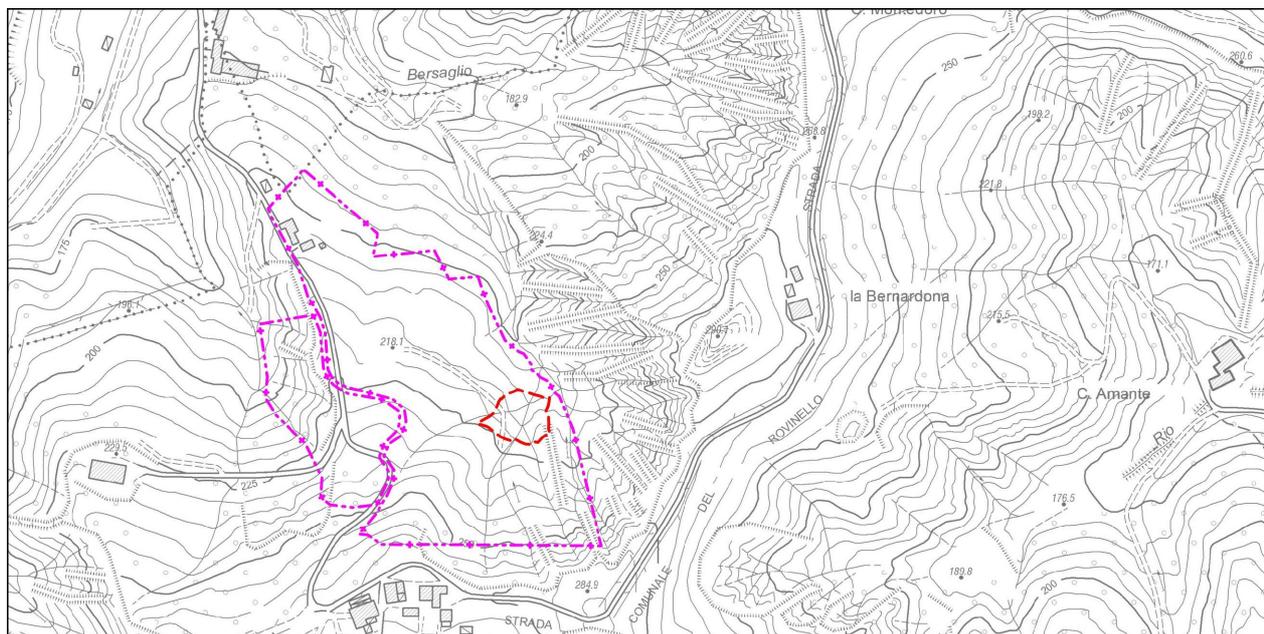


# COMUNE DI FIORANO MODENESE

Provincia di Modena



*- Via del Ruvinaldo -*

## **PERMESSO DI COSTRUIRE CONVENZIONATO**

*(art.28bis d.p.r. 380 Del 2001 e ss.mm.ii)*

### **INTERVENTI A SERVIZIO DEL FONDO AGRICOLO RECUPERO DI TERRENI SALDI ARBUSTATI CON REALIZZAZIONE DI BACINO AD USO IRRIGUO**

OGGETTO:

**RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA E  
SISMICA**

DATA:

**31-10-2018**

COMMITTENTE:

**Az. Agricola AZZOLINI FRANCESCA**

Via del Ruvinaldo n.72 - 41042 Fiorano Modenese (MO)

P.Iva 03346410362

PRAT:

**17-141 - lter art.53**

ELABORATO

**3**

PROGETTO:

**GEODES s.r.l.**

Via Michelangelo, 1 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)  
Tel: 059-536629 - Fax: 059-5331612  
e-mail: geodes.srl@tiscali.it  
PEC: geodes@pec.geodes-srl.it

PROGETTO STRUTTURALE:

Dott. Geol. Marco Santi Bortolotti

PROGETTO ARCHITETTONICO:

Ing. Simona Magnani

Reg. Impr. Modena n° 02625920364  
Cap. Soc. 10.200 euro i.v.  
C. F. e P. IVA: 02625920364

La presente copia è conforme all'originale firmato digitalmente

## **Relazione Geologica-Sismica**

### **1. PREMESSA**

La presente relazione riferisce dello studio geologico eseguito su un terreno situato in loc. Strada Comunale di Via del Ruvinello in Comune di Fiorano M.se (Mo) (Fig. 1-2), in particolare espone gli aspetti geologici connessi con la realizzazione di un piccolo bacino di accumulo di acque meteoriche per uso irriguo a servizio del vicino impianto di vigneto.

Nell'area d'intervento è stato eseguito uno studio geologico, caratterizzato da:

- analisi della cartografia esistente;
- rilievo geologico-geomorfologico di superficie;
- analisi di dati bibliografici;

Così operando, si è inteso:

- valutare le condizioni geologiche-geomorfologiche e idrogeologiche dell'area;
- valutare le condizioni di stabilità generali e locali;
- valutare le caratteristiche geolitologiche dei terreni di fondazione del bacino;
- individuare le possibili problematiche geologiche-tecniche dell'area in relazione alla realizzazione del bacino.

Il presente studio è stato quindi rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica dell'area d'intervento che consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, geomorfologici, idrogeologici, e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.

Il piccolo bacino in esame rientra nella categoria "sbarramento di ritenuta inferiore a 15 m di altezza e relativo bacino con invaso inferiore a 1.000.000 mc", ai sensi del 3° comma dell'art. 1 della Legge 21/10/94 n. 584, Dell'art. 7 del D.P.R. 01/11/1959 n. 1363 e della Deliberazione del Consiglio Regionale n. 3109 del 19/3/1990.

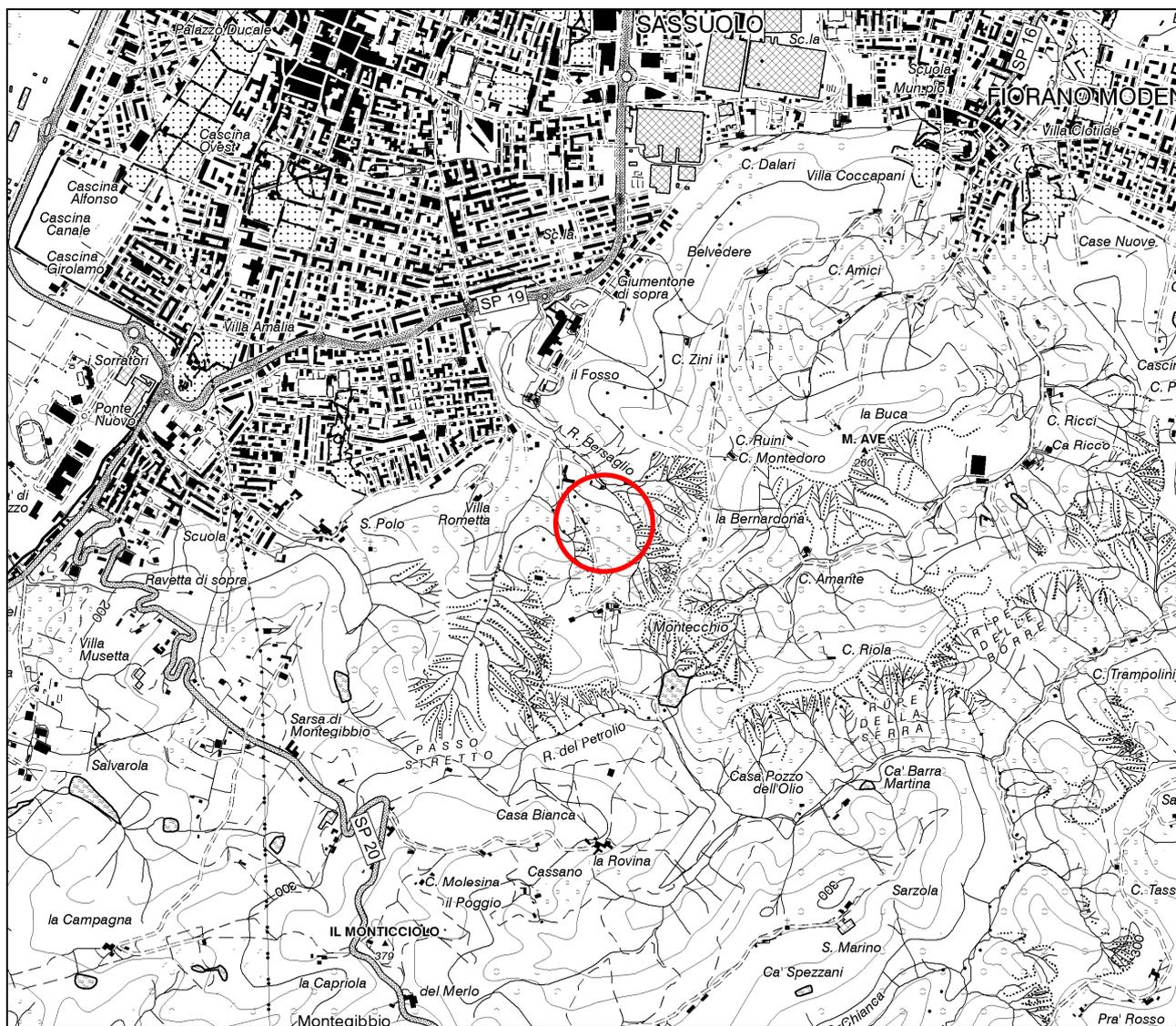
## 2. RELAZIONE GEOLOGICA

### 2. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO (6.2.1 NTC)

#### 2.1 ELEMENTI GEOGRAFICI-GEOMORFOLOGICI DELL'AREA

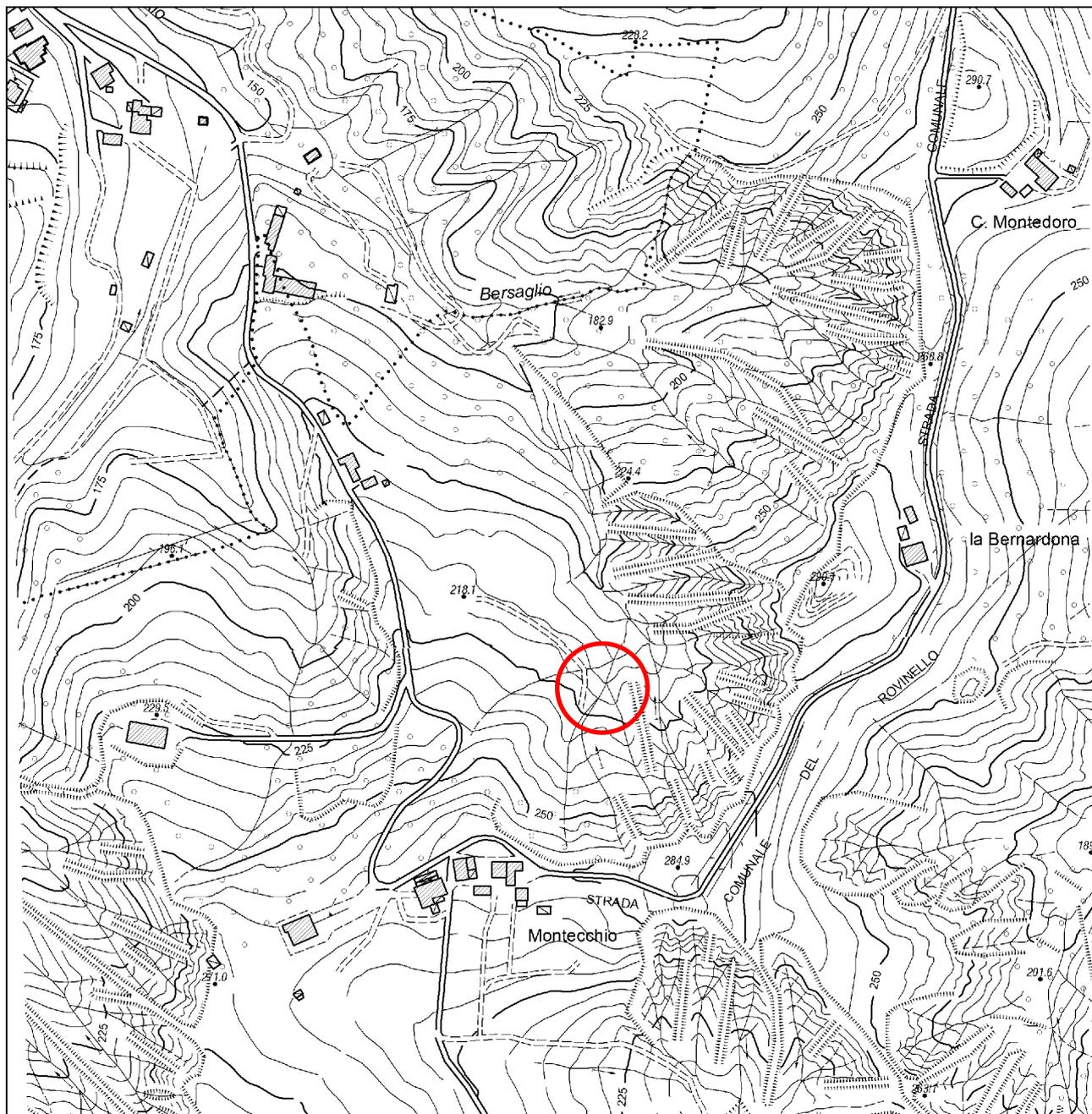
L'area in esame si colloca nell'estremo confine occidentale del territorio comunale di Fiorano Modense (MO) in confine con il Comune di Sassuolo a valle della Strada Comunale di Via del Ruvinello, fra le località di Montecchio e La Bernardona e (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.-2), in pieno territorio rurale.

