



Studio Geologico Salvetti Dott. Savino
 Consulenze Tecnico-Ambientali
 Geologo Specialista
 n° 451 Albo Professionale Sezione A
 Via A. Diaz 156, 63900 FERMO (FM)
 Cod. Fisc.: SLV SVN 68T22 D542N
 P.IVA: 01496950443
 ☎ Studio: +39 0734 229852 (Tel./Fax)
 ☎ Personal Phone: +39 329 2736744
 Internet e-mail: info@geosalveti.it
 Web Site: <http://www.geosalveti.it>



REGIONE MARCHE

PROVINCIA DI FERMO



COMUNE DI ALTIDONA



Territorio dichiarato sismico

ai sensi e per gli effetti della Legge n.64 del 02.02.74

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.2003

Oggetto

**INTERVENTO FM020A/10 DI "COMPLETAMENTO CONSOLIDAMENTO PARETE ROCCIOSA
 IN LOCALITA' MARINA - FALESIA APRUTINA FRANA CROLLO P4 R4"
 RICADENTE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTIDONA**

ACCORDO DI PROGRAMMA MATTM-REGIONE MARCHE FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE
 ED AL FINANZIAMENTO DI INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 CON I FONDI ART. 2 COMMA 240 EX LEGGE191/2010

Cantiere/Localita'

Falesia Aprutina
 Marina di Altidona

Luogo e Data

Fermo, Agosto 2013

Tecnico incaricato

Dott. Geol. Savino Salvetti

Firma e Timbro

Ufficio Protocollo

Titolo

INDAGINE GEOLOGICA

Ai sensi della seguente normativa:

Nazionale: Legge n° 64 del 02.02.74, D.M. 11.03.88 - Circolare LL.PP. n° 30483 del 24.09.89, D.M. 19.04.99,
 D.P.R. n° 380 del 06.06.2001, O.P.C.M. n° 3274 del 20.03.2003, D.M. 14.01.2008.

Regionale: L.R. n° 33 del 03.11.1984, L.R. n° 34 del 05.08.1992, Deliberazione Comitato Istituzionale
 Autorità di Bacino Regione Marche n° 42 del 07.05.2003 e D.C.R. n° 116 del 21.01.2004 (P.A.I.)

Elaborato

RAPPORTO TECNICO

Progetto

(ai sensi del Punto B.2, D.M. 11.03.88)

DEFINITIVO

☒ NUOVO ☐ INTERPRETAZIONE ☐ ELAB. TECNICO/ESPLICATIVO ☐ CHIARIMENTI ☐ OSSERVAZIONE
 (Vers. 1.0)

Committente

PROVINCIA DI FERMO
 Settore Patrimonio, Edilizia Scolastica,
 Genio Civile e Protezione Civile

Decreto n. 022/2013 del 26/06/2013 del Commissario Straordinario



INDICE

1. GENERALITA'	Pag. 01
1.1 Scopo dello studio	
1.2 Normativa di riferimento	
2. METODOLOGIA D'INDAGINE	
3. TOPOGRAFIA, GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA	Pag. 02
3.1 Georeferenzazione (inquadramento topografico)	
3.2 Caratteristiche morfologiche e geomorfologiche	
3.2.1 Carta del rischio idrogeologico (PAI)	
3.3 Idrografia superficiale e contesto idrogeologico del sottosuolo	
4. GEOLOGIA E LITOLOGIA	Pag. 03
4.1 Assetto geologico-strutturale	
4.2 Litostratigrafia	
4.3 Parametrizzazione fisico-meccanica dei terreni	
4.3.1 Caratterizzazione geotecnica	
5. SISMICITA' DELL'AREA	Pag. 06
5.1 Quadro normativa antisismica	
5.1.1 Norme tecniche (D.M. 14.01.2008 & O.P.C.M. n. 3274/2003)	
6. ANALISI DEL DISSESTO	Pag. 07
7. INTERVENTI PROPOSTI	Pag. 08
8. CONCLUSIONI	Pag. 11

Il presente rapporto è costituito da n° 11 pagine e dalle seguenti tavole cartografico-tecniche:

"ELABORATI"

TAV. "A" COROGRAFIA GENERALE DELLA ZONA (scala 1:25000)

TAV. "B" INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO DELL'AREA (scala 1:5000)

TAV. "C" CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO "PAI" (scala 1:10000)

TAV. "D1" SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA "A-B" (scala 1:200)

TAV. "D2" SEZIONE GEOTECNICA "A-B" (scala 1:200)

TAV. "E" CARTA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA (scala 1:10000)

TAV. "F" CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE E CARTA CLIVIMETRICA (scala 1:1000)

TAV. "G" DOCUMENTAZIONE REPERITA

- FRONTESPIZIO INDAGINE GEOLOGICA
- PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI IN SITO (SCALA 1:1000)
- PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE "PSCPT5-PSCPT6"
- STENDIMENTI GEOFISICI A RIFRAZIONE - TOMOGRAFIA SISMICA "T3-L2"

TAV. "H" DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

1. GENERALITA'

L'Amministrazione Provinciale di Fermo nell'ambito dell'intervento FM020A/10 di "Completamento consolidamento parete rocciosa in località Marina-Falesia Aprutina FRANA CROLLO P4-R4", di cui all'Accordo di Programma MATTM-REGIONE MARCHE finalizzato alla programmazione ed al finanziamento di interventi urgenti e prioritari per la mitigazione del rischio idrogeologico con i fondi art. 2 comma 240 ex Legge 191/2010, mi ha affidato l'incarico di redigere una relazione geologica definitiva di supporto all'intervento in progetto (Decreto del Commissario Straordinario n. 022/2013 del 26/06/2013).

