlio Curio Dentato nel III Sec A.C.), copre un salto topografico di circa 60 m.

Il sito di interesse per il presente studio è proprio adiacente alla sinistra idraulica del Salto della Caduta Clementina.

Per quanto attiene la permeabilità dei litotipi travertinosi questa risulta medio-elevata in funzione del grado di fratturazione, con un coefficiente K stimato pari a circa $10^{-2/-1}$ cm/sec.

Per quanto attiene la falda acquifera principale, non sono note falde idriche all'interno dei corpi travertinosi, anzi nell'area di studio **la falda idrica (di carattere freatico) risulta assai profonda** ben oltre il contatto con il bedrock carbonatico. Tuttavia nell'area de "I Campacci" ove sono state effettuate opere di consolidamento e rafforzamento in passato dalla Regione Umbria, in un carotaggio è stata intercettata la falda idrica a - 60 m circa dal piano campagna in prossimità del contatto stratigrafico tra i travertini e i sottostanti calcari.

5. PROPOSTA PER LE INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FASE DI MONTORAGGIO

L'area d'intervento è particolarmente esposta dal punto di vista morfologico; la zona infatti si caratterizza per la presenza di forme di erosione di natura fluviale tali che il percorso su scalinata che conduce al Belvedere superiore risulta aggettante sul vuoto per una parte del proprio tracciato. La zona quindi è caratterizzata da possibili situazioni di instabilità del versante e a tal fine saranno eseguiti:

2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 60 m cadauno da attrezzare a Down Hole e ad inclinometro:

- **n°1 attrezzato ad inclinometro;**
- **n° 1 per indagine sismica DOWN HOL E .**

Saranno inoltre prelevati in fase di carotaggio almeno 3 campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio al fine di definirne i parametri geotecnici .

Per la fase di monitoraggio degli interventi proposti si prevede l'utilizzo di 2 basi estensimetriche da 2 estensimetri cadauno e 5 fessurimetri esterni.

I fessurimetri (almeno 5) saranno inoltre collegati ad una centralina elettronica di acquisizione dati o dotate di sistema automatico di trasmissione dei dati direttamente dal singolo misuratore di giunto.

6. VALUTAZIONE SISMICA DEL SITO

L'ordinanza del Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, inquadra il Comune di Terni all'interno della **classe di sismicità 2°** a medio alto rischio sismico (Gazzetta Ufficiale n. 105 del 2 del 08-05-2003 S.O. n. 72), la medesima normativa prevede per tali siti un' accelerazione orizzontale di picco su suolo rigido di categoria A comprese tra 0,15 e 0,25 ag\g.

Mediante il software messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici *Spettri-NTC ver.1.0.3* sono stati calcolati gli spettri di risposta elastici per diversi tempi di ritorno specifici per il sito in questione.

Di seguito vengono riportati i valori dei parametri a_g (accelerazione orizzontale di picco al suolo), F_o (amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale), T_c (amplificazione spettrale massima (durata del tratto orizzontale dello spettro), su sito di riferimento rigido orizzontale) per i tempi di ritorno T_R di riferimento come da normativa:

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,059	2,496	0,271
50	0,074	2,478	0,281
72	0,085	2,478	0,289
101	0,098	2,437	0,295
140	0,113	2,410	0,304
201	0,130	2,403	0,310
475	0,176	2,428	0,326
975	0,221	2,461	0,339
2475	0,288	2,492	0,354

La Categoria Topografica è stata cautelativamente valutata come T4 ovvero rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $>30^\circ$.

Riepilogo dei dati sismici di input:

lat: 42.5511 Long: 12. 7150

categoria topografica T4

categoria stratigrafica A

Per i valori completi di amplificazione sismica e risposta sismica locale si rimanda agli allegati in coda al testo.

7. DESCRIZIONE DEI FENOMENI DI INSTABILITA' E PRIME CONSIDERAZIONI SULLE OPERE DI CONSOLIDAMENTO

In generale l'area di interesse, ubicata in sinistra idraulica del salto principale del F. Velino, è caratterizzata dalla presenza di una intrinseca fragilità idrogeologica legata essenzialmente ai litotipi presenti, caratterizzati da travertini recenti depositi in condizioni per lo più di ambiente di cascata e quindi con la presenza abbondante di vacuolarità (fino a cavità molto grandi), limi calcarei di retro -cascata e travertini fitoclastici e/o concrezionali.

Questi materiali sono soggetti ad un veloce attacco chimico fisico dagli agenti atmosferici tali da compromettere la stabilità di intere pareti. La natura dei dissesti è descrivibile come frane da crollo e ribaltamento, scivolamenti e rari colamenti delle coltri superficiali di alterazione, distacchi di blocchi travertinosi e delle incrostazioni generalmente di forma mammellonare e apertura di nuove fratture.

Dall'analisi delle condizioni stabilità, si è potuto osservare chiaramente una situazione di precaria stabilità coerentemente con la zona R4 maggior rischio geomorfologico.

In particolare la zona qui individuata vede una parete verticale con fenomeni di erosione fluviale che ne determina l'arretramento molto evidente. L'altezza media di 60-70 m è immediatamente prospiciente l'inizio del Sentiero 1 che tramite scalinata conduce al Belvedere superiore accanto al salto principale.

Qui si prevede siano necessari interventi complessi che consistono in una pulizia e disgregazione di masse pericolose selezionate a seguito di ispezione, rivestimento con rete metallica e rafforzamento corticale con funi di acciaio e ancoraggi profondi con barre in acciaio di almeno 20 m di profondità, a causa della presenza di numerosi vuoti nella massa. L'intervento in questo settore è poi particolarmente difficile e tecnicamente complesso proprio per gli aspetti di sicurezza durante i lavori (è prevedibile la necessità di lavori a grande altezza e su vuoto aggettante) in modo da consolidare il sentiero attuale che scende al Belvedere ed evitare l'esposizione dei turisti a possibili crolli in un punto particolarmente fragile ma anche spettacolare dal punto di vista geologico-ambientale.

In fase di approfondimento progettuale sarà importante individuare tecniche di consolidamento complessivo del versante attraverso soluzioni innovative che consentano di determinare sia l'aumento della sicurezza dei luoghi ed il loro mantenimento come oggi è visibile, sia la fruibilità turistica del sito, senza particolari interruzioni dell'accessibilità al luogo.

