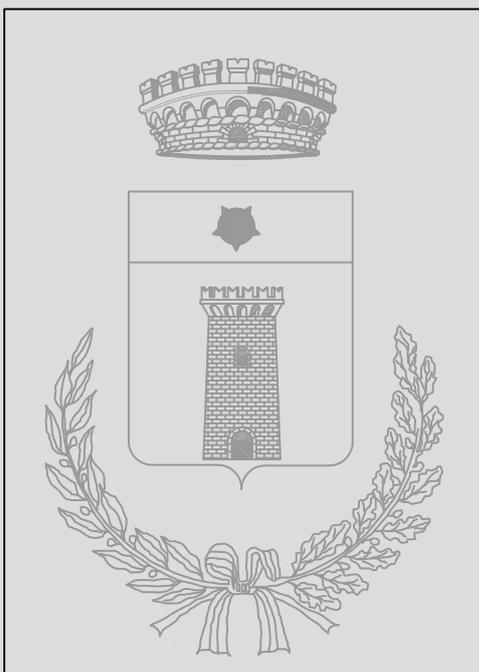


COMUNE DI SASSOFELTRIO



Provincia di Pesaro e Urbino

Assessorato all'URBANISTICA

**Progettista**

architetto ennio cucchiarini

**IL SINDACO:**

Francesco dott. arch. Formoso

ADOTTATO:

CONTRODEDOTTO:

APPROVATO:

PUBBLICATO:

**ELABORATO A.1**

**RELAZIONE  
GEOLOGICA**

SCALA:

PROTOCOLLO FILE:

.....

PROGETTISTA RESPONSABILE : ARCH. ENNIO CUCCHIARINI - ANALISI  
GEOLOGICA: DOTT. GEOL. EDO BIANCHI E PAOLO CIACCI  
INDAGINE BOTANICO - VEGETAZIONALE: DOTT. AGR. ROBERTO  
VENTURINI  
INDAGINE AMBIENTALE ED ACUSTICA: DOTT.SSA GEOL. DANIELA  
TONINI



## SOMMARIO

1.	<b>GENERALITÀ</b> .....	2
2.	<b>USO DEL TERRITORIO - VINCOLI</b> .....	3
3.	<b>MORFOLOGIA</b> .....	5
4.	<b>GEOLOGIA GENERALE</b> .....	6
5.	<b>FORMAZIONI GEOLOGICHE AFFIORANTI</b> .....	7
6.	<b>TETTONICA</b> .....	11
7.	<b>IDROLOGIA SUPERFICIALE</b> .....	11
8.	<b>IDROGEOLOGIA DELLE FALDE IDRICHE PROFONDE</b> .....	12
9.	<b>PIANO STRALCIO DELL'AUTORITÀ INTERREGIONALE DI BACINO MARECCHIA-CONCA</b> .....	13
10.	<b>CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA</b> .....	14
10.1	<i>Rischio sismico – Elementi di valutazione</i> .....	14
10.2	<i>Macrozonazione sismica (livello regionale)</i> .....	15
10.3	<i>Categoria di sottosuolo (NTC 2008 – D.M. 14 Gennaio 2008)</i> .....	17
10.4	<i>Categoria topografica (NTC 2008 – D.M. 14 Gennaio 2008)</i> .....	19
11.	<b>PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI</b> .....	19
11.1	<i>Parametri geotecnici caratteristici</i> .....	19
11.1.1	<i>Formazione delle Argille Varicolori della Val Marecchia (AVR)</i> .....	20
11.1.2	<i>Formazione di Monte Morello (MLL)</i> .....	20
11.1.3	<i>Formazione di Sillano (SIL)</i> .....	20
11.1.4	<i>Formazione della Gessoso Solfifera (GES)</i> .....	21
11.1.5	<i>Formazione delle Argille Azzurre (FAA) (FAAc)</i> .....	21
12.	<b>VERIFICHE DI STABILITÀ DEI VERSANTI</b> .....	21
12.1	<i>Verifiche in condizioni statiche (Prima del sisma)</i> .....	25
12.2	<i>Verifiche in condizioni dinamiche (Durante il sisma)</i> .....	25
12.3	<i>Verifiche in condizioni statiche (Dopo il sisma)</i> .....	25
12.4	<i>Valutazioni sovrappressioni e degradazione dei parametri</i> .....	26
12.5	<i>Metodologia di esecuzione delle verifiche di stabilità</i> .....	29
13.	<b>ATTRIBUZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA E SISMICA</b> .....	29
13.1	<i>Classi di pericolosità geologica</i> .....	30
13.2	<i>Zone a maggior pericolosità sismica locale</i> .....	31
14.	<b>SCHEDE GEOLOGICHE-GEOTECNICHE DELLE AREE POSTE IN VARIANTE</b> .....	32
15.	<b>ELENCO DELLE TAVOLE</b> .....	33
16.	<b>ELENCO DEGLI ALLEGATI</b> .....	33



# **COMUNE DI SASSOFELTRIO PROVINCIA DI PESARO E URBINO**

## **STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO E SISMICO SULLE AREE DI NUOVA PREVISIONE URBANISTICA DEL PIANO REGOLATORE GENERALE – VARIANTE 2010 –**

*Committente: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SASSOFELTRIO (PU)*

### **RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

#### **1. GENERALITÀ**

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Sassofeltrio i professionisti incaricati Edo Geol. Bianchi e Paolo Geol. Ciacci hanno eseguito lo studio geologico-geomorfologico ed idrogeologico del territorio comunale di Sassofeltrio.

Le carte di base: Carta Geologica-Geomorfologica e Carta Idrogeologica sono state redatte sulla base delle informazioni bibliografiche attualmente disponibili ed integrate con studi, rilievi e verifiche dirette in sito.

**STUDIO DI GEOLOGIA E GEOTECNICA DI EDO BIANCHI**

Via Salita Ponchielli, 2 – 61013 Mercatino Conca (PU)

Tel. e Fax: 0541- 972203 E-mail: edo-bianchi@libero.it

**STUDIO DI GEOLOGIA E GEOTECNICA DI PAOLO CIACCI**

Corso Europa, 131 – 61013 Fratte di Sassofeltrio (PU)

Tel. e Fax: 0541 - 974600 E-mail: paolo\_ciacci@libero.it

## **2. USO DEL TERRITORIO - VINCOLI**

Buona parte del territorio comunale di Sassofeltrio è adibito ad uso agricolo ed è coltivato a cereali e foraggio oppure rappresenta il pascolo basso-appenninico.

L'economia locale, poco redditizia dal punto di vista agricolo, produce uno spopolamento delle zone agricole con abbandono dei fondi in precedenza coltivati; vaste aree di territorio rimangono quindi incolte e perdono la loro produttività ed il loro valore naturale; tale situazione favorisce il dissesto idrogeologico con la propensione alla instabilità dei versanti in particolare quelli di natura argillosa.

Pascolo e rimboschimenti nelle zone di collina sono invece in modesto aumento.

Il progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) rappresenta uno strumento di pianificazione circa l'utilizzo del territorio comunale in riferimento alle aree critiche emerse dagli studi del Piano di Bacino, aree che risultano soggette a frane attive o quiescenti oppure nelle zone di pertinenza dei corsi d'acqua, delle falde di subalveo e dei terrazzi alluvionali ad essi connessi.

Il territorio comunale di Sassofeltrio è soggetto in gran parte a vincolo idrogeologico (*vedi stralcio cartografico di figura 1*).

