

Analisi di dettaglio della pericolosità geomorfologica del borgo medievale di Riola di Labante (Appennino Bolognese)

Doriano Castaldini¹, Alessandro Ghinoi², Alessandro Maccaferri²

¹ Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

² Geologo, libero professionista

INTRODUZIONE

Situato nel comune di Castel d'Aiano (Appennino Bolognese), il borgo medievale di Riola di Labante, di pregio architettonico e paesaggistico, è divenuto oggetto di interesse per una futura valorizzazione turistica. Il presente studio è stato intrapreso al fine di analizzare le condizioni di stabilità dell'area, attraverso indagini geomorfologiche di dettaglio e un'analisi di pericolosità geomorfologica, e di caratterizzare, dal punto di vista geotecnico, i terreni interessati dai futuri interventi in progetto, sia agricoli sia edilizi, al fine di stabilirne la fattibilità e le modalità esecutive più idonee, anche in relazione agli aspetti sismici introdotti al riguardo dalle recenti normative in materia.

Nel presente studio di pericolosità geomorfologica qui proposto, si è analizzata nel dettaglio la situazione di stabilità presente, anche al fine di verificare quanto contenuto nel PTCP, in cui buona parte dell'area viene definita come area a rischio idrogeologico elevato, limitandone fortemente possibili future trasformazioni. Il presente studio ha permesso una più puntuale definizione dei fenomeni di frana presenti presso l'area del borgo, per i quali si è constatato come in nessun modo vadano ad interagire con esso

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO

Il borgo di Riola di Labante è ubicato nel medio Appennino bolognese, nel settore meridionale del territorio comunale di Castel d'Aiano.

Più in dettaglio, il borgo è ubicato circa 3 Km a SE dal capoluogo comunale, 500 m a NE dell'abitato di San Cristoforo di Labante e 600 m a NO dell'abitato di S. Maria di Labante, lungo la Strada Provinciale "Val D'Aneva" (figura 1). Con un areale di circa 1 ettaro, il borgo di Riola si estende da una quota minima di 710 m s.l.m. ad un'altitudine massima di 723 m s.l.m., sul versante sud-orientale del crinale che costituisce la propaggine più orientale del Monte della Castellana (figura 2). Il bacino idrografico di pertinenza è quello del Torrente Aneva, affluente di sinistra del Fiume Reno (figura 3).

La zona di Castel d'Aiano è stata oggetto di vari studi geologici tra cui ANNOVI, 1975 e 1980; COLOMBETTI, 1975; PANINI et al., 2002. Sulla base dei più recenti documenti (PANINI ET AL., 2002; PROVINCIA DI BOLOGNA, 2004; REGIONE EMILIA-ROMAGNA – SERVIZIO GEOLOGICO, SISMICO E DEI SUOLI, sito web) risulta che le litologie affioranti nell'area d'indagine sono, in ordine stratigrafico, le seguenti:

1. arenarie pelitiche del Membro di Anconella (Formazione di Antognola), contrassegnate nella Carta Geomorfologica di figura 5 dalla sigla ANT4a;
2. marne e marne argillose della Formazione di Antognola (ANT);
3. areniti del Membro di Sassoguidano della Formazione di Pantano (PAT1). Le prime due formazioni rocciose fanno parte della Successione Epiligure pre-fase burdigalliana; l'ultima fa parte della Successione Epiligure post-fase burdigalliana (figura 4).

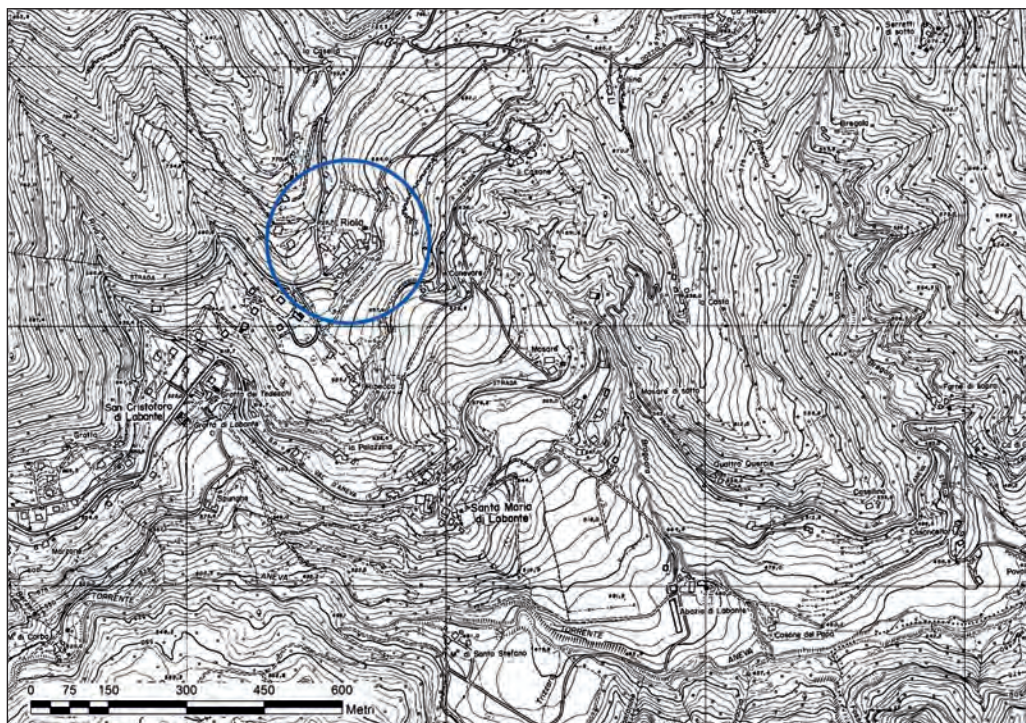


Figura 1: Ubicazione del borgo di Riola (all'interno del cerchio blu) e del territorio circostante, indagati in questo studio.



Figura 2: panoramica da nord-est del borgo medievale.



Figura 3: panoramica dal borgo medievale in direzione sud. In primo piano la frana di Abbazia di Labante, al cui piede scorre il Torrente Aneva.

Per quanto riguarda la tettonica, il Borgo di Riola di Labante è ubicato nell'area in cui si sviluppa il tratto meridionale di una faglia diretta, ad alto angolo, appartenente ad un sistema di dislocazioni di tipo distensivo, ad andamento appenninico (N130° - N170°), relativo ad una fase tettonica tardiva (*Messiniano Inf. - Pleistocene*). In particolare, nell'area del Borgo di Riola di Labante, la faglia suddetta ha causato l'abbassamento dell'affioramento del Membro di Sassoguidano, ad Ovest, rispetto all'affioramento della Litozona arenaceo-pelitica del Membro di Anconella, ad Est.

2. GEOMORFOLOGIA

Il rilevamento e la cartografia geomorfologica sono stati eseguiti sulla base della legenda e della guida al rilevamento proposte dal Gruppo di Lavoro per la Cartografia Geomorfologica (1994) per la redazione della Carta Geomorfologica d'Italia alla scala 1:50.000. Al rilevamento sul terreno è stata affiancata l'interpretazione di fotografie aeree relative agli anni '50, '70, '80 e '90 del secolo scorso, nonché delle ortoimmagini del Volo Italia 2000, delle immagini da satellite (QuickBird®) del 2003 e delle imma-