8. CONCLUSIONI

Sulla base delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche della zona in studio e, facendo riferimento alla normativa vigente in materia si perviene alle seguenti conclusioni:

- il sito di studio ubicato in prossimità della Cascata delle Marmore, all'interno di una estesa placca travertinosa, si caratterizza per la presenza di una porzione di area R4 ove si presenta alto il rischio di crollo in prossimità del salto principale e dove la scalinata conduce al Belvedere superiore.
- l'area di studio a livello generale, rientra nella **tavola n°133 del P.A.I. del Comune di Terni**, nel dettaglio l'area ricade tra quelle classificate dal PAI come **aree R4, ma a confine con un'area R3 appena sotto di essa; l'area è quindi classificabile a rischio frana molo elevato**; anche dalla consultazione della **Carta dei vincoli geologico-ambientali di piano con adeguamento al P.A.I. del PRG del Comune di Terni (C.T.R. 347010 Collestatte)** la zona ricade in area classificata R4, ovvero **Rischio frana molto elevato**; comunque nell'intera area turistica si segnala la presenza di elementi morfogenetici di dissesto potenziali quali scivolamenti, crolli, ribaltamenti di porzioni di volumi di travertino e modeste colate di coltri di alterazione.

Si ritiene pertanto importante intervenire in questa zona individuate al fine di abbattere il rischio per i turisti che visitano numerosi ogni anno la Cascata delle Marmore.

- DESCRIZIONE SINTETICA DEL FENOMENO

- La zona della Cascata delle Marmore è potenzialmente soggetta a fenomeni di crollo lungo tutto il tratto del sentiero che conduce al Belvedere Superiore, poggiato su travertino che può subire un crollo dalla porzione sottostante , in sinistra idraulica della cascata (vedi cartografie).
- Il dissesto interessa il bordo del Salto Principale dove è presente una parete travertinosa di età recente, deposta per precipitazione chimica dalle acque del Velino in corrispondenza del salto principale.
- Crolli di massi di notevoli dimensioni (100 mc) si sono verificati nel 1970 mettendo a rischio un abitazione e parte della zona a camping soprastante il pianoro, sebbene in destra idrografica.
- Sono segnalati anche numerosi altri distacchi di volumi rocciosi più modesti ma comunque di elevata pericolosità a causa della estrema vicinanza con luoghi frequentati dai turisti.
- Tale stato di fatto ha determinato una situazione di grave e incombente pericolo per la pubblica e privata incolumità.

DESCRIZIONE SINTETICA DEL DANNO ATTESO

Gli elementi a rischio sono rappresentati oltre che dai turisti che visitano le aree adiacenti la Cascata.

Esiste anche la possibilità che volumi rocciosi o colamenti di coltri alterate possano ostruire l'alveo del F. Nera con conseguente rischio di esondazione.

Ottobre 2015

Il Funzionario Geologo

Paolo Paccara

COMUNE DI TERNI

DIREZIONE ASSETTO DEL TERRITORIO-URBANISTICA

Unità studi idrogeologici e VAS

**INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO PRESSO LA CASCATA
DELLE MARMORE.
AREE IN SINISTRA IDRAULICA IN ZONE R3 E R4**

**COMPLETAMENTO DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE
DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO IN LOCALITÀ CASCATA DELLE
MARMORE.
III LOTTO – SALTO PRINCIPALE**

**RELAZIONE TECNICA E QUADRO
ECONOMICO DEI LAVORI.**

**il Funzionario Tecnico
Dott. Geol. PAOLO PACCARA**

Ottobre 2015

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica viene redatta per il Completamento degli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico in località Cascata delle Marmore, III Lotto – salto principale. In particolare in quest'area l'esposizione per la presenza di turisti ne determina una potenzialità di danno atteso molto alto e quindi la priorità nell'intervento.

Come detto nelle pagine precedenti l'intero settore in esame è compreso nella zona di confluenza di due fiumi: il Fiume Nera e il Velino. Il sito in studio non risulta stabile dal punto di vista geologico-geomorfologico, tanto che necessita dell'intervento in oggetto; inoltre come confermato dall'analisi della **tavola n° 133 del P.A.I. del Comune di Terni**, tale zona è soggetta a frane quiescenti per crollo o ribaltamento e ricade tra quelle classificate secondo il PAI come **aree R4, ovvero a rischio frana molo elevato. Anche dalla consultazione della Carta Geologica del PRG del Comune di Terni (C.T.R. 347010 Collestatte) nell'area in studio risulta la presenza di corpi di frana allo stato quiescente.**

L'ampiezza dell'area di intervento è stata definita (e meglio descritta nella perizia geologica e geomorfologica) in funzione delle sue caratteristiche litologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche ed anche in funzione della pericolosità oggettiva dei luoghi in relazione alla necessità di accrescere la fruibilità in sicurezza dei turisti che ogni anno giungono presso l'area naturale della Cascata delle Marmore.

Scopo del lavoro è stato quello di accertare ed analizzare, in prospettiva di realizzare alcuni interventi di mitigazione del rischio idrogeologico, i seguenti elementi geologici:

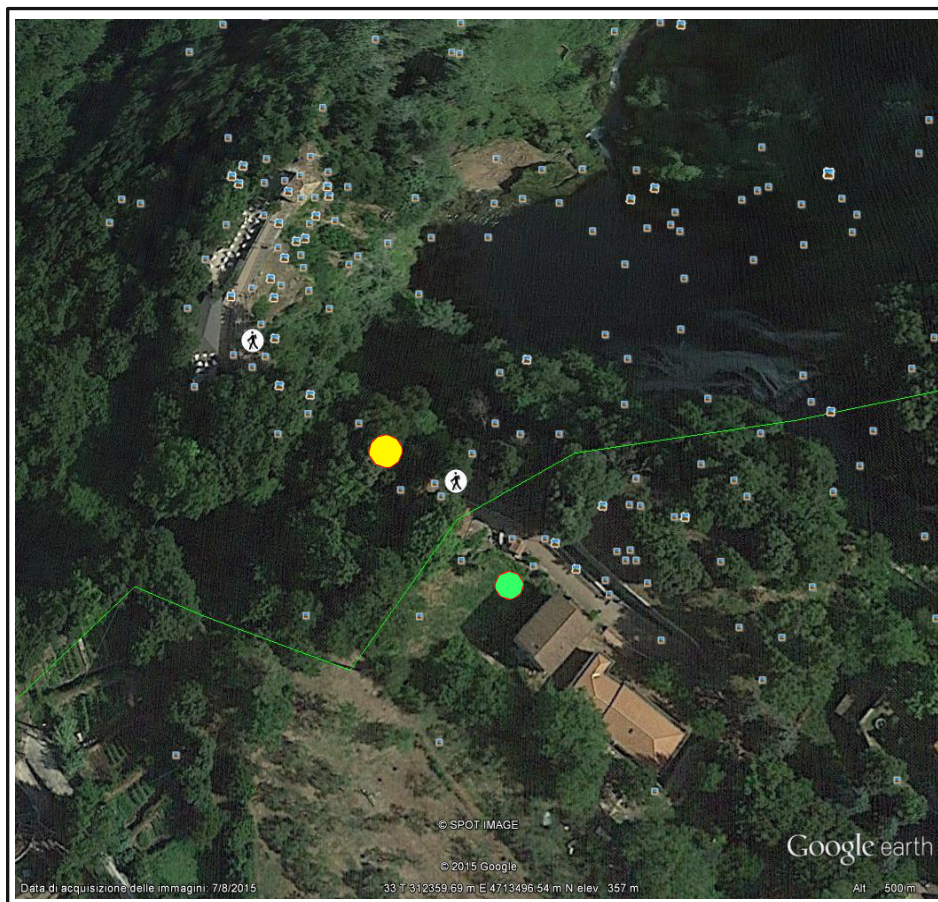
- gli aspetti geomorfologici ed idrologici del territorio;
- le condizioni litologiche locali;
- la sismicità dell'area ;
- le peculiarità geotecniche dei materiali
- Il grado di naturalità dei luoghi.