L'area oggetto di studio ricade nel settore orientale del territorio comunale di Altidona, lungo un tratto della falesia Aprutina.

1.1 SCOPO DELLO STUDIO

Lo studio si propone di fornire un supporto flessibile e pratico alla progettazione dell'intervento.

Il lavoro di mia competenza, volto esclusivamente alla determinazione delle condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche della zona, nonché litologiche dei terreni di fondazione, si limita a fornire un modello geologico sulla base del quale progettare l'intervento di consolidamento della scarpata ad opera dell'ingegnere strutturista e del progettista geotecnico.

L'indagine, estesa alla porzione di sottosuolo ritenuta rilevante ai fini del progetto, è stata eseguita in stretta ottemperanza con la normativa attualmente vigente in materia.

1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nazionale

- **Legge n. 64 del 02/02/74**

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche

- **D.M. 11.03.88 & Circolare LL.PP. 24.09.88 n.30483**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni, criteri generali e prescrizioni per la progettazione ed esecuzione delle opere di fondazione

- **D.M. 19.04.99**

Codice di buona pratica agricola

- **D.P.R. n° 380 del 06.06.2001**

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.2003 e s.u.i.**

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica

- **D.M. 14.01.2008**

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche

Regionale

- **L.R. n. 33/84 e s.u.i.**

Norme per le costruzioni sismiche nell'ambito del territorio della Regione Marche

- **L.R. n. 34 del 05/08/92 e s.u.i.**

Norme in materia di urbanistica, paesaggistica e di assetto del territorio

- **D.C.I.A.d.B.R. n° 42 del 07.05.2003**

Adozione Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico

- **D.C.R. n° 116/2004**

Approvazione Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I.

2. METODOLOGIA D'INDAGINE

In prima analisi è stata effettuata una ricerca bibliografica delle informazioni disponibili ed inerenti il presente incarico, fra le quali cito il reperimento di pregresse indagini geognostiche eseguite nelle medesima area d'intervento dal collega Dr. Costantino Bernardini, per conto del Comune di Altidona (2006), oltre ad alcuni elaborati geologici delle indagini svolte a supporto del P.R.G. comunale in adeguamento al P.P.A.R. (L. 431/85 e L.R. 26/87). In dettaglio è stato possibile reperire le seguenti indagini pregresse (Tavola G):

- N.2 Prove penetrometriche dinamiche "PSCPT5-PSCPT6"
- N.2 Stendimenti geofisici a rifrazione - tomografia sismica "T3-L2"

Successivamente è stato effettuato un sopralluogo in sito con l'intento di catturare informazioni generali sul territorio d'intervento previsto, mediante un rilevamento geologico e geomorfologico speditivo di superficie su un intorno significativo dell'area finalizzato al riconoscimento delle caratteristiche litologiche del territorio ed all'individuazione di eventuali processi morfogenetici in atto (osservazione delle forme ed eventuali depositi connessi), con l'obiettivo ultimo di ricostruire il quadro morfogenetico dell'area e formulare le ragionevoli previsioni circa le tendenze evolutive future (in relazione all'assetto lito-stratigrafico locale ed alla dinamica geomorfologica). Una volta constatato l'attuale stato di fatto l'indagine è stata proiettata all'accertamento della fattibilità geologica dell'intervento attraverso il seguente programma di lavoro:

- Georeferenzazione (inquadramento topografico)
- Aspetto Geomorfologico (valutazione della stabilità dell'area)

- Caratteristiche Idrogeologiche (idrografia superficiale e contesto idrogeologico del sottosuolo)
- Geologia e Litologia (individuazione e classificazione dei terreni, assetto litostratigrafico del sottosuolo)
- Geotecnica dei terreni (parametrizzazione geotecnica, stato di consistenza, prove in sito)
- Sismicità (determinazione dello scenario sismico locale)
- Analisi del dissesto (cause)
- Interventi proposti (mitigazione del rischio)
- Conclusioni

3. TOPOGRAFIA, GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

3.1 GEOREFERENZIAZIONE

L'area in esame è compresa nelle seguenti cartografie (Tavole A,B,C,):

- Quadrante II del Foglio 125 Fermo, Tavoleta N.E. "Fermo" in scala 1:25000 (IGM)
- Foglio Unico, Carta Tecnica Comunale in scala 1:5000 (CTC)
- Tavola RI 60/b Carta Regionale del Rischio Idrogeologico in scala 1:10000 (PAI)

L'area investigata ricade nella porzione orientale del territorio comunale di Altidona, in località Aprutina; più in particolare il tratto di falesia da consolidare insiste in via Gufo a ridosso del settore meridionale del campeggio Riva Verde. Le coordinate geografiche del punto medio indagato sono le seguenti:

Latitudine = 43.1151 ; Longitudine = 13.8335 (sistema ED50).

