

REGIONE	PIEMONTE
PROVINCIA DI	ALESSANDRIA
COMUNE DI	SERRAVALLE SCRIVIA
OGGETTO	OPERE DI CONSOLIDAMENTO SPONDA SINISTRA DEL TORRENTE SCRIVIA IN CORRISPONDENZA DEL CENTRO URBANO
ELABORATO UNICO	RELAZIONE GEOLOGICA
Data: 27 Ottobre 2014	PROGETTO PRELIMINARE
EMESSO DA	<p><b><i>Dott. Geol. Enrico PARODI</i></b></p> <p>Località Piovera, n. 57/B 15060 – Stazzano (AL)</p> <p>Tel e Fax 143 61390 E- Mail: <a href="mailto:parodidrenico@virgilio.it">parodidrenico@virgilio.it</a></p> <p>Codice Fiscale : PRD NRC 61L14F965V P. IVA : 015 43070062</p>

# Sommario

<b>1. Premessa .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Vincolistica .....</b>	<b>4</b>
2.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento .....	4
2.2 Quadro normativo di riferimento (nazionale e regionale) .....	4
2.3 Descrizione del sito di intervento .....	5
2.4 Classificazione sismica .....	7
<b>3. Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico .....</b>	<b>7</b>
<b>4. Caratterizzazione e modellazione geologica .....</b>	<b>8</b>
4.1 Assetto strutturale .....	8
4.2 Classificazione dell'ammasso roccioso .....	9
4.3 Caratterizzazione sismica .....	15
4.4 Periodo di riferimento dell'azione sismica .....	15
4.5 Pericolosità sismica .....	17
4.6 Stati limite e probabilità di superamento .....	20
<b>5. Valutazione e descrizione delle possibili soluzioni progettuali .....</b>	<b>22</b>

# 1. Premessa

Con la presente, a seguito dell'incarico affidatomi, vengono analizzate le caratteristiche geologiche dell'area localizzata nel comune di Serravalle Scrivia, lungo la sponda sinistra del T. Scrivia, tra il ponte della Strada Provinciale Serravalle - Stazzano e il ponte Autostradale della A7 "Genova-Milano", interessata dal progetto preliminare per il consolidamento della scarpata a valle del centro urbano.

Lo studio geologico preliminare, sulla base della normativa vigente (D.M. 14.01.2008, "Norme Tecniche per le Costruzioni", Consiglio Superiore Lavori Pubblici Circolare 02.02.2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni"), è stato eseguito attraverso rilievi geologici, indagini geomorfologiche di superficie (anche foto aeree), bibliografia esistente senza la realizzazione di una specifica indagine geognostica in sito, rimandandone l'esecuzione nel corso della fase definitiva della progettazione.

Nel corso di tale fase, dovranno essere controllate attentamente, con osservazioni dirette, le caratteristiche geologiche del terreno, al fine di adeguare eventualmente le strutture alle situazioni riscontrate.



## 2. Vincolistica

### 2.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento

L'area in questione, è localizzata lungo la scarpata compresa tra Via Palestro, Via Degli Orti e l'alveo del T. Scrivia.

L'intervento in progetto consisterà nella realizzazione di alcuni tratti (quattro indicativamente) di muri di sottoscarpa a sostegno delle porzioni di scarpata più instabili, e dal posizionamento di reti e funi nelle parti restanti.

Ciò consentirà di bloccare i crolli di blocchi arenaci fratturati dalla parete rocciosa, causa del continuo arretramento della superficie topografica, e di sostenere i fabbricati abitativi, la strada, in prossimità del semaforo, ormai in parte pericolosamente pensile sull'alveo del T. Scrivia.

