



Via Privata Bellavista, 50
18019 VALLECROSIA
P.IVA. 01118850088 **C.F.** TRR PLG 62C29 I138J
e-mail: torrieri@alice.it
e-mail: pierluigitorrieri@gmail.com
Pec: torrieri@epap.sicurezzapostale.it

Tel. Cellulare: **335/8402748**
Tel/Fax: 0184-25.48.64 Studio
Fax2: 0184-1950309

COMUNE DI BORDIGHERA

Via Penne Nere

RELAZIONE GEOLOGICA RELATIVA ALLA COSTRUZIONE DI UN MURO DI SOSTEGNO



PROGETTO: Ing. Paolo BIANCHERI

VALLECROSIA 16-07-2016

dott. geol. pierluigi torrieri

A blue circular professional stamp of Pierluigi Torrieri, a geologist in the Region of Liguria. The stamp contains the text "GEOLOGI DELLA LIGURIA", "TORRIERI PIERLUIGI", "0184-25.48.64", and "19-01-95". A large, stylized signature is written over the stamp.

INDICE

§- 1.Premessa.	Pag. 3
§- 2.Aspetti Geologici.	Pag. 3
§- 3.Rapporti tra zona di progetto e Piano di Bacino	Pag. 10
§- 4.Aspetti sismici	Pag. 12
§- 5.Verifica di stabilità del versante	Pag. 20
§ - 6.Conclusioni.	Pag. 22

ALLEGATI

PLANIMETRIA

1. PREMESSA

Viste le seguenti normative di Legge: D.M 11-03-1988 e Circ. LL.PP 24-09-1988 n. 30483; D.M. del 14-01-2008; D.Lgs. 152/2006; Legge 98/2013 Art. 41bis

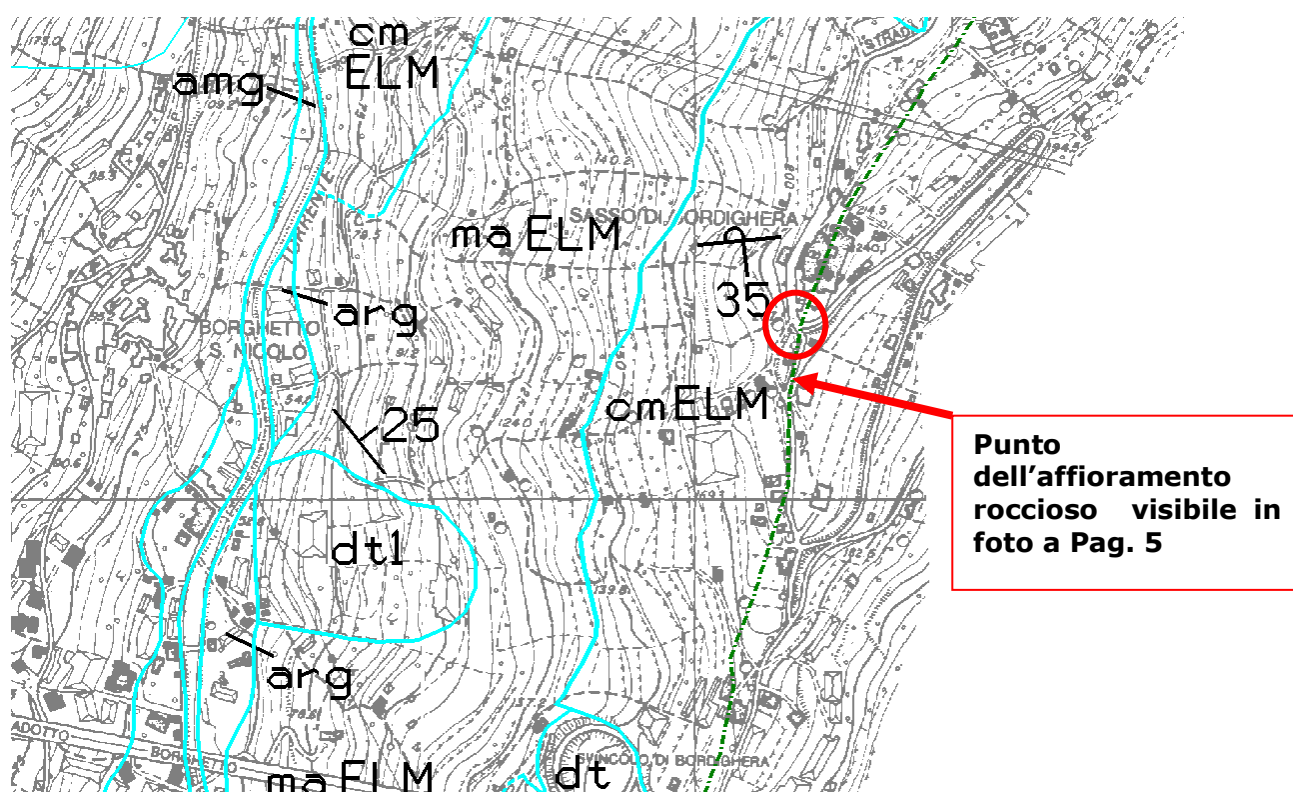
Vista la normativa di Piano di Bacino.