FIGURA 1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 1:25.000 (Tavoletta Ctr n° 219no)



Il bacino verrà realizzato in prossimità del piede dei rilevati calanchivi che circoscrivono l'intera vallecola della "Rovina" del "Tiro a Segno" a monte del podere dell'Az. Agricola Azzolini Francesca e del vicino impianto di Tiro a Segno Nazionale. L'area appartiene alla parte apicale sinistra della bacino del Rio del Bersaglio elemento del reticolo idrografico minore localizzato più a nord-est, già in territorio Comunale di Sassuolo ma che si presenta alimentato anche dai fossi che si diramano in proprietà Azzolini.

FIGURA 2 - COROGRAFIA 1:5.000 (Elementi Ctr n° 219061-219062)



## 2.2 MORFOLOGIA DI DETTAGLIO DELL'AREA

Il bacino si colloca ad una quota media di circa 215 metri s.l.m. nella parte medio-superiore di un rilievo ad esposizione nord/nord-est che presenta le caratteristiche di seguito elencate (Fig. 2):

### MORFOMETRIA E MORFOLOGIA DEL VERSANTE

Quota massima (s.l.m.): 285 m

Quota del sito in studio (s.l.m.): 215 m

Quota minima (s.l.m.): ~160 m (Rio del Bersaglio)

Distanza dallo spartiacque: ~200 m

Distanza dal fondovalle: ~330 m

Pendenza media dallo spartiacque al fondovalle: 13° (23-24%)

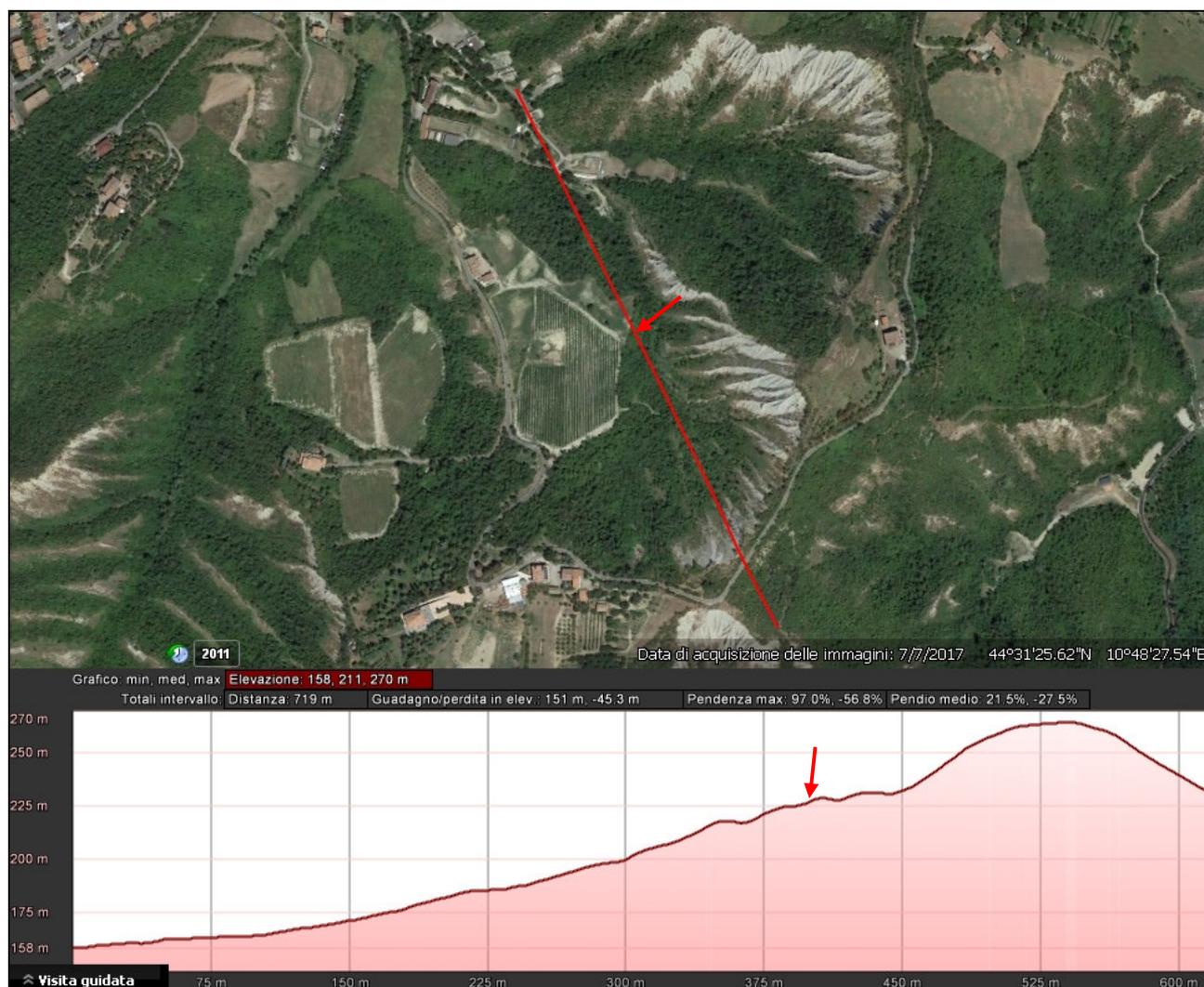


Figura 3 – Profilo topografico (tratta da Google Earth)

Il perimetro d'intervento appartiene ad un contesto locale caratterizzato da una morfologia mediamente acclive con direzione sud (monte) – nord (valle) compreso tra le quote medie di 210-230 m s.l.m., in corrispondenza dell'intervento, fino a risalire con netta accentuazione delle pendenze alla quota media di 285-290 m s.l.m. sulla sommità delle pendici calanchive in direzione sud sud-est esterne al quadro progettuale.

### 2.2.1 Riferimenti Cartografici

Cartograficamente l'area in studio è individuata sulla C.T.R. nella Tavoletta 219so a scala 1:25.000 (Fig. 1) nella Sezione n° 219060 a scala 1:10.000 e negli Elementi n° 219061-219062 a scala 1:5.000 (Fig. 2).

FIGURA 4 – PLANIMETRIA CATASTALE 1:2.000 (Foglio 24 mappali 20-21)



### 2.3 ELEMENTI GEOLOGICI – MODELLO GEOLOGICO

Le caratteristiche geologiche dell'area possono essere inquadrare nella tipica situazione riscontrabile nei versanti della bassa collina dell'Appennino modenese prospicienti l'alta pianura: si osserva la diffusa presenza delle Argille Azzurre Marine.

FIGURA 5 – CARTA GEOLOGICA 1:5.000



Da Progetto CARG – Regione Emilia Romagna.

#### Punti di osservaz. e misura (10K)

—+ stratificazione dritta

#### Ambienti deposiz. e litologie (10K)

Limo - Piana alluvionale

#### Coperture quaternarie (10K)

■ AES8 - Subsistema di Ravenna

■ AES8a - Unità di Modena

■ a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

■ a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango

■ Affioramenti (aree) (10K)

#### Unità geologiche (10K)

■ FAA - Argille Azzurre

La cartografia geologica di riferimento di più recente pubblicazione è rappresentata dalla "Carta geologica del Progetto CARG" (Fig. 5). Nella pagina precedente se ne riporta uno stralcio cartografico e di seguito la relativa legenda delle litologie presenti nell'area.

### **Argille Azzurre (Faa)**

Questa litologia rappresenta il substrato del sito d'intervento.

Si tratta di argille, argille marnose e/o siltose marine di colore grigio e grigio-azzurro, talora grigio plumbeo, in strati medi e subordinatamente sottili, a giunti poco e non visibili per bioturbazione, con subordinati strati arenacei risedimentati. Localmente sono presenti sottili livelli discontinui di biocalcareni fini e siltiti giallo, o ocra se alterate, sottilmente laminate. Potenza di alcune centinaia di metri. Pliocene inf. – Pleistocene sup.

Si tratta di argille sovraconsolidate e compatte, che tendono ad alterarsi nei livelli più superficiali a causa dell'azione di agenti quali l'acqua di infiltrazione.

Nell'area d'intervento e nell'immediato intorno, il rilevamento diretto offre ben poche indicazioni in quanto si tratta di area completamente ricoperta da un cotico vegetale impostato su debole falda di detrito medio-fine.

### **2.3.1 MODELLO GEOLOGICO**

Nell'area in esame è stato eseguito uno studio geologico basato su dati bibliografici uniti al rilevamento diretto e dall'analisi visiva dei terreni.

La litologia di substrato di natura marnosa, si presenta ricoperta da alcuni metri di terreni di copertura detritica a granulometria prevalentemente medio-fine (argille e limi).

## 2.4 ELEMENTI IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI

L'area in esame è caratterizzata dai seguenti riferimenti idrografici principali:

*bacino principale*: Fiume Secchia

*bacino secondario*: Rio Bersaglio

Da un punto di vista idraulico l'intera vallecchia appartiene alla parte apicale sinistra del bacino idrografico del Rio del Bersaglio.

L'intero versante calanchivo a monte e a est, è attraversato da una fitta rete di fossi di scolo in corrispondenza delle linee di impluvio racchiuse dalle creste calanchive minori che discendono fino al piede, per poi raccordarsi in un unico ramo alimentato che con direzione sud-nord/est si immette al Rio del Bersaglio più a nord.

L'idrografia superficiale della zona in esame è quindi quella tipica del contesto calanchivo caratterizzato dalla presenza di una fitta rete secondaria di raccolta ed allontanamento delle acque piovane, ovvero fossi alimentati da impluvi effimeri incisi dal dilavamento meteorico superficiale delle aree di monte che, seguendo le linee di massima pendenza, si diramano da tutta la superficie calanchiva lungo i profondi solchi creatasi nei secoli lungo i fronti argillosi. L'idrografia della vallecchia ha un andamento semplice, con gran parte dei fossi e degli impluvi che scorrono con andamento orientato indicativamente con direzione sud-nord da monte a valle verso un ramo di raccolta principale indi al recettore Rio del Bersaglio posizionato circa 350 metri più a nord.

Trattasi di solchi incisi adibiti esclusivamente alla raccolta e convogliamento verso valle delle acque meteoriche di dilavamento scolanti il proprio bacino, non censiti all'interno dell'elenco delle acque pubbliche bensì esclusivamente a servizio interpodereale.

Trattasi di elementi afferenti al reticolo idrografico minuto tracciati lungo le direttrici di impluvio morfologico secondo le linee di massima pendenza del versante drenato, che si raccordano a valle ad un ramo principale diretto al Rio del Bersaglio.