### 2.2 Quadro normativo di riferimento (nazionale e regionale)

- **Decreto Ministeriale 14.01.2008**  
Testo Unitario - "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**  
Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14 Gennaio 2008. Circolare 2 Febbraio 2009.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**  
Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.  
Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- **Eurocodice 8 (1998)**  
**Indicazioni progettuali per la resistenza delle strutture**  
Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (Stesura finale 2003)
- **Eurocodice 7.1 (1997)**  
Progettazione geotecnica – Parte I : Regole generali –UNI
- **Eurocodice 7.2 (2002)**  
Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- **Eurocodice 7.3 (2002)**  
Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002) . UNI
- **Legge Regionale e Vincolo Idrogeologico**  
In materia di pianificazione

- **Piano Regolatore e Regolamento Urbanistico**

In materia di pianificazione

- **D.M. 11/03/1988**

con relativa Circolare L.L. P.P. 24/09/1988 n° 30483

“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” (se si opera in Zona sismica 4, Classi I e II).

### **2.3 Descrizione del sito di intervento**

Sotto il profilo geomorfologico, la zona in oggetto è localizzata nel settore orografico sinistro del T. Scrivia, al ciglio superiore della scarpata che delimita l'alveo di piena straordinaria del torrente e il terrazzo morfologico del Fluviale Recente, alla quota di 220 m circa slm.

L'area interessata dal consolidamento in progetto è caratterizzata da una parete sub-verticale a tratti in contro-pendenza, specie sotto alcuni fabbricati abitativi, che si sviluppa dal livello della superficie del terrazzamento alla piana di fondovalle del corso d'acqua.





La parte di scarpata interessata dai ripetuti crolli, è posta immediatamente a valle delle costruzioni, ed è costituita da porzioni in roccia denudata, tratti parzialmente consolidati con muri di sottoscarpa in cls e pietre posizionate a secco.

Al piede della scarpata oggetto di consolidamento, in fregio all'alveo di piena ordinaria del T. Scrivia, è posto il collettore fognario, proveniente dal terrapieno su cui sorge l'abitato e prosegue verso Nord fino al depuratore di Cassano Spinola.



## 2.4 Classificazione sismica

(da NTC 08 od altra normativa regionale)

Il territorio comunale di Serravalle Scrivia (AL) non era classificato sismico ai sensi del D.M. 19.03.1982. L'ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 riclassifica l'intero territorio nazionale. In tale quadro il Comune di Serravalle Scrivia ricade in zona sismica 3.

La Deliberazione della Giunta Regionale del 19 gennaio 2010 n. 11-13058 **“Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006”** ha provveduto all'aggiornamento ed all'adeguamento dell'elenco delle zone sismiche ed ha mantenuto il Comune di Serravalle Scrivia in zona sismica 3.

Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ )
1	$>0,25$	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	$<0,05$	0,05

## 3. Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico

Sotto il profilo geologico la zona in oggetto rientra nel settore centro orientale del Bacino Terziario del Piemonte, in prossimità del passaggio tra le sequenze tardo - terziarie appartenenti alla Formazione delle Arenarie di Serravalle e la Formazione delle Marne di S. Agata Fossili.

La Formazione delle Arenarie di Serravalle è rappresentata da depositi arenacei medio-grossolani in strati a spessore variabile e geometria sia lenticolare sia tabulare alternati a livelli marnoso siltosi ed arenacei fini.

I primi risultano formati da arenarie da medie a molto grossolane, localmente microconglomeratiche, pulite, costituite prevalentemente da quarzo con frazione organica più o meno abbondante e generalmente piuttosto triturrata.

Dal punto di vista deposizionale i sedimenti descritti possono essere attribuiti ad un ambiente di mare basso, di piattaforma interna, con trasporto attivo di materiale ad opera delle correnti (Pareto, 1865; Vervloet, 1966; Boni & Selli, 1971).

I livelli marnoso siltosi ed arenacei fini sono rappresentati da depositi di colore grigio chiaro, piuttosto omogenei, con presenza di resti carboniosi spesso ossidati.

Le sequenze a grana fine di questa facies delle Arenarie di Serravalle sono prevalentemente interpretabili, dal punto di vista deposizionale, come sedimenti trasportati in sospensione da deboli correnti e depositatisi, per decantazione, durante fasi di bassa energia ambientale. L'età della Formazione descritta viene riferita in letteratura al Serravalliano (Miocene Medio).