Esaminata la Normativa tecnica de Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (PTCP), relativa alla zona di progetto.

Visto l'incarico affidatomi, lo scrivente Pierluigi Torrieri, Geologo in Vallecrosia Via Bellavista 50, regolarmente iscritto all'Albo Professionale dei Geologi col numero 294, esegue studi di carattere geologico-geotecnico inerenti alla costruzione di un muro di sostegno nel Comune di Bordighera Via Penne nere; Foglio Catastale n° Mapp. ; Zona PG1 Piano di Bacino;

2. ASPETTI GEOLOGICI

La formazione rocciosa che caratterizza il sottosuolo è rappresentata dal Flysch ad Helmintoidi , qui di seguito sommariamente descritto.



FLYSCH AD HELMINTOIDI (Eocene)

La formazione rocciosa che caratterizza il substrato litologico è costituita da una falda alloctona di terreni scollati dal complesso di base e carreggiati in fase orogenica Alpina.

Il settore più occidentale del Flysch ad Helmintoidi appartiene al dominio a facies Sanremo-Monte Saccarello, composto prevalentemente da quattro elementi col seguente ordine stratigrafico:

- 1) Complesso di base; costituisce il livello di scollamento.
- 2) Serie a dominante arenacea.
- 3) Serie a dominante calcareo-marnosa.
- 4) Serie a dominante argilloso-marnosa.

Le formazioni rilevate in zona appartengono alla serie calcareo-marnosa (**cm ELM**), con non rare intercalazioni di livelli arenacei. Le alternanze tra livelli arenacei e livelli pelitici scistosi indica variazioni di facies sedimentarie, passando da ambienti di piattaforma ad ambienti profondi.

- **cmELM** - FLYSCH DI SANREMO (LITOTIPI CALCAREO-MARNOSI). Torbiditi marnoso-calcaree e calcareo-marnose a base calcareo arenacea, in strati da medi a spessi, fino a plurimetrici, calcari micritici e rare argilliti costituenti i giunti di strato. Verso l'alto, il passaggio a maELM è definito da litofacies francamente marnose e a stratificazione più sottile; verso il basso, il passaggio a arBOR è segnato dalla comparsa di strati isolati di arenarie grossolane e dall'infittirsi di calcari micritici in strati metrici

Quest'unità si identifica con lo "H¹" di Franchi, la "Série à dominante calcaire" degli AA. francesi, la "Saccarelloserie" di Richter e le "Litofacies a, b e c" di Sagri (1984). Nell'area rilevata, affiora estensivamente con sostanziale omogeneità, ed il suo limite stratigrafico inferiore è costantemente dato da arBOR (Arenarie di Bordighera), verso le quali il passaggio è rapido anche se progressivo, mentre quello superiore sfuma assai gradualmente nello maELM (H² di Franchi).

Come descritto da Sagri (1984), la formazione si compone della sequenza monotona di due tipi di strati torbiditici fondamentali:

a) Strati e banchi di spessore da metrico a plurimetrico dati da una coppia marna calcarea/calcareo arenaceo con quest'ultimo costituente la base dello strato, il cui rapporto stratimetrico arenite/pelite è di norma < 1. Gli strati raramente mostrano una sequenza Bouma completa, ma più spesso sequenze tronche alla base di tipo T_{bcd}, T_{cde}, riconducibili a prevalenti facies sedimentarie Mutti & Ricci Lucchi D₂. Alla base degli strati più potenti, è frequente la ripetizione degli intervalli basali (T_{bc}-bc-cd..), dovuta, secondo Rupke (1976) e Hiscott & Pickering (1984), a frequenti "rimbalzamenti" delle correnti di torbida in fosse ristrette; in questi casi lo spessore degli strati supera facilmente i 6-7 m.

Tra le varietà di strato che si differenziano da questo tipo fondamentale, ne segnaliamo una perché sempre presente in larga prevalenza al passaggio col soprastante ma ELM, associata a strati isolati di "megatorbiditi" marnoso-calcaree del tipo sopra descritto, costituito da marna o da marna argillosa, con suola calcareo-arenacea assente o data da un sottile intervallo c o cd, in facies sedimentaria D₃.

b) Strati metrici e submetrici di calcari micritici, con sequenza prevalente T_{(d)e}, e facies sedimentaria D₃. Alla base è spesso presente un velo di calcare sabbioso, e chiude normalmente la sedimentazione un intervallo netto di emipelagite argillitica (intervallo f di Hesse).

L'età della formazione è stata di recente precisata da Manivit & Prud'Homme (1990), e sarebbe secondo questi ultimi compresa tra il Maastrichtiano medio e il Maastrichtiano superiore.

Lo spessore dell'unità, valutabile in alcune sezioni significative in cui ne sono definibili la base e il tetto (Rio Battagli tra Seborga e Vallebona) non sembra superare i 200 m.

L'affioramento che si vede in foto è posto sull'asse del crinale a pochi metri a valle dell'area di intervento.



CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO: Criterio di Hoek e Brown.

Il substrato roccioso è stato classificato secondo il criterio di **Hoek e Brown**, dal quale si sono ricavati i principali parametri geotecnici, riportati di seguito in forma numerica e grafica. Segue una breve trattazione del metodo utilizzato.