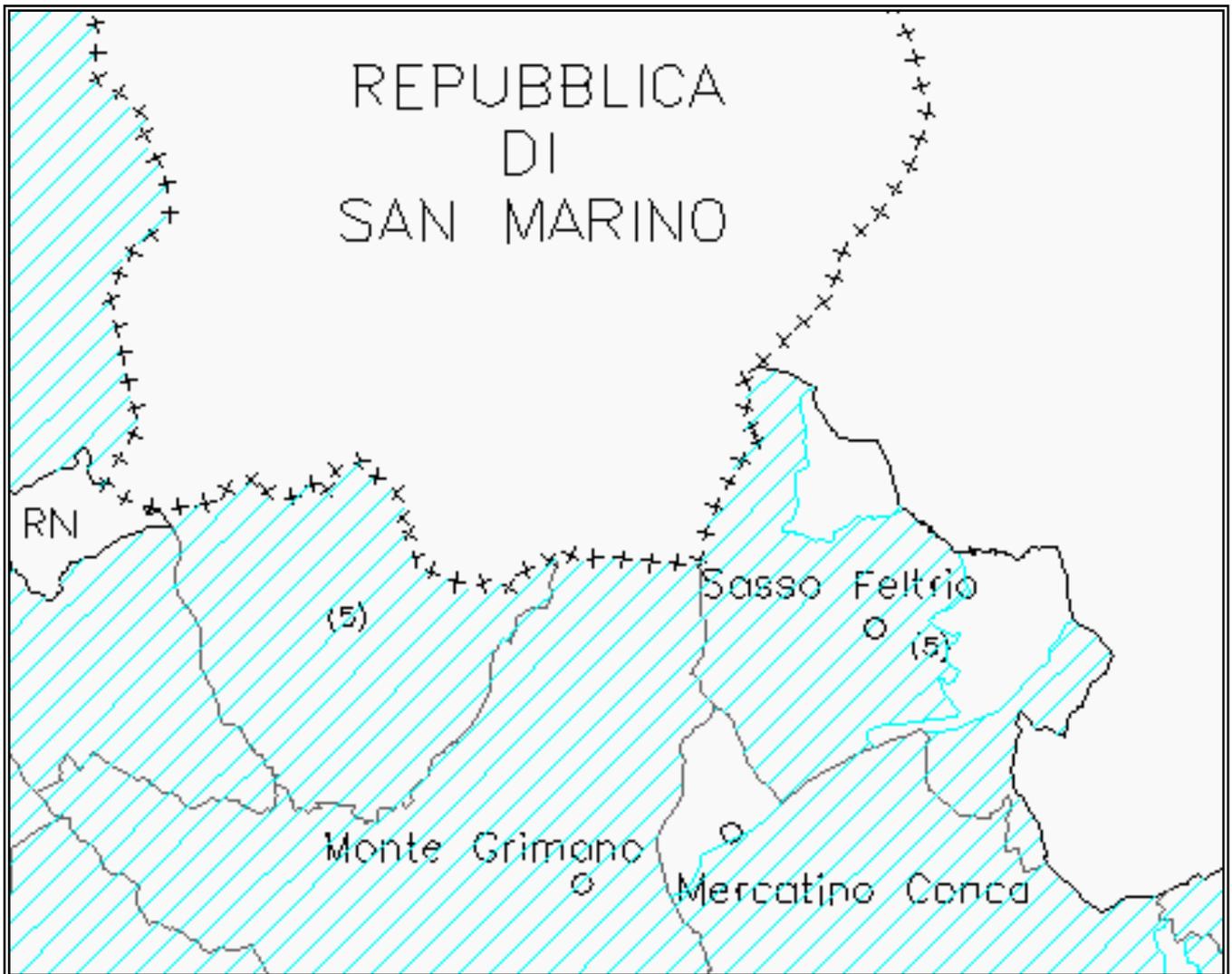


Figura 1: Aree sottoposte a vincolo idrogeologico ( R.D.L. 3267/23)

### **3. MORFOLOGIA**

Il territorio del Comune di Sassofeltrio, riportato sui fogli n° 108 - 109 della carta dell'I.G.M. 1:100.000 ha un'estensione complessiva di circa 30 Km<sup>2</sup>. ed è ubicato geograficamente sulle prime propaggini collinari prospicienti la costa Romagnola, lungo la valle del fiume Conca.

E' delimitato a Sud-Est dal fiume Conca e dal territorio comunale di Mercatino Conca, ad Est dal territorio comunale di Gemmano, a Nord-Est dal territorio comunale di Montescudo di Montescudo, a Nord-Ovest dalla Repubblica di San Marino e ad Ovest dal territorio comunale di Montegrimano Terme.

Morfologicamente il paesaggio naturale ha un aspetto collinare, ben marcato ed accidentato in conseguenza alla diversità dei litotipi e delle formazioni geologiche affioranti.

Le zone più alte sono rappresentate dalla dorsale Monte della Valle Monte San Paolo Monte Grillo con quote assolute di 830,0 - 860,0 mt. sul livello del mare, mentre l'abitato di Sassofeltrio è posto su un dosso morfologico stretto ed allungato, di natura gessosa, emergente dalla valle del Conca con quote di 468,0 mt. s.l.m.

La rete idrografica principale è rappresentata dal torrente Conca che taglia il territorio comunale con direzione da Sud-Ovest verso Nord-Est, l'asta fluviale rappresenta la parte più bassa con quote 200 - 250,0 mt. s.l.m.; qui le zone pianeggianti sono limitate alla fascia del fondovalle alluvionale ed ai terrazzi laterali sopraelevati di circa 30 metri rispetto al fondovalle; sul terrazzo laterale in sinistra orografica sorge l'abitato di Fratte.

#### 4. GEOLOGIA GENERALE

Il territorio ricade nella fascia di affioramento della **Colata Gravitativa della Valmarecchia** che si ferma poco a est contro una struttura a pieghe a tipico assetto appenninico (*anticlinale Montefiore-Gemmano-Montescudo*). I terreni affioranti appartengono al complesso alloctono, denominato nella geologia regionale "**Complesso caotico eterogeneo**".

Si tratta di formazioni eterogenee di età Eocene-Miocene non depositate localmente in bacini marini, ma trasportate su piani inclinati da forti colate gravitative sottomarine che scardinavano ed inglobavano le formazioni incontrate durante il percorso.

Per questi motivi in gran parte dell'area comunale sono frequenti grossi alloctoni rocciosi, fratturati e fagliati in modo complesso, e distribuiti indistintamente nelle argille scagliose di base che li inglobano sempre totalmente.

Caratteristica del territorio comunale e delle sue adiacenze è la presenza di ammassi gessosi di medie e grosse dimensioni (**Monte del Gesso, Monte di Sassofeltrio, Monte Giardino**) che affiorano in continuità stratigrafica con argille mioceniche all'interno di un complesso geologico denominato "*Formazione di Casa i Gessi*".

## 5. FORMAZIONI GEOLOGICHE AFFIORANTI

In geologia con il termine "*formazione*", si indica un insieme di rocce affioranti in una determinata area dotate di comuni caratteristiche. In generale le caratteristiche che sono considerate sono:

- età della roccia;
- composizione litologica e mineralogica;

Esistono anche altri criteri, come l'aspetto, il colore o altre caratteristiche che possono facilitare l'identificazione di una formazione. Il nome che è dato ad una formazione può derivare oltre che dall'aspetto litologico e dal contenuto in fossili, anche dalla località tipica in cui la formazione affiora. Inoltre a volte il nome di una formazione può derivare da denominazioni storiche o da voci popolari. La storia geologica del territorio Comunale di Sassofeltrio è legata ad un particolare fenomeno geodinamico chiamato **Coltre della Val Marecchia**, che contraddistingue la fascia di Appennino compresa tra i fiumi Savio e Conca. Dal Cretacico al Pliocene si sono susseguiti alternati fenomeni tettonici, movimenti complessi della crosta terrestre, che hanno determinato lo spostamento di terreni che si sono formati in zone assai diverse dalle attuali. I terreni della Coltre della Val Marecchia per questo motivo sono detti **alloctoni**. Sono invece detti **autoctoni** i terreni che trovano in posizioni immutate o solo leggermente spostate rispetto a quelle originarie di sedimentazione. Nel piccolo territorio del Comune di Sassofeltrio affiorano ben nove tipi diversi di formazioni che sono divisibili in tre gruppi secondo considerazioni legate all'età ed alla storia geologica:

### -Unità Alloctone Liguri

Sono i terreni più antichi tra quelli affioranti nel Comune di Sassofeltrio e si sono depositati in un antico bacino marino detto "Oceano Ligure Piemontese".

-Argille Varicolori della Val Marecchia (AVR)

-Formazione di Monte Morello (MLL)

-Formazione di Sillano (SIL)

### **-Unità Alloctone Epiliguri**

Anche questi terreni sono alloctoni, si sono depositati in varie fasi sopra le unità Liguri.

- Formazione di Acquaviva (AQV)
- Argille di Casa i Gessi (CGE)
- Evaporiti (EVA) (ge)

### **-Unità autoctone - Successione Umbro Marchigiano Romagnola**

Queste formazioni rappresentano i termini più recenti della Successione Umbro Marchigiano Romagnola, i cui termini più antichi risalgono al mesozoico ed affiorano nei massicci dell'Appennino Umbro Marchigiano.