Le indagini geognostiche che si ritiene debbano essere realizzate nell'area oggetto di studio sono di seguito elencate:

Numero 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 60 m da attrezzare per prova sismica Down Hole e come inclinometro:

- n° 1 attrezzati ad inclinometro, da 60 m;
- n° 1 per indagine sismica DOWN HOLE 60 m.

Saranno inoltre prelevati in fase di carotaggi o almeno 3 campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio al fine di definirne i parametri geotecnici.



Legenda

-  Aree in studio (ZONA 1); sono riportate anche le altre 2 zone individuate nella relazione generale preliminare
-  Sondaggio geognostico a carotaggio continuo attrezzati ad inclinometro 60 m.
-  Sondaggio geognostico a carotaggio continuo per indagine sismica DOWN HOLE 60 m.

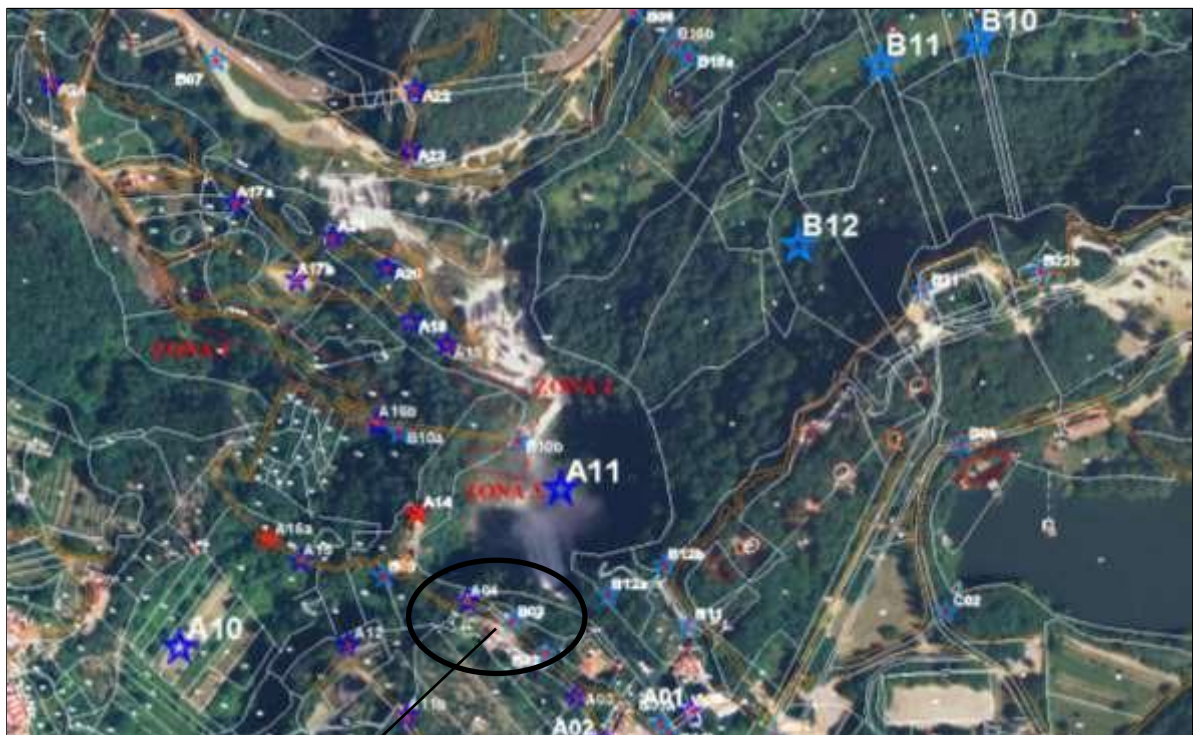
Per la fase di messa in sicurezza e mitigazione del rischio geomorfologico si propongono interventi rafforzamento corticale con ancoraggi profondi, iniezioni con calze protettive, rafforzamento di alcuni tratti del fronte, eventuali demolizioni selettive di massi.

Durante la realizzazione delle opere di messa in sicurezza e contenimento, saranno installati 2 basi estensimetriche da 2 estensimetri cadauno e dei fessurimetri in corrispondenza delle principali fratture per valutare l'evoluzione e l'andamento delle tensioni nella massa pseudolitoide attraverso il controllo dell'apertura delle discontinuità. I fessurimetri (almeno 5) saranno inoltre collegati ad una centralina elettronica di acquisizione dati o dotate di sistema automatico di trasmissione dei dati direttamente dal singolo misuratore di giunto.

DESCRIZIONE DELLE CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE ATTUALI E DEGLI INTERVENTI DA ATTUARE

L'area in oggetto è ubicata ad Est rispetto all'abitato di Papigno e a Nord rispetto all'abitato di Marmore, ad una quota topografica media di circa 363 metri s.l.m.

Il sito ricade in area classificata R4, ovvero Rischio frana molto elevato.



Area di intervento

Dal punto di vista geologico l'elemento di maggior rilievo per l'intero settore di studio è la placca travertinosa di Le Marmore, che si estende per oltre un chilometro quadrato e per oltre 110 m di spessore, poggiante in discordanza stratigrafica sui calcari mesozoici della serie Umbro-marchigiana, appartenenti alla formazione della Corniola.

Tale ingente spessore di travertini, aventi origine prevalentemente fitoermale, si è deposto, per precipitazione chimica a causa della caduta, da un'altezza complessiva di circa 160 m, delle acque del Fiume Velino nel Fiume Nera e ad oggi.

Questi materiali sono soggetti ad un veloce attacco chimico fisico dagli agenti atmosferici tali da compromettere la stabilità di intere pareti.

La natura dei dissesti è descrivibile come frane da crollo e ribaltamento, scivolamenti e alcuni rari colamenti delle coltri superficiali di alterazione, per lo più sono possibili distacchi di blocchi travertinosi e dalle incrostazioni generalmente di forma mammellonare per presenza sia di travertini particolarmente degradati sia per la presenza di fratture.

2.1- Descrizione degli interventi di mitigazione proposti.