Coesione ammasso = 0,104Mpa (superficiale)

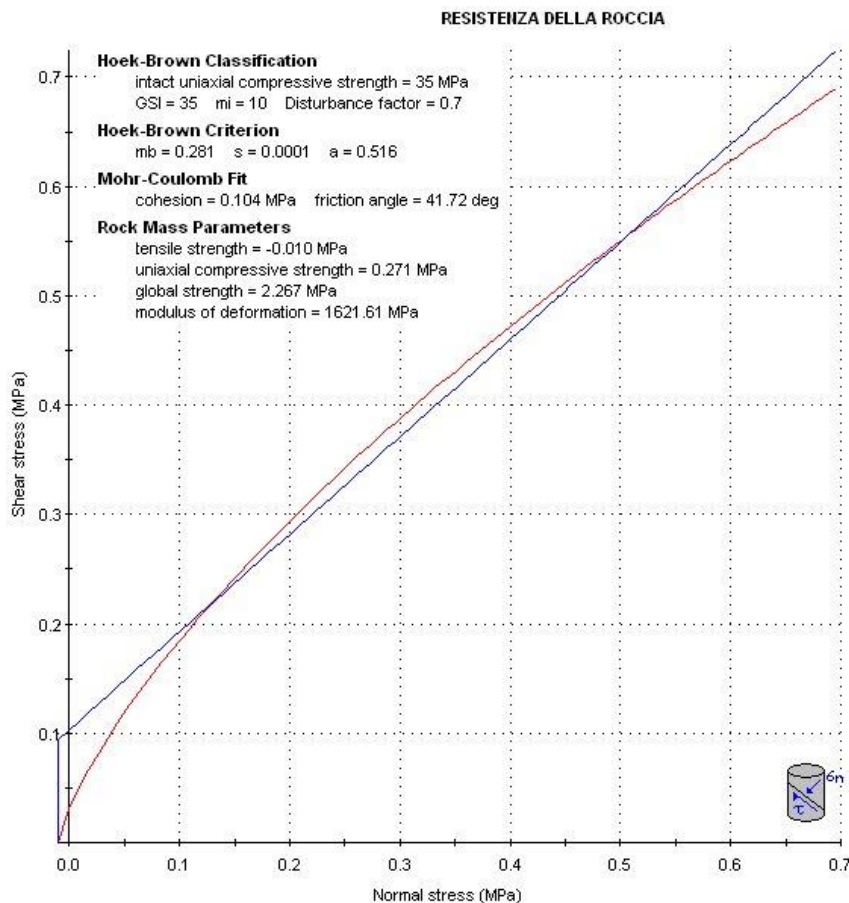
Angolo di attrito = 41°

mb = 0,281

s = 0,0001

a = 0,516

Modulo di deformazione = 1621,61MPa



A differenza di quanto avviene nelle terre sciolte, negli ammassi rocciosi la resistenza al taglio del materiale non può generalmente essere descritta con il criterio di rottura di Coulomb :

$$\tau_{\max} = c + \sigma \tan \varphi;$$

dove

c = coesione;

σ = pressione efficace;

φ = angolo d'attrito.

Questo infatti indica una correlazione fra resistenza al taglio del materiale e pressione di confinamento di tipo lineare, mentre negli ammassi rocciosi tale correlazione è chiaramente di tipo non lineare.

D'altra parte i metodi dell'equilibrio limite richiedono che il materiale, terra o roccia, sia descrivibile attraverso i parametri c e φ .

E' necessaria quindi una correlazione che leghi queste due grandezze a quelle utilizzate normalmente per la descrizione del comportamento meccanico dell'ammasso roccioso.

Hoek e Brown descrivono una procedura che consente l'applicazione delle formule dell'equilibrio limite anche al caso di ammassi rocciosi.

La forma generale del criterio di rottura di Hoek & Brown è la seguente:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_c \left[m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_c} + s \right]^a ;$$

dove:

- m_b = valore della costante m per gli ammassi rocciosi;
 s, a = costanti dipendenti dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso;
 σ_c = resistenza alla compressione monassiale della roccia intatta;
 $\sigma_1 \sigma_3$ = sforzi principali in tensioni efficaci.

La determinazione dei parametri a , s e m_b viene fatta in funzione della qualità dell'ammasso roccioso, espressa numericamente dall'indice GSI (Geological Strength Index).

Sulla base del valore stimato dell'indice GSI, si distinguono i seguenti casi:

- per ammassi rocciosi in condizioni indisturbate di qualità da buona a media per i quali sia $GSI \geq 25$, si ha:

$$a = 0.5;$$
$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28}\right);$$
$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9}\right);$$

- per ammassi rocciosi in condizioni indisturbate per i quali sia $GSI < 25$ (ma maggiore di 18, valore minimo previsto dalla classificazione), si ha:

$$a = 0.65 - \frac{GSI}{200};$$
$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28}\right);$$
$$s = 0;$$

- in tutti i casi in condizioni rimaneggiate o disturbate (ammassi rocciosi scavati con esplosivo o alterati e detensionati), si ha:

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{14}\right);$$
$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{6}\right) \text{ (solo nel caso } GSI \geq 25, \text{ altrimenti } s=0);$$

Per quanto riguarda la stima dei valori di m_i , costante per i diversi litotipi, in assenza di dati sperimentali, si può fare riferimento alla seguente tabella:

ROCCE	CLASSE	GRUPPO	GRANULOMETRIA			
			Grossa	Media	Fine	Molto fine
SEDIMENTARIE	Clastiche		Conglomerato (22)	Arenaria 19	Siltite 9	Argillite 4
			← Grovaccia (18) →			
	Non clastiche	Organiche	← Calcarea (chalk) 7 →			
			← Carbone (8-21) →			
		Carbonatiche	Breccia (20)	Calcarea spartico (10)	Calcarea micritico 8	
	Chimiche		Gesso 16	Anidrite 13		
METAMORFICHE	Non scissose		Marmo 9	Hornfels (19)	Quarzite 24	
	Debolmente scissose		Migmatite (30)	Antibolite 31	Milonite (6)	
	Scissose*		Gneiss 33	Scisti (10)	Fillite (10)	Argilloscisto 9
IGNEE	Acide		Granito 33		Riolite (16)	Ossidiana (19)
			Granodiorite (30)		Dacite (17)	
			Diorite 28		Andesite 19	
			Gabbro 27	Dolerite (19)	Basalto (17)	
	Basiche	Norite 22				
	Piroclastiche		Agglomerato (20)	Breccia (18)	Tufo (15)	

Stima dei valori di c_i e ϕ_i dell'ammasso roccioso.

Poiché il criterio di Hoek e Brown esprime una curva di tipo non lineare, i valori di coesione e angolo di resistenza al taglio variano in funzione dello sforzo normale efficace (σ_n') agente.

I valori di c_i e ϕ_i si possono ottenere attraverso lo sviluppo di una tecnica numerica per la soluzione in forma implicita. In questo caso i passi di calcolo sono i seguenti:

- con le procedure di Hoek e Brown, si calcolano i valori di σ_1 , facendo variare σ_3 da un valore minimo prossimo a 0 fino ad un valore massimo che può essere posto indicativamente uguale a $0,25\sigma_c$. Il passo di variazione di σ_3 ($\Delta\sigma_3$) è fornito dalla relazione $\Delta\sigma_3 = \sigma_c/2^{10}$. Ad n passi $\Delta\sigma_3$ corrispondono altrettante coppie di valori di σ_1 , σ_3 , con le formule di Hoek e Brown, e n gruppi di valori $\delta\sigma_1/\delta\sigma_3$, σ_n' , τ , ottenuti attraverso le relazioni di Balmer:

$$\sigma_n = \sigma_3 + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\frac{\delta\sigma_1}{\delta\sigma_3} + 1};$$

$$\tau = (\sigma_n - \sigma_3) \sqrt{\frac{\delta\sigma_1}{\delta\sigma_3}};$$

$$\frac{\delta\sigma_1}{\delta\sigma_3} = 1 + \frac{m_b \sigma_c}{2(\sigma_1 - \sigma_3)} \quad (\text{caso GSI} > 25, a=0,5).$$

$$\frac{\delta\sigma_1}{\delta\sigma_3} = 1 + am_b^a \left(\frac{\sigma_3}{\sigma_c} \right)^{a-1} \quad (\text{caso } GSI \leq 25, s=0).$$

Dalle formule di regressione lineare:

$$\varphi_i' = \arctan \left[\frac{\sum \sigma_n \tau - \frac{\sum \sigma_n \sum \tau}{n}}{\sum \sigma_n^2 - \frac{(\sum \sigma_n)^2}{n}} \right],$$

$$c_i' = \left(\frac{\sum \tau}{n} \right) - \left[\left(\frac{\sum \sigma_n}{n} \right) \tan \varphi_i' \right],$$

- si ricavano i corrispondenti valori di c_i' e φ_i' dell'intervallo considerato.
- S'individua l'intervallo di valori di σ_n calcolati nel passo precedente ($\Delta\sigma_n$) nel quale ricade il σ_n' medio della base del concio. $\Delta\sigma_n$ a sua volta si collega a due intervalli di variazione della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio istantanei ($\Delta c_i'$ e $\Delta\varphi_i'$), da cui si ricavano:

$$c_i = \frac{\sigma_{nbc}'}{\Delta\sigma_n} \Delta c_i',$$

$$\varphi_i = \frac{\sigma_{nbc}'}{\Delta\sigma_n} \Delta\varphi_i',$$

Stima dei valori di c_i e φ_i dei giunti meccanici.

Negli ammassi rocciosi fratturati la resistenza meccanica dei giunti, espressa in valori di c_i e φ_i , si può ottenere attraverso le relazioni proposte da Barton. Anche in questo caso i valori di coesione e angolo di resistenza al taglio variano in funzione dello sforzo normale efficace (σ_n') agente.