- Formazione delle Argille Azzurre (FAA) e (FAAc)

**Argille Varicolori della Val Marecchia (AVR)** - Affiorano su gran parte del territorio del Comune di Sassofeltrio e sono costituite da argille di colore molto variabile. Il colore predominante è il grigio, con frequenti variazioni di tonalità, fino al rosso mattone. L'estesa fratturazione che suddivide le argille in scaglie di dimensioni millimetriche o centimetriche, determinandone il caratteristico aspetto, è l'eredità della tormentata storia geologica, così come la presenza di blocchi rocciosi di varie dimensioni e natura (calcari, calcari marnosi, marne e arenarie). Le Argille Varicolori della Val Marecchia, note anche come *Argille scagliose*, hanno un'età che va dal Cretacico all'Eocene inferiore e si sono depositate in un mare profondo. Le specie mineralogiche sono numerose ed hanno caratteristiche particolari. La pirite e la marcasite, che hanno stessa composizione chimica ma forma cristallina differente si ritrovano sotto forma di noduli, incrostazioni e cristalli isolati. La calcite si rinviene sotto diverse forme, come le tipiche vene fibrose e le concrezioni discoidali, che erano chiamate popolarmente "scodelle del diavolo". La barite si trova in noduli fibroso raggiati, grigio verdastro o rossastri e si distingue da altri minerali apparentemente simili per l'elevato peso specifico.

**Formazione di Monte Morello (MLL)** - Si rinviene in numerose località del territorio comunale di Sassofeltrio, e presenta un'ampia varietà di litologie, che va da calcari biancastri con selce nera in livelli sottili, ad arenarie torbiditiche brune, calcari marnosi giallastri e grigi e marne ed argille grigio azzurre. I processi deformativi tettonici hanno fratturato e smembrato i calcari, le arenarie, ed i calcari marnosi e ridotto in scaglie le marne e le argilliti. La Formazione di Monte Morello, nota anche come "Alberese", risale all'Eocene medio e superiore e si è originata in un ambiente di piana sottomarina con profondità variabile. I fossili sono scarsi e si limitano a nummuliti (foramminiferi tipici dell'inizio dell'era Terziaria) e a tracce di organismi fossili. Abbondanti sono i minerali, come la calcite e la pirite. La selce si trova in piccoli livelli e noduli di vari colori.

**Formazione di Sillano (SIL)** – Si rinviene nell'isola amministrativa di Valle Sant'Anastasio, in località Cà Albano e Seriola. Si tratta di alternanze di strati di spessore variabile da decimetrico a metrico di peliti grigie e calcari grigio-verdastri. Potenza variabile della Formazione da pochi metri a oltre 300 metri. Il limite stratigrafico inferiore è rappresentato dalle Argille Varicolori, quello superiore, talora eteropico, dalla formazione di Monte Morello. L'ambiente di deposizione è di mare profondo e l'età della Formazione è Cretaceo sup. – Eocene inf.

**Formazione di Acquaviva (AQV)** – L'affioramento principale si sviluppa in direzione Sud-Ovest dal cimitero comunale fino alla località Cà Paciano. Tale formazione prende nome dalla vicina località di Acquaviva della Repubblica di San Marino e presenta una notevole variabilità: alla base si rinvencono conglomerati costituiti da ciottoli calcarei ben arrotondati in matrice arenacea, che lateralmente e verso l'alto passano ad arenarie giallastre e brune con frequenti intercalazioni argillose. La formazione di Acquaviva risale al Tortonianiano. Le arenarie, facilmente alterabili, sono chiamate con il termine popolare di «tuff» (tufo), che in genere indica una roccia con granulometria arenitica.

**Argille di Casa i Gessi (CGE)** – Affiorano in diverse aree del territorio comunale di Sassofeltrio. Sono costituite da argille di colore grigio chiaro, fratturate irregolarmente, che verso l'alto passano ad arenarie e marne, con livelli carboniosi. L'ambiente deposizionale è assimilabile ad un bacino marino di media profondità. L'età è Messiniano inferiore.

**Formazione della Gessoso-Solfifera (GES)** – Sono rappresentati da gesso selenitico da grigio a giallastro, alternato a livelli di arenarie gessose, con frequenti intercalazioni argillose ed arenacee. Gli affioramenti principali sono costituiti dai rilievi su cui sorgono il capoluogo comunale Sassofeltrio e le località di Gesso, Le Ville del Gesso ed il retrostante monte del Gesso. Le Evaporiti sono interessate da fratture aperte o riempite da sabbia e limo. L'età è Messiniano superiore e l'ambiente di deposizione corrisponde ad un bacino marino non troppo profondo sottoposto a forte evaporazione. I cristalli di **gesso selenitico** (geminati «a coda di Rondine») possono raggiungere anche grandi dimensioni. Gli affioramenti di gesso presenti nella zona sono stati utilizzati e sfruttati per ottenere materiali da costruzione (gesso e scagliola). Alcune importanti cave sono ancora attive (Monte del Gesso). Olistoliti della formazione della Gessoso-Solfifera (**ge**) si rinvencono nella località di Molino Renzini.

**Formazione delle Argille Azzurre (FAA)** - Si rinvencono in maniera estesa in corrispondenza dell'abitato di Fratte e delle località di Molino Renzini, Cà Maggio, Cà La Palma e Il Poggio. Sono costituite da argille limose grigio azzurre in strati non molto spessi, talora fratturati, con frequenti livelli sabbiosi (**FAAc**). Si sono depositate nel Pliocene inferiore in un bacino marino con ambienti variabili.

## **6. TETTONICA**

La tettonica gravitativa presenta frequenti fenomeni di dislocazione (faglie, pieghe-faglie, fratture) e le formazioni rocciose più rigide si presentano frequentemente fratturate con andamento preferenziale delle dislocazioni Nord-Ovest, Sud-Est.

In corrispondenza di tali elementi tettonici si insediano in superficie le vie preferenziali di drenaggio delle acque di precipitazione e dei fenomeni sorgentizi principali; sul terreno e dalle foto aeree sono riconoscibili da incisioni profonde e abbondante vegetazione arborea dovuta alla costante presenza di deflusso delle acque.

## **7. IDROLOGIA SUPERFICIALE**

La rete idrografica superficiale, ben marcata e intensa, è segnata dal passaggio del torrente Conca per un tratto di circa 8 Km. sul lato Sud; la direzione di scorrimento è da Sud-Ovest verso Nord-Est.

Il fiume, qui nel suo tratto medio, ha inciso una valle ampia e profonda con vari ordini di terrazzi alluvionali, alcuni dei quali sono stati rierosi quasi per intero e risultano quindi poco riconoscibili sul terreno.

La pendenza del tratto fluviale in oggetto risulta medio-bassa e rappresenta una zona di accumulo in sovralluvionamento dove si depositano i materiali solidi grossolani trasportati dalla corrente e non più in equilibrio con la diminuita energia di trasporto conseguente alla diminuita pendenza dell'alveo stesso.

Lo spessore delle ghiaie varia dai 3,00 mt. ai 6,00 mt., con forma concava del deposito alluvionale all'interno della valle e dei paleoalvei.

Il dissesto idrogeologico generale del Conca e l'escavazione incontrollata in alveo degli anni settanta non ha risparmiato neppure questo tratto di fiume e ne sono tuttora evidenti i segni:

- **Frane e smottamenti lungo i versanti prospicienti l'alveo;**
- **Modificazioni del regime idraulico del fiume con necessità di regimazioni delle sponde per pericoli di erosione delle stesse ed alluvionamenti laterali con particolare riferimento all'abitato di Molino Renzini.**

La rete idrografica in ringiovanimento, secondaria del Conca, è formata da fossi laterali che convogliano le loro acque con percorsi brevi e tortuosi nell'alveo del torrente Conca; i fossi hanno un alto potere erosivo che si attua principalmente durante le precipitazioni di maggior intensità e durata, provocando fenomeni erosivi più accentuati nelle zone di affioramento delle litologie argillose.

Altro corso importante è il torrente di Valle S. Anastasio, il cui bacino imbrifero non si estende completamente all'interno del territorio Comunale, nascendo dal Monte Grillo in territorio di Monte Grimano Terme e confluendo nel torrente di S. Marino.

Il regime è torrentizio con portata minima e/o assente nella stagione secca; va soggetto a piene improvvise, forti e di breve durata, in coincidenza di fenomeni piovosi intensi.

La limitazione dei fenomeni di dissesto idrogeologico dei versanti, già in atto in modo esteso, può avvenire con la regimazione dei fossi e torrenti per mezzo di sistemi di briglie programmate atte a diminuire la pendenza motrice; questi interventi oltre alla stabilizzazione di vaste aree instabili permetterebbero il rallentamento dell'azione morfogenetica delle acque selvagge e incanalate.

Le potenzialità di inquinamento del Conca sono per lo più modeste e dovute ai soli scarichi urbani, non esistono per il momento fonti di inquinamento industriale e/o chimico.