3.2 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

L'area oggetto di studio ricade in una fascia di territorio "costiera" così definita dal P.P.A.R. approvato con D.A.C.R. n. 197 nel 1989 e redatto ai sensi della L. 431/85 (Legge Galasso). La morfologia dell'area è quella tipica della fascia costiera meridionale delle Marche con rilievi tabulari che raggiungono le massime quote di 100-120 metri circa sul livello del mare ed incisioni vallive dove scorrono i corsi d'acqua che confluiscono direttamente al Mare Adriatico. Verso est i rilievi tabulari terminano con la falesia costiera, Nel caso in questione la falesia Aprutina è ubicata ad est dell'abitato di Altidona, nelle immediate vicinanze della costa; più precisamente risulta prospiciente al litorale marino e dista dal mare circa 150-200 m. La falesia è storicamente interessata da dissesti franosi che interessano alcune strutture ed infrastrutture ubicate immediatamente a valle della stessa: in dettaglio si annoverano il campeggio Riva Verde, l'autostrada Adriatica A14, la linea ferroviaria e la SS Adriatica n. 76.

La zona di indagine comprende un tratto di scarpata lungo circa 50 m ad andamento sub-verticale, che raccorda la fascia costiera con le colline argillose pleistoceniche modellate dal fitto reticolato idrografico presente. La morfologia dell'area è funzione sia delle caratteristiche litologiche delle formazioni affioranti, prevalentemente sabbioso-conglomeratiche e conglomeratiche, sia dalla morfodinamica marina che interessa le zone costiere. In particolare l'azione della dinamica costiera, del periodo Olocenico, ha modellato il versante costiero determinando la tipica morfologia di una falesia con pendii molto acclivi.

La falesia marina è ciò che rimane degli antichi depositi di spiaggia piuttosto rimodellati da agenti esogeni ed antropici, in genere costituiti da ciottoli eterometrici prevalentemente calcarei fortemente arrotondati e/o sabbie piuttosto classate in cui solo raramente si riescono ad individuare strutture sedimentarie.

La scarpata in oggetto mostra in affioramento, come è possibile vedere direttamente dalla documentazione fotografica (Tavola H), alternanze di terreni sabbiosi laminati e terreni ghiaiosi mediamente cementati. Il differente comportamento litologico dei depositi esistenti si riflette sull'andamento geomorfologico locale della scarpata dove i litotipi dei depositi ghiaiosi, più difficilmente erodibili, rimangono più sporgenti mentre i livelli sabbiosi vengono più facilmente scalzati. Nel tempo le sporgenze ghiaiose al tetto tendono a crollare lungo la scarpata mettendo a rischio l'incolumità delle persone e delle strutture e infrastrutture presenti alla base della scarpata stessa.

Per quanto riguarda le frane costiere, ANTONINI et Alii (1993) segnalano lungo l'intera falesia Aprutina diverse frane per scorrimento: "frane per le quali si è riconosciuto un movimento lungo una superficie di rottura anche complessa, di forma arcuata, concava verso l'alto, o planare, anche leggermente ondulata, corrispondente a discontinuità litologiche, tettoniche o strutturali". CANCELLI et Alii (1984a,b) ipotizzano un "modello di frana di tipo composto, secondo superfici planari e meccanismo di rottura progressiva entro le argille sovraconsolidate situate alla base della falesia".

Complessivamente il quadro delle pericolosità della falesia oggetto di studio è stato dedotto partendo dall'analisi geomorfologica della falesia la quale ha consentito di individuare fenomeni e processi differenti sia per la natura degli stessi ma in modo particolare per intensità legata principalmente allo stato di attività ed ai fattori di franosità, tenendo conto anche delle classi di acclività che contraddistinguono il tratto di falesia preso in esame. Pertanto la rappresentazione delle pericolosità (Tavola F) risulta differente dal PAI il quale censisce tutta la zona con un'unica pericolosità molto elevata (P4) derivante da una tipologia franosa del tipo crollo, sebbene esistente anch'essa; modeste frane per crollo o ribaltamento, infatti, sono presenti in corrispondenza delle porzioni più acclivi delle scarpate di frana, costituite da materiali litoidi (arenarie e conglomerati).

3.2.1. CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano Regionale per l'Assetto Idrogeologico (PAI), richiesto dalle LL. 267/98 e 365/00, si configura come stralcio funzionale del settore della pericolosità idraulica ed idrogeologica del Piano generale di bacino previsto dalla L. 183/89 e dalla L.R. 13/99. Il piano risponde quindi, come adeguato strumento di pianificazione e programmazione, alle esigenze di stabilire condizioni di rischio idrogeologico compatibile, tramite la propedeutica individuazione delle aree a pericolosità idrogeologica e di quelle a rischio.

In data 21.01.2004 il PAI è stato definitivamente approvato dal Consiglio Regionale con Delibera n. 116 e contestualmente sono decadute le misure di salvaguardia approvate dalla Giunta Regionale in data 17.06.2003 (All. 1 alla DGR n. 873 del 17.06.2003). A partire dunque dalla data di pubblicazione "13.02.2004" il PAI risulta a tutti gli effetti di legge in vigore con le relative N.A. (Elaborato "d" All. a, b 1 alla DCR n. 116 del 21.01.2004).

Nel presente rapporto si allega lo stralcio della carta del rischio idrogeologico del PAI (Tavola C), che sotto il profilo geomorfologico riassume le considerazioni espresse al punto precedente, ovvero conferma la presenza di un processo attivo di degradazione che destabilizza la scarpata strutturale a causa della presenza di una "frana a Rischio molto elevato R4 ed indice di pericolosità molto elevato P4", contraddistinta con il codice univoco di riconoscimento "F-24-0001", mentre da un punto di vista idraulico attesta un remoto rischio di esondazione dell'area.