Questi i passaggi di calcolo:

$$\tau = \sigma_n' \tan \left[\varphi_b + JRCL \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n'} \right) \right];$$

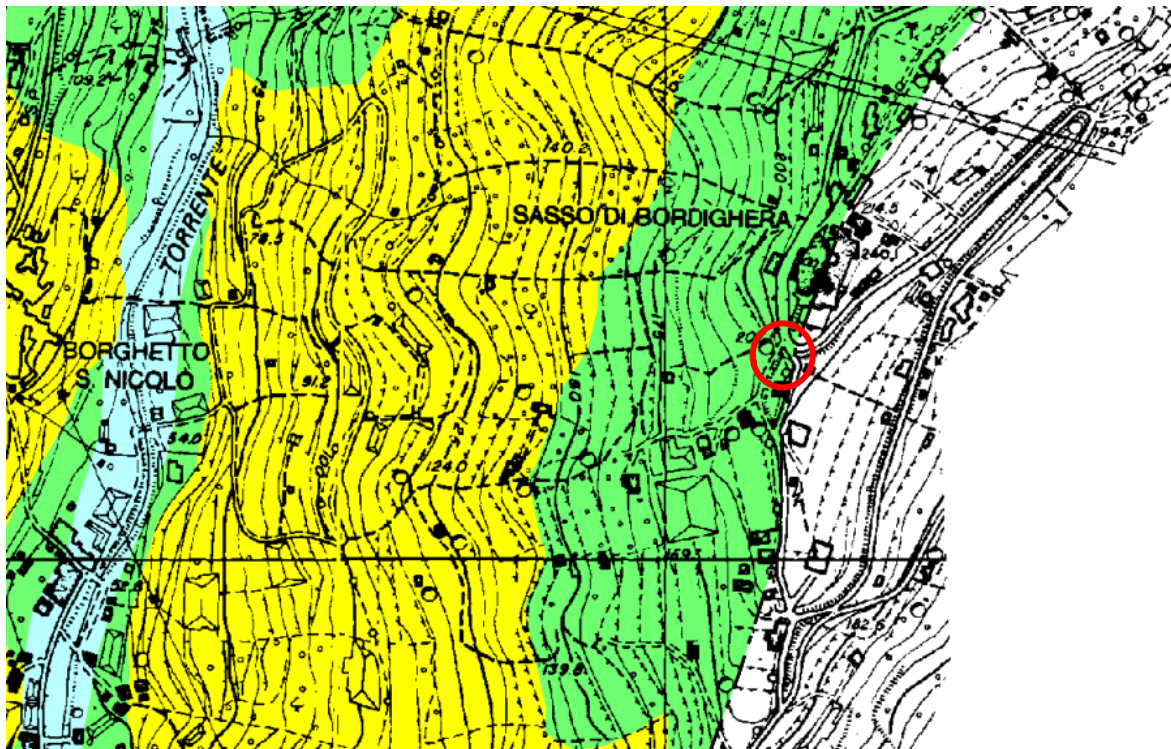
$$\frac{\delta\tau}{\delta\sigma_n} = \tan \left[\varphi_b + JRCL \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n'} \right) \right] - \frac{\pi JRC}{180 \ln 10} \left\{ \tan^2 \left[\varphi_b + JRCL \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n'} \right) \right] + 1 \right\};$$

$$\varphi_i = \arctan \left(\frac{\delta\tau}{\delta\sigma_n} \right);$$

$$c_i = \tau - \sigma_n \tan \varphi_i.$$

3. RAPPORTI TRA ZONA PROGETTUALE e Piano di Bacino: Cenni

Per il **PIANO DI BACINO** Carta della Suscettività al dissesto l'area di progetto è classificata come **PG1** ossia Aree a Bassa Suscettività al dissesto (verde).



Nelle aree a suscettività al dissesto bassa PG1 si demanda ai Comuni, nell'ambito della norma geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico-edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree, attraverso indagini specifiche, che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto. Tali indagini devono essere volte a definire gli elementi che determinano il livello di pericolosità, ad individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento, nonché ad attestare che gli stessi non aggravino le condizioni di stabilità del versante.

Le indagini e gli studi di cui ai commi precedenti devono tenere in debita considerazione eventuali aree a maggiore suscettività presenti nei pressi della zona di intervento, valutando anche possibili espansioni di movimenti gravitativi.

In ogni caso sono consentiti gli interventi di realizzazione di opere di bonifica e di sistemazione dei movimenti franosi dirette alla messa in sicurezza degli edifici, delle strutture esistenti e delle aree in dissesto.

A seguito della realizzazione degli interventi di bonifica e di sistemazione la Provincia su richiesta del soggetto attuatore, corredata di idonei monitoraggi comprovanti la stabilizzazione dell'areale oggetto d'intervento, modifica la perimetrazione delle zone e ridefinisce la classe di suscettività al dissesto con le procedure di cui al comma 15, dell'art.97, della l.r. n.18/1999.

Relativamente ai manufatti edilizi, alle opere, depositi o insediamenti esistenti oltre a quanto già disposto dal Piano relativamente a casi specifici e contenuto nel piano di interventi di mitigazione del rischio o nelle misure di protezione civile, il Piano demanda ai Comuni l'assunzione, nell'ambito degli strumenti urbanistici, dei piani di settore, e dei piani di prevenzione ed emergenza di protezione civile (l.r. n.9/2000), di tutte le misure opportune per ridurre il rischio per la pubblica incolumità.