Le sequenze appartenenti alla formazione descritta sono sormontate, nel settore di fondovalle, da una spessa coltre di copertura di detrito di falda.

## 4. Caratterizzazione e modellazione geologica

L'area di interesse progettuale è caratterizzata da una parete rocciosa in forte pendenza (80°-85°) che si raccorda bruscamente con la piana di fondovalle del torrente Scrivia.

L'assetto idrogeologico è condizionato da questa situazione morfologica: si ha pertanto una rete idrica superficiale che fa capo al collettore principale (T. Scrivia); più complessa risulta invece la circolazione sub - superficiale condizionata dalla diversa permeabilità dei litotipi presenti nella zona.

### 4.1 Assetto strutturale

La giacitura della stratificazione, presenta un assetto monoclinale, con direzione di circa 80 - 90 gradi, inclinazione intorno a 30 gradi con immersione N. - N. O.

I banchi e gli strati risultano interessati da due sistemi principali di fratturazione; un rilievo strutturale, preliminare, ha evidenziato un primo sistema di discontinuità, grosso modo concorde con la stratificazione, avente inclinazione di



circa 30°, il secondo presenta un'inclinazione sub-verticale, direzione e immersione prossimi a quelli del pendio.

L'elaborazione dei dati ha evidenziato come le manifestazioni di instabilità della parete in oggetto siano dovute essenzialmente a crolli per scivolamento lungo i piani di discontinuità appartenenti al primo sistema di fratturazione.

In prossimità della zona di fondovalle le sequenze appartenenti alla Formazione delle arenarie di Serravalle, risultano sormontate localmente da una falda detritica e da depositi alluvionali attuali e recenti del torrente Scrivia.

Si tratta di depositi prevalentemente ghiaiosi con ciottoli e blocchi poligenici fortemente eterometrici fino a decimetrici e pluridecimetrici.

## 4.2 Classificazione dell'ammasso roccioso

La formazione delle Arenarie di Serravalle è costituita da un'alternanza di litotipi arenacei, marnosi e localmente calcarei a differenti caratteristiche geomeccaniche. Per la classificazione dell'ammasso roccioso si è reso necessario, in via preliminare, considerarlo omogeneo, utilizzando i valori medi dei parametri geomeccanici.

È stata applicata la classificazione geomeccanica RMR di Bieniawski", al fine di ottenere l'indice di qualità dell'ammasso roccioso.

La classificazione di Bieniawski tiene conto di 5 parametri relativi allo stato della roccia e dell'ammasso roccioso e di un indice di correzione il cui valore è funzione dell'orientamento delle discontinuità e del problema affrontato (gallerie, versanti e fondazioni).

$$RMR = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) - Ic;$$

I parametri sono:

A1	<Co> (Resistenza a compressione monoassiale);
A2	<RQD%> (Rock Quality Designation);
A3	<s> (Spaziatura delle discontinuità);
A4	Condizioni dei giunti
A5	Condizioni idrauliche dei giunti
Ic	Indice di correzione

Ad ognuno di essi viene assegnato un indice parziale a seconda del valore (per  $\langle RQD\% \rangle$ ,  $\langle Co \rangle$  e  $\langle s \rangle$ ).

Esistono diverse versioni di questa classificazione. Le più usate sono quelle del 1976, del 1979 e del 1989.