L'area in studio risulta costituita totalmente da un'unica formazione argillosa; pertanto è possibile, in base alle caratteristiche litologiche, individuare un unico complesso idrogeologico. Considerando però il tipo e grado di permeabilità si possono distinguere i terreni di copertura dal substrato.

### Complesso permeabile per porosità

Fanno parte di questo complesso tutti i terreni detritici di disfacimento che costituiscono la copertura eluvio-colluviale. La permeabilità, che avviene per porosità, è legata principalmente alla granulometria dei clasti, che nell'area è mediamente fine, e allo stato di alterazione; pertanto si ha una sufficiente permeabilità per i termini più siltosi. Le acque che si infiltrano negli accumuli detritici di copertura difficilmente possono generare livelli di falde freatiche sospese e di fondo, che sarebbero comunque arealmente discontinue, in relazione alla presenza di locali setti o livelletti impermeabili.

### Complesso impermeabile

Costituito da terreni prevalentemente argillosi limosi meno alterati di substrato.

Questa formazione ponendosi, nell'area in studio, alla base di litotipi a maggiore permeabilità (depositi di copertura) tampona in modo pressoché completo la circolazione idrica sotterranea dell'unità sovrastante.

Il bacino non determina sostanziali interferenze né modifiche ai processi di naturale alimentazione dell'acquifero principale.

L'attuale condizione del reticolo idrografico minore di sito riflette gli effetti dell'abbandono del sito perduratosi da fine degli anni '80 presentando di fatto una capacità idraulica drenante ed una sezione utile particolarmente compromessa: i tracciati dei fossi si presentano di fatto caratterizzati da un elevato grado di ricolma di detriti e sedimenti trascinati da monte durante gli eventi meteorici, oltre che invasi dalla vegetazione infestante. Tale situazione ha portato negli anni a creare nuove direzioni di ruscellamento oltre che fenomeni diffusi di erosione superficiale con conseguente deposito e accumulo, al piede del rilevato calanchivo in corrispondenza del cambio di pendenza del versante, di spurghi terrosi misti a materiale vegetale al di sopra di terreno in posto per uno spessore medio di almeno 1 m. L'efficienza idraulica del reticolo di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche è quindi da giudicarsi scadente. tale condizione è da ritenersi potenzialmente critica anche nei confronti di possibili inneschi di fenomeni di intabilità sul fronte.

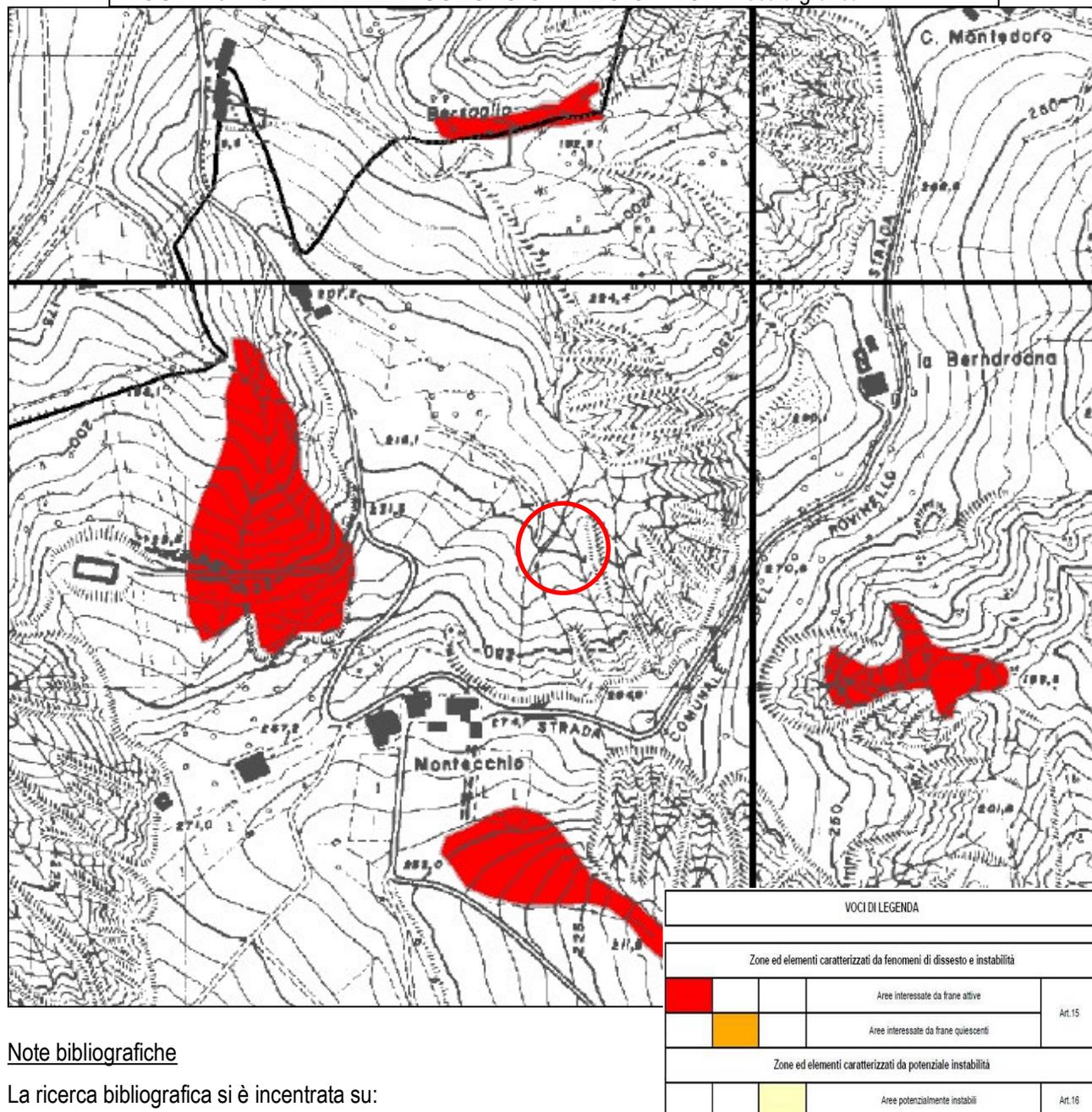
La presenza di un potente spessore di argilla nel sub-strato geologico locale facilita il contenimento idrico e quindi la possibilità della messa in opera di bacini per la raccolta ed accumulo delle acque. L'evoluzione naturale degli affioramenti argillosi in sito, unitamente ai fenomeni di scorrimento ed erosione superficiale, hanno negli anni agevolato la formazione di depressioni naturali nel terreno ai piedi dei rilevati calanchivi che durante la stagione invernale si trasformano in zone umide. Questo è il tipico caso del sito oggetto del quadro progettuale dove la morfologia dei luoghi, conseguentemente al disegno del reticolo idrografico minore di sito ed allo scorrere delle acque durante eventi di pioggia, è caratterizzata da un avvallamento in cui già si formano ristagni idrici in periodo autunno-invernale.

## 2.4 STABILITÀ DELL'AREA

### 2.4.1 Quadro conoscitivo

Nella Figura 6 si riporta la "Carta del dissesto del PTCP di Modena PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) dove l'area in studio non rientra in zone di dissesto in atto né potenziale.

FIGURA 6 – CARTA DEL DISSESTO STRALCIO PTCP – scala grafica



#### Note bibliografiche

La ricerca bibliografica si è incentrata su:

- Carta delle Frane e della Stabilità dei Terreni del Bacino del Fiume Secchia a scala 1:50.000 (Provincia di Modena, 1970)
- Carta della Propensione al Dissesto Idrogeologico della RER a scala 1:250.000 (1974);
- Carta geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo a scala 1:10.000 (1986);
- Inventario del Dissesto a scala 1:25.000 (Regione Emilia-Romagna, 1996);
- Analisi multitemporale fotografie aeree;
  - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) (Prov. Mo1999-2006-2009).
- Carta Geologica d'Italia Progetto CARG (2000)

### 2.4.2 Quadro morfoevolitivo

L'analisi sulle condizioni geomorfologiche e di stabilità dell'area d'intervento ha messo in evidenza i seguenti aspetti:

- l'area si colloca in posizione di impluvio, ai piedi di un versante calanchivo, dove l'ossatura argillitica di base risulta ricoperta da una falda detritica, non soggetta a particolari fenomeni di instabilità; sul terreno in esame non sono stati infatti rilevati segni tensionali riconducibili a qualche fenomeno d'instabilità.
- Nell'intorno dell'area e lungo il versante immediatamente a monte, non si sono rilevati fenomeni che possano interferire dal punto di vista geodinamico con il sito d'intervento.
- Si rilevano invece processi erosivi lineari da parte delle acque di corrivazione. I processi erosivi sono fortemente correlati alla natura geologica del substrato superficiale, che ha portato all'insorgere di fenomeni di scorrimento superficiale diffuso a seguito dell'interramento dei fossi sia provenienti da monte, che a valle del perimetro d'intervento. Il suolo superficiale presenta infatti diverse incisioni prive di una adeguata regimazione.
- L'efficienza idraulica del reticolo di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche è quindi da giudicarsi scadente; tale condizione è da ritenersi potenzialmente critica anche nei confronti di possibili inneschi di fenomeni di instabilità sul fronte. Il potere erosivo delle acque è infatti particolarmente facilitato dal contesto geologico locale.
- Da un punto di vista morfologico l'area è ubicata alla quota media di 215/220 m s.l.m. nei pressi del piede dei rilevati calanchivi che contornano la proprietà sui lati sud ed est, in corrispondenza di una depressione morfologica esistente nei pressi del cambio di pendenza monte/valle di un impluvio naturale a cui converge la maglia del reticolo idrografico minore scolante il settore sud del versante.

### 2.4.3 Influenza dell'opera sulle condizioni di stabilità

L'intervento in progetto determina una limitata alterazione morfologica nel profilo attuale del pendio, in quanto come detto il bacino verrà infatti realizzato in corrispondenza di una depressione morfologica esistente nei pressi del cambio di pendenza monte/valle.

Tra gli obiettivi della progettazione geotecnica dell'intervento vi dovrà comunque essere soprattutto quello di prevedere i dovuti accorgimenti per garantire che i terreni interessati nonché quelli all'intorno conservino le attuali condizioni di resistenza e che l'area mantenga le attuali caratteristiche di stabilità.

Decisiva sarà la corretta regimazione delle acque superficiali ed il loro opportuno smaltimento.

- Le pendenze in essere sono basse e l'impatto esercitato dal bacino sul versante e sul suolo di fondazione risulta limitato.
- La collocazione del bacino comporterà limitati movimenti di terreno.
- Non vi sono state pertanto significative alterazioni degli equilibri statici dell'area.
- La condizione attuale di stabilità può essere ritenuta discreta sia per i terreni formazionali che per l'intera fascia detritica che pare attualmente esente da fenomeni di mobilitazione in atto o comunque riconoscibili.

Tra gli obiettivi della manutenzione ordinaria del bacino vi dovrà quindi essere quello di prevedere i dovuti accorgimenti per garantire che i terreni interessati nonché quelli all'intorno conservino le attuali condizioni di resistenza e che

l'area mantenga le attuali caratteristiche di stabilità. Sarà necessario evitare perdite del fondo e delle sponde del bacino e la corretta regimazione delle acque superficiali ed il loro opportuno smaltimento, evitando così qualsiasi dispersione liquida nei terreni.

A valle ed in un opportuno intorno dell'opera, dovranno quindi essere attuate e mantenute efficienti opere di regimazione idrica superficiale mediante fossi di scolo con recapito nell'orizzonte idrico naturale.

In un quadro morfoevolutivo non si riscontrano quindi fattori che possano deteriorare la situazione di stabilità attuale.