3.3 IDROGRAFIA SUPERFICIALE E CONTESTO IDROGEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Il reticolo idrografico nel contesto in esame è rappresentato da fossi minori che tagliano trasversalmente, in senso anti-appenninico, la linea della falesia e sfociano direttamente nel Mare Adriatico. I fossi hanno dei bacini molto ristretti e gli alvei assumono pendenze medio-alte tali da provocare in periodi particolarmente piovosi veri e propri debris-flow. L'andamento dei corsi d'acqua minori sono pressoché lineari. Lungo la parete sub-verticale della falesia, a causa della mancata regimazione delle acque di versante, si formano dei canaloni che drenano le acque provenienti dalla porzione immediatamente a monte della scarpata e le acque di dilavamento; pertanto la circolazione idrica superficiale si sviluppa lungo il versante secondo la direzione di massima pendenza. Tale processo provoca l'instaurarsi di evidenti fenomeni erosivi dovuti al ruscellamento concentrato e diffuso.

Lungo la scarpata in oggetto si rinvencono talora emergenze idriche di effimera portata in corrispondenza dei livelli sabbioso-ghiaiosi tamponati alla base dai livelli limoso-argillosi e/o conglomeratici cementati. Le emergenze presenti nella zona indagata sono alimentate dall'infiltrazione delle acque superficiali di precipitazione meteorica che vengono drenate lungo il materasso dei depositi ghiaiosi e sabbioso-ghiaiosi che caratterizzano la falesia.

La sistemazione finale dell'area dovrà in ogni caso assicurare un'adeguata rete di regimazione idrica superficiale delle acque piovane. Raccomando di verificare l'integrità della rete di raccolta e di regimazione eventualmente esistente in sito, poiché eventuali perdite di liquami potrebbero produrre inquinamenti del sottosuolo e peggiorare le caratteristiche di resistenza dei terreni, destabilizzando ulteriormente l'area di sedime.

4. GEOLOGIA E LITOLOGIA

4.1 ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

La falesia costiera in oggetto ricade all'interno del Bacino Marchigiano Esterno, nell'area meridionale della Regione Marche compresa tra il fiume Tenna a nord ed il fiume Tronto a sud, nella quale affiora una successione marina plio-pleistocenica più continua e di spessore maggiore delle successioni settentrionali, costituita dall'alto verso il basso da:

- a) sabbie e conglomerati di tetto
- b) depositi pelitici in cui sono intercalati corpi clastici limoso-sabbiosi e sabbie.

Alla base della successione marina sopra riportata si rinvencono le peliti pleistoceniche oggi rinvenibili all'interno delle incisioni vallive determinate dai fossi del reticolo minore che tagliano trasversalmente la falesia costiera. In particolare i depositi della falesia di contrada Aprutina appartengono alla sequenza di tetto (Qm1, Qc1, Qc2). Attualmente tale sequenza viene trattata come una sequenza composita, in cui non sono ancora bene definite e chiare le suddivisioni e le relazioni stratigrafiche. Tuttavia sembrano individuabili almeno tre cicli in cui la base è nettamente discordante ed ha carattere erosivo sui depositi più antichi.

Si ha una prima sequenza rappresentata in basso da un orizzonte ghiaioso con spessori di facies variabili da zona a zona; superiormente, a luoghi, da sabbie e sabbie ciottolose, talora da argille verdi ricche di crostoni travertinosi. Si tratta di un corpo con una marcata geometria cuneiforme, caratterizzato da spessori maggiori verso mare e da un evidente assottigliamento verso l'interno. Nell'area compresa tra Pedaso e Torre di Palme il corpo ghiaioso, dello spessore complessivo di circa 10-15 m, presenta un'organizzazione in strati bottom set, foreset e top set con tipica giacitura off lap indicativa di spiagge in avanzamento verso mare (Rainone ed altri, 1981; Massari ed altri, 1986). In altri termini si tratta di un corpo progradazionale poggiante su sabbie con struttura di spiaggia.

Superiormente si rinvencono sabbie con stratificazione incrociata a basso angolo, indicative di un ambiente di spiaggia sommersa. Al disopra della precedente successione si osserva un corpo grossolano caratterizzato da base erosiva e costituito in prevalenza da ghiaie poligeniche eterometriche di ambiente di conoide o di piana alluvionale. In esso si intercala, con geometria pressoché tabulare, un livello di limi scuri dello spessore di 2-4

m, argille scure screziate e livelli travertinosi o concrezionati, indicativo di una fase trasgressiva caratterizzata da sovralluvionamento con formazione di paludi.

Infine alla sommità della successione si rinviene un paleosuolo rosso, dello spessore di 1-1,5 m, su cui talora giacciono altri depositi ghiaiosi di ambiente continentale. Il paleosuolo talora taglia anche i depositi più antichi fino al livello delle argille verdi.

Riassumendo, la successione di tetto può essere suddivisa, sulla base delle suddette considerazioni, nel seguente modo, dall'alto verso il basso: una sequenza Qm1 (corpo ghiaioso di Pedaso - Ripatransone) che potrebbe costituire il tetto del Pleistocene inferiore (Siciliano); una sequenza Qc1, francamente continentale, corrispondente al "Crotoniano", il cui marker è costituito da argille verdi a Gasteropodi; una sequenza Qc2 anche essa continentale, caratterizzata dal livello limoso-travertinoso superiore e probabilmente riferibile al Tirreniano. Qc1 e Qc2 corrisponderebbero al "ciclo Qc" del margine padano-appenninico.