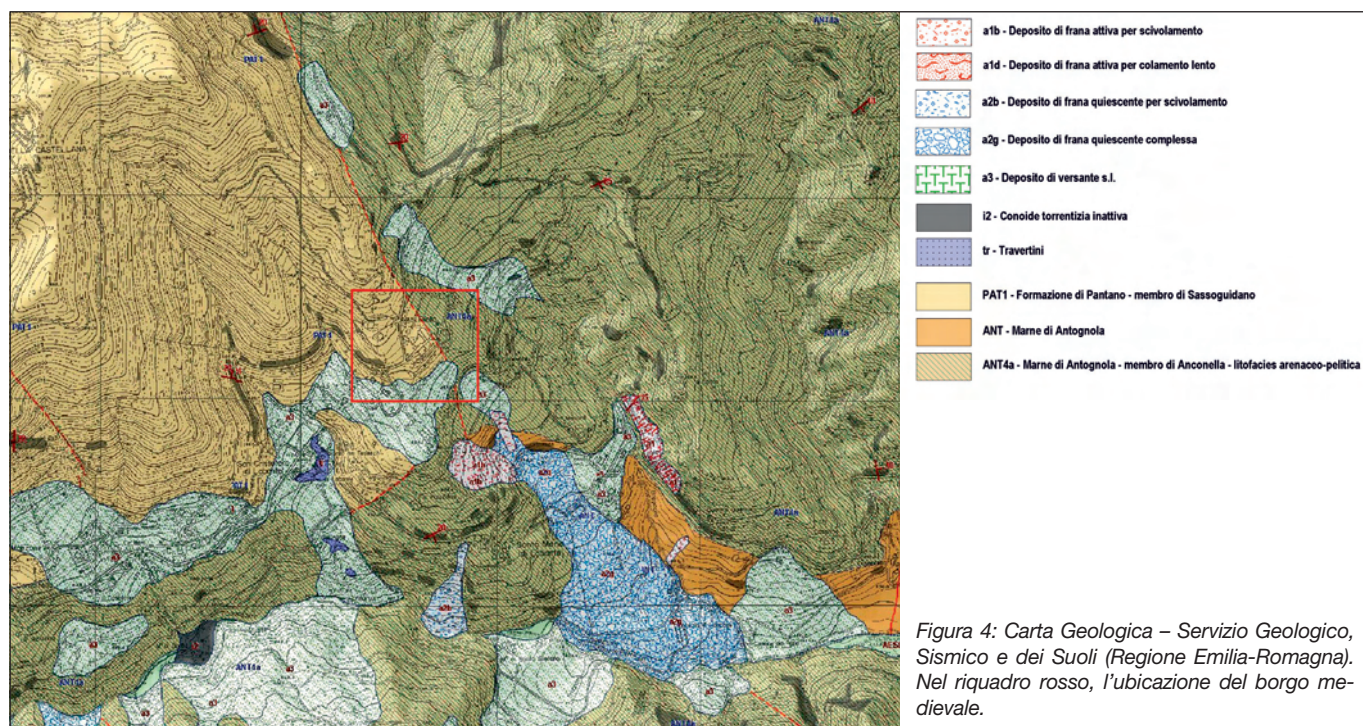


Figura 4: Carta Geologica – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (Regione Emilia-Romagna). Nel riquadro rosso, l'ubicazione del borgo medievale.

gini disponibili sul sito <http://earth.google.com/index.html>.

Un aspetto importante ha riguardato il concetto di attività da applicare nella definizione della dinamica dei processi geomorfici (e relative forme e depositi), in generale, e dei fenomeni di dissesto idrogeologico, in particolare.

Come noto, se da un lato esistono molteplici definizioni di processo “attivo”, “quiescente” “non attivo” (e, molto frequentemente, di frana “attiva”, “quiescente” “non attiva”), anche perchè si tratta di un problema di notevole interesse in campo applicativo, dall'altro il termine in oggetto viene frequentemente usato senza specificarne il significato.

Nello studio in oggetto si è applicata la definizione della PROVINCIA DI BOLOGNA (2004), che per le aree in dissesto definisce:

– “Aree interessate da Frane Attive”: corpi di frana, compresi i relativi coronamenti, in atto o verificatesi nell'arco degli ultimi 30 anni, comprese le frane di crollo.

– “Aree interessate da Frane Quiescenti”: corpi di frana che non hanno dato segni di attività negli ultimi 30 anni, compresi i relativi coronamenti, e per le quali il fenomeno può essere riattivato dalle sue cause originali, compresi gli scivolamenti di blocchi, le espansioni laterali e le Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DGPV).

– “Aree potenzialmente instabili”: coltri di depositi quaternari (...) in cui sono evidenti fenomeni morfo-

genetici superficiali quali creep, soliflusso, ecc; conoidi di deiezione; zone interessate da marcati fenomeni erosivi (...), frane stabilizzate naturalmente e relitte.

Le caratteristiche geomorfologiche dell'area di studio sono rappresentate nella Carta Geomorfologica (figura 5).

L'area è drenata da due corsi d'acqua principali, il rio Riva e il rio Bragoara, entrambi affluenti di sinistra del Torrente Aneva che delimita a meridione l'area di studio con andamento all'incirca O-E. La peculiarità idrografica dell'area è comunque rappresentata dalla sorgente captata ubicata in prossimità di San Cristoforo di Labante, vicino alla confluenza di due rii (il rio Riva ed un rio minore): l'abbondanza d'acqua ivi presente, insieme alla particolare composizione chimica delle rocce attraversate, hanno creato le condizioni favorevoli alla deposizione di carbonato di calcio ed alla conseguente formazione di travertino. Le acque della sorgente di S. Cristoforo di Labante originano ed alimentano cascate omonime che, unitamente alla “grotta dei Tedeschi”, rappresentano la principale attrazione turistica della zona (figura 6). L'assetto orografico è da mettere presumibilmente in relazione al sistema di dislocazioni ad andamento appenninico *Riola-Zocca* tra cui la faglia, che attraversa il borgo di Riola di Labante, rappresenta l'elemento di maggior importanza, ma a cui possono essere associate (in tutta l'area) discontinuità ad andamento parallelo lungo le quali si sono impostati

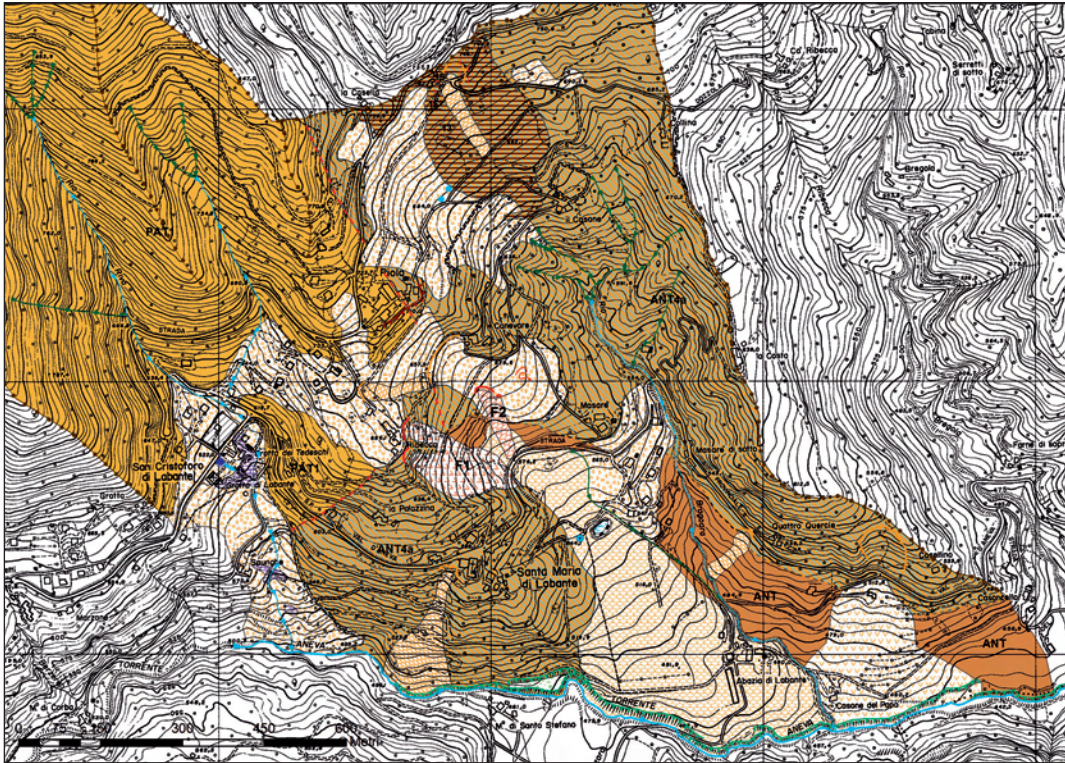


Figura 5: Carta geomorfologica di dettaglio elaborata per il presente studio.



le che da località "Collina" scende verso località "la Costa".

Pendii più dolci, caratterizzati da ampie ondulazioni, si trovano in corrispondenza dell'affioramento delle litologie marnose, da Ribecco fino al torrente Aneva. In corrispondenza degli affioramenti della Litozona arenaceo-pellica del Membro di Anconella (figura 7) è stata individuata una famiglia di fratture sub-verticali di direzione NNE-SSO che interrompe la continuità degli strati arenacei. Di direzione leggermente diversa (all'incirca NE-SO) sono invece due orli di scarpata strutturale: il primo delimita a SE il borgo di Riola di Labante; il secondo, anche se rimodellato da processi gravitativi, delimita a SE il borgo di Ribecco. Nel primo caso la scarpata strutturale po-

i vari corsi d'acqua, intervallate da dorsali aventi il medesimo andamento.