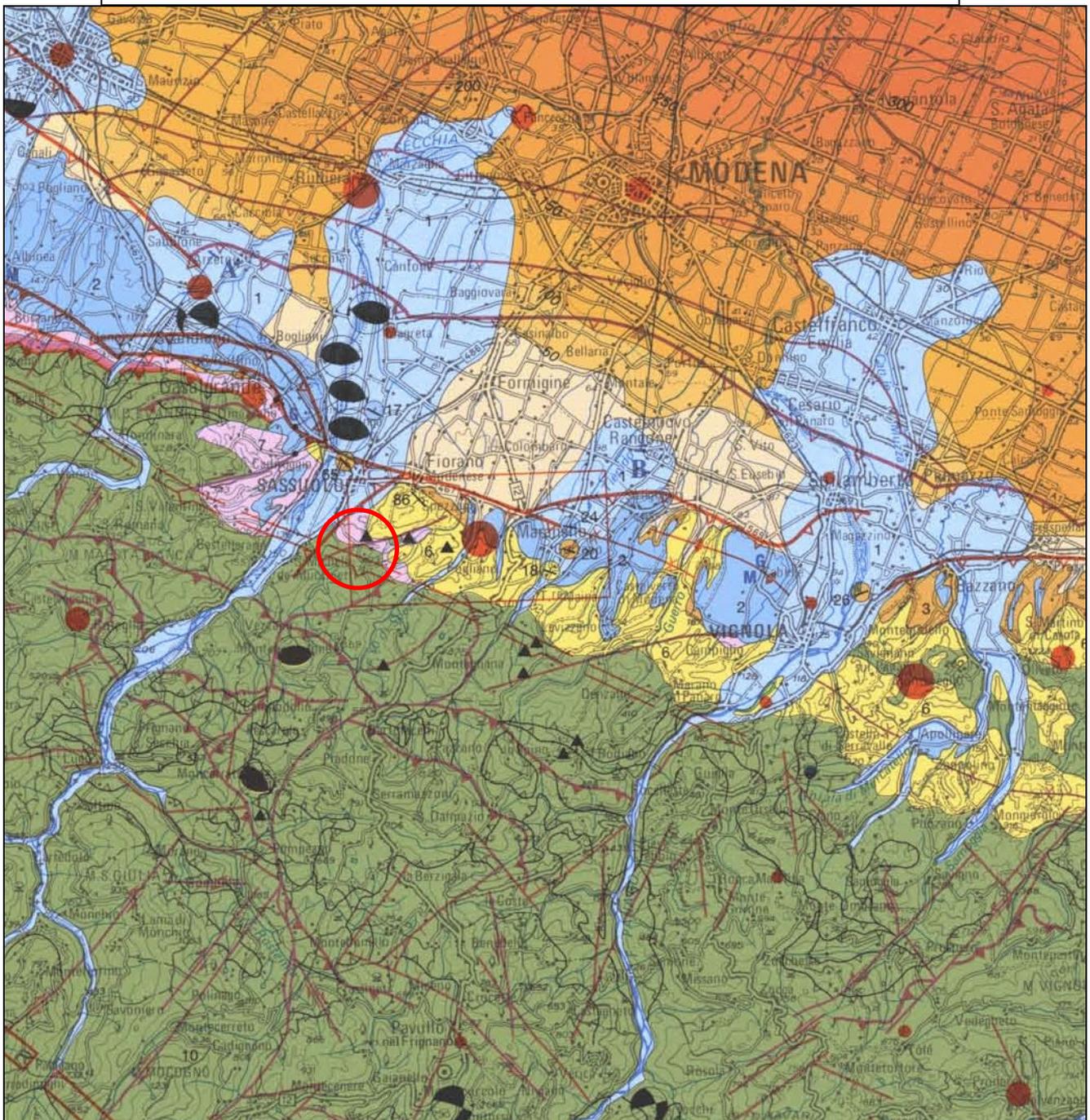
In conclusione la verifica complessiva di compatibilità geologica mette in evidenza la non influenza negativa del bacino sulle condizioni di stabilità dell'area a patto del mantenimento degli obiettivi di manutenzione sopra descritti.

### 3. RELAZIONE SISMICA

#### 3.1 SISMICITÀ DEL COMUNE DI FIORANO MODENESE

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna e una sezione relativa all'andamento dei terreni di substrato.

FIGURA 7 – CARTA SISMOTETTONICA EMILIA ROMAGNA





### Zonazione sismogenetica

È stata utilizzata la zonazione sismogenetica dell'INGV, chiamata ufficialmente ZS9. Rispetto alle zonazioni precedenti, in questo caso le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente.

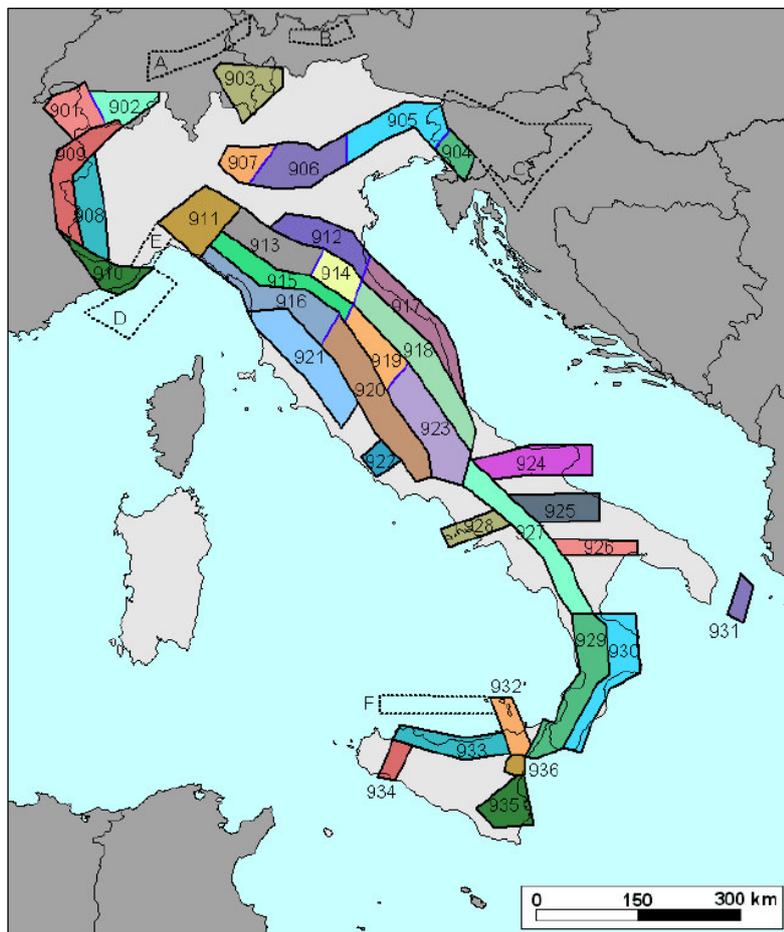


Fig. 8 – Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).

La zonizzazione ZS9 risulta basata prevalentemente sulle informazioni di ZS4; recepisce le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 2.0 (Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy, 2001) e da altre compilazioni regionali di faglie attive; considera inoltre le indicazioni che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatisi successivamente alla predisposizione di ZS4, alcuni dei quali localizzati al di fuori delle zone sorgente in essa definite; supera il problema delle ridotte dimensioni delle zone sorgente e della conseguente limitatezza del campione di terremoti che ricade in ciascuna di esse.

La ZS9 può essere utilizzata in congiunzione con il catalogo CPTI2, e fornisce inoltre una stima della "profondità efficace", cioè dell'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale, e fornisce per ogni zona un meccanismo di fagliazione prevalente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione modulate sulla base dei coefficienti proposti da Bommer et al. (2003).

La zonazione è costituita da 42 zone-sorgente, i limiti tra le zone sono neri e blu, i limiti neri definiscono limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche e geologico-strutturali, il colore blu invece definisce suddivisioni di zone con uno stesso stile deformativo ma con differenti caratteristiche della sismicità. Come ad es. distribuzione spaziale degli eventi o la massima magnitudo rilasciata, ecc.

Le 42 zone-sorgente ZS9 vengono identificate da un numero che va da 901 a 936 o con una lettera da A a F.

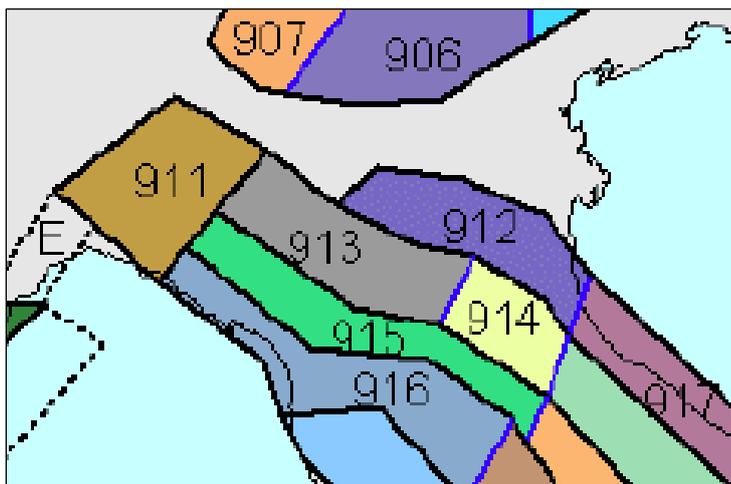


Fig. 9 – Zoom sulla zonazione sismogenetica ZS9 dell'Emilia Romagna ZS9.

### Sismicità delle zone sorgenti

Nel territorio del Comune di Fiorano M.se non sono riconosciute strutture sismogenetiche; tuttavia in passato sono stati risentiti gli effetti di numerosi terremoti dovuti ad una sismicità naturale localizzata nelle zone 913 e 912.

La zona 913 è quella con un potenziale sismico tale da generare effetti non trascurabili nel territorio del Comune di Sassuolo, mentre le altre vengono considerate poco influenti per generando terremoti con magnitudo a volte

anche elevata (ad es. la zona 915). La zona 913 è causa di una sensibile attività come documentato dagli eventi del bolognese, del reggiano e del parmense (anno 2000) risentiti nel modenese. Questi eventi sono riconducibili a sorgenti superficiali attivate da meccanismi focali per compressione (faglie inverse e trascorrenti compressive) se si escludono eventi la cui origine è ancora incerta. Fra questi figura il terremoto di Castelvetro del 1501 che avrebbe prodotto, in base alla ricostruzione macrosismica, effetti del IX° MCS. Se confermato, la fascia pedappenninica sarebbe quella potenzialmente più pericolosa per il territorio modenese.

### Ricostruzione della storia sismica

Il catalogo delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA, Elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile (D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996), evidenzia quanto riportato nella figura seguente:

L'intensità massima registrata nel Comune di Fiorano M.se è dell'IX MCS (scala Mercalli-Cancani-Sieberg), corrispondente ad una magnitudo dell'ordine di 5.5 (scala Richter).

L'attività tellurica dell'area è nota e documentata dall'anno 1000, anche se la qualità e la quantità delle informazioni non sono omogenee e si manifesta sia con eventi singoli di media intensità, sia con sequenze sismiche estese nel tempo.

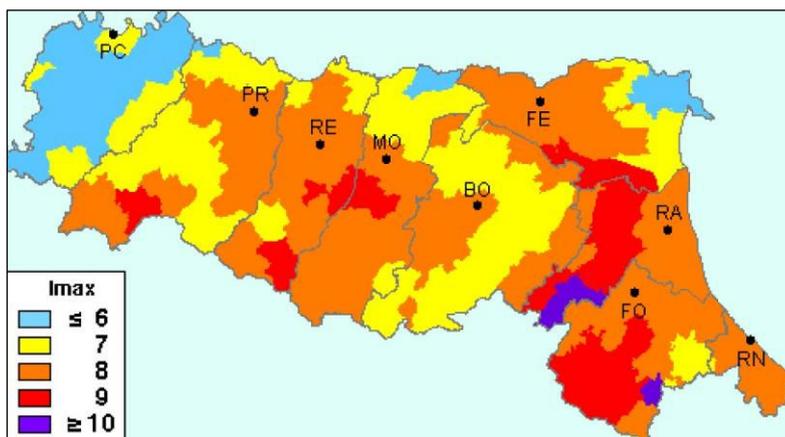


Fig. 10 – Intensità Macrosismiche osservate nei comuni italiani – GNDT ING/SGA

Le revisioni e ricollocazioni degli eventi storici e recenti, ma soprattutto l'attivazione di una rete sismica regionale integrata con quella nazionale, hanno permesso di distinguere, nell'ambito della regione, zone con differente regime sismico, vale a dire frequenza dei fenomeni, intensità e profondità focale.