Per quanto riguarda l'assetto strutturale, i litotipi presenti nell'area sono caratterizzati da un assetto monoclinale con generale immersione degli strati verso nord-est ed inclinazioni comprese tra 2° e 10°.

Nell'area non sono state rilevate importanti discontinuità tettoniche, anche se non si può escludere la presenza di faglie a debole rigetto in corrispondenza delle principali incisioni vallive.

4.2 LITOSTRATIGRAFIA

Un rilevamento geologico speditivo di campagna mi ha permesso di inquadrare ciascun corpo geolitologico affiorante e sub-affiorante, mentre le caratteristiche stratigrafiche e strutturali della zona sono state ricostruite in base alle prove geognostiche eseguite e reperite, agli affioramenti rilevabili lungo le sponde fluviali e le scarpate stradali, dall'esame dei frammenti e delle tonalità dei materiali affioranti, integrando il tutto, per i luoghi meno accessibili, dall'analisi della cartografia geologica ufficiale.

La distinzione litostratigrafica delle unità cartografate è stata effettuata con il metodo delle Facies, che consiste in un'analisi stratigrafica tesa soprattutto al riconoscimento dei paleoambienti deposizionali.

Dal punto di vista geologico i terreni più antichi rinvenuti nell'area sono i depositi di natura alluvionale costituiti dalle sabbie e ghiaie. Sovrastanti ritroviamo i depositi continentali rappresentati da materiali più fini quali limi sabbiosi e sabbie limose.

Nelle righe seguenti si propone la caratterizzazione del sottosuolo attraverso la definizione dei rapporti stratigrafici esistenti tra i vari litotipi individuati sul terreno (dal basso verso l'alto).

DEPOSITI MARINI

- **Formazione Pelitica (Pliocene sup. - inf. p.p.)**

Rappresenta il litotipo dominante nella successione ed è costituito da depositi da neritici ad epibatiali, ascrivibili ad argille siltoso-marnose di colore grigio-azzurro, stratificate ed a luoghi sottilmente laminate, allo stato sovraconsolidato. All'interno della formazione si rinvengono talora sottilissime spalmature di sabbie fini.

Tale unità è nota dalla bibliografia e non è stata rinvenuta al termine della presente indagine.

- **Depositi di tetto (Pleistocene medio-inf.)**

Rappresenta l'ultimo deposito di ambiente strettamente marino prima del sollevamento e definitivo ritiro del mare su tutta l'area: è costituito da conglomerati e ghiaie eterometriche alternati ad arenarie allo stato cementato, con presenza di intercalazioni di livelli arenaceo-calcarei, calcareo-conglomeratici e pelitici di modesto spessore. In superficie l'unità si presenta alterata dando luogo a depositi ghiaioso-sabbiosi e limoso-sabbiosi inglobanti ciottoli eterometrici. Tale unità costituisce il termine di chiusura del ciclo sedimentario plio-pleistocenico ed è riferibile ad un ambiente deposizionale da marino di spiaggia a continentale fluvio-deltizio. Lo spessore complessivo dell'unità non è stato determinato al termine della presente indagine, comunque supera i 20,0 m.

DEPOSITI CONTINENTALI

- **Depositi colluviali (Olocene)**

Tali depositi rappresentano il prodotto di alterazione e disfacimento dei litotipi geologici più resistenti. Devono la loro origine all'azione prolungata degli agenti esogeni, congiunta all'azione dilavante delle acque meteoriche e della gravità. Da un punto di vista litologico trattasi di depositi di natura limoso-sabbioso e sabbioso-limoso di colore marrone scuro e giallo ocra, poco consistenti, con presenza di frustoli di origine vegetale. I depositi si rinvengono prevalentemente alla sommità della falesia. Lo spessore medio si aggira attorno ai 2,0 m.

Nota: per la ricostruzione dettagliata della locale sequenza litostratigrafica-geotecnica e la definizione degli spessori dei vari litotipi rinvenuti, si rimanda alla consultazione delle sezioni litostratigrafica e geotecnica (Tavole D1,D2). Gli spessori dei litotipi sopra riportati si riferiscono al locale assetto litostratigrafico. Gli stessi possono variare sia come estensione sia come potenza considerando la loro naturale sequenza deposizionale; infatti, essendo depositi alluvionali presentano un forte grado di disomogeneità ed eterogeneità per cui è possibile che spostandosi da una zona all'altra, sempre nell'ambito alluvionale, i depositi possono rinvenirsi con rapporti geometrici e tipologie diverse.

4.3 PARAMETRIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI

I parametri geomeccanici che caratterizzano i terreni della zona sono stati desunti dalla bibliografia ufficiale nota e dall'interpretazione dei dati nuovi acquisiti e reperiti, suffragati dai risultati di alcune prove di

laboratorio e da esperienze già acquisite su terreni simili, comparabili sia fisicamente sia geneticamente.

4.3.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nelle righe seguenti si propone la parametrizzazione geomeccanica di massima dei terreni attraverso l'interpretazione dei dati a mia disposizione, con l'obiettivo di discretizzare il sottosuolo in strati omogenei sotto il profilo litologico-geotecnico (unità litotecniche).