La stessa faglia divide gli affioramenti delle litologie arenacee in due domini: quello ad ovest, caratterizzato da assetti immergenti mediamente verso N e NE e che danno origine ad un rapporto stratificazione/pendio di sostanziale reggipoggio; quello ad est, caratterizzato da assetti immergenti mediamente verso SE e che danno origine ad un rapporto stratificazione/pendio di sostanziale franapoggio. Il dominio orientale manifesta una maggiore energia del rilievo e pendii più ripidi; quello orientale presenta un rilievo relativamente più dolce, con la grande depressione del rio Bragoara racchiusa dalla dorsa-

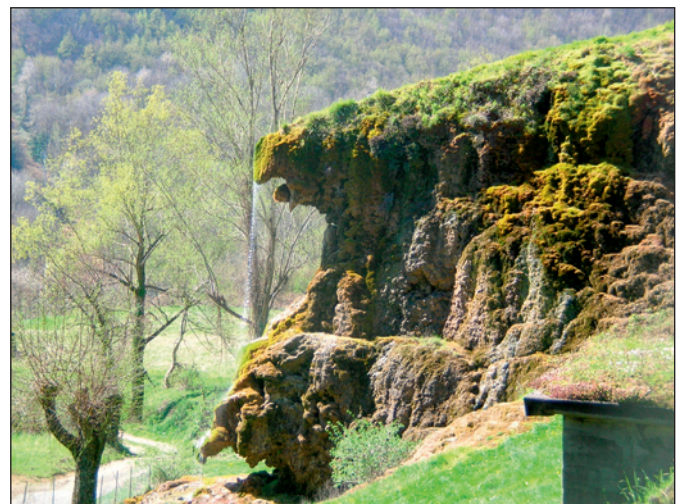


Figura 6: S. Cristoforo di Labante: la cascata.



Figura 7: S. Affioramento della litozona arenacea-pelitica del Membro di Anconella.



Figura 8: versante corrispondente a superficie strutturale, a NE del borgo medievale.

trebbe coincidere con il piano della già citata faglia; nel secondo, essendo pienamente all'interno della litozona citata, ma comunque molto vicina al lineamento tettonico, la scarpata può aver avuto un iniziale carattere strutturale, poi sostituito dai processi di versante tuttora in evidente attività.

Il versante a NE di Riola di Labante, nel tratto che va, all'incirca, da località "la Casella" a località "il Casone", è una superficie strutturale, determinata cioè dall'assetto locale degli strati arenaceo-pelitici del Membro di Anconella, coincidente con quello della superficie topografica (figura 8).

2.1. Forme e depositi gravitativi

Per estensione, i depositi gravitativi più diffusi nell'area circostante il borgo di Riola di Labante sono costituiti da clasti prodotti dalla disgregazione chimico-fisica dei litotipi arenitici affioranti e mobilizzati lungo i versanti, principalmente in seguito a processi di crollo, ribaltamento e rotolamento (figura 9).

Anche se di minore estensione rispetto ai "depositi detritici di versante", particolarmente importanti ai fini della stabilità dell'area di studio sono i depositi di frana, concentrati principalmente in corrispondenza degli affioramenti della Formazione di Antognola. Le tipologie sono: scivolamenti rotazionali in roccia, colate di terra e frane complesse.

In dettaglio, uno scivolamento rotazionale in roccia è stato individuato sul versante sud-orientale di Ribecco (Frana di Ribecco). Nella parte sommitale del pendio, a pochi metri dalle case, sono visibili prismi rocciosi parzialmente distaccati dall'affioramento lungo superfici sub-verticali da cui possono originarsi crolli e scivolamenti rotazionali (figura 10).

Accumuli di roccia franati sono visibili lungo il pendio, caratterizzato da numerose contropendenze e da una rete di drenaggio naturale estremamente irregolare. Gli alberi presentano, a luoghi, sensibili de-



Figura 9: Depositi detritici di versante composti, almeno in superficie, da blocchi arenacei di diametro anche metrico.

viazioni dalla verticale. Da queste evidenze è possibile giudicare attivo questo fenomeno franoso nella parte superiore. Le cause possono essere influenzate indirettamente dalla tettonica dell'area: secondo la carta geologica, in prossimità di Ribecco passerebbe il prolungamento della faglia di Riola e, sempre qui, si avrebbe il passaggio tra le litologie arenacee del Membro di Sassoguidano a quelle marnose della Formazione di Antognola. L'unione di queste due evidenze porta ad ipotizzare innanzitutto la presenza di una fascia di debolezza meccanica che non solo avrebbe smembrato l'unitarietà dell'ammasso roccioso, ma avrebbe favorito l'infiltrazione preferenziale delle acque superficiali, lungo superfici sub-verticali, fino al contatto con le marne sottostanti. Giunte a saturazione, le marne possono innescare scivolamenti al loro interno, coinvolgendo di conseguenza i litotipi arenacei sovrastanti.

Fonti testimoniali e bibliografiche, riguardanti ripetuti rifacimenti del tratto della S.P. Val D'Aneva al piede del versante di Ribecco, fanno considerare attiva questa frana anche nel settore inferiore.

Uno scivolamento rotazionale di terra è presente al limite orientale dell'area, presso "Casone del Papa", in sinistra Rio Bragoara. Si tratta di un movimento franoso quiescente, individuato sulla base della morfologia, tipica degli scivolamenti rotazionali: concava nella zona sorgente e convessa in quella di accumulo. Considerando l'ubicazione della zona sorgente, in corrispondenza del limite tra il Membro di Anconella e la Formazione di Antognola, la causa del movimento può essere individuata nella disponibilità di acqua in corrispondenza del contatto tra le due formazioni, soglia di permeabilità tra litologie relativamente permeabili (le prime) e litologie meno permeabili (le seconde). La percolazione delle acque è facilitata a raggiungere la soglia dall'assetto a franapoggio degli strati del Membro di Anconella.

La stessa causa può essere invocata anche per una piccola colata di terra, quiescente, presente a nord della località "Abbazia di Labante" in sinistra Rio Bragoara.

Una frana presumibilmente complessa (scivolamento rotazionale + colata di terra) è stata individuata poco ad est dello scivolamento di Ribecco, nella parte inferiore del versante a sud di Canevare: coinvolge i depositi detritici di versante (Frana di Canevare).

Di estensione limitata, il fenomeno può essere considerato attivo, per le fresche decorticazioni del manto erboso nella sua zona di coronamento e per i lobi di terra franati a valle non ancora rivegetati. Il piede è prossimo alla Strada Provinciale, mentre la testata è ubicata circa 5 metri a valle della carraia che unisce Canevare a Ribecco. La disponibilità d'acqua nel ripiano sovrastante, potrebbe essere la causa principale della colata di terra il cui movimento potrebbe essere di tipo retrogressivo: è ragionevole supporre, infatti, che i primi movimenti abbiano avuto origine nei litotipi marnosi della Formazione di Antognola e che abbiano poi progressivamente



Figura 10: Dettaglio della scarpata della frana di Ribecco. Da notare i prismi rocciosi distaccati lungo superfici sub-verticali.

destabilizzato anche gli strati arenacei sovrastanti (probabilmente di esiguo spessore).

Il deposito franoso di maggiore estensione è rappresentato da una frana complessa (scivolamento rotazionale + colata di terra), quiescente, compresa tra la Strada Provinciale Val d'Aneva e il tratto del torrente Aneva che si sviluppa dal terrazzo alluvionale alla confluenza con il rio Bragoara. Per brevità viene qui denominata "frana dell'Abbazia di Labante", località situata nella parte inferiore del corpo di frana (figura 3 e figura 5). L'estensione areale, all'incirca 13 ettari, richiede la presenza di un'area sorgente da cui possa essersi mobilizzata una considerevole porzione di terreno. La morfologia a monte del deposito suggerisce la probabile ubicazione dell'area sorgente all'interno della depressione compresa tra Ribecco e Canevare, ove non è percepibile alcuna traccia di attività di movimento, così come lungo tutto il suo sviluppo. Di questa frana non esiste alcun riferimento bibliografico a conoscenza degli scriventi. Si tratta probabilmente di una frana antica, le cui cause di attivazione possono essere molto simili a quelle ipotizzate per lo scivolamento a SE di Ribecco. La morfologia della porzione medio-bassa richiama un'evoluzione del movimento tipica delle colate di terra. Il piede sembra aver deviato il corso del torrente Aneva che, da una direzione O-E, a monte del terrazzo alluvionale, subisce una brusca deviazione assumendo una direzione NO-SE proprio in corrispondenza del piede della frana. Fonti testimoniali raccolte dai residenti di località "Abbazia di Labante", e la documentazione aereofotografica, indicano che non si sono registrati movimenti della frana almeno nell'ultimo mezzo secolo; pertanto è stata considerata quiescente.

In sinistra Rio Bragoara, un deposito franoso di notevole estensione è rappresentato anche dalla frana al cui piede è ubicato il Casone del Papa e che dalla S. P. Val d'Aneva giunge sino al T. Aneva.

Una colata di terra quiescente è stata individuata ad est di località "la Casella", al limite settentrionale dell'area. Interessa la coltre di alterazione superficiale del Membro di Anconella, particolarmente esigua, e si estende all'incirca dallo spartiacque alla carraia che unisce il borgo di Riola di Labante a Collina. La causa sembra essere la presenza di una superficie di scivolamento rappresentata dagli strati sub-superficiali, a franapoggio, del Membro di Anconella.

Un'altra colata di terra quiescente è stata individuata tra Ribecco e Riola di Labante. Di modeste dimensioni, il fenomeno è stato dedotto sia sulla base della morfologia, sia da interpretazione delle fotografie aeree.