### 3.2 NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO

#### Ordinanza P.C.M. 3274/2003

A seguito della nuova classificazione sismica (Ordinanza P.C.M. 3274 del 20/3/2003 e s.m.), il territorio nazionale è diviso in 4 zone sismiche caratterizzate da differenti valori dell'acc.ne orizzontale max (ag/g) su suolo di categoria A.

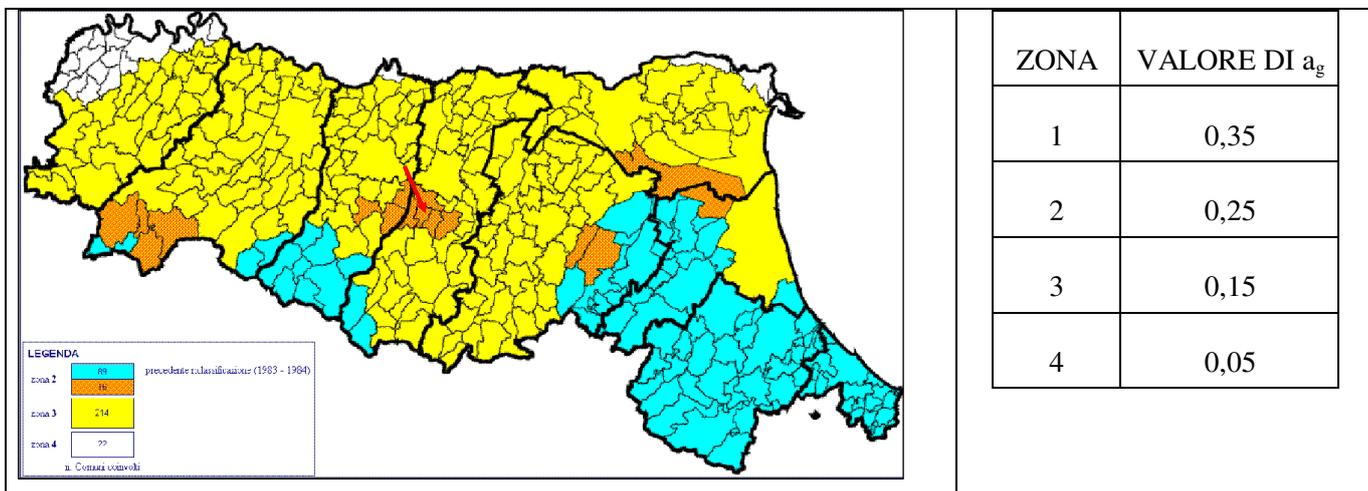
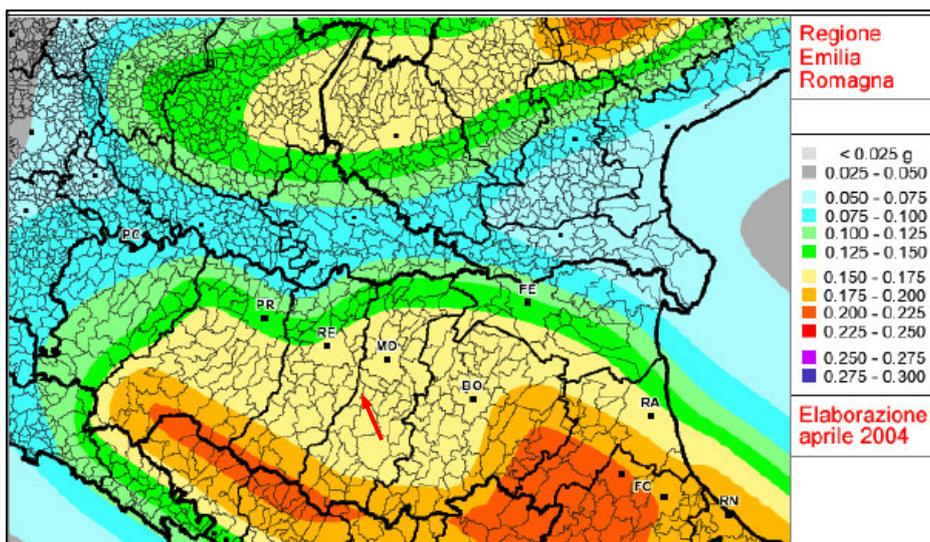


Fig. 11 - Classificazione sismica attuale di riferimento - Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n. 2374 All. 1.

Il Comune di Fiorano M.se ricade in "zona sismica 2" a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A, riferita ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ed espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g, pari a  $a_g = 0,25g$ .

#### Ordinanza P.C.M. 3519/2006

Successivamente, l'Ordinanza PCM 3519/2006 ha indicato i *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*. A tale ordinanza è allegata la *Mappa di*



*Pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale nella quale è possibile verificare che il territorio del Comune di Fiorano M.se è compreso nell'area caratterizzata da valori dell'accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli*

molto rigidi ( $Vs_{30} > 800$  m/s; cat. A, All. 2, 3.1), **compresi tra 0,150 e 0,175** l'accelerazione di gravità g.

Fig. 9 - Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $Vs_{30} > 800$  m/s; cat. A) allegata all'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006. (Fonte: Sito web della Regione Emilia-Romagna).

**Del. Rer. 112/2007**

Recentemente poi, la RER ha approvato la Del. n. 112 del 02-05-2007 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica."; in All. A4 sono riportati i valori di accelerazione max, espressa sempre in frazione dell'accelerazione di gravità g ( $a_{refg}$ ), per ogni comune della Regione.

MO	Concordia sulla Secchia	0.127	
MO	Fanano	0.179	
MO	Finale Emilia	0.149	
<b>MO</b>	<b>Fiorano Modenese</b>	<b>0.162</b>	Per il Comune di Fiorano M.se risulta $a_{refg}=0,162$ .
MO	Fiumalbo	0.198	
MO	Formigine	0.163	
MO	Frassinoro	0.178	

**D.M. 14-01-2008**

Il D.M. 14/01/2008 stabilisce che l'accelerazione orizzontale massima del sito di riferimento non è più riferita ad una classificazione comunale ma viene calcolata considerando le proprietà del sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (NTC , TAB.1 allegato "B" del D.M.).

Il suolo viene ancora suddiviso in 5 classi principali (A,B,C,D,E) più due categorie aggiuntive S1 e S2.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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 $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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 $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
<b>S1</b>	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.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, 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.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s_i}}} \text{ m/s}$$

$h_i$  = spessore dello strato i-esimo  
 $V_{s_i}$  = velocità onde S nello stato i-esimo  
 $N$  = numero strati considerati

Nei casi in cui la misura diretta della  $V_{s30}$  non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica  $N_{spt30}$  nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente  $C_{u30}$  nei terreni prevalentemente a grana fina.

### 3.3 CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO

#### 3.4.1 Analisi semplificata (NTC 2008)

Sulla base dell'analisi dei dati ottenuti con le indagini svolte unitamente alle conoscenze geologiche e litostratigrafiche, è possibile ottenere un modello di sottosuolo riconducibile alla classificazione semplificata tipica delle categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2008 e definire il suolo di fondazione del sito d'intervento:

- suolo di fondazione **Categoria C (NTC2008)**

a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione stratigrafica **S<sub>s</sub>=1.49**

### 3.4 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

#### Condizioni topografiche – amplificazione topografica S<sub>T</sub>

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.IV):

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche		Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S <sub>T</sub>		
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S <sub>T</sub>
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	T1	-	1,0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Le susposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. L'intervento in progetto si colloca nel tratto medio di un versante con pendenza media  $< 15^\circ$ , pertanto si ottiene una **categoria topografica T1** a cui si fa corrispondere un coefficiente di amplificazione: **S<sub>T</sub>=1.0**.

### 3.5 CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI DEL SITO (D.M. 14-01-2008)

I parametri spettrali necessari per definire l'azione sismica di progetto vengono determinati inserendo:

- a) Classe dell'opera I - Cu = 0.7
- b) vita nominale della costruzione : 50 anni
- c) azione sismica : stato limite di salvaguardia della vita (tempo di ritorno : 475 anni)

I parametri tabellati sono sempre riferiti al substrato rigido. Oltre ad ag si riportano anche altri due parametri:

- Fo: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- Tc : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore del sito viene ottenuto tramite la media pesata dei valori che si riferiscono ai quattro punti del reticolo che comprendono l'area in oggetto mediante la seguente formula:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

Dove :

p = valore del parametro di interesse nel punto in esame

pi = valore del parametro di interesse nell'i-simo punto della maglia elementare contenete il punto in esame

di = distanza del punto in esame dall'i-simo punto della maglia suddetta

#### Parametri sismici

Di seguito si riportano i parametri e i coefficienti sismici del sito.

Sito in esame		Siti di riferimento		
latitudine:	44,525654	Sito 1 ID: 16722	Lat: 44,5034Lon: 10,7573	Distanza: 4032,442
longitudine:	10,797447	Sito 2 ID: 16723	Lat: 44,5050Lon: 10,8272	Distanza: 3293,306
Classe:	1	Sito 3 ID: 16501	Lat: 44,5550Lon: 10,8250	Distanza: 3925,473
Vita nominale:	50	Sito 4 ID: 16500	Lat: 44,5534Lon: 10,7550	Distanza: 4563,924

#### Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	35 anni
Coefficiente cu:	0.7

Di seguito i parametri sismici ai vari stati limite:

Parametri sismici		Operatività SLO	
Probabilità di superamento:	81 %	Ss:	1,500
Tr:	30[anni]	Cc:	1,650
ag:	0,053 g	St:	1,000
Fo:	2,486	Kh:	0,016
Tc*:	0,252[s]	Kv:	0,008
		Amax:	0,775
		Beta:	0,200

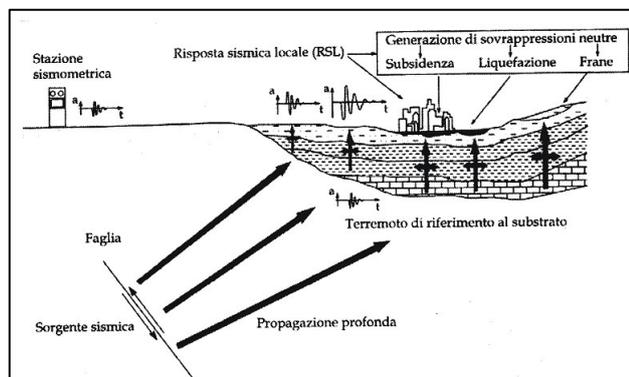
Parametri sismici		Danno SLD	
Probabilità di superamento:	63 %	Ss:	1,500
Tr:	35[anni]	Cc:	1,650
ag:	0,056 g	St:	1,000
Fo:	2,488	Kh:	0,017
Tc*:	0,256[s]	Kv:	0,008
		Amax:	0,827
		Beta:	0,200

Parametri sismici		Salvaguardia della vita SLV	
Probabilità di superamento:	10 %	Ss:	1,490
Tr:	332[anni]	Cc:	1,590
ag:	0,142 g	St:	1,000
Fo:	2,422	Kh:	0,051
Tc*:	0,285[s]	Kv:	0,025
		Amax:	2,072
		Beta:	0,240

Parametri sismici		Prevenzione del collasso SLC	
Probabilità di superamento:	5 %	Ss:	1,440
Tr:	682[anni]	Cc:	1,570
ag:	0,182 g	St:	1,000
Fo:	2,416	Kh:	0,063
Tc*:	0,294[s]	Kv:	0,031
		Amax:	2,566
		Beta:	0,240

### 3.6 PERICOLOSITÀ SISMICA ED EFFETTI LOCALI

La diversa entità dei danni prodotti da un terremoto nello stesso ambito territoriale dimostra che le azioni sismiche



possono assumere, anche a distanze di poche decine di metri, caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni geologiche che caratterizzano un dato ambito territoriale (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza/profondità della falda freatica, proprietà del sottosuolo, presenza di faglie, ecc).