"Stratigrafia locale"

UNITÀ DELLA COPERTURA

Depositi Colluviali

- Litotipo "A": Limi sabbiosi

UNITÀ DEL SUBSTRATO

Depositi di Tetto

- Litotipo "B": Limi sabbiosi con ciottoli
- Litotipo "C": Ghiaie e sabbie
- Litotipo "D": Conglomerati e ghiaie con intercalazioni arenacee

Formazione pelitica

- Litotipo "E": Argille siltoso-marnose

Legenda

- γ : peso unità di volume naturale
- ϕ : angolo di attrito interno
- E_s : modulo di elasticità drenato (Young)
- C_u : coesione non drenata
- c' : coesione drenata
- D_r : densità relativa
- K_o : modulo di reazione orizzontale
- ν : coefficiente di Poisson
- N_{spt} : numero di colpi standardizzati
- V_s : velocità media onde di taglio

- Parametri geotecnici nominali di picco attribuibili ai terreni individuati in sito -

FACIES	Depositi Colluviali	Depositi di Tetto			Formazione Pelitica
LITOLOGIA	Limi sabbiosi	Limi sabbiosi con ciottoli	Ghiaie e sabbie	Conglomerati e ghiaie con intercalazioni arenacee	Argille marnose
PARAMETRI FISICO - MECCANICI	Litotipo "A"	Litotipo "B"	Litotipo "C"	Litotipo "D"	Litotipo "E"
γ (t/m ³)	1,80 ÷ 1,90	1,80 ÷ 1,85	1,80 ÷ 1,90	1,95 ÷ 2,10	2,10 ÷ 2,20
ϕ (gradi)	24 ÷ 26	28 ÷ 31	31 ÷ 33	33 ÷ 35	24 ÷ 26
E_s (Kg/cm ²)	36 ÷ 55	93 ÷ 224	320 ÷ 340	> 650	-----
C_u (Kg/cm ²)	0,20 ÷ 0,30	-----	-----	-----	1,40 ÷ 1,60
c' (Kg/cm ²)	-----	-----	-----	-----	0,20 ÷ 0,30
D_r (%)	18 ÷ 25	37 ÷ 61	> 85	> 85	-----
k_o (Kg/cm ²)	0,90 ÷ 1,42	2,46 ÷ 5,34	> 7,00	> 10,00	1,50 ÷ 1,80
ν	0,33 ÷ 0,35	0,30 ÷ 0,33	0,24 ÷ 0,26	0,17 ÷ 0,20	-----
N_{spt}	4 ÷ 7	10 ÷ 24	35 ÷ 40	-----	-----
V_s (m/s)	117 ÷ 140	188 ÷ 291	> 300	500 ÷ 520	380 ÷ 450
GIUDIZIO GEOTECNICO (Classificazione Casagrande)	Mediocre	Discreto	Buono	Ottimo	Ottimo

- Alcuni parametri geotecnici sono stati ricavati tramite correlazioni empiriche suggerite da vari Autori -

VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

La prima fase comporta l'identificazione dei parametri geotecnici appropriati ai fini progettuali. Tale scelta richiede una valutazione specifica da parte del progettista, per il necessario riferimento ai diversi tipi di verifica. Ad esempio, nel valutare la stabilità di una fondazione profonda è opportuno che la verifica della fondazione sia effettuata con riferimento al valore a volume costante o allo stato critico dei parametri geotecnici, poiché, coinvolgendo un volume di terreno disturbato dalla perforazione dei pali, può comportare modifiche significative dei parametri di resistenza. Per questo stesso motivo, nelle analisi svolte in termini di tensioni efficaci, è opportuno trascurare ogni contributo della coesione nelle verifiche di portanza.

Differente è il caso in cui si deve valutare la capacità portante di una fondazione superficiale del fabbricato, che coinvolgendo un elevato volume di terreno indisturbato, l'identificazione dei parametri geotecnici più appropriati ai fini progettuali comporta il riferimento al valore di picco dei parametri geotecnici, tanto più se nel calcolo della portanza limite del terreno si opera mediante le opportune medie pesate dei valori dei parametri geotecnici attribuibili a ciascun litotipo di terreno che rientra nel volume significativo.

Identificati i parametri geotecnici appropriati, la seconda fase del processo decisionale riguarda la valutazione dei valori caratteristici degli stessi parametri. Ai fini di una corretta scelta dei valori caratteristici appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi di picco se nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità.

5. SISMICITA' DELL'AREA

5.1 QUADRO NORMATIVA ANTISISMICA

Con la Legge n.77 del 24.06.2009 di conversione del D.L. 39/2009 per l'Abruzzo, il 1 Luglio 2009 sono entrate in vigore le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con il D.M. 14 gennaio 2008.

Il territorio comunale di Altidona è stato classificato "Zona 3" a bassa sismicità tramite l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003; pertanto nella progettazione delle opere occorre fare riferimento a tutti gli effetti alle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (Legge n° 64 del 02.02.74 e s.m.i.). La Regione Marche ha recepito l'Ordinanza Ministeriale emanando le Delibere di Giunta Regionale n. 1046/03 e n. 136/04, mediante le quali ha confermato integralmente la proposta di riclassificazione sismica del territorio regionale.

Nell'ambito della macrozonazione sismica effettuata dalla Regione Marche (L.R. 33/84 e Circ. R.M. n. 14 del 28.08.90) il territorio comunale risulta inserito nel livello base "C" (rischio sismico basso).