Nella **Carta del Reticolo Idrografico Regionale** l'area di intervento è classificata in un Bacino Idrografico di terzo livello (**Reg. Reg. N. 3 del 14/07/2011**) in quanto la superficie dello stesso è inferiore a **0,250kmq**, pertanto le distanze minime dal corso d'acqua devono essere superiori a 10,0metri.

Nel caso specifico la distanza è > 300,0 metri dal rio più vicino.



4. ASPETTI SISMICI D.M. 14 gennaio 2008

Al fine di verificare la distribuzione delle onde sismiche nel sottosuolo ho utilizzato due prove di sismica a rifrazione realizzate sulla proprietà limitrofa lato Est (vedi foto sotto), le quali sono state determinanti per tre ragioni:

- 1) Forniscono indicazioni sulla distribuzione delle onde di compressione V_p . Dall'interpretazione dell'indagine sismica si ottengono i valori delle velocità delle onde P, dalle quali, noto il coefficiente di Poisson, si ricavano i corrispondenti valori delle velocità delle onde S con la relazione:

$$V_s (m/s) = V_p \sqrt{\frac{1-2\sigma}{2-2\sigma}}$$

- 2) Forniscono indicazioni sulla profondità del substrato.
- 3) Consentono di classificare il terreno ai sensi del DM 14/01/2008. (TERRENO TIPO B).



Direzione delle stese Nord-Sud (foto in alto); Est-Ovest (foto in basso). La stesa Est-Ovest ha una lunghezza di 12 metri e consente di indagare una porzione limitata di sottosuolo. La stesa Nord-Sud ha una lunghezza complessiva di 24 metri, e consente una migliore lettura stratigrafica complessiva. Con le dovute semplificazioni l'interpretazione ha consentito di derivare due livelli di terreno al crescere della profondità.

Il primo strato è costituito prevalentemente da coltre detritica e cappellaccio di alterazione della roccia, per uno spessore

variabile da 4,0 a circa 7,0metri. E' caratterizzato da velocità sismiche di compressione pari a di 804,6 m/sec.

Il secondo strato corrisponde al substrato roccioso con velocità sismiche di compressione pari a 1332,3m/sec. Questo livello è stato intercettato dalla prova sismica di superficie a profondità variabili comprese tra i quattro metri e circa sette metri di profondità.

Secondo quanto previsto dal D.M 14/01/2008 vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.
B	<u>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa o $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</u>
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato di riferimento ($V_{s30} > 800$ m/s).

Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

Analogamente per N_{spt30} e cu_{30} :

$$N_{spt,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{N_{spt,i}}}$$

$$cu_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{cu_i}}$$

Nel caso non siano disponibili le misure di V_s per i primi 30 metri e i terreni siano costituiti da alternanze di terreni a grana grossa e fina, si procede calcolando le classi corrispondenti per $N_{spt,30}$ e cu_{30} , assumendo quindi la classe peggiore fra le due calcolate.

In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.

Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (o $10 < cu_{30} < 20$), 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 argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria non rientrante nelle classi precedenti.

Spettro di risposta elastico secondo il D.M. 14/01/ 2008

Nel D.M. 14 gennaio 2008 viene proposto uno spettro di risposta elastico dell'accelerazione, per la componente orizzontale del moto, caratterizzato dal seguente andamento:

$$a(g) = a_g S \eta F_0 \left[\frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_b} \right) \right] \quad \text{per } 0 \leq T < T_b$$

$$a(g) = a_g S \eta F_0 \quad \text{per } T_b \leq T < T_c$$

$$a(g) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_c}{T} \right) \quad \text{per } T_c \leq T < T_d$$

$$a(g) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_c T_d}{T^2} \right) \quad \text{per } T_d \leq T$$

La grandezza a_g esprime l'accelerazione di picco nel bedrock in g, ricavabile dalle tabelle allegate al D.M. 14 gennaio 2008.

Il parametro η è il fattore di correzione per lo smorzamento viscoso ed è dato da:

$$\eta = \left[\frac{10}{5 + \xi} \right]^{0.5} \geq 0.55.$$

S è una grandezza data dal prodotto:

$$S = S_s S_t$$

dove S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_t il coefficiente di amplificazione topografico, ricavabili dalle tabelle che seguono.

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g \leq 1,60$

Le classi A, B, C, D e E si riferiscono alla classificazione del sito da un punto di vista stratigrafico e litologico secondo il D.M. 14 gennaio 2008.

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	S_t
T1	Superficie piane, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.	-	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.	Sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,40

F_0 è l'amplificazione spettrale massima, su bedrock orizzontale, e ha un valore minimo di 2,2; si ricava, come a_g , dalla tabella allegata al D.M.14 gennaio 2008.

T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_c = C_c T_c^*$ in cui T_c^* è un parametro fornito nell'allegato del D.M. 14 gennaio 2008, mentre C_c si ottiene, in funzione della categoria del sottosuolo, con la seguente tabella:

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,10 (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,05 (T_c^*)^{-0,33}$
D	$1,25 (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,15 (T_c^*)^{-0,40}$

I parametri T_b e T_d sono correlati a T_c attraverso le seguenti relazioni:

$$T_b = \frac{T_c}{3}; T_d = 4,0a_g + 1,6$$

Dallo spettro di risposta elastico dell'accelerazione si ricava lo spettro di risposta dello spostamento, applicando, per ogni periodo T, la relazione:

$$u = a(g)g \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

dove g è l'accelerazione di gravità (981 cm/s²).