Infine, di maggiori dimensioni è invece la calata quiescente a SO di località "Santa Maria di Labante", anche in questo caso è stata cartografata su base morfologica considerando anche la deviazione del T. Aneva.

3. IDROGEOLOGIA

L'infiltrazione nel sottosuolo delle acque superficiali avviene in corrispondenza delle zone ove le pendenze presenti permettono l'instaurarsi di una falda sotterranea, in particolare in zone di contropendenza o, in generale, a marcata concavità; il deflusso è sensibilmente ridotto laddove si intercettano litologie ad alto contenuto argilloso, nello specifico al contatto tra il Membro di Anconella e la Formazione di Antognola.

In quest'assetto geologico-geomorfologico si possono originare piccole sorgenti in corrispondenza della linea d'intersezione tra le superfici di fratturazione, di direzione circa N-S, che interessano il Membro di Anconella, e la superficie topografica.

Questa situazione sembra comunque limitata alla base del pendio orientale del borgo di Riola di Labante (come testimoniato dalle due emergenze d'acqua nella carta geomorfologica) la cui forma concava e particolarmente estesa ne fa un bacino di accumulo preferenziale delle acque superficiali.

Molto importanti poi ai fini dell'immagazzinamento idrico sono i depositi quaternari, in particolare i depositi detritici di versante.

Questi materiali sono caratterizzati da un grado di permeabilità che è funzione della composizione granulometrica. In generale, per i depositi presenti nella zona di studio, conseguenza dell'alterazione chimico-fisica di litologie prevalentemente arenacee, il grado di permeabilità può essere ritenuto medio-alto, legato alla presenza di clasti decimetrici all'interno di una matrice sabbiosa.

La presenza di elementi tettonici potrebbe favorire l'infiltrazione delle acque superficiali e sub-superficiali determinando il locale abbassamento della superficie piezometrica lungo i lineamenti stessi e la conseguente alimentazione di acquiferi profondi.

Per quanto riguarda l'area circostante il borgo di Riola di Labante, la configurazione geologico-geomorfologica non fa ritenere verosimile la presenza di una falda superficiale o sub-superficiale. Gli edifici appoggiano infatti su litologie arenacee con assetto, rispetto al pendio, di generale reggipoggio e, condizione ancor più sfavorevole all'accumulo d'acqua, sono ubicati su di un crinale che favorisce il rapido defluire delle acque di ruscellamento verso gli adiacenti impluvi.

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la caratterizzazione geologica, geomorfologica e geotecnica dell'area in esame, oltre ad una raccolta bibliografica e cartografica degli studi eseguiti nella zona in esame, è stata predisposta, unitamente al rilevamento di dettaglio in situ, un'apposita indagine geognostica consistita in:

- Esecuzione di n. 13 prove penetrometriche dinamiche pesanti;
- Esecuzione di n. 4 stendimenti sismici a rifrazione.

4.1. Prove penetrometriche

La caratterizzazione litologica e geotecnica dei terreni del primo sottosuolo è stata ottenuta mediante l'elaborazione di n. 13 prove penetrometriche dinamiche pesanti eseguite sull'area in studio, ubicate come da figura 11, delle quali n. 2 eseguite nella zona del versante sulla quale sono previsti interventi di risistemazione agricola, le restanti undici concentrate prevalentemente nella zona del borgo, dove sono presenti i fabbricati, sui quali verranno previsti interventi edilizi di recupero.

Le prove penetrometriche sono state spinte a profondità variabili, dipendenti dalla situazione litostratigrafica, solitamente fino alle profondità alla quale si è arrestata l'avanzamento causa molto probabilmente la presenza del substrato roccioso molto competente.

Entrando nel dettaglio delle indagini effettuate, le prove eseguite hanno evidenziato la generalizzata

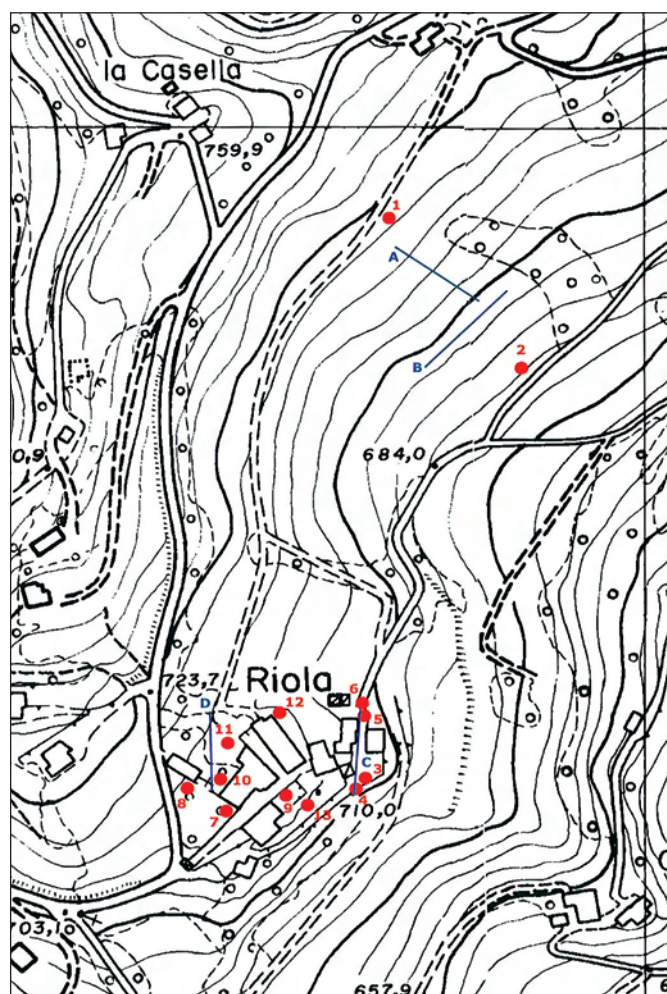


Figura 11: Ubicazione delle prove penetrometriche (i numeri in Rosso) e degli stendimenti sismici (linee blu).

presenza di terreni in posto con buone caratteristiche geotecniche, di copertura, con spessori variabili, al sottostante substrato roccioso.

Generalmente nella parte più alta si ritrovano depositi di versante, in parte alterati, costituiti da terreni fini limosi e limosabbiosi, in corrispondenza dei quali si rilevano le resistenze minori; man mano che si procede in profondità i terreni attraversati si rilevano più compatti e dotati di buona resistenza, fino a ritrovare sul fondo il substrato roccioso, caratterizzato da elevati valori di resistenza, in corrispondenza del quale le prove sono andate a rifiuto.

Da un punto di vista geotecnico, le prove mostrano buone caratteristiche di resistenza per quanto riguarda i terreni più superficiali, per poi aumentare in maniera elevata, in corrispondenza del substrato roccioso.

Nello specifico le due prove eseguite lungo il versante sul quale sono previsti i lavori agricoli, P1 e P2, hanno evidenziato la presenza di terreni con buone caratteristiche di resistenza, riferibili in parte a terreni detritici di versante e in parte a terreni di alterazione del sottostante substrato in posto, riferibile alla litozona pelitico-arenacea della membro di Anconella.

Nello specifico la prova P1 ha evidenziato una profondità del substrato di circa 3 m dal piano campagna, mentre la prova P2 circa 4.5 m, profondità alla quale le prove si sono arrestate.

La maggioranza delle prove penetrometriche, per la precisione n. 11, è stata concentrata presso il borgo, al fine di valutare i terreni presenti in riferimento ai futuri interventi di recupero che potranno interessare i fabbricati esistenti.

Complessivamente le prove evidenziano un primo strato di terreno con spessori variabili, costituito prevalentemente da terreno limoso e limo-sabbioso, di provenienza arenacea, con buone caratteristiche geotecniche.

Le prove dalla P3 alla P6 sono state effettuate nella parte bassa del borgo, in una zona in cui sono presenti terreni riferibili alla litozona pelitico-arenacea del Membro di Anconella. Le prove evidenziano uno spessore modesto di copertura al substrato roccioso, litologicamente rappresentato da limi argillosi, compreso tra i 0.9 m e 1.8 m, fatta eccezione per la prova P6, nella quale si rilevano terreni di copertura fino a circa 9.90 m di profondità, molto probabilmente dovuti ad una alterazione locale della roccia in posto.

Dal punto di vista geotecnico mostrano comunque buone caratteristiche di resistenza con valori medi che si attestano sui 15-20 Kg/cm², per poi aumentare fino a valori di 40-50 Kg/cm² in corrispondenza della parte alterata della roccia in posto, e successivamente in modo netto a valori di oltre i 100 Kg/cm² in corrispondenza del substrato roccioso, dove le prove si sono arrestate.

Le prove dalla P7 alla P13 sono state invece effettuate nella parte alta del borgo, nelle vicinanze dei fabbricati esistenti.