## **8. IDROGEOLOGIA DELLE FALDE IDRICHE PROFONDE**

Il regime idrico profondo risente delle caratteristiche idrogeologiche e di permeabilità delle unità formazionali nonché della situazione tettonica e strutturale locale.

Formazioni parzialmente permeabili (*semipermeabili*) sono considerate le Rocce gessose e calcareo-marnose dell'Alberese, che sono sede di circolazione idrica profonda all'interno delle fessurazioni; qui in presenza di situazioni stratigrafiche e tettoniche favorevoli (banchi calcarei sovrapposti a strati impermeabili, faglie, fratture, ecc.) possono venire a giorno manifestazioni sorgentifere di un certo interesse. L'area posta sulla dorsale Monte della Valle, Monte San Paolo, Monte Grillo, specialmente il versante rivolto a Nord-Ovest, è ricchissimo di sorgenti ed emergenze idriche là dove risultano situazioni locali particolari. Studi idrogeologici indirizzati a ricerche per fonti di approvvigionamento idrico

hanno riscontrato fenomeni sorgentiferi diffusi e dispersi su una zona molto estesa, con poche possibilità di captazione di quantità idriche significative per l'acquedotto locale che in condizioni di prolungata siccità entra in crisi.

Importanza predominante rivestono le alluvioni di fondovalle del torrente Conca, di natura ghiaioso calcarea grossolana rimpinguate costantemente dalle acque di scorrimento superficiale del fiume; il comportamento ed i potenziali della falda di subalveo sono abbastanza conosciuti e lungo il corso sono ubicate le opere di captazione (pozzi - dreni) dei principali acquedotti pubblici dei Comuni limitrofi.

Dato il regime torrentizio del Conca, che durante le stagioni siccitose risulta privo dello scorrimento superficiale, si produce un impoverimento della falda di subalveo con carenza nell'approvvigionamento idrico delle opere di presa menzionate.

## **9. PIANO STRALCIO DELL'AUTORITÀ INTERREGIONALE DI BACINO MARECCHIA-CONCA**

Il piano stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico del bacino interregionale Marecchia-Conca (di seguito denominato P.A.I.) viene definito dal legislatore quale **“strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio comunale di Sassofeltrio”**.

In termini generali la normativa di attuazione del Piano è diretta a disciplinare le destinazioni d'uso del territorio, attraverso prescrizioni puntuali su ciò che è consentito e ciò che è vietato realizzare, in termini di interventi opere ed attività, nelle aree a pericolosità elevata e molto elevata (*artt. 14 e 16 delle norme del P.A.I.*) e nelle fasce di territorio di pertinenza dei corsi d'acqua, nelle fasce con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni e nelle fasce di alta vulnerabilità idrologica. (*art. 9 delle norme del P.A.I.*).

La cartografia in scala 1:10.000 di Tavola A.2.a riporta i tematismi cartografati dal P.A.I. nel territorio comunale di Sassofeltrio. Nella Tavola A.2.b sono riportate le aree poste in

variante, dove si evidenzia **la loro non interferenza con i tematismi del P.A.I.**, su tali aree si esprime un parere preliminare favorevole all'idoneità geologica delle stesse, fermo restando la necessità di appropriate ed approfondite indagini geologiche e simiche in accordo con le Norme Tecniche Vigenti (N.T.C. 2008). L'esito di tali indagini è riportato nelle schede geotecniche, riportate in allegato alla presente relazione, redatte per ciascuna delle aree poste in variante. Nella stessa Tavola A.2.b, per completezza di esposizione, sono state riportate anche le aree facenti parte dell'attuale P.R.G.

## 10. CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA

In questa fase di redazione si prende in considerazione il livello-base di rischio sismico del territorio comunale di Sassofeltrio e si analizza la possibilità che si verifichino i danni ad esso collegati nell'eventualità che nella località si verifichi il terremoto massimo atteso.

### 10.1 Rischio sismico – Elementi di valutazione

Il rischio sismico di un'area a scala regionale è determinato da diversi fattori:

- 1 **La pericolosità sismica** o meglio l'accelerazione sismica o lo spettro di risposta;
- 2 **La risposta sismica** locale in relazione alle condizioni geologiche-geomorfologiche locali;
- 3 **La vulnerabilità** del patrimonio edilizio esistente;
- 4 **L'esposizione al terremoto** cioè carico demografico e densità edilizia dell'area.

La **pericolosità sismica** è valutabile a scala regionale e **non è modificabile**. Gli altri fattori quali: **la risposta sismica locale, la vulnerabilità, l'esposizione al terremoto**, sono valutabili a scala locale e su di essi è possibile intervenire **per cercare di mitigarli** almeno in parte. In conclusione si può affermare che **"il rischio sismico di un territorio comunale"** è composto da un livello base o **pericolosità sismica della località (area vasta)** non modificabile, e da variazioni di **risposta sismica locale**.

## **10.2 Macrozonazione sismica (livello regionale)**

Per quanto riguarda la **valutazione della pericolosità sismica a scala regionale** la Regione Marche ha promosso studi di **macrozonazione sismica** del territorio regionale. Tali studi consistono nella individuazione generale della pericolosità sismica del territorio, fornendo una visione generale del potenziale sismico di un'ampia area e individuando prioritariamente le aree sismiche e quelle non sismiche, ed hanno permesso di suddividere il territorio della Regione in tre livelli di pericolosità sismica.

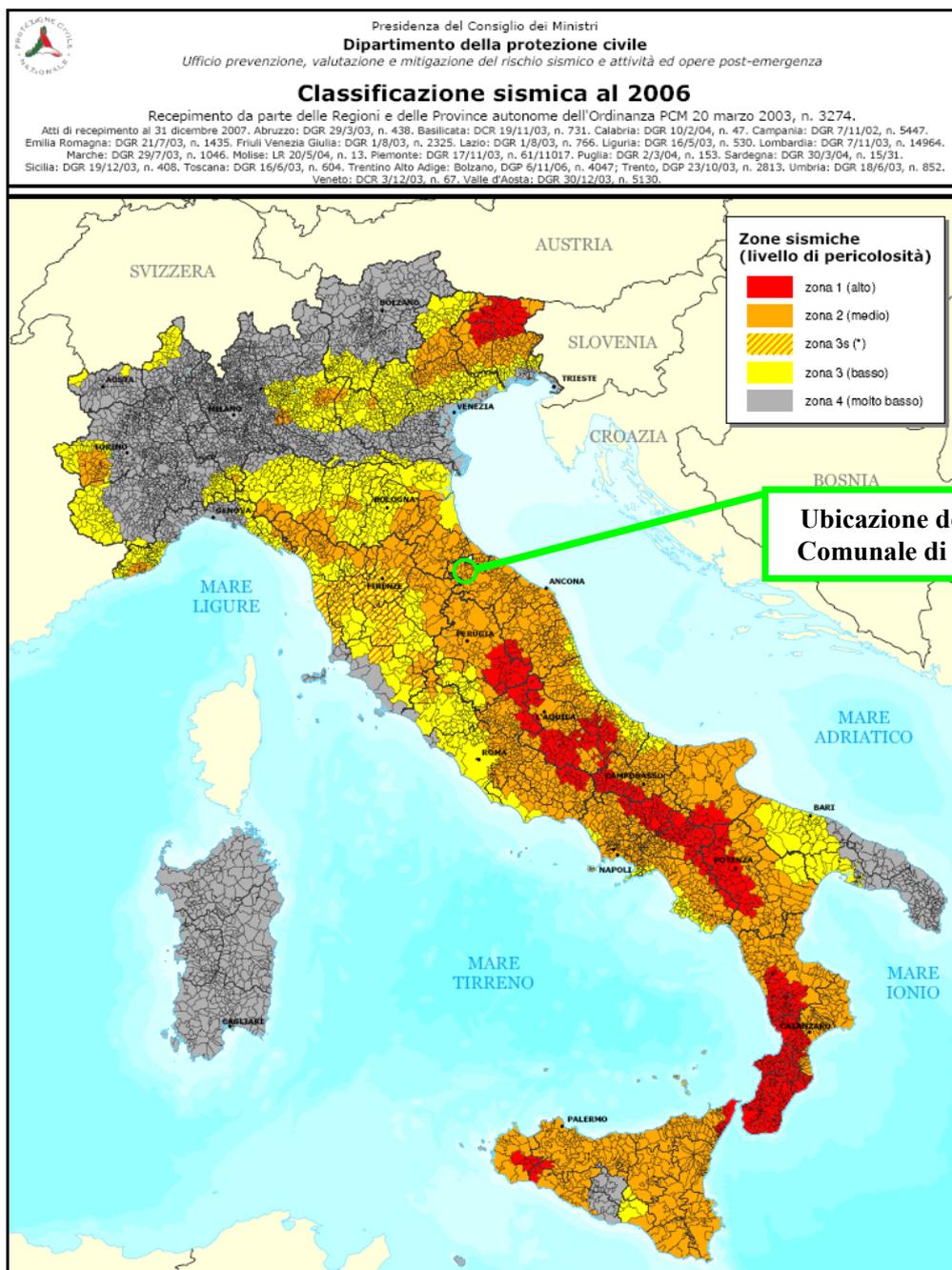
- 1 Livello A** (*rischio sismico elevato*)
- 2 Livello B** (*rischio sismico medio*)
- 3 Livello C** (*rischio sismico basso*)

L'intero territorio del Comune di Sassofeltrio è stato classificato a **Rischio sismico basso – Livello C**.