Rivestimento con rete metallica e rafforzamento corticale:

Le pareti saranno rivestite con reti metalliche esagonali stese in rotoli di larghezza circa 3 m, sovrapposte nelle estremità laterali con i successivi rotoli e chiodate a terra.

Ad operare il rafforzamento della rete metallica a maglia esagonale verranno disposte funi in acciaio con passo 3m x 3m e orditura romboidale ancorate con chiodature profonde almeno 20 m; le chiodature verranno effettuate con barre in acciaio tipo Diwidag.

Interventi di consolidamento della scalinata

Oltre agli interventi strutturali sulla parete aggettante del travertino, adiacente al salto principale, si rende necessario consolidare e migliorare l'accessibilità e la sicurezza della scalinata che conduce al Belvedere superiore. Possono essere realizzati interventi di parziale spostamento del tracciato e anche la sistemazione di servo scala per superare le barriere architettoniche.

2. CONDIZIONI DI STABILITA' DELL'AREA DOVE RICADE LA ZONA OGGETTO DI STUDIO - AREA A RISCHIO R4

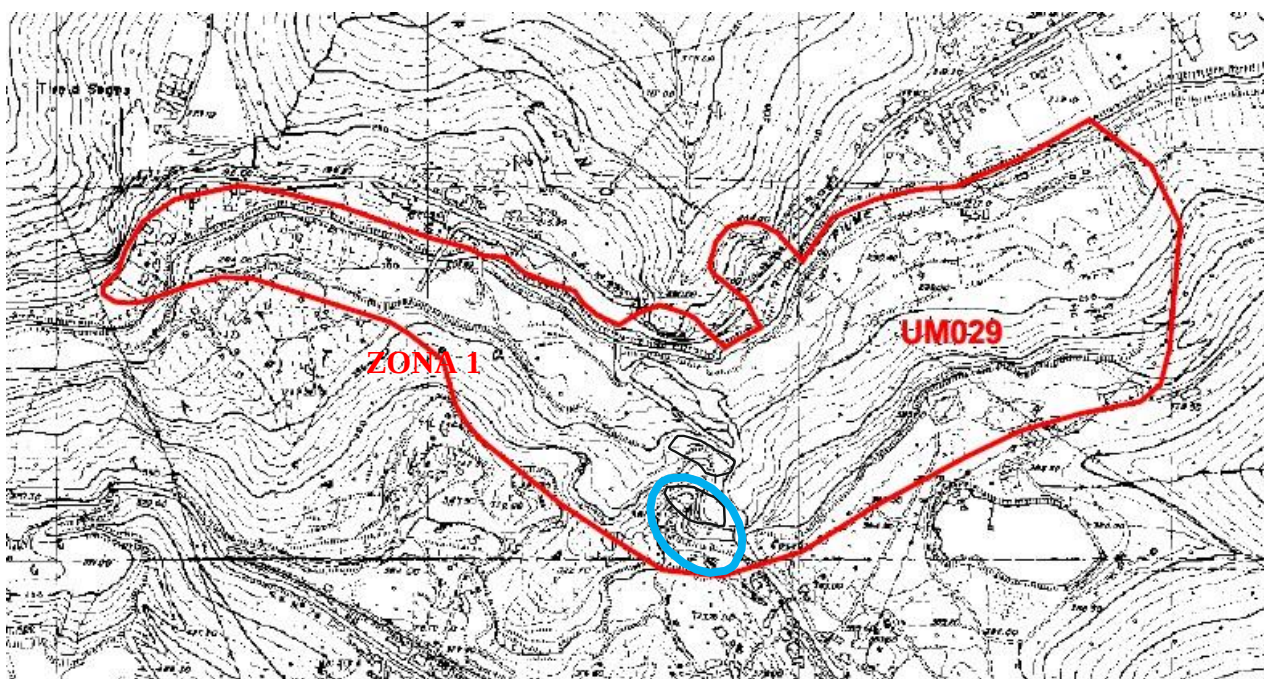


Fig 1 Perimetrazione PAI 2006

 AREA IN STUDIO

Nel Novembre 2012 dopo gli eventi meteo occorsi in Umbria, nell'intero parco turistico della Cascata delle Marmore si è riscontrato un aumento del rischio di caduta di elementi lapidei (travertini e/o calcari stratificati), segnalati da colamenti delle coltri superficiali e da fenomeni di erosione accentuata con colamenti di fango nelle rupi a maggiore acclività.

Tali fenomeni hanno indicato un aggravamento delle condizioni di sicurezza idrogeologica delle aree di frana classificate R4 e R3 ricomprese nel perimetro della Cascata delle Marmore. L'intero settore, nel corso del 2011 e 2012, è stato oggetto di una procedura di riclassificazione dell'area di rischio geomorfologico. Nelle cartografie di franosità dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere era stata indicata una vasta area con livello R4 (UM029), contemplata nella prima versione del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'ABT. A seguito di lavori di consolidamento eseguiti dalla Regione Umbria presso una zona denominata i Campacci tra il 1992 ed il 2007, si è determinata una sostanziale riduzione del livello di rischio presso questo sito specifico. Quindi, di concerto tra Comune di Terni, Regione Umbria, l'Autorità di Bacino del f. Tevere nel 2012 ha decretato una revisione con riclassificazione del livello di rischio iniziale in diverse sottozone a livello di rischio R2 (Campacci di Marmore e altre piccole aree consolidate e/o non interessate da rischi elevati per approfondimenti di studio della reale condizione di esposizione al rischio

idrogeologico), aree R3 e permanenza in R4 per altre zone comprese nel perimetro originario. La nuova perimetrazione contiene anche l'indicazione delle aree di rischio idraulico R4 relative alla possibilità esondativa del f. Velino e del f. Nera.

La proposta di ripermetrazione e riclassificazione dell'area R4 di Marmore è stata eseguita sull'originario perimetro della UM029 del PAI Vigente (Fig. 1).

Di seguito si riporta la carta con la proposta di riclassificazione dell'area di Marmore e l'ubicazione della zona in oggetto (Fig. 2). Inoltre in calce alla presente relazione si riporta l'ubicazione precisa delle tre zone in esame sulla Carta Geologica d'Italia in scala 1:10000 Foglio n° 138 Terni, sulla Carta I.G.M., sulla Carta del P.A.I. Tavola n° 133 del Comune di Terni, sull'ortofotocarta e sulle Carte del P.R.G. del Comune di Terni.