Terreni con caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti possono, in condizioni di sollecitazione sismica,

perdere temporaneamente o permanentemente la capacità portante a loro ascrivibile in condizioni statiche, causando cedimenti e lesioni negli edifici, anche se questi sono stati costruiti secondo criteri tali da far loro sopportare le sollecitazioni indotte dai terremoti attesi. Altro caso riguarda l'effetto di liquefazione in condizioni sismiche dei terreni sabbiosi saturi che, sotto sollecitazioni cicliche, tendono a perdere la loro resistenza al taglio.

In alcuni casi, le particolari caratteristiche del sito, sia di tipo morfologico sia derivanti dalla natura del substrato, possono determinare effetti di amplificazione delle sollecitazioni, rispetto ad una situazione tipo. Si precisa che la situazione tipo è in generale definita da un'area pianeggiante con roccia granitica come appoggio per le strutture di fondazione degli edifici oppure, negli studi di microzonazione sismica, come il substrato roccioso (bedrock) che risente del terremoto di riferimento per il sito in questione, rispetto al quale si verifica l'eventuale effetto di amplificazione.

Tale effetto di amplificazione è legato alla presenza di terreni con rigidità inferiori a quella di riferimento; tale condizione di minore rigidità può ad esempio essere espressa dal valore dell'impedenza acustica della roccia (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche): più l'impedenza acustica della roccia è minore rispetto a quella della roccia di riferimento più l'effetto di amplificazione si rende evidente.

L'effetto di amplificazione sismica si risente poi anche quando il substrato è costituito da "terreni" (in senso geotecnico: terreni quaternari, depositi superficiali, ecc.), che per la loro stessa natura sono caratterizzati da valori di impedenza acustica sempre inferiori a quelli della roccia di riferimento. In questi casi, tuttavia, accade spesso che il fenomeno di amplificazione non risulta la causa delle lesioni e dei crolli degli edifici costruiti su questi terreni. In effetti, sono le caratteristiche geotecniche dei medesimi, che in condizioni di sollecitazione sismica tendono a peggiorare decisamente, a determinare i crolli: a causa della perdita di capacità portante alle strutture di fondazione, che avviene prima che l'effetto di amplificazione venga risentito dalla struttura degli immobili.

Fondamentale quindi è la valutazione della "risposta sismica locale" (RSL). Con tale termine s'intende l'insieme delle modifiche in intensità, ampiezza e frequenza, che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), posta ad una certa profondità nel sottosuolo, subisce attraverso gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie.

I due coefficienti di amplificazione che sono stati considerati in questo studio sono:

$S_s$  (in base al profilo stratigrafico e tipo di suolo) e  $S_T$  (coefficiente di amplificazione topografica) - Cap. 3.3-3.4.

Per l'area in esame, si escludono effetti locali indotti da instabilità, liquefazione e da cedimenti.

## 4. VERIFICHE NUMERICHE DI STABILITÀ

In questo capitolo vengono riportate le verifiche di stabilità del pendio in studio su cui si collocherà il bacino in progetto. Di seguito si descrivono sinteticamente la normativa, le assunzioni, le metodologie di verifica e i parametri utilizzati, rimandando, per le specifiche, alla relazione di calcolo riportata in Allegato 4.

### Normativa

La normativa di riferimento utilizzata è quella del Decreto Ministeriale 14.01.2008 – Testo Unitario Norme Tecniche per le Costruzioni.

La verifica di stabilità deve essere effettuata sia in condizioni statiche che dinamiche (sisma).

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici. Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile.

La condizione di stato limite ultimo (SLU) viene riferita al cinematismo di collasso critico, caratterizzato dal più basso valore del coefficiente di sicurezza  $F_s$ :

$$F_s = \tau_s / \tau_m$$

$\tau_s$ : resistenza al taglio disponibile

$\tau_m$ : sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento (effettiva o potenziale)

Nelle verifiche pseudostatiche di sicurezza si assume:

1 appoggio 1 – combinazione 2 ( $a_2+m_2+r_2$ ) con  $r_2=1.1$

2 Nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLU) le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica si ricavano da:

$$F_h = k_h \times W$$

$$F_v = k_v \times W$$

$F_h$  e  $F_v$  sono incrementi di forza proporzionali a  $W$

$k_h$  e  $k_v$  sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \times \alpha_{\max} / g$$

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h$$

$\beta_s$ : coeff. Di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$\alpha_{\max}$ : accelerazione massima attesa al sito ( $\alpha_{\max} = S_s \times S_{t \times g}$ )

$g$ : accelerazione di gravità

**Tabella 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.**

	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

### Metodo utilizzato

Per l'esecuzione delle verifiche si è utilizzato un software di calcolo automatico, Slope della Geostru, basato su diversi metodi deterministici dell'equilibrio limite; in questo caso si è utilizzato:

- Bishop per le superfici circolari

Tramite il tracciamento di ipotetiche superfici di scivolamento circolari, suddivise in conci e coinvolgenti sia la totalità che particolari porzioni delle scarpate, è stato possibile individuare le superfici critiche caratterizzate dal fattore di sicurezza minore.

In sintesi per il calcolo di stabilità, si è proceduto tramite i seguenti passaggi:

- introduzione della geometria del pendio
- input dei parametri geomeccanici del terreno
- scelta delle opzioni di calcolo (normativa, metodo...)
- introduzione dei coefficienti sismici
- scelta della tipologia di superfici di scorrimento
- esecuzione dell'analisi di stabilità

### Parametri sismici

In sintesi:

$$a_g = 0,142 * S_s * S_T = 0.145 \text{ g}$$

$$S_s = 1.49$$

$$K_h = 0.051$$

$$K_v = 0.025$$

$$\beta_s = 0.24$$

### Geometria del pendio

Il tratto di pendio verificato è stato oggetto di rilievo topografico.

### Caratteristiche stratigrafiche dei terreni

Le reali caratteristiche stratigrafiche si conoscono solamente nel sito d'intervento.

Non si considera la presenza di una falda continua.

### Scelta dei parametri geotecnici

Per i pendii i parametri geotecnici utilizzati sono quelli caratteristici dei terreni ( $\gamma_M=1$ ) con scelta di valori ragionevolmente cautelativi; non vengono quindi applicati fattori di sicurezza parziali.

Per terreni non saturi, si può fare l'ipotesi (cautelativa) che  $u=0$  anche durante in sisma, ed eseguire l'analisi in tensioni efficaci ( $c', \phi'$ ) sia in condizioni statiche che in condizioni dinamiche.

### Caratteristiche geotecniche dei terreni

I parametri geotecnici sono ottenuti dai risultati dello studio eseguito e dalla consultazione di valori bibliografici e da verifiche geotecniche eseguite su terreni analoghi.

Per quanto riguarda la coesione efficace, un'assunzione  $c'=0$  lungo tutto il versante è poco realistica e fortemente penalizzante. In realtà quasi sempre esiste un'aliquota di pseudocoesione.

A favore della sicurezza si considera un unico litotipo argilloso siltoso alterato di superficie. In realtà con la profondità questi terreni tendono ad un netto aumento delle caratteristiche meccanico-resistive.

Di seguito i valori caratteristici:

Terreni argillosi-siltosi di copertura:  $\phi'=23^\circ$   $c'=0.1 \text{ kg/cm}^2$   $\gamma=1.9 \text{ t/m}^3$

Terreni argillosi di riporto del terrapieno:  $\phi'=23^\circ$   $c'=0.05 \text{ kg/cm}^2$   $\gamma=1.9 \text{ t/m}^3$

### Risultati delle analisi di stabilità

I coefficienti di sicurezza vengono riportati nella tabella seguente.

Fs minimi – stato attuale		Fs minimi – stato di progetto	
Condizioni Statiche $F_{s \text{ min}}$			
2.02	1.69	1.31	1.14

Il pendio in esame e l'opera di contenimento, sia in condizioni statiche che in condizioni dinamiche (sisma), risultano verificati positivamente ( $F>1.1$ ).

A seguire si riporta la Sezione delle Verifiche di Stabilità, con indicata la superficie con  $F_s$  minore. La relazione di calcolo delle verifiche è riportata in Allegato 2.

Le sezioni delle verifiche di stabilità e le relazioni di calcolo sono riportate in Allegato 2.

### 3. TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

Nell'area in studio è in previsione la realizzazione di un piccolo bacino irriguo di forma sub circolare alimentato dalle acque meteoriche scolanti nell'area di Proprietà del Richiedente. Il bacino così realizzato consentirà un volume di accumulo pari a circa 650 mc, con uno specchio d'acqua che in condizioni di massimo riempimento avente una superficie planimetrica di circa 1.100 mq.

L'ubicazione è dettata dalla particolare configurazione morfologica del piede del rilevato calanchivo che colletta il reticolo idrografico minore in una depressione del terreno esistente, rendendo di fatto minimali le opere necessarie alla realizzazione dell'invaso.

Il bacino sarà attrezzato con un sistema di pompaggio mobile a lancia che consentirà il prelievo dell'acqua ivi accumulata ed il suo sfruttamento ai fini di irrigazione di soccorso soprattutto nei periodi più siccitosi.

Per i dettagli progettuali si rimanda ai relativi elaborati.

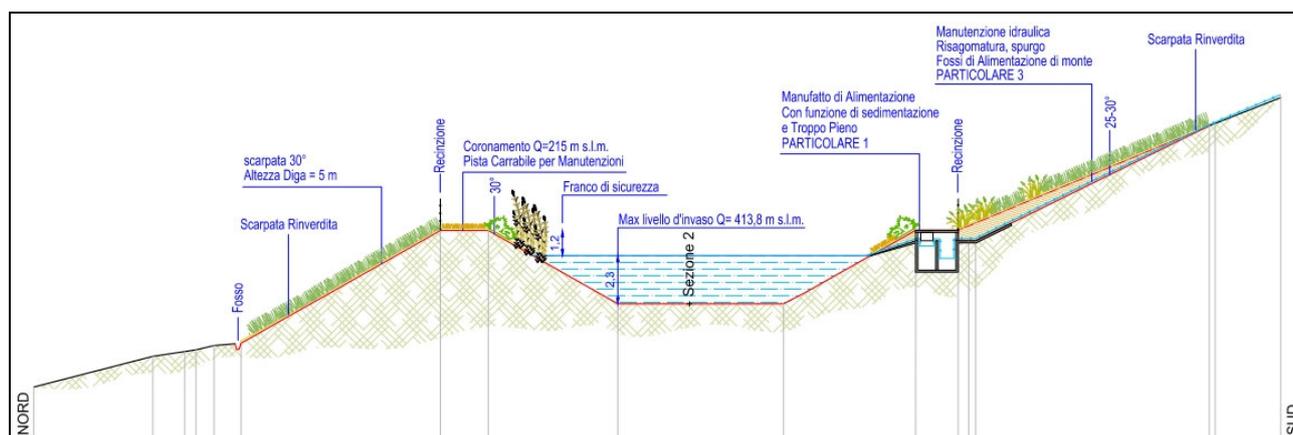


Figura 6 Sezione di progetto del bacino (monte-valle)

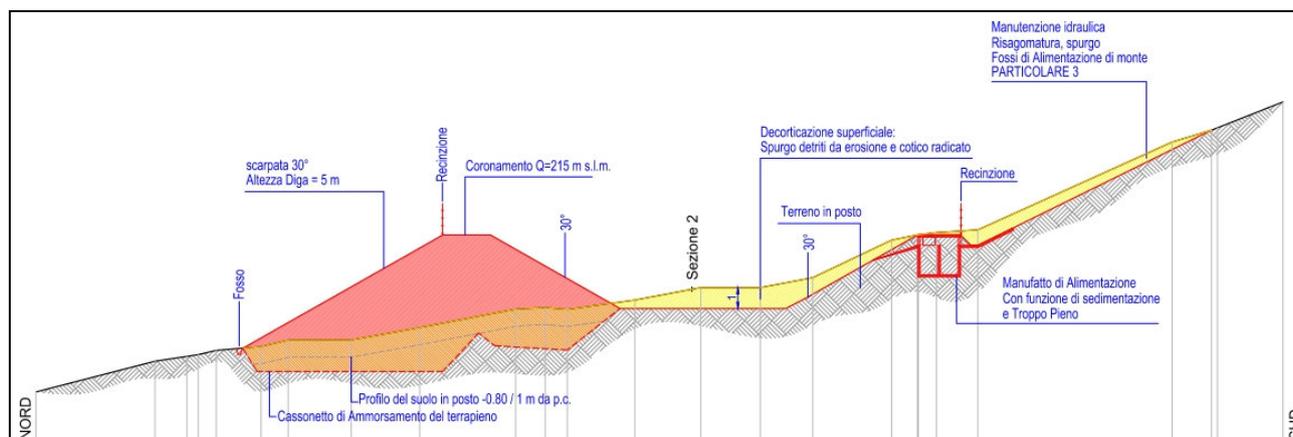


Figura 7 Sezione morfologica sinottica

### 3.1 – SBARRAMENTO DI VALLE

L'invaso sarà realizzato tramite la costruzione di un terrapieno di sbarramento in corrispondenza della chiusura di valle dell'impluvio naturale.