5.1.1 NORME TECNICHE (DM 14/01/2008 & O.P.C.M. n. 3274/2003)

Capitolo 3.2: AZIONE SISMICA

Punto 3.2.2: Categorie di Sottosuolo e Condizioni Topografiche

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale facendo riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Sulla base degli esiti delle prove sismiche a rifrazione eseguite in sito per la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio, in riferimento alle sottostanti tabelle 3.2.II e 3.2.III, è possibile collocare i terreni costituenti la falesia nella **Categoria di Sottosuolo "B"**.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche superficiali semplici è possibile fare riferimento alla seguente classificazione:

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche.

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

L'area d'intervento s'impone a cavallo di una falesia ascrivibile alla **Categoria Topografica "T2"**.

6. ANALISI DEL DISSESTO

I dissesti franosi che hanno coinvolto la scarpata oggetto d'indagine e che in alcuni punti sono arrivati ad interessare sia le infrastrutture viarie (A 14, S.S. 16 e ferrovia), sia le strutture del campeggio Riva Verde poste ai piedi della falesia, hanno subito recentemente un'accelerazione anche a seguito agli eventi meteorici eccezionali che si sono succeduti nel corso degli ultimi anni.

Le precipitazioni tendono a concentrarsi in brevissimi periodi con grandi quantitativi idrici mentre il tempo che intercorre tra un evento e l'altro tende progressivamente a dilatarsi. Pertanto, a periodi fortemente siccitosi si alternano periodi molto più piovosi e quindi tra un evento e l'altro compaiono lungo la scarpata linee di fessurazione che diventano successivamente la via preferenziale di infiltrazione delle acque responsabili del dilavamento dei livelli sabbiosi intercalati ai livelli ghiaiosi cementati.

Tali dissesti interessano l'intera lunghezza della scarpata con formazione di nicchie di distacco che corrispondono agli spazi lasciati vuoti dai continui franamenti di materiale che si accumula progressivamente alla base.

Inoltre molto più pericolosi sono i blocchi conglomeratici in aggetto che si formano a seguito dei processi sopra descritti per erosione selettiva. I continui franamenti producono un'azione di rilascio tensionale con conseguente formazione di percorse da fratture, che rischiano di dar luogo ad ulteriori distacchi.

Attualmente la falesia mostra un'acclività che tende ad aumentare verso la base, passando dai circa 30° sul ciglio superiore, ad un andamento sub-verticale. Pertanto il ciglio risulta naturalmente soggetto a scivolamenti e assestamenti provocati dall'annullamento della coesione apparente dei terreni sabbioso-limosi; infatti, la coesione, legata anche al grado di umidità del terreno, subisce degli abbattimenti a causa dei cicli termici a cui

è esposta la parte superficiale della parete, lasciando la forza di attrito come unica forza stabilizzante. Tale forza non è in grado di assicurare da sola l'equilibrio geostatico dei terreni e di conseguenza i bordi più ripidi tendono a franare verso il basso innescando un processo naturale di rimodellamento della scarpata (arretramento del ciglio) secondo un'inclinata compatibile con l'angolo di attrito del terreno e con la coesione residua.

Oltre alla natura litologica del terreno, anche l'esposizione a E-SE contribuisce alla destabilizzazione della falesia; infatti, la prolungata esposizione della parte libera ai raggi solari provoca un'intensa fatturazione dei terreni creando delle vie preferenziali per l'infiltrazione delle acque superficiali e meteoriche (perturbazioni e brezze marine). La periodica saturazione e successiva perdita di acqua del terreno favorisce la degradazione e l'instaurarsi dei fenomeni franosi in coincidenza di eventi meteorici intensi sopra riportati. Inoltre l'alterazione e disgregazione meccanica viene favorita dai processi di aloclastismo.

La tipologia del movimento franoso è riconducibile ad un franamento rapido e complesso, non prevedibile, il quale si innesca in tempi brevi. I tipi di dissesti verificatisi sono prevalentemente frane per crollo, colamenti di detrito (debris flow) e ribaltamenti.

Infine una concausa degli eventi franosi può essere ricercata nell'azione sismica esercitata con l'evento del 1997 che ha contribuito all'alterazione fisico-meccanica dei depositi alluvionali marini. Il dissesto franoso della falesia di contrada Aprutina presenta una dinamica evolutiva di tipo regressivo provocando un arretramento del ciglio superiore della scarpata coinvolgendo tratti più estesi.

In conclusione le cause del dissesto possono essere riassunte nel modo seguente:

- assetto morfologico della scarpata, particolarmente elevata, non compatibile con le caratteristiche litologiche e meccaniche del terreno presente (angolo di attrito interno < all'angolo della scarpata, ecc.);
- azione destabilizzante delle acque meteoriche che determinano fenomeni di saturazione e perdita progressiva di acqua da parte del terreno, formazione di fratture, vie preferenziali per l'infiltrazione e degradazione del terreno in profondità;
- esposizione del fronte della falesia Aprutina a E-SE in cui si verifica un'escursione termica che provoca, previo disgregazione meccanica, un rilassamento della parte esterna della scarpata;
- esposizione del versante alle perturbazioni marine ed alle correnti di brezza le quali trasportano umidità ricca di sali che favorisce il processo dell'aloclastismo con conseguente alterazione meccanica dai depositi alluvionali;
- assenza di regimazione idraulica a monte del ciglio della scarpata e lungo il fronte. Tale aspetto determina nei periodi particolarmente piovosi delle colate detritiche molto intense ed imprevedibili;
- sollecitazioni sismiche.