Area di Frana Marmore post riclassificazione

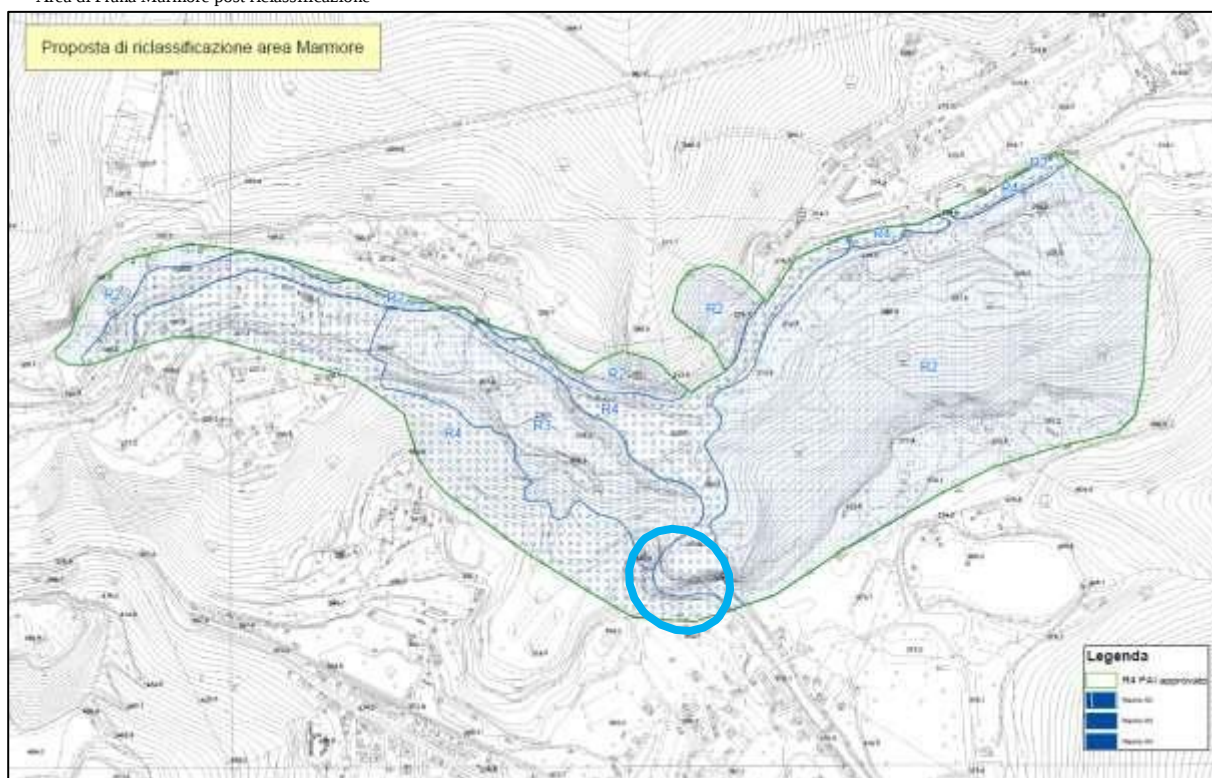


Fig 2 Riclassificazione area Marmore

 **AREA IN STUDIO**

Nell'area della Cascate delle Marmore, precisamente nella zona dei sentieri, il Comune di Terni ha eseguito, tra il 2005 e il 2010, degli interventi di consolidamento di alcune porzioni di scarpate impostate sia su travertino sia su calcari stratificati della Corniola, incombenti sul sentiero 1 e quindi anche a protezione delle aree immediatamente circostanti, come il Centro Direzionale Didattico ed il Giardino Botanico. Gli interventi sono stati tutti volti a ridurre il pericolo di caduta di porzioni di travertini e di calcari e quindi ad aumentare il livello di protezione per i turisti e gli operatori turistici. Quest'ultimi hanno consentito di abbattere l'iniziale livello di rischio "molto elevato" R4 ad "elevato" R3 ed hanno consentito di proteggere i turisti da crolli che potevano coinvolgerli da zone immediatamente adiacenti al loro passaggio.

Tuttavia, vista la problematica geomorfologica dell'area, gli interventi fatti in passato hanno solo ridotto di poco l'esposizione al rischio, consentendo all'ente comunale di gestire l'area a fini turistici con una relativa sicurezza.

Negli anni le forti precipitazioni, la particolare modesta competenza geotecnica dei terreni che costituiscono le rupi di Marmore (travertini di origine fluviale), le vaste coperture di terreni di alterazione a modesta reologia e resistenza agli agenti atmosferici hanno determinato un peggioramento della sicurezza dell'area della Cascata delle Marmore, tanto che sono stati eseguiti interventi di stabilizzazione e consolidamento di alcune porzioni.

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche dell'area di interesse turistico - naturalistico di Marmore determinano una situazione di permanente rischio idrogeologico generale, tanto che ad oggi la zona individuata ed inserita in zona a rischio idrogeologico R4 (per pericolo di crolli di masse lapidee e per la potenziale occorrenza di colate di terreni di alterazione), vede la possibilità di perdita del percorso turistico che conduce al Belvedere superiore e pertanto si richiede un intervento di consolidamento e di mitigazione del rischio idrogeologico.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE GEOFISICHE e FASE DI MONITORAGGIO

L'area d'intervento è particolarmente esposta dal punto di vista morfologico; la zona infatti si caratterizza per la presenza di forme di erosione di natura fluviale tali che il percorso su scalinata che conduce al Belvedere superiore risulta aggettante sul vuoto per una parte del proprio tracciato. La zona quindi è caratterizzata da possibili situazioni di instabilità del versante e a tal fine saranno eseguiti:

2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 60 m cadauno da attrezzare a Down Hole e ad inclinometro:

- **n°1 attrezzato ad inclinometro;**
- **n° 1 per indagine sismica DOWN HOLE .**

Saranno inoltre prelevati in fase di carotaggio almeno 3 campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio al fine di definirne i parametri geotecnici .

Per la fase di monitoraggio degli interventi proposti si prevede l'utilizzo di 2 basi estensimetriche da 2 estensimetri cadauno e 5 fessurimetri esterni.

I fessurimetri (almeno 5) saranno inoltre collegati ad una centralina elettronica di acquisizione dati o dotate di sistema automatico di trasmissione dei dati direttamente dal singolo misuratore di giunto.