La macrozonazione del territorio italiano è stata recentemente aggiornata nell'ambito dell'**O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003** ("Criteri generali per la riclassificazione sismica del territorio nazionale etc..").

La nuova classificazione distingue quattro zone: le prime tre corrispondono alle vecchie zone definite dalla vecchia **L. n°64 del 02/02/1974**; la quarta è invece di nuova introduzione ed in essa è data facoltà alle regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica.

Il territorio comunale di Sassofeltrio è stato classificato sismicamente come appartenente alla "Zona 2" con livello di pericolosità medio, come risulta dall'analisi della mappa della zonazione sismica del territorio italiano redatta dal Dipartimento di Protezione Civile, in recepimento dell'ordinanza n°3274 del 20 marzo 2003, riportata in pagina seguente.



**Classificazione sismica del territorio Italiano al 2006**

Con l'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 (*NTC 2008*) la stima della pericolosità sismica viene definita in base alle caratteristiche del sito in oggetto e non più tramite un criterio dipendente dalla zona sismica.

L'azione sismica di progetto, sulla base della quale valutare gli stati limite, viene definita a partire dalla pericolosità di base del sito.

Per la stima della pericolosità sismica devono essere noti:

1. La categoria di sottosuolo;
2. La categoria topografica del sito;
3. Le coordinate geografiche del sito;
4. I nodi del reticolo di riferimento;
5. La Classe d'uso e la Vita nominale dell'opera.

Nell'ambito dello studio geologico generale della variante al PRG in oggetto, vengono indicate solamente la categoria di sottosuolo e la categoria topografica. Gli altri elementi dovranno essere valutati in sede di progettazione esecutiva delle opere.

### **10.3 Categoria di sottosuolo (NTC 2008 – D.M. 14 Gennaio 2008)**

Le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” richiedono l'identificazione della categoria di sottosuolo in riferimento ai valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ) entro i primi 30 metri di profondità a partire dal piano di imposta delle fondazioni.

Dal valore di “ $V_{S(30)}$ ” così ottenuto è possibile determinare la “categoria di sottosuolo” del terreno in esame, mediante le Tabelle 3.2.II e 3.2.III allegate alle NTC 2008.

*Tabella 3.2.II delle NTC 2008: Categorie di sottosuolo*

A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ 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 $V_{s30}$ 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 – Depositati 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 $V_{s30}$ 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 – Depositati 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 $V_{s30}$ 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 delle NTC 2008: Categorie aggiuntive di sottosuolo

S1 – Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30}$ 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.

Vista l'impossibilità economica di realizzare, per ogni singola area posta in variante, delle indagini sismiche puntuali, al fine di determinare la categoria di sottosuolo si è fatto riferimento alle indagini sismiche\* condotte su alcune aree ritenute rappresentative delle varie litologie (*formazioni geologiche*) riscontrabili nel territorio del Comune di Sassofeltrio.

Si sono quindi eseguite varie indagini sismiche con metodologia HVSR, di seguito schematicamente elencate ed i cui risultati sono riportati in allegato alla presente relazione:

- Area 1 – località Castello di Valle Sant'Anastasio – Formazione delle Argille Varicolori  
Indagine sismica HVSR:  $V_{s(30)} = 391 \div 469$  **Categoria di sottosuolo B**
- Area 2 – località Cà Madone (S.P. N°87) – Formazione delle Argille Varicolori  
Indagine sismica HVSR:  $V_{s(30)} = 366 \div 438$  **Categoria di sottosuolo B**
- Area 5 – località Mulino Renzini – Formazione delle Argille Azzurre  
Indagine sismica HVSR:  $V_{s(30)} = 467 \div 528$  **Categoria di sottosuolo B**
- Area 8 – località Cà Antonietta – Formazione delle Argille Varicolori  
Indagine sismica HVSR:  $V_{s(30)} = 380 \div 456$  **Categoria di sottosuolo B**
- Area 12 – località Campolungo (S.P. n°71) – Formazione di Monte Morello  
Indagine sismica HVSR:  $V_{s(30)} = 490 \div 618$  **Categoria di sottosuolo B**
- Area 20 – località Cà Micci di Valle Sant'Anastasio – Formazione di Sillano  
Indagine sismica HVSR:  $V_{s(30)} = 398 \div 487$  **Categoria di sottosuolo B**

Sulla scorta delle indagini sismiche eseguite sulle aree rappresentative, valutate inoltre le condizioni litologiche, stratigrafiche e geotecniche ottenute dalle prove in sito (*Prove penetrometriche CPT, DPSH e SCPT*) è stata attribuita, in prima approssimazione, a tutte le aree poste in variante la **categoria di sottosuolo di tipo B**.

\* HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura): indagine sismica per la misura della frequenza di risonanza del sottosuolo e classificazione del terreno di fondazione in base alle norme tecniche sulle costruzioni ( $V_{s30}$ ; NTC 2008).

**10.4 Categoria topografica (NTC 2008 – D.M. 14 Gennaio 2008)**

Per l'assegnazione della categoria topografica si fa riferimento alla tabella 3.2.IV (*categorie topografiche*) contenuta nelle NTC 2008 e di seguito riportata:

*Tabella 3.2.IV delle NTC 2008: Categorie topografiche*

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 $i > 30^\circ$

La categoria topografica di ogni singola area posta in variante al PRG di Sassofeltrio è stata definita sulla base della tabella 3.2.IV sopra riportata ed indicata nella relativa scheda geologica e geotecnica.

**11. PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI**

Le caratteristiche fisico meccaniche dei terreni appartenenti alle varie Formazioni affioranti nel territorio comunale di Sassofeltrio, e descritte nel capitolo 5 della presente relazione, sono state determinate attraverso l'elaborazione delle prove penetrometriche eseguite direttamente sulle aree previste in variante e sulla base dei risultati di analisi di laboratorio eseguite su campioni di terreno prelevati nel corso delle indagini stesse; ci si è avvalsi inoltre dei risultati di numerose analisi di laboratorio pregresse.

**11.1 Parametri geotecnici caratteristici**

Per la valutazione e la scelta dei parametri geotecnici caratteristici, da utilizzare nelle verifiche analitiche di stabilità dei versanti, secondo quanto indicato nelle **Istruzioni del CSLP**, "*appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno*". Poiché il volume significativo di una ipotetica superficie di scivolamento è notevole, i parametri caratteristici sono uguali ai valori medi.