La somma dei 5 indici parziali fornisce il Basic RMR (BRMR). Il Basic RMR in condizioni di giunti asciutti ( $A_5=10$ ) corrisponde numericamente al parametro G.S.I. (Geological Strength Index), grandezza collegata ai fattori  $m$ ,  $a$  ed  $s$  dell'ammasso roccioso integro (vedi capitolo). Cioè si ha:

$$GSI = BRMR_{76} \text{ (solo per } BRMR > 18 \text{)}$$

Per la stima dell'indice di correzione  $I_c$  si deve fare riferimento alla seguente tabella:

Orientamento dei giunti		Molto favorevole	Favorevole	Discreto	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie e miniere	Indice	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni		0	-2	-7	-15	-25
Versanti		0	-5	-25	-50	-60

Applicando alla BRMR la correzione  $I_c$  si ottiene l'indice RMR, correlato alla qualità dell'ammasso roccioso e alle sue caratteristiche meccaniche secondo la seguente tabella:

RMR	0-25	25-50	50-70	70-90	90-100
CLASSE	V	IV	III	II	I
QUALITA'	Molto scadente	Scadente	Discreta	Buona	Ottima
Coesione(Mpa)	$<0,1$	0,1-0,15	0,15-0,20	0,2-0,3	$>0,3$
$\varphi(^{\circ})$	$<30$	30-35	35-40	40-45	$>45$

## Classificazione di Bieniawski del 1979

PARAMETRI			INTERVALLI DI VALORI						
1	RESISTENZA ROCCIA INTATTA	Carico puntuale(Mpa)	>10	4-10	2-4	1-2	Non applicabile		
		Compressione monoassiale(MPa)	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
	Indice		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Indice		20	17	13	8	3		
3	SPAZIATURA GIUNTI (m)		>2	0,6-2	0,6-0,2	0,06-0,2	<0,06		
	Indice		32	15	10	8	5		
4	CONDIZIONE GIUNTI		Superfici molto scabre non continue. Pareti roccia non alterate	Superfici scabre. Apertura <1mm. Pareti roccia leg.alterate	Superfici scabre. Apertura <1mm. Pareti roccia molto alterate	Superfici lisce o laminate o riempimento<5mm o apertura 1-5mm. Giunti continui	Riempimento tenero con spessore >5mm o giunti aperti>5 mm. Giunti continui		
	Indice		30	25	20	10	0		
5	CONDIZIONI IDRAULICHE	Afflusso per 10m di lunghezza del tunnel (litri/min)	Assente	<10	10-25	25-125	>125		
		Rapporto Pressione acqua nei giunti/Pressione naturale in sito	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
		Condizioni generali	Giunti asciutti	Umidi	Bagnati	Stillicidio	Venute d'acqua		
	Indice		15	10	7	4	0		

La somma dei 5 indici parziali fornisce il Basic RMR (BRMR). Il Basic RMR in condizioni di giunti asciutti (A5=15) può essere correlato anche in questo caso al parametro G.S.I. (Geological Strenght Index), grandezza collegata ai fattori m, a ed s dell'ammasso roccioso integro (vedi capitolo). Infatti si ha:

$$GSI = BRMR_{79} - 5 \quad (\text{solo per } BRMR > 23)$$

Per la stima dell'indice di correzione Ic si deve fare riferimento, anche in questo caso, alla seguente tabella:

Orientamento dei giunti	Molto favorevole	Favorevole	Discreto	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie e miniere	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25
Versanti	0	-5	-25	-50	-60

Applicando alla BRMR la correzione Ic si ottiene l'indice RMR, correlato alla qualità dell'ammasso roccioso e alle sue caratteristiche meccaniche secondo la seguente tabella:

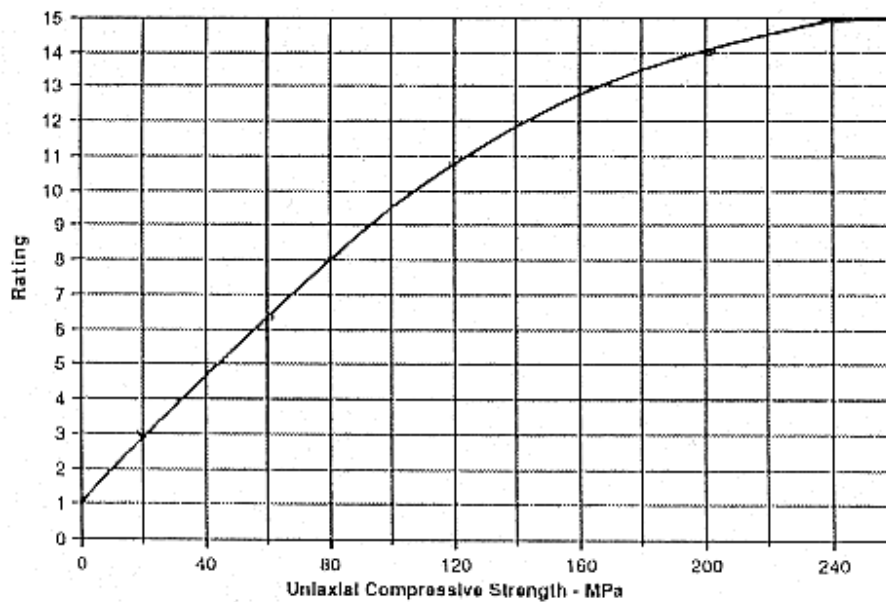
RMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
CLASSE	V	IV	III	II	I
QUALITA'	Molto scadente	Scadente	Discreta	Buona	Ottima
Coesione(Mpa)	<0,1	0,1-0,20	0,20-0,30	0,3-0,4	>0,4
φ(°)	<15	15-25	25-35	35-45	>45

## Classificazione di Bieniawski del 1989

Rispetto alle precedenti la classificazione del 1989 si differenzia per due aspetti:

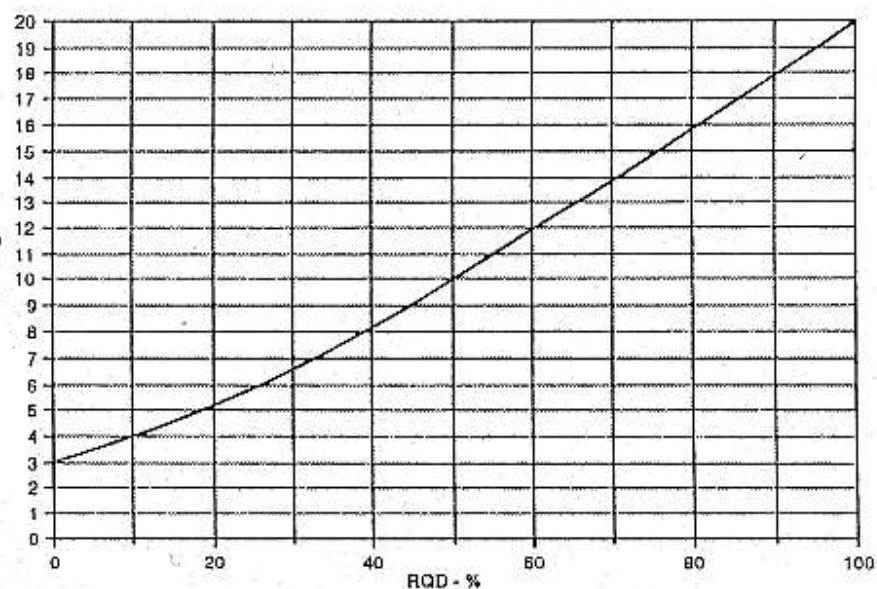
- la possibilità di valutare i parametri A1(resistenza della roccia), A2 (RQD) e A3 (spaziatura) secondo una curva continua e non per classi discrete, come avveniva nelle classificazioni precedenti;
- la possibilità di ricavare il parametro A4 (condizione dei giunti) in modo meno soggettivo, utilizzando una tabella più dettagliata.