5. QUADRO ECONOMICO

A – Lavori:	
1. Pulizia, ispezione e disaggi, a corpo	€ 40.000,00
2. Intervento di rafforzamento corticale, costituito da rete metallica a maglia esagonale e funi di acciaio, maglia 3x3m.	€ 260.000,00
3. Chiodature ed ancoraggi, provvisti di calza protettiva, di ml 20 cad con utilizzo di barre auto perforanti e camice di rivestimento su di perforazione x € 400,00 a ml	€ 300.000,00
4. Interventi di consolidamento del percorso e della scalinata, eventuale realizzazione nuovo sentiero pedonale su tracciato di maggiore sicurezza, a corpo	€ 250.000,00
5. Interventi di sistemazione delle scarpate mediante opere di ingegneria naturalistica, idrosemine e rinverdimenti delle scarpate, a corpo	€ 200.000,00
6. Costi per la sicurezza	€ 100.000,00
7. Sommano Totale Lavori:	€1.200.000,00
B – Somme a disposizione:	
1. IVA 22% su Totale Lavori 7)	€ 264.000,00
2. carotaggi continui con trasporto mediante elicottero, prove down hole, prove di laboratorio geotecnico, monitoraggio (letture inclinometriche e installa ione rete di controllo mediante fessuri metri e centralina), prove geofisiche	€ 70.000,00
3. rilievi topografici per realizzazione base cartografica in scala di dettaglio	€ 30.000,00
4. spese tecniche 10 % importo lavori	€ 120.000,00
5. Sommano spese tecniche	€ 220.000,00
6. contributi previdenziali 4% su 5)	€ 8.800,00
7. Iva 22% su 5)+6)	€ 50.336,00
8. Imprevisti	€ 227.864,00
9. Incentivo interno 2% su importo lavori	€ 24.000,00
10. Spese per Pubblicità	€ 5.000,00
TOTALE GENERALE	€ 2.000.000,00

Ottobre 2015

**Il Geologo
Paolo Paccara**

**CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, FOGLIO N°138 TERNI
SCALA RILEVAMENTO 1:100.000**



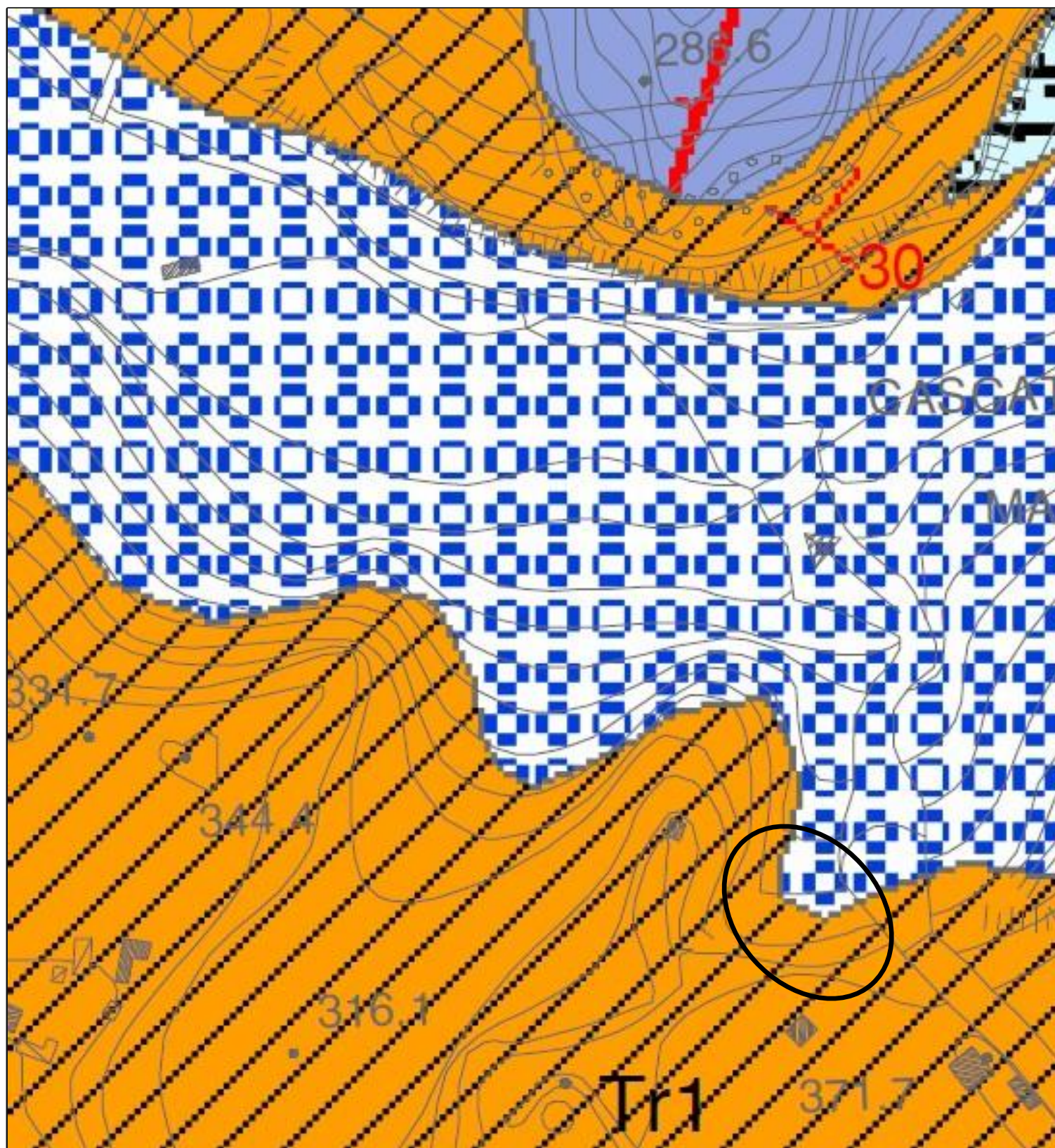
Legenda

 Area in studio



Travertini da litoidi a terrosi, in bancate, talvolta con intercalazioni sabbioso-argillose; sono presenti resti vegetali e animali (*Helix*, *Theba*, *Cyclostoma*).

**STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA
DEL PRG DEL COMUNE DI TERNI
C.T.R. 347010 COLLESTATTE**



Legenda

○ ZONA oggetto di studio

CORPI DI FRANA



Stato quiescente (Q3).



tr1

(tr1) Travertini litoidi: travertini litoidi in giacitura massiva o grossolanamente stratificati (Pleistocene-Olocene)