Di seguito si elencano quindi i parametri geotecnici caratteristici delle varie formazioni affioranti nelle aree oggetto della presente variante, distinguendo per ognuna di esse:

- *Coltre di copertura superficiale*
- *Substrato decompresso*
- *Substrato compatto di base*

#### **11.1.1 Formazione delle Argille Varicolori della Val Marecchia (AVR)**

- **Coltre di copertura superficiale**  
 $\gamma = 1,80 \text{ t/mc}$                        $\varphi' = 19^\circ \div 21^\circ$   
 $c' = 0,15 \div 0,30 \text{ t/mq}$                $c_u = 3,00 \div 5,00 \text{ t/mq}$
- **Substrato decompresso**  
 $\gamma = 1,90 \text{ t/mc}$                        $\varphi' = 21^\circ \div 23^\circ$   
 $c' = 0,80 \div 1,00 \text{ t/mq}$                $c_u = 8,00 \div 10,00 \text{ t/mq}$
- **Substrato compatto di base**  
 $\gamma = 2,00 \text{ t/mc}$                        $\varphi' = 24^\circ$   
 $c' = 1,80 \div 2,00 \text{ t/mq}$                $c_u = 18,00 \div 20,00 \text{ t/mq}$

#### **11.1.2 Formazione di Monte Morello (MLL)**

- **Coltre di copertura superficiale**  
 $\gamma = 1,90 \text{ t/mc}$                        $\varphi' = 22^\circ \div 24^\circ$   
 $c' = 0,40 \div 0,60 \text{ t/mq}$                $c_u = 2,00 \div 4,00 \text{ t/mq}$
- **Substrato decompresso**  
 $\gamma = 1,90 \text{ t/mc}$                        $\varphi' = 23^\circ \div 25^\circ$   
 $c' = 0,60 \div 0,70 \text{ t/mq}$                $c_u = 3,50 \div 10,0 \text{ t/mq}$
- **Substrato compatto di base**  
 $\gamma = 2,00 \text{ t/mc}$                        $\varphi' = 25^\circ \div 29^\circ$   
 $c' = 1,00 \div 1,50 \text{ t/mq}$                $c_u = 20,0 \div 25,0 \text{ t/mq}$

#### **11.1.3 Formazione di Sillano (SIL)**

- **Coltre di copertura superficiale**  
 $\gamma = 1,90 \text{ t/mc}$                        $\varphi' = 21^\circ \div 23^\circ$   
 $c' = 0,30 \div 0,40 \text{ t/mq}$                $c_u = 2,00 \div 4,00 \text{ t/mq}$
- **Substrato decompresso**  
 $\gamma = 1,90 \text{ t/mc}$                        $\varphi' = 23^\circ \div 24^\circ$   
 $c' = 0,40 \div 0,60 \text{ t/mq}$                $c_u = 9,0 \div 11,0 \text{ t/mq}$
- **Substrato compatto di base**  
 $\gamma = 2,00 \text{ t/mc}$                        $\varphi' = 26^\circ$   
 $c' = 2,50 \div 3,50 \text{ t/mq}$                $c_u = 14,0 \div 20,0 \text{ t/mq}$

**11.1.4 Formazione della Gessoso Solfifera (GES)**

- **Coltre di copertura superficiale e/o materiale di riempimento delle fratture**

$$\gamma = 1,80 \text{ t/mc}$$

$$\varphi' = 21^\circ \div 23^\circ$$

$$c' = 0,50 \div 1,20 \text{ t/mq}$$

$$c_u = 4,00 \div 6,00 \text{ t/mq}$$

- **Substrato compatto di base**

$$\gamma = 2,20 \text{ t/mc}$$

$$\varphi' = 34^\circ \div 42^\circ$$

$$c' = 5,00 \div 7,00 \text{ t/mq}$$

$$c_u = 30,0 \div 37,0 \text{ t/mq}$$

**11.1.5 Formazione delle Argille Azzurre (FAA) (FAAc)**

- **Coltre di copertura superficiale**

$$\gamma = 1,90 \text{ t/mc}$$

$$\varphi' = 21^\circ \div 23^\circ$$

$$c' = 0,15 \div 0,25 \text{ t/mq}$$

$$c_u = 4,00 \div 6,00 \text{ t/mq}$$

- **Substrato decompresso**

$$\gamma = 1,90 \text{ t/mc}$$

$$\varphi' = 23^\circ \div 24^\circ$$

$$c' = 1,00 \div 1,50 \text{ t/mq}$$

$$c_u = 10,0 \div 16,0 \text{ t/mq}$$

- **Substrato compatto di base**

$$\gamma = 2,00 \text{ t/mc}$$

$$\varphi' = 24^\circ \div 25^\circ$$

$$c' = 2,00 \div 3,00 \text{ t/mq}$$

$$c_u = 20,0 \div 25,0 \text{ t/mq}$$

I parametri geotecnici utilizzati nei calcoli delle verifiche di stabilità dei versanti tengono conto del valore numerico ottenuto in laboratorio e delle correlazioni esistenti in letteratura geotecnica, che si basano sulla compattezza del terreno misurata in sito con le prove penetrometriche eseguite su ciascuna area posta in variante.

I valori utilizzati nelle verifiche di stabilità sono comunque inferiori oppure compresi entro il "range" di valori caratteristici ottenuti con le analisi di laboratorio sull'unità geotecnica considerata.

**12. VERIFICHE DI STABILITÀ DEI VERSANTI**

In ottemperanza alla normativa di riferimento, vengono eseguite le verifiche di stabilità del pendio considerando le situazioni di prima, durante e dopo il terremoto.

Riguardo al metodo utilizzato per l'analisi dinamica, si è fatto riferimento ai *metodi pseudostatici* (metodi di analisi all'equilibrio limite).

Nei metodi pseudostatici la condizione di stato limite ultimo viene riferita al cinematismo di collasso critico, caratterizzato dal più basso valore del coefficiente di sicurezza,  $F_s$ ,

definito come rapporto tra resistenza al taglio disponibile e sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento effettiva o potenziale.

$$F_s = T_s / T_m$$

L'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come  $F_h = k_h \cdot W$  ed  $F_v = k_v \cdot W$ , con  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove:

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{\max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

$S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ).

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido riferita allo SLV.

I valori di  $\beta_s$  sono i seguenti:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B,C,D,E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

L'analisi di stato limite viene valutata con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici, indicati nel capitolo 11 della presente relazione e riportati anche negli elaborati grafici (*sezioni litostratigrafiche con verifiche di stabilità*).

In ciascuna area studiata, il numero di verticali di indagine è stato tale da permettere una definizione accurata della successione litostratigrafica ed una accurata definizione delle ipotetiche superfici di scivolamento.

In accordo con L'EC7, le verifiche di stabilità sono state condotte seguendo l'APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2), con R2 = 1,1.

I Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (M2) sono i seguenti:

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,25
Coesione non drenata	$c'_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0

Per quanto riguarda la valutazione delle pressioni interstiziali, le verifiche di sicurezza sono state eseguite assumendo, in via cautelativa ed a favore di sicurezza, le condizioni più sfavorevoli che ragionevolmente si possono prevedere.

Il Programma di calcolo utilizzato nelle verifiche è Slope della ditta Geostru. La metodologia di analisi all'equilibrio limite globale considerata è quella formulata da Bishop (*metodo dei conc*).

Le ipotesi generalmente ammesse da quasi tutti i metodi dei conci sono:

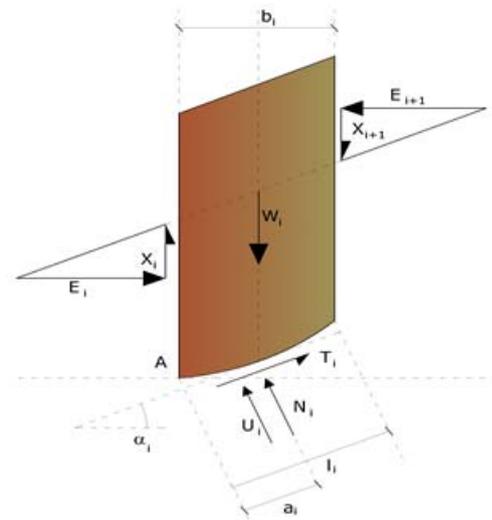
- 1) Stato di deformazione piano (ovvero superficie cilindrica e trascurabilità degli effetti tridimensionali).
- 2) Arco della superficie di scorrimento alla base del conco approssimabile con la relativa corda.
- 3) Comportamento del terreno rigido-perfettamente plastico e criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
- 4) Coefficiente di sicurezza FS eguale per la componente di coesione e per quella di attrito, e unico per tutti i conci.

L'ulteriore ipotesi semplificativa supposta da Bishop è che per ogni conco, la risultante delle componenti nella direzione verticale delle forze agenti sulle facce laterali sia nulla. Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$



In ciascuno dei risultati tabellari di sintesi che seguono si è indicato con:

B = Larghezza del conco;

Alfa = Angolo di inclinazione della base del conco;

L<sub>i</sub> = Lunghezza della base del conco;

W<sub>i</sub> = Peso del conco;

U<sub>i</sub> = Forze derivanti dalle pressioni neutre;

N<sub>i</sub> = forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento;

T<sub>i</sub> = forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento;

F<sub>i</sub> = Angolo di attrito;

c = coesione (c', c<sub>u</sub>).

**12.1 Verifiche in condizioni statiche (Prima del sisma)**

Tali analisi vengono condotte:

- A lungo termine in condizioni drenate (*analisi in termini di tensioni efficaci*).
- Utilizzando i parametri geotecnici caratteristici definiti nel capitolo 11 ( $c'$ ;  $\varphi'$ ).
- Ipotizzando la falda nelle condizioni ragionevolmente più sfavorevoli.