I parametri A1, A2, A3 possono essere ricavato direttamente attraverso i seguenti grafici:



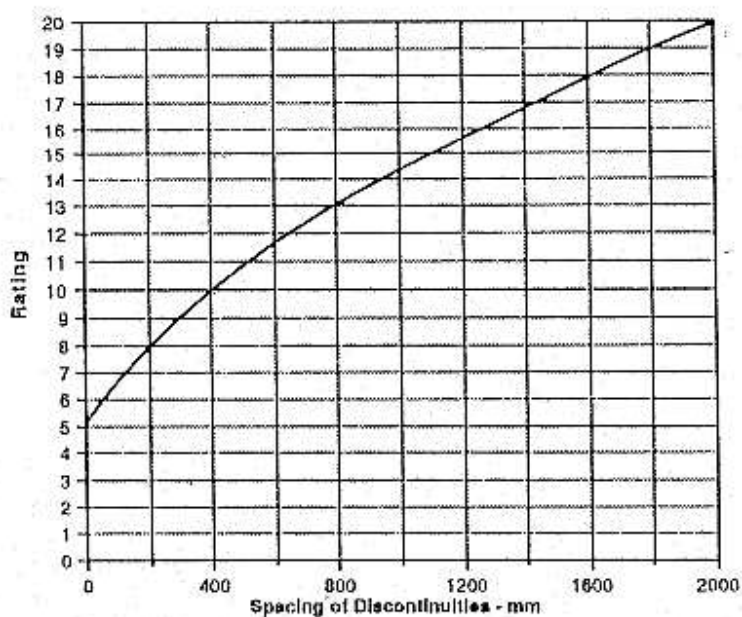
A1





A2

A3:



Il parametro A4 deve essere ricavato attraverso la sommatoria di una serie di indici parziali, che tengono in considerazione la rugosità, l'apertura, la persistenza lineare, il riempimento e il grado di alterazione dei giunti.

PARAMETRI	INTERVALLI DI VALORI				
Lunghezza giunto	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Indice	6	4	2	1	0
Apertura giunto	Chiuso	<0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
Indice	6	5	4	1	0
Rugosità giunto	Molto rugoso	Rugoso	Leggerm. rugoso	Liscio	Laminato
Indice	6	5	3	1	0
Riempimento	Nessuno	Compatto<5mm	Compatto>5mm	Molle<5mm	Molle>5mm

Indice	6	4	2	2	0
Alterazione giunti	Non alterati	Legg.alterati	Mediam.alterati	Molto alterati	Decomposti
Indice	6	5	3	1	0

Nell'effettuare la scelta di questi indici parziali si tenga presenti che alcune condizioni si escludono a vicenda: per esempio, se è presente un riempimento spesso diventerà irrilevante il contributo della rugosità, venendo a perdersi il contatto fra le pareti dei giunti.

Infine, il parametro A5 (condizioni idrauliche) andrà calcolato come nella classificazione del 1979.

Come nelle classificazioni precedenti, la somma dei 5 indici parziali fornisce il Basic RMR (BRMR). Il Basic RMR in condizioni di giunti asciutti (A5=15) può essere correlato anche in questo caso al parametro G.S.I. (Geological Strenght Index), grandezza collegata ai fattori m, a ed s dell'ammasso roccioso integro (vedi capitolo). Infatti si ha:

$$GSI = BRMR_{79} - 5 \quad (\text{solo per } BRMR > 23)$$

Per la stima dell'indice di correzione Ic si deve fare riferimento, anche in questo caso, alla seguente tabella:

Orientamento dei giunti		Molto favorevole	Favorevole	Discreto	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie e miniere	Indice	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni		0	-2	-7	-15	-25
Versanti		0	-5	-25	-50	-60

Applicando alla BRMR la correzione Ic si ottiene l'indice RMR, correlato alla qualità dell'ammasso roccioso secondo la seguente tabella:

RMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
CLASSE	V	IV	III	II	I
QUALITA'	Molto scadente	Scadente	Discreta	Buona	Ottima

I parametri geomeccanici sono invece essere correlati direttamente a BRMR attraverso le relazioni:

$$\varphi(^{\circ}) = 5 + \frac{BRMR}{2}$$

$$c(MPa) = 0,005 * BRMR$$

$$E(GPa) = 10^{\frac{BRMR-10}{40}}$$

dove:

$\varphi(^{\circ})$ = Angolo d'attrito dell'ammasso roccioso;  
 $c(MPa)$ = Coesione dell'ammasso roccioso;

$E(\text{Gpa}) =$  Modulo elastico dell'ammasso roccioso;

La somma algebrica dei coefficienti numerici dei sei parametri può variare in un intervallo di valori compresi tra 0 e 1 00 suddiviso in cinque parti uguali a cui corrispondono cinque classi dell'ammasso roccioso.