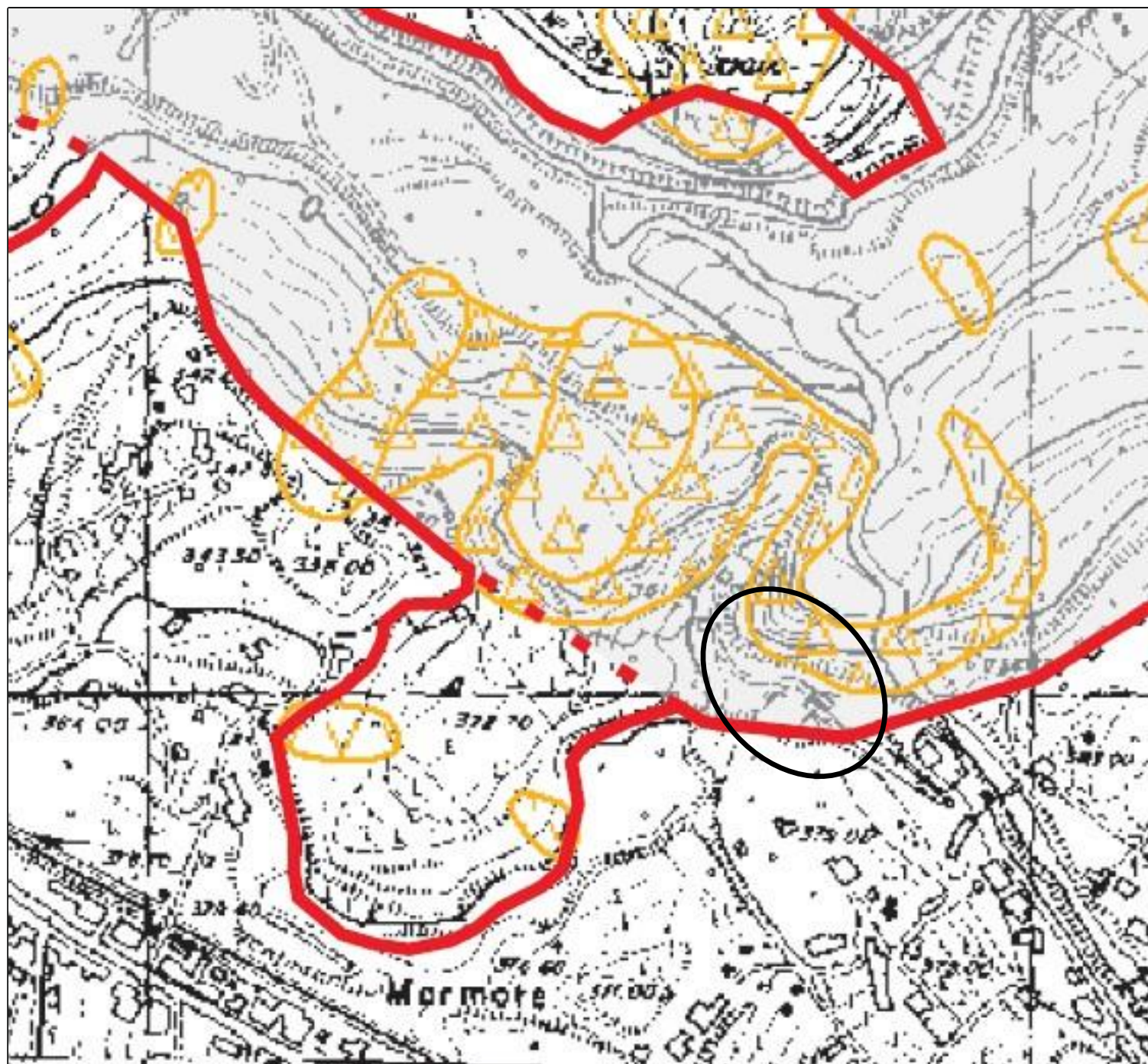
UBICAZIONE SU CARTA IGM SCALA 1:25000



Legenda

 AREA IN STUDIO

**PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO
INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI
COMUNE DI TERNI - TAVOLA N°133**



Legenda

 Area di intervento

Piano vigente

 R4 - 'molto elevato'