Lo sbarramento sarà realizzato in terra con scarpate sagomate a pendio unico della pendenza media di non più di 30° sia nell'estradosso che intradosso. L'altezza della diga, valutata a valle del terrapieno in relazione alla morfologia dei luoghi ed al piano campagna circostante, corrisponde ad un dislivello di circa 5 m. Il massimo livello idrico di accumulo sarà mantenuto, grazie alla predisposizione di appositi scarichi di troppo pieno, con un franco di sicurezza rispetto al ciglio di coronamento laterale di circa 1,2 m.

Il carico trasferito dai rilevati arginali risulterà compatibile con le caratteristiche meccaniche e resistive del terreno di appoggio.

### 3.2 – TENUTA DEL BACINO

Visto le caratteristiche geologiche dell'area d'intervento ed in particolare l'affioramento di terreni di substrato che si presentano francamente argillosi, non si prevede la necessità di una impermeabilizzazione del fondo del bacino se non operando una maggiore costipazione meccanica delle litologie in posto.

### 3.3 – MODALITÀ OPERATIVE

La realizzazione degli argini di sbarramento fuori terra dovrà seguire modalità efficaci a mantenere la stabilità nel tratto di pendio coinvolto. Di seguito si propone una traccia d'intervento, mediante modalità di esecuzione che seguiranno il seguente schema operativo:

- pulizia superficiale mediante eliminazione della cotica erbosa e dei primi 20-30 cm di terreno agrario. Stoccaggio dello stesso in cumulo temporaneo in posizione di sicurezza, per essere poi eventualmente riutilizzato nella fase di ripristino finale come suolo agrario.
- per consentire l'ancoraggio dei terrapieni arginali sarà inoltre necessario movimentare il modesto accumulo detritico trasportato e depositato dal reticolo idrografico minore scolante lungo il versante, fino all'affioramento del terreno in posto. Dal sopralluogo di sito è infatti evidente come in corrispondenza della depressione morfologica rilevata al piede del versante e lungo le linee di deflusso delle acque vi sia un deposito dello spessore medio di circa 1 m di materiale detritico, frutto dell'erosione meteorica del versante di monte che dovrà essere scarificato al fine di evitarne il successivo distacco e prevenire il potenziale intasamento della volumetria d'invaso.
- L'intervento non comporterà l'asportazione del terreno in posto, bensì la mera rimovimentazione/bonifica degli spurghi detritici trasportati a valle dai fossi e depositati lungo le scarpate meno acclivi ed in corrispondenza del cambio di pendenza del versante.
- Prima della collocazione del materiale di risulta dello sbancamento si provvederà alla risagomatura del profilo di appoggio mediante la realizzazione di due "gradoni di base" disposti in leggera contropendenza (circa 5-10%). Questo nuovo profilo è garante di maggiore stabilità e funge da sorta di "ancoraggio" per il materiale di riporto.

- L'argine verrà realizzato mediante la collocazione del terreno di risulta per strati orizzontali di limitato spessore e adeguatamente costipato.
- Verrà raggiunto un profilo finale della scarpata di valle con pendenza unica intorno al 60% (30°).
- Al termine dei lavori si procederà al rinverdimento delle scarpate così da evitare, da parte delle acque meteoriche, azioni di corrivazione diffusa e/o concentrata.

#### **4. INCIDENZA DELL'INVASO NEL BILANCIO IDRICO DEL BACINO IDROGRAFICO**

Dal punto di vista del bilancio idrico, il bacino esistente sottende un limitato bacino idrografico naturale, in quanto recepisce, attraverso la loro corretta regimazione, una parte delle acque prima disperdenti e dilavanti in modo selvaggio il pendio a monte.

L'incidenza sul bilancio idrico sarà quindi poco significativa, ma benefica in quanto il laghetto fungerà da piccolo bacino di laminazione per le acque regimate.

Il surplus idrico verrà comunque ceduto attraverso il collettore alla rete idrografica naturale esistente. Pertanto non si prevedono variazioni quantitative nel bilancio idrico di bacino.

#### **5. EFFETTI PRODOTTI A VALLE DELL'INVASO A SEGUITO DEL CROLLO DELLO SBARRAMENTO**

Prima di affrontare la verifica degli effetti prodotti a valle dell'invaso a causa dell'eventuale crollo istantaneo dell'opera di sbarramento con concomitante stato di massima piena del bacino, è bene tener presente la modesta entità dell'opera in progetto e la limitata altezza dello sbarramento fuori terra.

A valle non sono presenti edifici civili.

Volendo comunque ipotizzare una fuoriuscita d'acqua di circa il 50% del totale, ovvero circa 400 mc, che si riversano improvvisamente lungo il versante, data la conformazione a vallecchia del settore di valle dell'area, l'acqua convoglierebbe naturalmente verso l'impluvio esistente creando una limitata e brevissima onda di piena ben tollerata, viste le caratteristiche morfologiche, dal Rio Bersaglio.

## 6. CONSIDERAZIONI FINALI

Nell'area in studio (Fig. 1-2), è stato eseguito uno studio volto alla ricostruzione degli aspetti geologici-geomorfologici, di stabilità e di pericolosità geologica dell'area connessi con la realizzazione di un laghetto irriguo.

L'indagine geologica ha messo in evidenza i seguenti aspetti:

- il sottosuolo dell'area indagata è caratterizzato da una litologia argillosa-limosa da compatta a molto compatta che garantisce la buona tenuta naturale del bacino.
- La scelta dell'ubicazione del bacino è dettata dalla particolare configurazione morfologica del sito che si colloca al piede di un versante calanchivo che colletta il reticolo idrografico minore in una depressione del terreno esistente, rendendo di fatto minimali le opere necessarie alla realizzazione dell'invaso.
- La presenza poi di un substrato geologico di natura argillosa facilita il contenimento idrico e quindi la possibilità della messa in opera di bacini per la raccolta ed accumulo delle acque.
- L'evoluzione naturale degli affioramenti argillosi in sito, unitamente ai fenomeni di scorrimento ed erosione superficiale, hanno negli anni agevolato la formazione di depressioni naturali nel terreno ai piedi dei rilevati calanchivi che durante la stagione invernale si trasformano in zone umide. Questo è il tipico caso del sito in studio dove la morfologia dei luoghi, unita alla corrivazione delle acque durante gli eventi di pioggia, è caratterizzata da un avvallamento in cui già si formano ristagni idrici in periodo autunno-invernale.
- L'attuale condizione idrografica del sito si presenta precaria e in stato di abbandono. I fossi si presentano impaludati e invasi da vegetazione infestante. L'efficienza idraulica del reticolo di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche è quindi da giudicarsi scadente. Tale condizione è da ritenersi potenzialmente critica anche nei confronti di possibili inneschi di locali fenomeni d'intabilità.

Da un punto di vista idraulico, la realizzazione del bacino non produrrà effetti negativi alla capacità di smaltimento del reticolo idrografico di sito né modifiche all'attuale configurazione e schema locale di smaltimento delle acque, ma al contrario ne ha permesso una sua migliore raccolta e sfruttamento.

In particolare:

- L'intervento non ha mutato il bilancio idrico di sito né ha influito negativamente sulle capacità di drenaggio e di allontanamento delle acque meteoriche del reticolo idrografico dell'area che invece vedrà positivamente ridotte le acque disperse.
- Il bacino ad uso irriguo è infatti alimentato grazie alla intercettazione degli afflussi meteorici del pendio immediatamente a monte, raccogliendo di fatto una porzione delle acque che si sarebbero disperse lungo il versante; lo scarico di troppo pieno provvede poi a recapitarle nel fosso naturale presente a valle.
- L'invaso costituisce inoltre una sorta di volume di accumulo che durante eventi meteorici critici assumerà indirettamente la funzione di bacino di laminazione con dilazionamento della portata di piena ai recettori posti a valle, a favore di sicurezza.

I movimenti terra con i relativi terreni di risulta derivanti dalla realizzazione dello scavo e ogni altro intervento deve

essere eseguito con modalità tali da inibire grosse alterazioni dello stato di equilibrio geostatico dei terreni.

Nel caso in cui in fase esecutiva si rilevassero volumi di terreno di risulta differenti e/o settori d'appoggio "scadenti" e/o non idonei e garanti per la stabilità dell'intervento, si dovranno apportare le modifiche necessarie a quanto previsto in questa fase.

Tra gli obiettivi della manutenzione ordinaria del bacino vi dovrà essere quello di prevedere i dovuti accorgimenti per garantire che i terreni interessati nonché quelli all'intorno conservino le attuali condizioni di resistenza e che l'area mantenga le attuali caratteristiche di stabilità. Sarà necessario evitare perdite del fondo e delle sponde del bacino e la corretta regimazione delle acque superficiali ed il loro opportuno smaltimento, evitando così qualsiasi dispersione liquida nei terreni.

Lo studio eseguito ha permesso di ottenere risultati soddisfacenti e garanti per la definizione del modello geologico dell'area d'intervento; pertanto dalle considerazioni sopra esposte, e nel rispetto delle prescrizioni indicate, si ritiene la realizzazione del laghetto in progetto, compatibile con le componenti ambientali e le caratteristiche geologiche dell'area.

Dott. Geol. Marco Santi Bortolotti

## ALLEGATO 1

### Verifiche di stabilità

## Relazione di calcolo

### Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

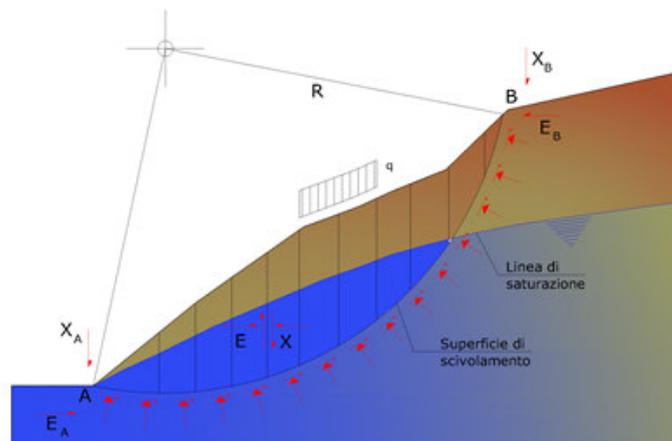
1. .

### Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in concii considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei concii.



### Metodo dei concii

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di concii. Se il numero dei concii è pari a  $n$ , il problema presenta le seguenti incognite:

- $n$  valori delle forze normali  $N_i$  agenti sulla base di ciascun concio;
- $n$  valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_i$ ;
- $(n-1)$  forze normali  $E_i$  agenti sull'interfaccia dei concii;
- $(n-1)$  forze tangenziali  $X_i$  agenti sull'interfaccia dei concii;
- $n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione delle  $E_i$ ;
- $(n-1)$  valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_i$ ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .

Complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$ .

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$ ;
- equazioni relative al criterio di rottura  $n$ .

Totale numero di equazioni  $4n$ .

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quanto si fa l'assunzione che  $N_i$  sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite. I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le  $(n-2)$  indeterminazioni.