Per l'ammasso in esame si è ottenuto

**Classe: IV**

**Qualità: Scadente**

### 4.3 Caratterizzazione sismica

La determinazione dell'azione sismica non è più basata, come in passato, al concetto delle "Zone Sismiche", poiché è noto che all'interno di un medesimo comune possono esserci effetti sismici diversi, in dipendenza di vari complessi fenomeni geo-sismo-tettonici, ed a prescindere dagli effetti dovuti al tipo di sottosuolo, analizzati dal *soil factor S* (numero che può amplificare le azioni sismiche a causa degli effetti stratigrafici e topografici).

Inoltre, la conoscenza di eventi sismici remoti consente di poter meglio stimare le accelerazioni di picco al suolo ( $a_g$ ) i fattori amplificativi degli spettri ( $F_0$ ) ed i periodi  $T_c^*$  relativi a ciascun sito. La pericolosità sismica regionale è basata sullo schema proposto da dal Gruppo Nazionale di Difesa dei Terremoti, che considera gli eventi sismici ricadenti nella zona sismo genetica di competenza.

### 4.4 Periodo di riferimento dell'azione sismica

Alla struttura in esame possono essere attribuiti i seguenti valori di:

1. Vita Nominale;
2. Classe d'Uso;
3. Periodo di Riferimento.

#### **Vita Nominale (D.M. 14.01.2008 Punto 2.4.1.)**

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella tabella seguente:

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale $V_N$ (in anni)
Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$

Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza	$\geq 50$
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Tabella I

**Classe d'uso (D.M. 14.01.2008 Punto 2.4.2.)**

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione operativa o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite, a cui viene attribuito un coefficiente **C<sub>u</sub>**:

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	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.
<i>Classe III:</i>	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.
<i>Classe IV:</i>	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.

Tabella II

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C <sub>u</sub>	0,7	1,0	1,5	2,0

Tabella III

**Periodo di riferimento (D.M. 14.01.2008 Punto 2.4.3.)**

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascuna costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ .

Nel caso in esame:

$$V_r = V_N \cdot C_u = 50$$

Al fine della determinazione degli spettri di risposta in esame in relazione agli stati limite, è stato considerato un periodo di riferimento  $V_r = 50$ . Resta facoltà dello strutturista adottare valori di  $V_r$  maggiori.



#### 4.5 Pericolosità sismica

##### ***Categoria di sottosuolo***

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture nuove e alla verifica di quelle esistenti. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione.

Il D.M. 14.01.2008 prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura, sia dello spessore della stessa. Sono identificate n. 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 la seguente:

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	<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	<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 $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<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 $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<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 $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<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).

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

Seguendo lo schema di riferimento per la determinazione della classe del sito di interesse progettuale, tenuto conto dei dati ottenuti da prove Masw eseguite in aree relativamente vicine, su terreni ben assimilabili a quelli in esame, si ritiene che il suolo di fondazione, può essere attribuito alla “**categoria B**”.

### ***Amplificazione topografica***

Il valore di accelerazione orizzontale può risultare ulteriormente amplificato a causa della configurazione topografica del piano di campagna.

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella tabella seguente, in funzione delle categorie topografiche e dell’ubicazione dell’opera o dell’intervento.