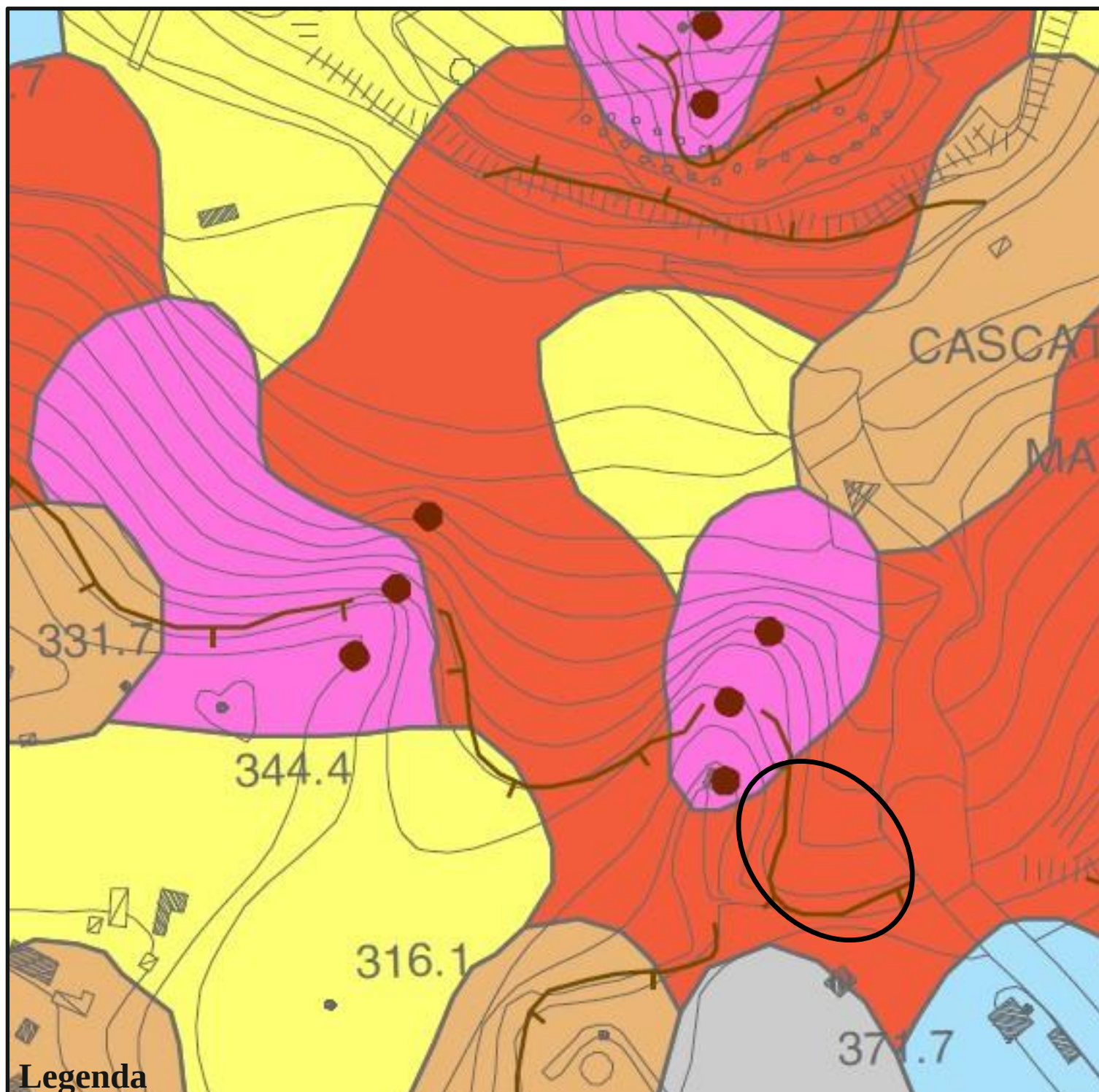
fenomeno
quiescente

frana per crollo o ribaltamento



STRALCIO DELLA CARTA DELLE ACCLIVITA' DEI VERSANTI CON I PRINCIPALI ELEMENTI MORFOLOGICI

C.T.R. 347010 COLLESTATTE



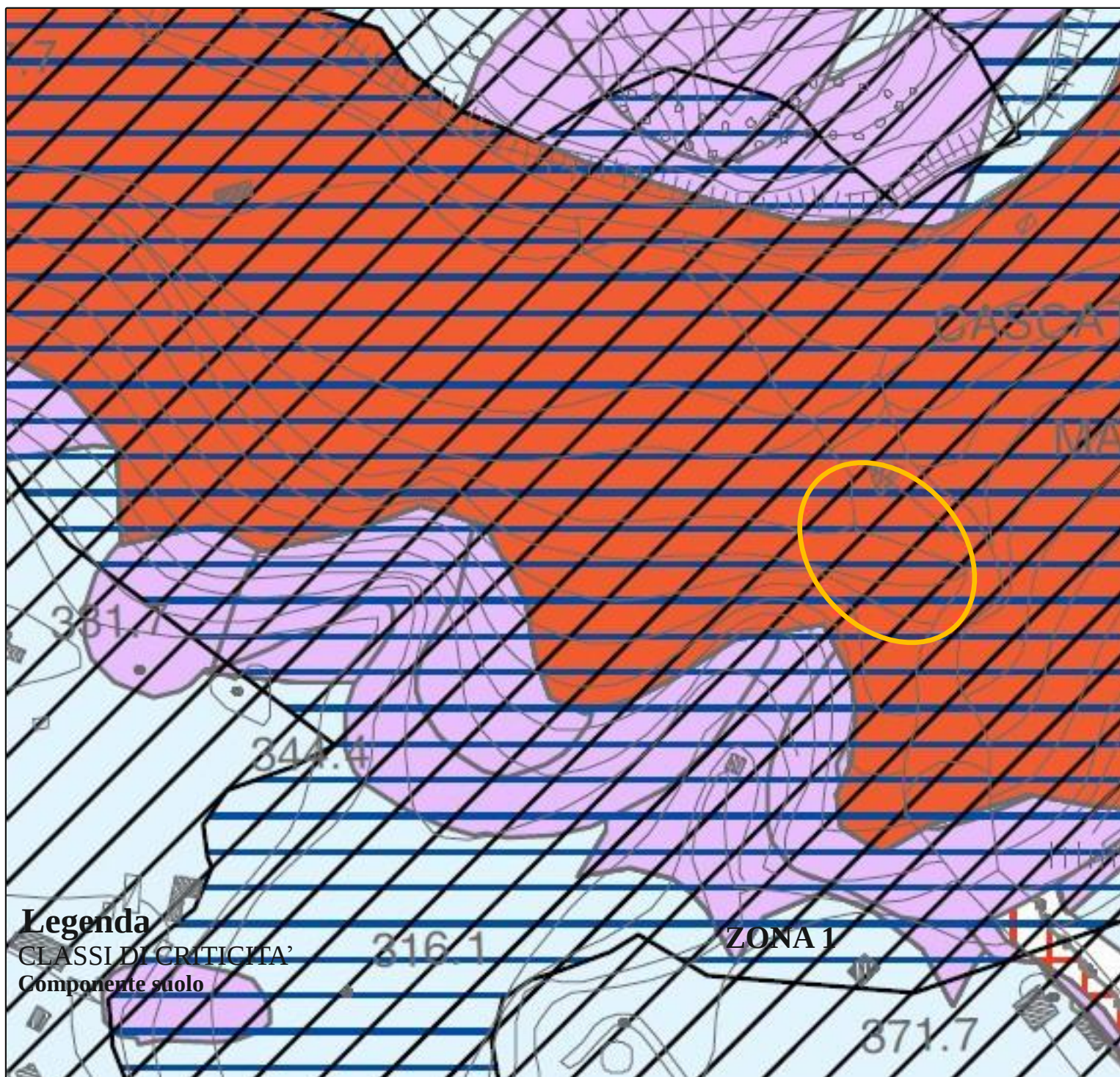
Legenda

CLASSE DI PENDENZA (P)

○ Zona di studio

	3	$15\%(8,5^\circ) < P < 24\%(14^\circ)$
	5	$45\%(24^\circ) < P < 65\%(33^\circ)$
	6	$P < 65\%(33^\circ)$

STRALCIO DELLA CARTA DEI VINCOLI GEOLOGICO-AMBIENTALI DI PIANO CON ADEGUAMENTO AL PAI C.T.R. 347010 COLLESTATTE



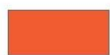
Legenda

CLASSI DI CRITICITA'

Componente suolo

Componente idrogeologica

ALTA



aree nelle quali sono presenti elementi morfogenetici di dissesto quali frane attive, scivolamenti, scoscendimenti, colamenti e soliflussi (dati P.U.T.; P.A.I.; P.T.C.P.)

MEDIO-ALTA



aree ricomprese nelle classi con grado di vulnerabilità elevato ed alto; sono caratterizzate da una medio-alta vulnerabilità degli acquiferi e localmente dalla presenza di produttori reali e potenziali di inquinamento

MEDIO-ALTA



aree nelle quali sono presenti elementi morfogenetici di frane quiescenti o paleofrane e fenomeni diriscaldamento diffuso; inoltre le caratteristiche morfologiche del versante e quelle litotecniche dei terreni sono tali da favorire potenziali situazioni di instabilità



Area Classificata R3 -Rischio frana
"Rischio elevato"

STRALCIO DELLA CARTA DELL'IDONEITA' GEOLOGICO-AMBIENTALE ALLA DESTINAZIONE URBANISTICA CON ADEGUAMENTO AL PAI - C.T.R. 347010 COLLESTATTE



Legenda



CLASSE C: ZONA AD INEDIFICABILITA' CONDIZIONATA

Aree nelle quali sono presenti elementi morfogenetici di dissesto (movimenti franosi attivi e quiescenti ad elevata probabilità di riattivazione) quali fenomeni di frana da crollo, scivolamenti, scoscendimenti e colamenti.

Aree individuate a rischio molto elevato di inondazione nel PAI.

Fascia A del fiume Nera e aree R4 di inondazione del reticolo idrografico secondario.



ZONA di intervento



Boschi



Verde/Sport



Fiumi-Corsi d'acqua

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
CONSOLIDAMENTO PENDICI TRAVERTINOSE NELL'AREA DELLA CASCATA
DELLE MARMORE - COMUNE DI TERNI



FOTO 1- zona aggettante prospiciente il Salto Principale.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
CONSOLIDAMENTO PENDICI TRAVERTINOSE NELL'AREA DELLA CASCATA
DELLE MARMORE - COMUNE DI TERNI