**12.2 Verifiche in condizioni dinamiche (Durante il sisma)**

Tali analisi vengono condotte:

- A breve termine in condizioni non drenate (*analisi in termini di tensioni totali*).
- Utilizzando i parametri geotecnici caratteristici non drenati ( $c_u$ ; con  $\varphi_u = 0$ ) definiti nel capitolo 11. Verrà considerata la degradazione dei parametri stessi per l'insorgere di sovrappressioni interstiziali qualora si verifichino le condizioni esposte nel cap. 12.4.
- Definendo per ogni sezione le componenti statiche equivalenti dell'azione sismica di riferimento.

**12.3 Verifiche in condizioni statiche (Dopo il sisma)**

Per quanto prescritto nelle norme tecniche, in terreni saturi e per valori di  $a_{\max} > 0,15g$ , nell'analisi statica delle condizioni successive al sisma si deve considerare la riduzione della resistenza al taglio indotta da condizioni di carico ciclico a causa dell'incremento delle pressioni interstiziali e della degradazione dei parametri di resistenza.

Tali analisi sono condotte:

- A lungo termine in condizioni drenate (*analisi in termini di tensioni efficaci*).
- Utilizzando i parametri geotecnici caratteristici ridotti a causa delle sollecitazioni cicliche prodotte dal sisma: si sono utilizzati una coesione nulla ( $c' = 0$ ) e un angolo di resistenza al taglio degradato ( $\varphi'_{cv}$ ), valutato sulla base di esperienze di laboratorio eseguite su terreni con caratteristiche simili.
- Valutando la possibilità che possano insorgere sovrappressioni interstiziali  $\Delta u$  in seguito alla natura ciclica del carico sismico.

#### 12.4 Valutazioni sovrappressioni e degradazione dei parametri

L'incremento delle pressioni interstiziali  $\Delta u$ , per le analisi in tensioni efficaci, e il coefficiente di riduzione della resistenza non drenata,  $\delta c_{u,}$  per le analisi in tensioni totali, possono essere stimati facendo ricorso all'uso di relazioni empiriche. Nello specifico sono state seguite le indicazioni AGI desunte da: "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica – Linee Guida" (2005).

Le indicazioni sono diverse a seconda della natura del terreno (*coesiva o incoerente*) e del tipo di analisi condotta (*in termini di tensioni efficaci o totali*). Si riportano solo le indicazioni di interesse per i casi specifici studiati.

##### Analisi in termini di tensioni efficaci – Terreni coesivi

L'incremento di pressione interstiziale deve essere valutato **nel caso di terreni saturi** se la deformazione di taglio indotta dall'azione sismica ( $\gamma_{c,max}$ ) è superiore al valore della deformazione di soglia volumetrica ( $\gamma_v$ ).

**Nei terreni parzialmente saturi**, la pressione interstiziale aumenta durante l'applicazione della sollecitazione sismica, ma si mantiene generalmente inferiore alla pressione atmosferica; in tal caso può essere assunto un valore nullo delle pressioni interstiziali per tutto il periodo di applicazione del carico ( $\sigma' = \sigma$ ) e le analisi possono essere eseguite utilizzando le caratteristiche di resistenza determinate in prove drenate eseguite su provini preventivamente saturati dello stesso materiale.

Nei terreni coesivi, l'incremento di pressioni interstiziale  $\Delta u$ , ad una certa profondità  $z$  può essere stimato mediante la relazione empirica di Matsui *et al.* (1980):

$$\Delta u^* = \frac{\Delta u}{\sigma'_0} = \beta \cdot \left[ \log \frac{\gamma_{c,max}}{\gamma_v} \right]$$

Con:

$\sigma'_0 = \sigma'_{v0} \cdot \frac{(1+2 \cdot k_0)}{3}$  , con  $k_0$  coefficiente di spinta a riposo e  $\sigma'_{v0}$  la pressione verticale efficace alla profondità  $z$ .

Il valore di deformazione di soglia volumetrica, può essere valutato in prima approssimazione mediante la relazione seguente e con l'ausilio della tabella sottostante:

$$\gamma_v = A \cdot (OCR - 1) + B$$

$I_p$ (%)	A	B
20	$0.4 \cdot 10^{-3}$	$0.6 \cdot 10^{-3}$
40	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$1.1 \cdot 10^{-3}$
55	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$

Mentre la deformazione di taglio indotta dall'azione sismica, in assenza di un'analisi della risposta sismica locale si ricava dalla relazione:

$$\gamma_{c,max} = \frac{\tau_{max}}{G} = \frac{a_{max}}{g} \cdot \sigma_v \cdot r_d \cdot \frac{1}{G}$$

Con:

$\sigma_v$  = tensione totale verticale

$r_d$  = coeff. Riduttivo dell'azione sismica valutabile come  $r_d = 1 - 0.015 \cdot z$

G = modulo di taglio

Il modulo di taglio G è stimabile attraverso l'utilizzo della tabella a lato considerando che  $G_0$  (modulo di taglio a basse deformazione) è ricavabile dalla relazione:  $G_0 = \rho \cdot V_s^2$  con  $V_s$  = velocità delle onde S.

$a_{max}$ [g]	G/G <sub>0</sub>
0.10	0.80
0.20	0.50
0.30	0.35
0.40	0.28

### Analisi in termini di tensioni totali – Terreni coesivi

Nei terreni limo-argillosi, l'entità della variazione di resistenza è condizionata dalla combinazione di fattori costitutivi (*granulometria e plasticità, caratteri micro e macro strutturali*), dallo stato e la storia tensionale (*grado di sovraconsolidazione*) e dalla storia di sollecitazione ciclica (*cf. p. es. Dobry e Vucetic, 1987*).

Se l'analisi è eseguita in termini di tensioni totali (analisi a breve termine durante il sisma), il valore della coesione non drenata  $c_u$  deve essere ridotto rispetto al caso statico per tener conto della degradazione conseguente al carattere ciclico delle sollecitazioni sismiche. Viene trascurato, a favore di sicurezza, l'eventuale incremento della resistenza

non drenata, che può manifestarsi in terreni coesivi di elevata plasticità per effetto della elevata velocità di applicazione dei carichi.

La resistenza non drenata dei terreni fini in condizioni sismiche andrebbe idealmente determinata con prove cicliche di laboratorio. In assenza di determinazioni sperimentali, la stima della  $c_{cycl}$  si può ricavare moltiplicando il valore di  $c_u$  per un coefficiente di riduzione della resistenza non drenata,  $\delta_{cu}$ , valutabile come:

$$\delta_{cu} = N^{-t}$$

Dove:

$N$  è il numero di cicli di carico indotti dal sisma valutato calcolando il numero di incroci con l'asse dei tempi nell'intervallo di tempo compreso tra il primo e l'ultimo superamento di una prefissata soglia di accelerazione (*che solitamente viene fissata a 0,05g*);

$t$ , è un parametro di degradazione che può essere stimato secondo la relazione:

$$t = s \cdot (\gamma_c - \gamma_v)^r$$

dove i parametri  $s$  ed  $r$  possono essere stimati in funzione dell'indice di plasticità  $I_p$  e del grado di sovraconsolidazione  $OCR$  come riportato in Tabella F2:

	OCR = 1			OCR = 2	OCR = 4
	$I_p = 15$	$I_p = 30$	$I_p = 50$	$I_p = 50$	$I_p = 50$
$s$	0.195	0.095	0.075	0.054	0.042
$r$	0.600	0.600	0.495	0.480	0.423

Tabella F.2 - Coefficienti per il calcolo dell'indice di degradazione ciclica (Matasovic, 1993).

La deformazione di taglio ciclica  $\gamma_c$  si calcola attraverso la relazione:

$$\gamma_c = \frac{\tau_{eq}}{G} = \frac{0.65 \cdot \tau_{max}}{G}$$

$\tau_{max}$  e  $\gamma_v$  si calcolano come descritto precedentemente.

### **12.5 Metodologia di esecuzione delle verifiche di stabilità**

La procedura adottata nell'esecuzione delle verifiche di stabilità condotte è la seguente:

- 1) Determinazione delle sezioni critiche (*sezioni a massima pendenza*) sulla base delle curve di livello a scala 1:2000 (*dislivello fra due curve di livello contigue pari a 2 metri*) o sulla base di rilievo topografico specifico.
- 2) Analisi completa in condizioni statiche di Pre-Sisma ed identificazione, fra gli ipotetici cerchi di rottura a coefficiente di sicurezza minimo calcolati dal programma, di un cerchio caratteristico dell'area (*sono state escluse superfici poco significative che coinvolgono volumi limitati di terreno e che si sviluppano molto superficialmente*).
- 3) Valutazione, sullo stesso cerchio di rottura caratteristico precedentemente identificato, del coefficiente di sicurezza nelle condizioni dinamiche (*attraverso lo schema pseudostatico*) e statiche di Post-Sisma.