Di queste le prove P7, P8, P9 e P13 evidenziano spessori molto modesti dei terreni di copertura, sempre rappresentati da limi e limi sabbiosi, nell'ordine di circa 1/1.5 m, per poi rilevare la roccia in posto, costituita da arenaria, in corrispondenza del quale si è bloccata la penetrazione.

Da un punto di vista geotecnico le prove mettono in evidenza terreni con ottime caratteristiche geotecniche, rilevando valori medi di resistenza, riferibili ai terreni di copertura alla roccia in posto, compresi tra 20-40 Kg/cm², per poi aumentare nettamente a valori oltre i 100 Kg/cm² in corrispondenza del substrato arenaceo.

Le prove P10, P11 e P12 sono state invece effettuate nella zona più alta del borgo, retrostante il fabbricato principale, nei pressi della chiesetta esistente;



Figure 12a e 12b: Stendimento sismico a sinistra, e prova penetrometrica, a destra, nell'area adiacente il borgo medievale di Riola di Labante.

tali prove evidenziano spessori maggiori di copertura alla roccia in posto, molto probabilmente riconducibili in parte ad una maggiore alterazione della stessa e in parte a motivi morfologici, che hanno determinato una maggiore deposizione del terreno detritico di superficie (figura 12a e 12b).

Nello specifico le prove evidenziano spessori variabili da un minimo di 4.5 m nella P12, ad un massimo di 6.30 m nella P10; tali terreni sono litologicamente rappresentati sempre da limi e limi sabbiosi, al di sotto dei quali si ritrova il substrato arenaceo.

Per quanto attiene le caratteristiche geotecniche anche in tal caso le prove evidenziano buoni valori di resistenza riferibili ai terreni di copertura; si riscontrano valori medi compresi tra 20 e 60 Kg/cm², per poi rilevare valori oltre i 100 Kg/cm² in corrispondenza della roccia in posto.

Per quel che concerne i terreni più superficiali, costituiti in parte dal detrito di versante e in parte da alterazione della roccia in posto, si sono quindi rilevate buone caratteristiche di resistenza, che solo in minima parte risentono dei fenomeni di alterazione superficiale, per rinvenire quindi elevati valori di resistenza in corrispondenza degli strati più profondi, ove si incontra il substrato roccioso.

Localmente si possono rilevare modesti rientri dei valori di resistenza, che complessivamente comunque non inficiano la generale stabilità dei terreni presenti.

Pertanto da un punto di vista geotecnico le prove effettuate hanno evidenziato la presenza generalizzata di terreni in posto caratterizzati da buoni valori di resistenza, che si collocano già a modesta profondità dal piano campagna.

La stabilità e la solidità dei fabbricati esistente, nonché il loro ottimo stato di conservazione, testimonia la bontà dei terreni presenti.

Durante l'esecuzione delle prove non si è mai rilevata la presenza di acqua nei fori di sondaggio.

4.2. Sismica a rifrazione

Nell'area in studio è stata inoltre effettuata una campagna di sismica a rifrazione, con l'obiettivo di determinare la stratigrafia dei terreni costituenti il primo sottosuolo, interessato dagli interventi in progetto, sia agricoli che edilizi, andando ad individuare la profondità del substrato, al di sotto della copertura detritica superficiale.

In tutto sono state effettuate n. 4 sezioni sismiche, due delle quali (linea A e B) ubicate nel versante a nord del borgo sul quale sono previsti interventi agricoli; le altre due sezioni (linea C e D) sono state effettuate invece presso l'area del borgo, in adiacenza ai fabbricati che saranno interessati dagli interventi di recupero.

L'elaborazione dei sismogrammi è stata effettuata con un software dedicato (Winsim 8) che consente di effettuare il picking dei primi arrivi, la costruzione delle dromocrone e la determinazione delle velocità apparenti. Le dromocrone sono state interpolate con il metodo dei "Delay Times", che utilizza i tempi di intercetta e i tempi di ritardo per la determinazione della profondità dei rifrattori al di sotto di ciascun geofono e le velocità reali dei sismostrati. In conclusione sono state ottenute delle sezioni sismostratigrafiche rappresentanti la morfologia dei rifrattori sismici lungo la sezione indagata e le relative velocità.

Dall'analisi dei segnali sismici è stata riscontrata una discreta risposta sismica dei terreni investigati e la qualità dei sismogrammi ottenuti è stata sufficiente a determinare le caratteristiche sismostratigrafiche delle aree investigate.

Stendimento A: Nel profilo si evidenziano tre unità: la prima più superficiale, presenta velocità di 730 m/sec e spessori variabili tra i 1.5 e i 3.5 metri. L'unità sismostratigrafica è associabile a terreni detritici di versante, in parte rielaborati dalle acque di scorrimento superficiale. La seconda unità presenta velocità di 1639 m/sec e spessori variabili tra i 1.5 e i 5 metri, ed è associabile in parte sempre ai depositi di versante e in parte alla zona di alterazione della roccia in posto.

L'andamento della superficie di rifrazione segue circa la morfologia del piano campagna. La terza unità presenta velocità pari a 2342 m/sec ed è associabile a roccia in posto con una graduale diminuzione dell'alterazione e/o fratturazione con l'aumentare della profondità; pertanto il substrato si colloca a profondità variabili tra i 3 e gli 8.5 m dal piano campagna.

Stendimento B: Nel profilo si evidenziano tre unità: la prima, più superficiale, presenta velocità di 777 m/sec e spessori variabili da neanche 1 m a 2 m. L'unità sismostratigrafica è associabile ai depositi di versante. La seconda unità presenta velocità di 1502 m/sec, con spessori variabili tra i 2 e i 4 m, ed è associabile alla parte alterata del substrato roccioso. La terza unità presenta velocità di 1893 m/sec; anche in questo caso è associabile a roccia in posto con una graduale diminuzione dell'alterazione e/o fratturazione con l'aumentare della profondità.

Stendimento C: Nel profilo si evidenziano tre unità: la prima più superficiale, presenta velocità di 361 m/sec e spessori variabili tra 1 e i 3 metri. L'unità sismostratigrafica è associabile a terreni detritici più superficiali. La seconda unità presenta velocità di 648 m/sec e spessori variabili tra i 5 e i 6.5 metri, ed è associabile ai depositi di versante ed in parte alla roccia alterata. L'andamento della superficie di rifrazione segue circa la morfologia del piano campagna,

che qui si presenta abbastanza pianeggiante. La terza unità presenta velocità pari a 1854 m/sec ed è associabile a roccia in posto con una graduale diminuzione dell'alterazione con l'aumentare della profondità.

Stendimento D: Nel profilo si evidenziano tre unità: la prima, più superficiale, presenta velocità di 421 m/sec e spessori variabili tra 1.5 m e 4 m. L'unità sismostratigrafica è associabile a terreni detritici in parte rielaborati dalle acque di scorrimento superficiale.

La seconda unità presenta velocità di 715 m/sec, con spessori variabili tra i 6 e i 9 m, ed è associabile in parte ai depositi di versante e in parte alla zona alterata del substrato roccioso. La terza unità presenta velocità di 1411 m/sec; anche in questo caso è associabile a roccia in posto con una graduale diminuzione dell'alterazione con l'aumentare della profondità, che in questo caso è meno visibile rispetto agli altri stendimenti.

È importante ricordare che il passaggio da una unità sismica all'altra ha un significato strettamente sismico, essendo il passaggio stesso una superficie di rifrazione separante verticalmente zone caratterizzate da diverse velocità di propagazione dell'impulso sismico.

Anche durante l'esecuzione degli stendimenti sismici non si è evidenziata la presenza di acqua nel primo sottosuolo.

4.2.1 Valutazione della V_{s30} velocità onde sismiche S

Per l'area in esame, per la determinazione della V_{s30} si è eseguita un'apposita indagine sismica, mediante il metodo MASW, durante l'esecuzione della sismica in onde P di cui si è precedentemente detto, negli stendimenti delle linee C e D, eseguiti presso l'area del borgo, sulla quale si collocano i fabbricati oggetto di recupero.

Lo scopo della elaborazione MASW (multichannel analysis of surface waves) è di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla nuova normativa sismica (OPCM 2003 e s.m.i.) e dagli eurocodici 7 e 8.

La categoria del terreno consente di quantificare l'amplificazione sismica, di definire lo spettro di risposta sismico del sito e quindi di determinare le azioni sismiche agenti sulle opere che interagiscono con il terreno.

Le informazioni ottenute con le prove sismiche a rifrazione MASW Multicanale non sono puntuali, ma rappresentative della estensione di terreno interessata dallo stendimento. I risultati ottenuti con la prova MASW consentono di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s sottoriporta-

te, con imposizione di una falda idrica alla profondità di m 8.00 dal piano di campagna attuale.

Per i due stendimenti C e D si sono ottenuti i seguenti risultati:

Linea C → $V_{s30} = 376.18$ m/sec

Linea D → $V_{s30} = 369.94$ m/sec

In base alla normativa vigente, il suolo di fondazione, nell'area del borgo, appartiene alla categoria B.

5. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

L'obiettivo principale dello studio è stato quello di definire in modo puntuale la situazione del dissesto dell'area specifica del borgo e di un suo significativo intorno, e questo anche in riferimento alla cartografia del dissesto esistente e vigente, quale quella contenuta nel PTCP della provincia di Bologna, che classifica tutta l'area, a nostro modo di vedere in maniera penalizzante, quale area a rischio idrogeologico elevato.

Secondo la definizione di PANIZZA (1987), la pericolosità geomorfologica è "la probabilità che un certo fenomeno di instabilità geomorfologica si verifichi in un certo qual territorio, in un determinato intervallo di tempo".

Un'analisi di pericolosità fedele alla definizione presuppone la conoscenza della distribuzione spaziale dei fenomeni di instabilità verificatisi in passato in una determinata zona, della loro intensità e della loro frequenza di riattivazione (tempo di ritorno). Implica, inoltre, una forte assunzione, quella cioè che i fenomeni di instabilità già verificatisi in passato si riattivino nei medesimi luoghi, con pari intensità e con la

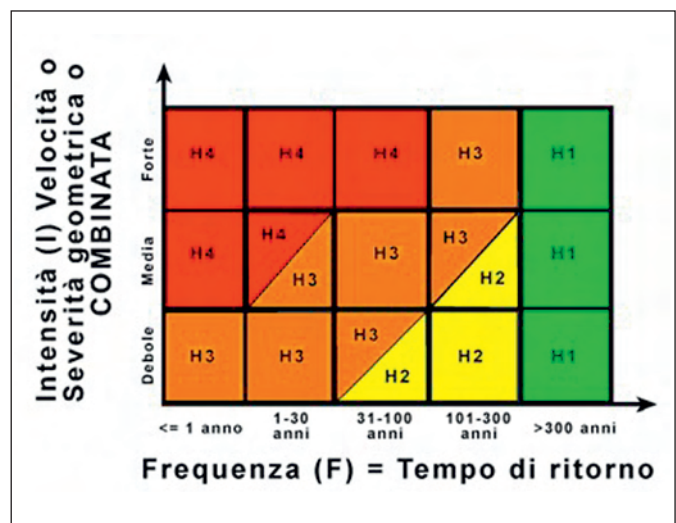


Grafico A: Matrice di valutazione della pericolosità da frana (da Panizza et al., 2004). H4 = molto elevata; H3 = elevata; H2 = media; H1 = residua.

Frequenza (F)		Tempo di Ritorno	Sigla
Molto elevata (attivo)		< 1 anno	Tr5
Elevata (frequente)		1 – 30 anni	Tr4
Media (mediamente frequente)		30 – 100 anni	Tr3
Bassa (poco frequente)		100 – 300 anni	Tr2
Molto bassa (raro)		> 300 anni	Tr1
Intensità (I)	Velocità (riferimento alle classi di velocità di Cruden e Varnes, 1996)		
Forte	> 3 metri/minuto (classe 7 e classe 6)		VEL 3
Media	> 13 metri/mese e < 3 metri/minuto (classe 5 e classe 4)		VEL 2
Debole	< 13 metri/mese (classe 3, classe 2 e classe 1)		VEL 1
Intensità (I)	Spessore coinvolto	Diametro dei blocchi	
Forte	> 10 metri	> 2 metri	SG 3
Media	> 2 - 10 metri	> 0.5 - 2 metri	SG 2
Debole	< 2 metri	< 0.5 metri	SG 1
Intensità (I)	Intensità combinata (Velocità x Spessore o Dimensione blocchi)		
Forte	VEL 3 x SG 3		INT 6-9
	VEL 3 x SG 2; VEL 2 x SG 3		
Media	VEL 2 x SG 2		INT 3-4
	VEL 3 x SG 1; VEL 1 x SG 3		
Debole	VEL 2 x SG 1; VEL 1 x SG 2		INT 1-2
	VEL 1 x SG 1		

Tabella 1 – Classi di Frequenza e Intensità utilizzate per il calcolo matriciale della pericolosità (da Panizza et al., 2004).

stessa frequenza.

Sebbene l'assunzione non sia ideale, a tutt'oggi è comunque l'unica base di partenza possibile per impostare un'analisi di pericolosità non essendo ancora chiari i complessi meccanismi di causa-effetto che regolano l'evoluzione spazio-temporale dei fenomeni franosi.

Operativamente, dalla carta geomorfologica è stata derivata una carta tematica funzionale alla evidenziazione dei fenomeni franosi, nonché delle classi di pericolosità ad essi attribuibili secondo il metodo applicato, con opportune modifiche, da PANIZZA et al. (2004) e da CORSINI et al. (2005) nella Provincia Autonoma di Bolzano. Tale metodo, derivato da HEINIMANN et al. (1998), è basato sull'utilizzo di una matrice che mette in relazione classi predefinite di intensità e frequenza dei fenomeni franosi (tabella 1) il cui incrocio permette la definizione di classi di pericolosità (grafico A).

La definizione delle classi di pericolosità è stata possibile laddove disponibili dati quali-quantitativi di intensità e tempo di ritorno (o frequenza) dei feno-

meni di dissesto. Inoltre, laddove si è rilevata la presenza di opere di mitigazione, si è scelto di sovrapporre al colore rappresentante il livello di pericolosità un simbolo apposito: questo per segnalare come il livello di pericolosità, attribuito in base alla logica matriciale, possa ragionevolmente essere ritenuto più contenuto.

Laddove non si è potuto disporre di alcun dato di intensità e tempo di ritorno si è scelto di attribuire ai fenomeni franosi lo stesso simbolo ad essi assegnato nella carta geomorfologica.

Questa metodologia è stata recentemente applicata in aree dell'Appennino modenese (Castaldini & Ghinoi, 2006 e 2007: Ghinoi & Castaldini, in stampa). Le caratteristiche di pericolosità dell'area di studio sono rappresentate nella Carta della Pericolosità Geomorfologica (figura 13) e di seguito descritte per i fenomeni franosi di cui sono reperite informazioni certe sulla loro attività.

5.1 Frana di Ribecco (F1)

Per quanto riguarda lo scivolamento rotazionale che interessa il versante sud-orientale di Ribecco, il tempo di ritorno è stato dedotto dalle notizie ricavate da articoli di quotidiani da cui si hanno segnalazioni di riattivazioni negli anni 1996 e 1997. Pertanto alla frana è stata assegnata la classe Tr4 di tempo di ritorno (da 1 a 30 anni). Inoltre fonti testimoniali e bibliografiche (Cardinali et al., 1998) indicano ripetuti rifacimenti del tratto della S.P. Val D'Aneva al piede del versante di Ribecco anche negli ultimi anni.

Lo spessore è stato dedotto dall'osservazione dei blocchi instabili in corrispondenza della zona sorgente, in media all'incirca da 2 a 10 m, per cui la classe di intensità relativa alla sola severità geometrica è la SG2 (media). La velocità è quella tipica degli scivolamenti rotazionali veloci, vicina a quella dei crolli, dedotta dalle notizie riportate sui medesimi articoli di giornale secondo le quali il movimento del 1996 sarebbe stato avvertito con un sordo boato, tipico quindi di un collasso repentino. La classe di intensità relativa alla velocità di movimento è la VEL3 (forte). La classe di intensità combinata risulta essere dunque la INT 6 (forte). La classe di pericolosità è quindi la H4 (molto elevata).

Sempre da Cardinali et al., 1998 risulta che drenaggi e altre opere di mitigazione siano state eseguite a seguito della seconda riattivazione del gennaio 1997, pertanto si è scelto di sovrapporre il contrassegno relativo alla presenza di mitigazioni che porta a ridurre il grado di pericolosità matriciale.

Dal rilevamento sul terreno, comunque, risulta evidente come la zona di coronamento della frana presenti ancora segni di potenziali riattivazioni, anche nel breve periodo, rappresentati da prismi di roccia

dislocati e linee di frattura a monte della scarpata principale, indici di un movimento retrogressivo incipiente.

5.2 Frana di Canevare (F2)

Per questo fenomeno non esistono che evidenze dedotte dal rilevamento geomorfologico.

Le fresche decorticazioni del manto erboso e gli accumuli di terra ancora non vegetati fanno ritenere attiva, nel breve periodo, la frana, da cui l'attribuzione della classe di tempo di ritorno Tr_4 (da 1 a 30 anni). Lo spessore non sembra superare i 2 metri, da cui la classe di intensità relativa al solo spessore della massa coinvolta è SG1. La velocità di movimento, per analogia con quelle tipiche delle colate di terra a fluidità medio-bassa, e considerando il breve tratto di versante coinvolto non dovrebbe superare la soglia dei 13 m/mese, da cui la classe di Intensità relativa alla sola velocità è VEL1 (debole). La classe di intensità combinata risulta essere dunque la INT 1 (debole). La classe di pericolosità è quindi la H3 (elevata).