Lo spettro di risposta elastico verticale si ottiene con le stesse relazioni viste per quello orizzontale, sostituendo il parametro F₀ con la grandezza F_v, data da:

- $F_v = 1,35F_0a_g^{0,5}$.

DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI T_R; P_{VR}

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella Vita nominale VN per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V _N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

CLASSI D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da

strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale N V per il coefficiente d'uso C_U : $V_R = N \times C_U$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. seguente.

Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tabella:

Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Le forme spettrali previste dalle **NTC** sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

1. la vita di riferimento V_R della costruzione,
2. le probabilità di superamento nella vita di riferimento V_R associate a ciascuno degli stati limite

considerati, per individuare infine, a partire dai dati di *pericolosità sismica* disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Tale operazione deve essere possibile per tutte le vite di riferimento e tutti gli stati limite considerati dalle **NTC**; a tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento **V_R** , i due parametri T_R e **V_R** sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

PARAMETRI SISMICI LOCALI

Tipo di elaborazione: opere di sostegno
Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 43,805046
longitudine: 7,670937
Classe: 1
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 19341	Lat: 43,7909	Lon: 7,6692	Distanza: 1584,660
Sito 2 ID: 19342	Lat: 43,7943	Lon: 7,7383	Distanza: 5537,449
Sito 3 ID: 19120	Lat: 43,8441	Lon: 7,7336	Distanza: 6644,245
Sito 4 ID: 19119	Lat: 43,8407	Lon: 7,6645	Distanza: 4001,426

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 35anni
Coefficiente cu: 0,7

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,026 g
Fo: 2,541
Tc*: 0,189 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 35 [anni]
ag: 0,029 g
Fo: 2,565
Tc*: 0,194 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 332 [anni]
ag: 0,117 g
Fo: 2,439
Tc*: 0,281 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 682 [anni]
ag: 0,161 g
Fo: 2,461
Tc*: 0,297 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,530
St: 1,200
Kh: 0,007
Kv: 0,003
Amax: 0,367
Beta: 0,180

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,530
St: 1,200
Kh: 0,008
Kv: 0,004
Amax: 0,410
Beta: 0,180

SLV:

Ss: 1,200
Cc: 1,420
St: 1,200
Kh: 0,040
Kv: 0,020
Amax: 1,653
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,200
Kh: 0,056
Kv: 0,028
Amax: 2,277
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - www.geostru.com

Coordinate WGS84

latitudine: 43.804057

longitudine: 7.669874

Rischio Liquefazione del terreno

Da prove penetrometriche dinamiche – metodo di Tokimatsu e Yoshimi

Per verificare la predisposizione del terreno alla Liquefazione ho utilizzato il metodo di Tokimatsu & Yoshimi che utilizza i valori SPT tipici di terreni analoghi e superficiali (**NSPT 3-9-16**). Tale metodo viene qui di seguito sommariamente descritto, con i relativi risultati di calcolo. Falda assente.

Nel metodo di Tokimatsu & Yoshimi, inserito nella proposta di Normativa Sismica del G.N.D.T.(1984), la resistenza alla liquefazione assume la seguente espressione:

$$R = 0.26 \left[0.16 \sqrt{Na} + (0.21 \sqrt{Na})^{1.4} \right]$$

con:

$$Na = N_{spt} \left(\frac{1.7}{\sigma_v + 0.7} \right) + N_1$$

σ_v (kg/cm²) = pressione verticale efficace;

q)

N_1 = 0 per una percentuale di fine $p_c < 5\%$, $10 p_c + 4$ per $p_c \geq 5\%$

Viene considerato **non** liquefacibile un deposito in cui sia $F_s > 1.3$ (sabbie sciolte) o $F_s > 1.5$ (sabbie mediamente addensate).