Nelle schede geologiche-geotecniche allegate alla presente relazione sono riportati i risultati ottenuti con le verifiche di stabilità condotte come sopra specificato, per ogni singola area posta in variante; si precisa che i Fattori di sicurezza ottenuti con il programma di calcolo utilizzato, ed elencati nelle schede geotecniche, risultano già "corretti" sulla base del coefficiente di riduzione previsto dalla normativa vigente (NTC 2008) pari a 1,1.

### **13. ATTRIBUZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA E SISMICA**

Al termine degli studi ed approfondimenti geologici e sismici eseguiti sul territorio comunale sono state prodotte le seguenti carte tematiche:

- Carta delle pericolosità geologiche (Tavola A4)
- Carta delle pericolosità sismiche (Tavola A5)

La Carta delle pericolosità geologiche del territorio comunale dà un quadro organico d'insieme delle pericolosità e vulnerabilità geologiche del territorio. Si tratta di una sintesi delle conoscenze geolitologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche accumulate in anni di

studi, ed aggiornate sulla base dei risultati e delle nuove conoscenze acquisite con le indagini geologiche eseguite a supporto della presente variante al PRG.

La Carta delle pericolosità sismiche suddivide il territorio comunale in specifiche aree, caratterizzate da un comune rischio sismico.

I criteri su cui si basa l'attribuzione del grado di pericolosità geologica e sismica del territorio comunale di Sassofeltrio derivano dalla sommatoria:

- delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e litostratigrafiche;
- delle caratteristiche idrologiche ed idrogeologiche;
- dei parametri geomeccanici ottenuti con le analisi di laboratorio;
- dallo spessore della coltre di copertura e dei livelli di falda presenti nella coltre stessa;
- dei coefficienti di sicurezza ottenuti con le verifiche di stabilità eseguite;
- dalla valutazione dei tematismi del P.A.I.

La sovrapposizione e l'analisi complessiva di questi parametri ha permesso la definizione delle *classi di pericolosità geologica* e delle *zone a maggior pericolosità sismica locale*.

### **13.1 Classi di pericolosità geologica**

- Pericolosità geologica **bassa (G1)**  
- Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfo-evolutivi.
- Pericolosità geologica **media (G2)**  
- Aree con morfologia apparentemente stabile;  
- Aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto;  
- Depositi di versante senza indizi di instabilità.
- Pericolosità geologica **elevata (G3)**  
Aree in cui sono presenti:  
- fenomeni franosi quiescenti (a potenziale instabilità);  
- scarpate morfologiche con modesta attività e potenziale evoluzione.

- Pericolosità geologica **molto elevata (G4)**
  - Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza;
  - Aree calanchive.
  
- Pericolosità **IDRAULICA:**
  - I1: Aree di esondazione per piene con tempi di ritorno ( $T_r$ ) pari a 200 anni;

### **13.2 Zone a maggior pericolosità sismica locale**

- Zone di **Tipo 1**  
*Aree caratterizzate da frane recenti e quiescenti e calanchi.*  
Possibili effetti in caso di terremoto: accentuazione di fenomeni di instabilità in atto e potenziali dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici.
  
- Zone di **Tipo 2 - Tipo4**  
*Aree caratterizzate da coltri superficiali di spessore variabile e da differenti condizioni litostratigrafiche.*  
*Depositi di versante.*  
Possibili effetti in caso di terremoto: amplificazione del moto del suolo dovuta a differente risposta sismica tra substrato e terreno di copertura.
  
- Zone di **Tipo 3**  
*Aree di cresta rocciosa, cocuzzolo e dorsale; aree di bordo e ciglio scarpata.*  
Possibili effetti in caso di terremoto: amplificazione diffusa del moto del suolo connessa con la focalizzazione delle onde sismiche lungo pendii obliqui, ribaltamenti e/o distacchi di blocchi rocciosi con arretramento dell'orlo di scarpata.
  
- Zone di **Tipo 5**  
*Aree di brusca variazione litologica o aree di contatto tra litotipi aventi caratteristiche meccaniche molto diverse.*  
Possibili effetti in caso di terremoto: amplificazioni differenziali del moto del suolo e/o cedimenti differenziali del terreno dovuti alla presenza di terreni di fondazione con resistenza e deformabilità non uniformi.

Nelle schede geologiche-geotecniche allegate alla presente relazione, che descrivono in modo dettagliato ogni singola area posta in variante, è riportata l'appartenenza dell'area stessa alla classe di pericolosità geologica e sismica secondo la suddivisione precedentemente indicata. Nelle schede sono inoltre indicati i criteri generali da adottare per l'edificazione dell'area stessa.

<b><u>PERICOLOSITÀ GEOLOGICA</u></b>	<b><u>PRESCRIZIONI ED APPROFONDIMENTI GEOLOGICI</u></b>
<b>BASSA</b>	Indagini geologiche e sismiche in accordo con le norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 Gennaio 2008.
<b>MEDIA</b>	Come al punto precedente, con particolare attenzione a: - Attenta analisi geologica e geomorfologica; - Indagini geologiche e geotecniche puntuali; - Verifiche di stabilità del versante nelle condizioni pre-opera e post-opera; - Verifiche e/o adeguamento infrastrutture esistenti.
<b>ELEVATA</b>	Come ai punti precedenti, fatte salve le norme del PAI e comunque subordinate a: - Realizzazione di un rilevamento geologico di dettaglio, accompagnato da analisi geomorfologica, anche attraverso lo studio stereoscopico di foto aeree;
<b>MOLTO ELEVATA</b>	- Valutazione circa la realizzazione di opere atte alla regimazione delle acque di scorrimento superficiale e di infiltrazione nel primo sottosuolo; - Valutazione dei costi-benefici delle opere di consolidamento per interventi di infrastrutture tecnologiche e viarie.

In fase di progetto esecutivo dovranno essere rispettate le prescrizioni di ordine generale sopra riportate e dovranno essere condotti gli approfondimenti geologici con indagini geognostiche puntuali su ogni singolo comparto in ottemperanza alla normativa vigente (**NTC D.M. 14 Gennaio 2008**).

#### **14. SCHEDE GEOLOGICHE-GEOTECNICHE DELLE AREE POSTE IN VARIANTE**

Area n°1 _ Località Castello	Area n°11 _ Località Campolungo
Area n°2 _ Località Cà Madone	Area n°12 _ Località Campolungo
Area n°3 _ Località Sassofeltrio	Area n°13 _ Località Cà Micci
Area n°4 _ Località Fratte	Area n°14 _ Località Gesso (S.P. n°71)
Area n°5 _ Località Mulino Renzini	Area n°15 _ Località Cà Colle
Area n°6 _ Località Pelano	Area n°16 _ Località Gesso (Le Ville)
Area n°7 _ Località Cà dei Monti	Area n°17 _ Località Carponeta
Area n°8 _ Località Cà Antonietta	Area n°18 _ Località Salceti
Area n°9 _ Località Gesso	Area n°19 _ Località Cà Antonietta
Area n°10 _ Località Seriola	Area n°20 _ Località Cà Micci
	Area n°21 _ Località Seriola

### 15. ELENCO DELLE TAVOLE

- TAVOLA A.1 - Carta geologica e geomorfologica
- TAVOLA A.2.a - Carta tematismi PAI
- TAVOLA A.2.b - Carta tematismi PAI e interferenze con PRG attuale e nuove previsioni
- TAVOLA A.3 - Carta idrogeologica
- TAVOLA A.4 - Carta delle pericolosità geologiche
- TAVOLA A.5 - Carta delle pericolosità sismiche

### 16. ELENCO DEGLI ALLEGATI

- Allegato A.1.a - Schede geologiche e geotecniche delle nuove aree poste in variante  
Da Area n°1 a Area n°10
- Allegato A.1.b - Schede geologiche e geotecniche delle nuove aree poste in variante  
Da Area n°11 a Area n°21
- Allegato A.1.c - Indagini penetrometriche in sito (*CPT* e *DPSH*)
- Allegato A.1.d - Indagini sismiche, Classificazione geomeccanica del gesso, Analisi di laboratorio.

Sassofeltrio, Marzo 2014

*I professionisti incaricati:*

Edo Geol. Bianchi

Paolo Geol. Ciacci