Pur essendole stata assegnata una classe di pericolosità "elevata", le dimensioni del fenomeno rimangono comunque esigue. E' da segnalare, tuttavia, come la contropendenza a monte del fenomeno, caratterizzata dalla presenza di ristagni d'acqua, potrebbe favorire un'evoluzione retrogressiva della frana avvicinandola progressivamente, seppur lentamente, alla scarpata sottostante il borgo di Riola di Labante. Per questo sarebbe opportuno individuare possibili opere di regimazione delle acque superficiali in corrispondenza della contropendenza in questione, e nelle immediate vicinanze, al fine di evitare

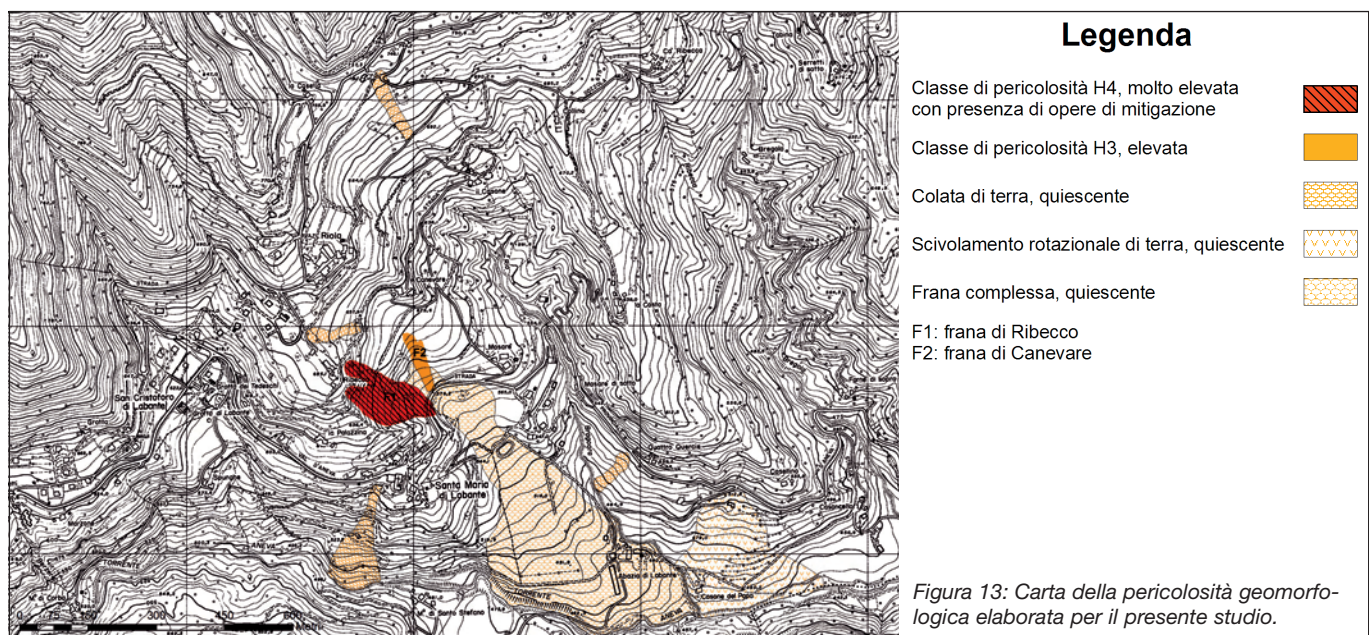
infiltrazioni d'acqua che potrebbero favorire il deterioramento dei parametri di resistenza dei terreni attraversati e la loro conseguente destabilizzazione.

6. CONFRONTO TRA I RISULTATI DEL PRESENTE STUDIO E IL PTCP DELLA PROVINCIA DI BOLOGNA

Esaminando le aree a rischio di frana perimetrate e zonizzate all'interno della Tavola della Tutela Idrogeologica del PTCP della Provincia di Bologna (Provincia di Bologna, 2004 – figura 14), nell'area circostante il borgo di Riola di Labante è stata cartografata come "area in dissesto" (Zona 1) l'area grosso modo corrispondente alla frana di scivolamento rotazionale di Ribecco.

Il corpo di frana comprenderebbe anche la frana complessa, attiva, più a est, diversamente da quanto appare nella carta geomorfologica qui elaborata e nella carta geologica regionale. Di conseguenza, si presuppone che per questo motivo, l'area di possibile evoluzione del dissesto sia stata allargata verso est. Alla luce di quanto osservato nel presente studio, sarebbe opportuno necessario rivedere la perimetrazione della frana di Ribecco presente sul PTCP, riducendo a valle e ad est la frana stessa e la sua area di evoluzione, ampliando semmai quest'ultima a monte dell'abitato di Ribecco stesso, dove si hanno maggiori evidenze di possibili riattivazioni.

Parimenti, anche l'area d'influenza sull'evoluzione del dissesto è da riconsiderare alla luce di quanto esposto, limitandola a monte di Ribecco e a valle dell'intersezione tra il corpo di frana e la Strada Provinciale. La presenza della frana complessa atti-



va, seppur indipendente rispetto a quella di Ribecco, lascia una possibilità di evoluzione di quel fenomeno (di intensità comunque largamente minore) verso monte, non oltre la carraia di quota 657,9 m che unisce Canevare a Ribecco. Secondo la classificazione che il PTCP fa delle Unità Idromorfologiche Elementari (UIE), quella corrispondente a gran parte dell'area oggetto del presente studio risulterebbe a rischio molto elevato (R1). In realtà, le analisi geomorfologiche di dettaglio, unitamente alle prospezioni geofisiche qui eseguite, rivelano come la porzione di versante compresa tra Riola di Labante, Cà Ribecca e Canevare sia caratterizzata dalla presenza di roccia in posto sub-affiorante, che al massimo può essere interessata da piccole colate superficiali capaci di mobilitare la sola coltre di suolo, senza quindi determinare fenomeni franosi dalle proporzioni e dalla tipologia simili a quelle della frana di Ribecco.

Pertanto, sulla base del presente studio, si ritiene che, per gli abitati di cui sopra, la classe di rischio vada sicuramente riesaminata e debba essere ritenuta assai più bassa rispetto alla classificazione attuale contenuta nel PTCP.

7. CONFRONTO TRA LA CARTA GEOMORFOLOGICA DEL PRESENTE STUDIO E LA CARTA GEOLOGICA RER

Le differenze sostanziali tra il rilevamento geomorfologico di dettaglio effettuato per il presente studio e quanto riportato dalla carta geologica della Regione Emilia-Romagna (REGIONE EMILIA-ROMAGNA – SERVIZIO GEOLOGICO, SISMICO E DEI SUOLI, sito web) riguardano l'estensione complessiva dei fenomeni franosi, il loro

stato d'attività e la relativa tipologia. Il rilevamento di dettaglio ha permesso di evidenziare la presenza di altri corpi franosi, di ridefinire lo stato di attività di quelli già segnalati dalla carta regionale e di specificarne meglio la tipologia. I nuovi corpi franosi individuati sono rappresentati da due piccole colate di terra che interessano principalmente la coltre detritica superficiale: la prima è ubicata a NO di Ribecco, la seconda tra località "la Casella" e località "il Casone". Entrambe sono quiescenti.

La frana ad est di "Abbazia di Labante" è stata rappresentata, nella carta geologica regionale, come detrito di versante, mentre la sua morfologia induce a caratterizzarla come frana.

CONCLUSIONI

Il presente studio ha approfondito, con l'ausilio di un'ideale campagna geognostica, gli aspetti geologici, geomorfologici e geotecnici relativi all'area in oggetto, al fine di definire in maniera più puntuale quelle che sono le condizioni di stabilità dell'area di studio.

Il tutto al fine di una verifica della fattibilità di futuri interventi che potranno interessare l'area, nella misura in cui gli stessi non vadano ad influenzare negativamente le condizioni di stabilità attuali.