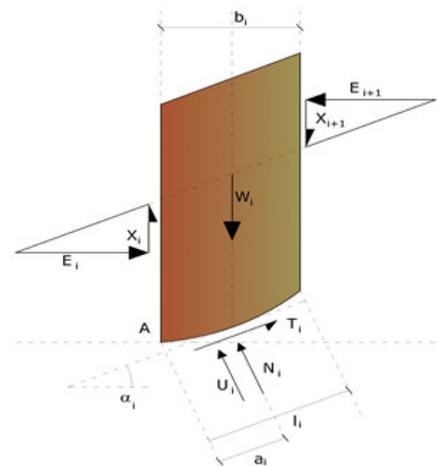
#### Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

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

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

I valori di  $F$  e di  $\Delta X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $\Delta X = 0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.



$$F_{sm} = F_{sf}$$



**Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)**

Normativa	Utente
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1.36 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	6.01 m
Ascissa vertice destro superiore xs	59.18 m
Ordinata vertice destro superiore ys	42.64 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	40.0
Numero di celle lungo y	20.0

**Sisma**

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.051
Coefficiente azione sismica verticale	0.025
Intensità di Arias	0.003 m/s
Intensità degli incroci con l'asse dei tempi accelerogramma	13.377 1/s
Durata accelerogramma Trifunac (1975)	13.480 s

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	-5.0
2	0.0	0.0
3	5.64	1.46
4	8.55	1.98
5	10.67	2.16
6	19.7	7.66
7	22.0	7.66
8	28.14	4.16
9	36.0	4.16
10	42.4	7.67
11	45.0	7.69
12	54.2	11.87
13	59.2	13.78

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-5.0
2	0.0	0.0
3	5.64	1.46
4	8.55	1.98
5	10.67	2.16

6	10.67	2.16
7	11.7	1.16
8	19.7	1.0
9	22.0	3.16
10	22.5	2.8
11	25.0	2.7
12	28.14	4.16
13	36.0	4.16
14	42.4	7.67
15	45.0	7.69
16	54.2	11.87
17	59.2	13.78

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

### Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0.05		23	2000	2300.00	Argille limose
2	0.1		23	2000	2300	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	0	0	0	1	0
2					

### Risultati analisi pendio [Utente]

Fs minimo individuato	1.14
Ascissa centro superficie	11.48 m
Ordinata centro superficie	13.33 m
Raggio superficie	10.96 m

**xc = 11.477 yc = 13.335 Rc = 10.956 Fs=1.143**

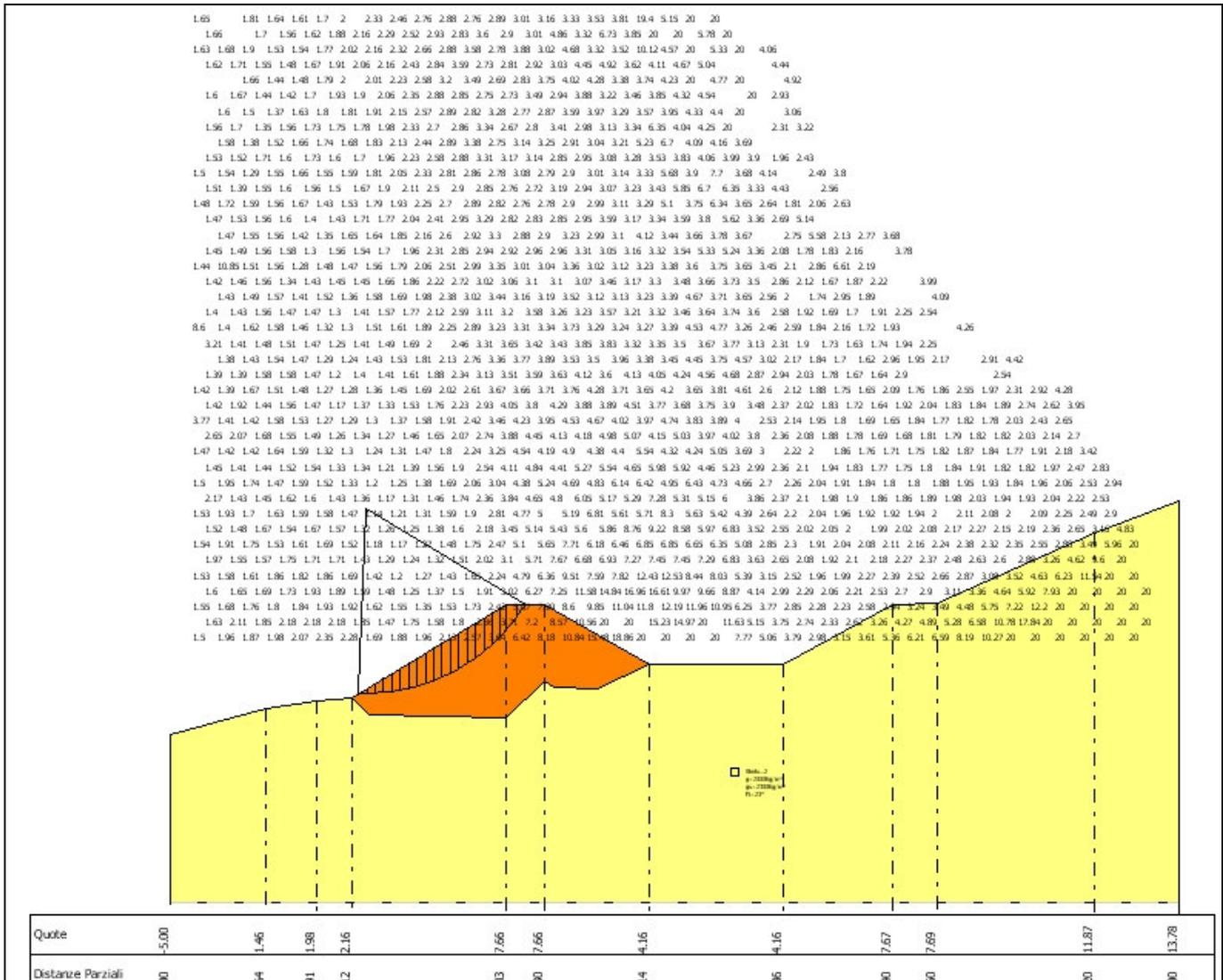
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.49	-1.0	0.49	153.2	7.81	3.83	0.05	23.0	0.0	157.9	273.1
2	0.49	1.6	0.49	443.47	22.62	11.09	0.05	23.0	0.0	433.3	375.5
3	0.49	4.1	0.49	712.19	36.32	17.8	0.05	23.0	0.0	680.1	467.6
4	0.49	6.7	0.49	959.22	48.92	23.98	0.05	23.0	0.0	900.9	550.6
5	0.49	9.3	0.5	1184.28	60.4	29.61	0.05	23.0	0.0	1097.6	625.0
6	0.49	11.9	0.5	1386.95	70.73	34.67	0.05	23.0	0.0	1271.5	691.4
7	0.49	14.6	0.51	1566.63	79.9	39.17	0.05	23.0	0.0	1423.7	750.3

SLOPE

---

8	0.49	17.2	0.51	1722.59	87.85	43.06	0.05	23.0	0.0	1554.8	802.0
9	0.49	19.9	0.52	1853.83	94.55	46.35	0.05	23.0	0.0	1665.0	846.5
10	0.49	22.7	0.53	1959.18	99.92	48.98	0.05	23.0	0.0	1754.0	883.9
11	0.49	25.5	0.54	2037.1	103.89	50.93	0.05	23.0	0.0	1821.0	913.9
12	0.49	28.4	0.56	2085.76	106.37	52.14	0.05	23.0	0.0	1864.8	936.3
13	0.49	31.3	0.57	2102.79	107.24	52.57	0.05	23.0	0.0	1883.2	950.5
14	0.49	34.4	0.59	2085.26	106.35	52.13	0.05	23.0	0.0	1872.9	955.5
15	0.49	37.6	0.62	2029.39	103.5	50.73	0.05	23.0	0.0	1829.5	950.0
16	0.49	40.9	0.65	1930.25	98.44	48.26	0.05	23.0	0.0	1746.0	932.1
17	0.49	44.4	0.69	1781.19	90.84	44.53	0.05	23.0	0.0	1612.4	898.8
18	0.32	47.4	0.48	1060.59	54.09	26.51	0.05	23.0	0.0	954.8	562.9
19	0.66	51.4	1.06	1543.85	78.74	38.6	0.05	23.0	0.0	1294.3	942.2
20	0.49	56.5	0.89	378.81	19.32	9.47	0.05	23.0	0.0	63.8	412.1

STATO DI PROGETTO



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	Utente
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	8.17 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5.52 m
Ascissa vertice destro superiore xs	58.79 m

Ordinata vertice destro superiore ys	37.01 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	40.0
Numero di celle lungo y	25.0

**Sisma**

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.051
Coefficiente azione sismica verticale	0.025

Intensità di Arias	0.003 m/s
Intensità degli incroci con l'asse dei tempi accelerogramma	13.377 1/s
Durata accelerogramma Trifunac (1975)	13.480 s

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	-5.0
2	0.0	0.0
3	5.64	1.46
4	8.55	1.98
5	10.67	2.16
6	12.0	2.47
7	15.0	2.47
8	28.45	4.37
9	31.57	4.25
10	34.69	4.41
11	40.9	7.2
12	45.0	7.69
13	54.2	11.87
14	59.2	13.78

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0.1		23	2000	2300.00	Argille limose

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	0	0	0	1	0

**Risultati analisi pendio [Utente]**

Fs minimo individuato	1.7
Ascissa centro superficie	40.44 m
Ordinata centro superficie	23.79 m
Raggio superficie	20.42 m

**xc = 40.439 yc = 23.786 Rc = 20.417 Fs=1.696**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.59	-17.2	0.62	130.44	6.65	3.26	0.1	23.0	0.0	271.3	434.5
2	1.79	-13.8	1.85	3077.33	156.94	76.93	0.1	23.0	0.0	3659.1	2003.5
3	1.19	-9.5	1.21	4381.4	223.45	109.54	0.1	23.0	0.0	4759.8	1904.1
4	1.19	-6.1	1.2	6050.05	308.55	151.25	0.1	23.0	0.0	6329.1	2291.1
5	1.19	-2.7	1.19	7549.28	385.01	188.73	0.1	23.0	0.0	7683.3	2626.7
6	0.84	0.1	0.84	6101.96	311.2	152.55	0.1	23.0	0.0	6097.8	2019.5
7	1.55	3.5	1.55	12038.65	613.97	300.97	0.1	23.0	0.0	11825.8	3873.8
8	1.19	7.3	1.2	9355.79	477.15	233.89	0.1	23.0	0.0	9050.1	2973.7
9	1.36	11.0	1.38	10501.21	535.56	262.53	0.1	23.0	0.0	10051.2	3330.2
10	1.03	14.4	1.06	8053.16	410.71	201.33	0.1	23.0	0.0	7661.4	2543.2
11	1.19	17.6	1.25	9783.9	498.98	244.6	0.1	23.0	0.0	9292.5	3063.3
12	1.19	21.2	1.28	10074.17	513.78	251.85	0.1	23.0	0.0	9582.8	3152.3
13	1.19	24.8	1.31	10158.76	518.1	253.97	0.1	23.0	0.0	9710.8	3205.0
14	1.19	28.6	1.36	10020.21	511.03	250.51	0.1	23.0	0.0	9658.2	3217.8
15	1.19	32.5	1.41	9635.24	491.4	240.88	0.1	23.0	0.0	9394.9	3184.7
16	1.19	36.6	1.49	8972.09	457.58	224.3	0.1	23.0	0.0	8873.8	3096.1
17	1.01	40.5	1.33	6843.82	349.03	171.1	0.1	23.0	0.0	6864.1	2501.7
18	1.38	45.1	1.95	7623.89	388.82	190.6	0.1	23.0	0.0	7712.4	3078.4
19	1.19	50.5	1.88	4415.26	225.18	110.38	0.1	23.0	0.0	4295.5	2180.2
20	1.19	56.1	2.14	1696.18	86.51	42.4	0.1	23.0	0.0	847.9	1473.8