7. INTERVENTI PROPOSTI

L'area oggetto di studio è classificata dal PAI come area a rischio idrogeologico con grado R4 "molto elevato" ai sensi della L. 267/98 e successive modifiche ed integrazioni. La metodologia di Piano adottata deriva dall'applicazione del D.P.C.M. 29.09.98 "Atto di Indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti degli art. 1, commi 1 e 2 della L. 267/98". Pertanto in considerazione di quanto sopra riportato e dall'esito delle analisi condotte nel presente studio, risulta necessario eseguire interventi di messa in sicurezza immediati a protezione delle strutture ed infrastrutture ubicate immediatamente a valle della falesia di Colle Aprutina ed in particolare per la salvaguardia e l'incolumità delle persone che possono essere direttamente ed indirettamente coinvolte dall'evoluzione delle elevate pericolosità riscontrate.

Ai fini dell'ottimizzazione delle risorse disponibili si è reso necessario definire una scala di priorità d'intervento, restando fermo il concetto che tutto il fronte della falesia necessita di interventi di consolidamento anche con stralci successivi. La priorità dell'intervento è stata individuata sulla base delle pericolosità acclarate, dei livelli di rischio dedotti dal coinvolgimento potenziale di infrastrutture e vite umane.

Il tratto di falesia oggetto del presente stralcio si estende per circa 50 m a ridosso del campeggio Riva Verde. La scarpata è alta circa 45 m e mostra un andamento sub-verticale fino a circa 15 m di altezza, dopo di che l'inclinazione si riduce gradualmente verso monte fino a divenire pari a circa 30° in prossimità del ciglio superiore della falesia.

Le opere strutturali di consolidamento della parete rocciosa ritenute, congiuntamente ai tecnici progettisti dell'intervento, più idonee in relazione alle condizioni litologiche e geomorfologiche dell'area presa in esame ed al tipo di dissesto gravitativo riscontrato in sito, sono riconducibili al cosiddetto "rafforzamento corticale".

In dettaglio l'intervento sarà costituito da una rete paramassi disposta lungo il fronte della scarpata arenacea, collegata da una fune in sommità ed al piede, opportunamente tirantata al fine di evitare il distacco dei massi e l'accumulo al piede di materiale detritico (deformazione a sacco). Le soluzioni tecniche impiegate in tali interventi prevedono spesso l'utilizzo di reti a doppia torsione, che, appunto, possono essere utilizzate contestualmente ad altri elementi come chiodi, tiranti, funi in trefoli d'acciaio, bullonature e piastre di ripartizione. La rete paramassi sarà dunque del tipo armato con reticolo di tiranti collegati tra loro da cavi d'acciaio diagonali, i quali permettono di bloccare anche massi di grosse dimensioni.





Foto: esempi di rafforzamenti corticali.

E' auspicabile che l'intervento di bonifica del tratto di falesia preso in esame venga completato mediante misure tese alla mitigazione del rischio nei confronti dell'azione delle acque superficiali, prevedendo ad esempio la realizzazione di un fosso di guardia a monte della falesia e la messa in posto di canalette di scolo lungo il fronte, in grado di garantire l'efficacia e l'efficienza della regimazione idraulica delle acque superficiali, in quanto quest'ultime principali responsabili dell'azione chimico-fisica di alterazione delle proprietà geotecniche dei materiali alluvionali. Tutte le acque di scorrimento captate dalla rete di regimazione potranno essere convogliate nella rete di servizi esistente nel camping Riva Verde.

8. CONCLUSIONI

Lo studio condotto lungo un tratto di falesia di Colle Aprutina, individuato dal P.A.I. come area a rischio idrogeologico molto elevato (R4), codice identificativo F-24-0001, conferma le condizioni di precarietà sotto l'aspetto dell'equilibrio geomorfologico.

La sintesi delle analisi condotte mi conducono ad affermare che la falesia è afflitta da un processo morfodinamico in atto che conduce ad una progressiva degradazione della parete con ripercussioni negative sulla stabilità della scarpata strutturale, soggetta a rischio crolli. L'intensità e l'attività del fenomeno gravitativo conduce ad un alto livello di pericolosità e rischio in riferimento agli elementi potenzialmente coinvolti, come persone, strutture ed infrastrutture ivi presenti.

Risulta necessario eseguire interventi di messa in sicurezza immediati a protezione delle strutture ed infrastrutture ubicate immediatamente a valle della falesia di Colle Aprutina ed in particolare per la salvaguardia e l'incolumità delle persone che possono essere direttamente ed indirettamente coinvolte dall'evoluzione delle elevate pericolosità riscontrate.

Le opere strutturali di consolidamento della parete rocciosa ritenute, congiuntamente ai tecnici progettisti dell'intervento, più idonee in relazione alle condizioni litologiche e geomorfologiche dell'area presa in esame ed al tipo di dissesto gravitativo riscontrato in sito, sono riconducibili al cosiddetto "rafforzamento corticale", completato mediante misure tese alla mitigazione del rischio nei confronti dell'azione delle acque superficiali, prevedendo ad esempio la realizzazione di una rete di regimazione idrica superficiale.

L'obiettivo finale dell'intervento è ottenere una riduzione del grado di rischio da crollo mediante una serie di opere che garantiscono protezione e salvaguardia del territorio posto immediatamente a valle della falesia.

Fermo, Agosto 2013

Il Tecnico

Dott. Savino Salvetti

Geologo Specialista

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE MARCHE

N. 451 Albo Professionale Sezione A (1995)