A tale proposito si è proposto uno specifico studio di pericolosità geomorfologica, nel quale si è analizzata nel dettaglio la situazione di stabilità presente, anche al fine di verificare quanto contenuto a tale proposito nel PTCP della provincia di Bologna, dove buona parte dell'area viene definita come area a rischio idrogeologico elevato. Lo studio ha permesso una più puntuale definizione delle forme di frana presenti presso l'area del borgo, per le quali si è evi-

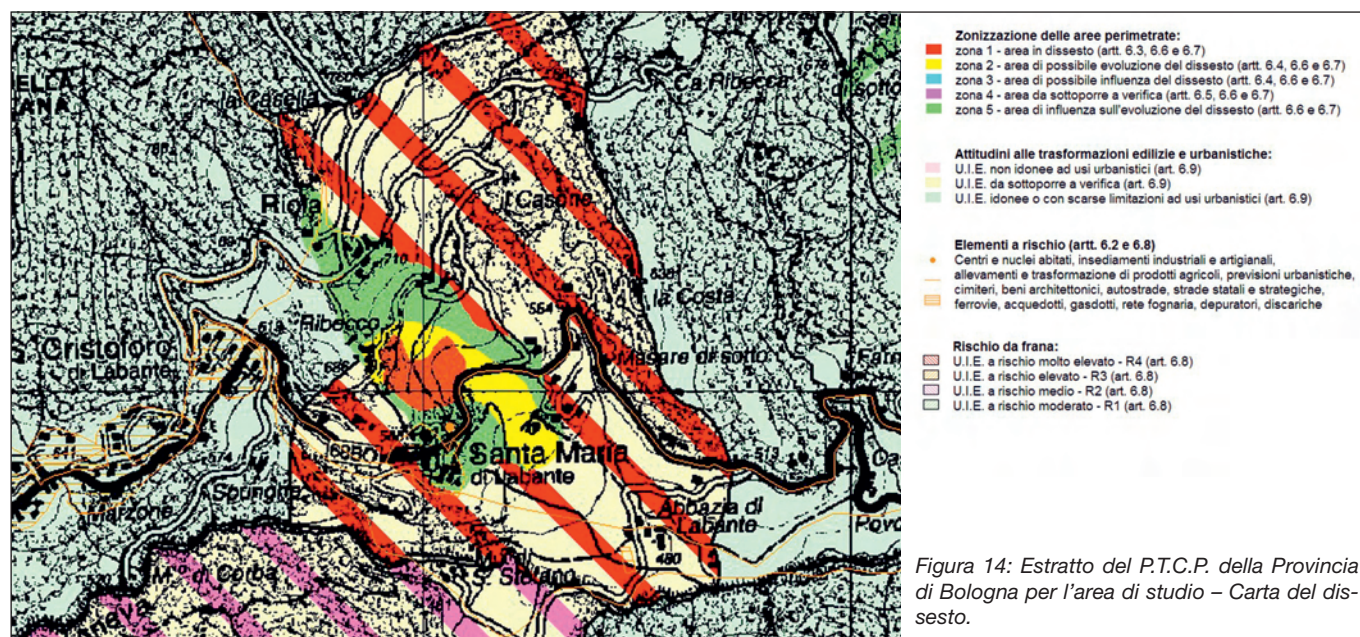


Figura 14: Estratto del P.T.C.P. della Provincia di Bologna per l'area di studio – Carta del dissesto.

denziato come in nessun modo vadano ad interagire con esso, evidenziando, pertanto, i limiti che le Unità Idromorfologiche Elementari (UIE) del PTCP possono avere e mostrando come solo un'analisi di dettaglio, come quella qui proposta, possa effettivamente condurre ad una più precisa definizione dei dissesti e dei conseguenti rischi.

Inoltre vi sono differenze tra il rilevamento geomorfologico di dettaglio effettuato per il presente studio e quanto riportato dalla carta geologica alla scala 1:25.000 della Regione Emilia-Romagna riguardanti l'estensione complessiva dei fenomeni franosi, il loro stato d'attività e la relativa tipologia. Questo lavoro ha permesso di evidenziare la presenza di altri corpi franosi. Quindi le differenze con la carta geologica della Regione ufficiale (su cui, peraltro, si basa, in gran parte, la carta del dissesto del PTCP) rivelano come la cartografia geologica spesso privilegi la distribuzione spaziale dei fenomeni franosi, rispetto invece al loro stato di attività, spesso non uniforme, all'interno del medesimo corpo franoso, con evidenti riflessi sulla definizione del rischio e, quindi, sull'efficacia dei documenti cartografici utilizzati ufficialmente nella pianificazione.

Il limite maggiore della cartografia di dissesto è di delineare aree con vincoli pianificatori che hanno un riflesso alla scala comunale partendo da cartografie di base a scale minori e spesso non finalizzate all'analisi dei fenomeni di pericolosità idrogeologica. Spesso mancano quegli approfondimenti di dettaglio alla scala comunale che si renderebbero necessari proprio al fine di verificare le situazioni contenute nei piani sovraordinati.

Un'analisi della pericolosità geomorfologica di dettaglio eseguita con la metodologia qui proposta dovrebbe essere tenuta in considerazione in un'ottica di miglioramento dei documenti cartografici pianificatori ufficiali. Al di là delle indagini geognostiche, che in questo studio hanno avuto il solo scopo di perfezionare il risultato dell'indagine, la semplice e facilmente replicabile analisi di pericolosità, effettuata tramite il diagramma matriciale, sarebbe più che sufficiente per ridefinire con maggior dettaglio il quadro della pericolosità idrogeologica. Adottata su base comunale, questa metodologia potrebbe portare ad una sorprendente riduzione delle aree da sottoporre a verifica, come per altro ben evidenziato da questo studio e da altri casi in cui questa metodologia è stata applicata, nell'Appennino Modenese (CASTALDINI & GHINOI, 2006 e 2007; GHINOI & CASTALDINI, in stampa): è apparso evidente, ad esempio, come vi sia una generalizzata riduzione dell'ampiezza dei fenomeni franosi attivi rispetto a quelli presenti nella carta del dissesto, una diffusa stabilizzazione dei grandi corpi di frana, ma anche riattivazioni di minore ampiezza precedentemente non carto-

grafate, indicative di un quadro morfo-climatico differente da quello descritto dalla cartografia del dissesto attualmente utilizzata.

BIBLIOGRAFIA

- Annovi A., 1975 - Lineamenti geologici della zona di Montese-Riola e analisi delle facies (Appennino modenese e bolognese). *Atti Soc. Nat. MAT. di Modena*, 106, 157-169.
- Annovi A. 1975 - La geologia del territorio di Montese (Appennino Modenese), *Memorie di Scienze Geologiche*, Vol. XXXIC, 67-84
- Cardinali M., Cipolla F., Guzzetti F., Lolli O., Pagliacci S., Reichenbach P., Sebastiani C. & Tonelli G., 1998 - Catalogo delle informazioni sulle località italiane colpite da frane e da inondazioni. Vol. I Frane e Vol II inondazioni. CNR. Tip. Grifo Perugia.
- Colombetti A. 1975 - Cenni geomorfologici del territorio di Zocca-Castel d'Aiano (Appennino Modenese-Bolognese). *Ateneo Parmense, acta nat.*, 11, 617-637.
- Castaldini D. & Ghinoi A., 2007 - Geomorphological hazards assessment in the mountain basin of the Panaro River (Northern Apennines, Italy). *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 9, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU 2007 - A - 08977.
- Corsini A., Mair V. & Panizza M., 2005, Aspetti concettuali e operativi per la realizzazione di carte di pericolosità idrogeologica: l'esempio della metodologia CARG - Provincia Autonoma di Bolzano per il Foglio 028 "La Marmolada. In: E.M. Ferrucci E O. Zani (a cura di). *Atti del Secondo Forum Nazionale "Rischio di frana e assetto idrogeologico nei territori collinari e montani: Questioni, metodi, esperienze a confronto. Ambiente & Territorio*, Maggioli Editore, 124, 49-74.
- Ghinoi A & Castaldini D. - Studio della pericolosità geomorfologica in aree produttive del bacino montano del Fiume Panaro (Appennino Settentrionale). *Bollettino della Società Geografica Italiana*. In stampa.
- Gruppo di Lavoro per la Cartografia Geomorfologica (1994) - Carta Geomorfologica d'Italia 1:50000: guida al rilevamento. Servizio Geologico Nazionale. Quaderni serie III, 4, 47 pp.
- Heinimann H.R., Holtenstein K., Kienholz H., Krummenhacher B. & Mani P., 1998, *Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren. Umwelt-Materialien Nr. 85, Naturgefahren, Buwal, Bern*, 248 pp.
- Panini, F., Bettelli, G. & Pizziolo, M. (a cura di), 2002 - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 237 Sasso Marconi, S.EL.CA. s.r.l., Firenze, 176 p.
- Panizza, M., 1987 - Geomorphological hazard assessment and the analysis of geomorphological risk. In "Intern. Geomorph.", 1, J. Wiley & S., London.
- Panizza M., Corsini A., Marchetti M., Pasuto A., Silano S. & Soldati M., 2004 - Cartographie du risque de mouvements de terrain au Tyrol du Sud. In: Y. Veyret, G. Garry & N. Meschinet de Richmond (eds.), *Risques naturels et aménagement en Europe*. Armand Colin, Paris, 131-142.
- Provincia di Bologna, 2004 - Piano territoriale di coordinamento provinciale. Cofanetto composto da 2 CD-Rom.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA - SERVIZIO GEOLOGICO, SISMICO E DEI SUOLI (sito web) - Cartografia geologica on-line - Il progetto CARG in scala 1:25000. <http://geo.regione.emilia-romagna.it/> (Aggiornamento: 2008).