Coefficiente di sicurezza locale $F_s > 1,5$

5. STABILITA' DEL VERSANTE

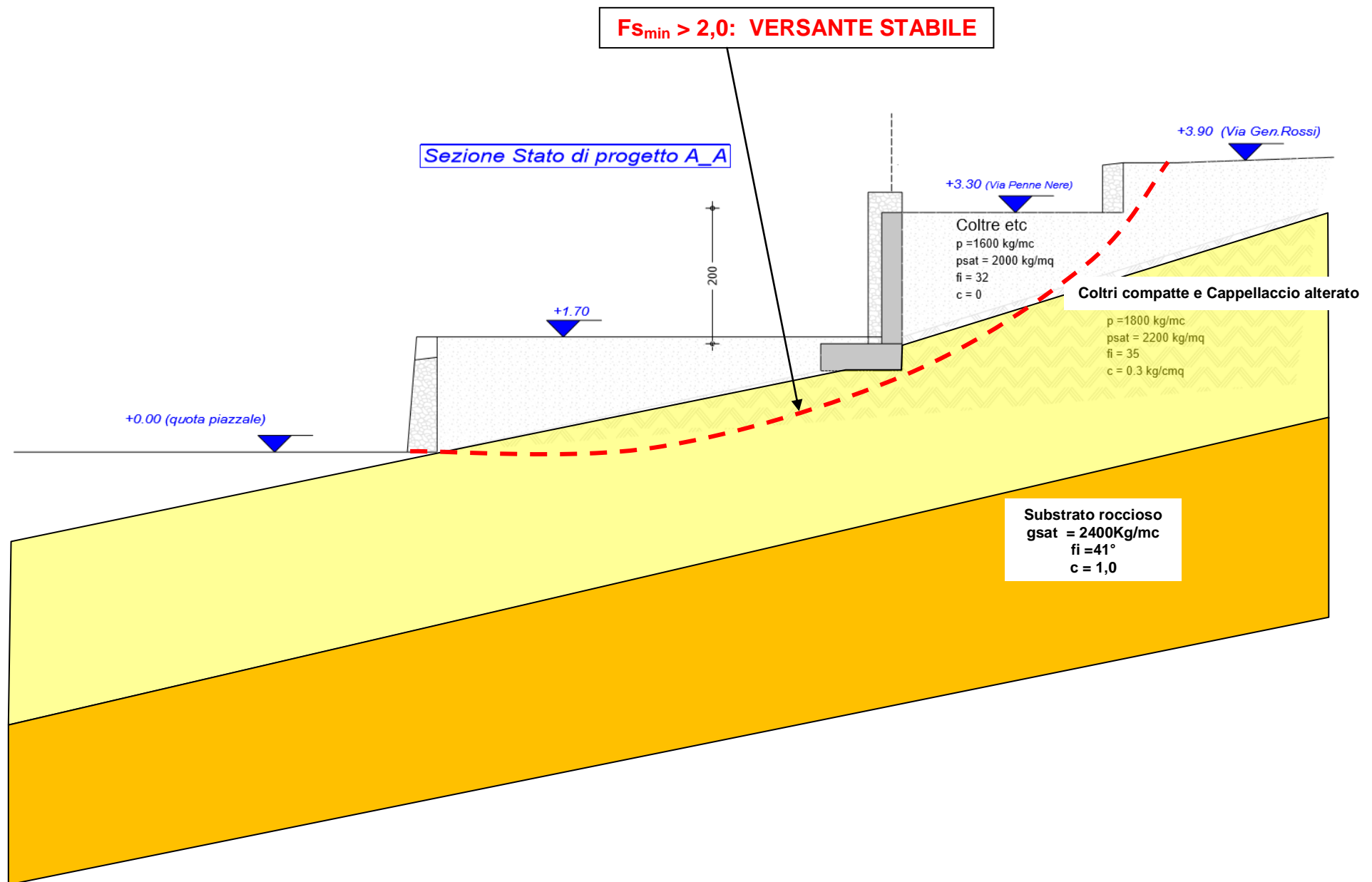
La verifica di stabilità del versante è stata effettuata sulla **sezione A-A** del terreno nello stato di progetto. L'andamento del substrato è stato ricavato da un rilievo sul sito e dai risultati delle sismiche a rifrazione eseguite su terreni pertinenziali posti sul lato est..

PARAMETRI GEOTECNICI PRINCIPALI

c: coesione; c_u : coesione non drenata; F_i : Angolo di attrito; G: Peso Specifico; G_s : Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	c_u (kg/cm ²)	F_i (°)	G (Kg/m ³)	G_s (Kg/m ³)	Litologia
1	0		32	1600	1800	Coltri superficiali
2	0.3		35	2000	2200	Cappellaccio
3	1		41	2300	2400	Substrato roccioso

Le basse pendenze morfologiche unite alle caratteristiche stratigrafiche consentono di avere superfici potenziali di scivolamento stabili, con coefficienti di sicurezza superiori a $F_{s_{min}} > 2,0$ in condizioni sismiche. **VERSANTE STABILE**



6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Considerate le condizioni geologiche geomorfologiche e sismiche del sito.

Considerata la tipologia e le caratteristiche tecniche delle opere progettate, ritengo che, nel rispetto delle indicazioni prescrittive, non vi siano problemi di ordine geologico-geotecnico prevedibili che ne possano precludere la positiva realizzazione ed esercizio.

Le opere progettate non sono in contrasto con la Normativa di Piano di Bacino.

Le fondazioni del nuovo muro dovranno essere approfondite al livello del cappellaccio alterato della roccia, evitando fondazioni sul livello delle coltri vegetali.

Il drenaggio a tergo dei muri dovrà essere esteso a gran parte del profilo interno, evitando drenaggi limitati alle sole pertinenze dei barbacani.

I volumi di terra in sito e destinati al riutilizzo sono da considerarsi sottoprodotti e non rifiuti in quanto rispettano la sussistenza delle condizioni di applicazione: dell'art. 186 del titolo I della parte quarta del D. Lgs. 152/06; della Legge n. 98/2013 Art. 41bis; della DGR 15/11/2013 N. 1423. I volumi di scavo non riutilizzati in sito verranno trasportati a discarica autorizzata.

VALLECROSIA 16-07-2016


dott. geol. pierluigi torrieri