<b><i>Categoria topografica</i></b>	<b><i>Ubicazione dell’opera o dell’intervento</i></b>	<b><i><math>S_T</math></i></b>
<b><i>T1</i></b> <i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <math>i \leq 15^\circ</math></i>	-	<b><i>1,0</i></b>
<b><i>T2</i></b> <i>Pendii con inclinazione media <math>i \geq 15^\circ</math></i>	<i>In corrispondenza della sommità del pendio</i>	<b><i>1,2</i></b>
<b><i>T3</i></b> <i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media <math>15^\circ \leq i \leq 30^\circ</math></i>	<i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i>	<b><i>1,2</i></b>

<p><i>T4</i></p> <p><i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media <math>i &gt; 30^\circ</math></i></p>	<p><i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i></p>	<p><i>1,4</i></p>
---	--	-------------------

Nel caso in esame, considerato che l'area mostra caratteristiche topografiche assimilabili a quelle previste per la categoria T2, il coefficiente di amplificazione topografica risulta pari a :

$$S_T = 1,2$$

### **Amplificazione Stratigrafica**

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite su sito di riferimento rigido orizzontale in funzione di tre parametri:

1.  **$a_g$**  accelerazione orizzontale massima del terreno
2.  **$F_0$**  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
3.  **$T_c^*$**  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le categorie di sottosuolo e le condizioni topografiche incidono sullo spettro elastico di risposta; l'accelerazione spettrale massima dipende dal coefficiente  $S = S_s \times S_T$  che comprende gli effetti di amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e topografica ( $S_T$ ). per le componenti orizzontali dell'azione sismica il periodo  $T_c$  di inizio del tratto a velocità costante dello spettro, è in funzione del coefficiente  $C_c$ , dipendente anch'esso dalla categoria del sottosuolo.

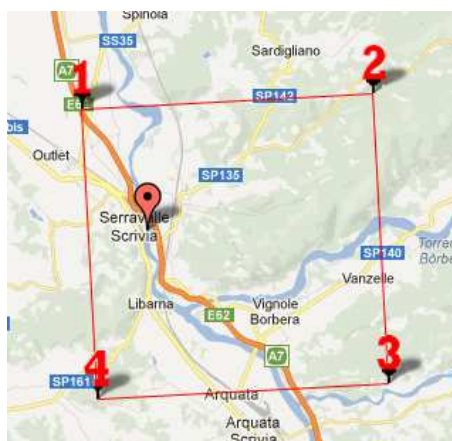
Nota la categoria del terreno è possibile ricavare i valori di  $S_s$  e  $C_c$  necessari per il calcolo dell'azione sismica di progetto.

<b>CATEGORIA SOTTOSUOLO</b>	<b><math>S_s</math></b>	<b><math>C_c</math></b>
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$

D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

### **Determinazione coefficiente $a_g$**

Il coefficiente  $a_g$  è in funzione della longitudine e della latitudine; le coordinate geografiche di riferimento sono quelle italiane, basate sul sistema ED 50 (European Datum 50) e sull'ellissoide di Hiford.



Sito in esame.

latitudine: 44,7235818407121

longitudine: 8,86134426309524

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 15363 Lat: 44,7445 Lon: 8,8455 Distanza: 2642,989

Sito 2 ID: 15364 Lat: 44,7472 Lon: 8,9157 Distanza: 5036,301

Sito 3 ID: 15586 Lat: 44,6973 Lon: 8,9195 Distanza: 5447,874

Sito 4 ID: 15585 Lat: 44,6946 Lon: 8,8493 Distanza: 3359,647

## **4.6 Stati limite e probabilità di superamento**

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia ultimi, sia di esercizio, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. A tali stati limite si associa una certa probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ).



Le verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE) degli elementi strutturali, degli elementi non strutturali e degli impianti si effettuano rispettivamente in termini di resistenza, di contenimento del danno e di mantenimento della funzionalità sono:

**Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significative ( $P_{VR} = 81\%$ ).

**Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile, pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature ( $P_{VR} = 63\%$ ).

Le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) degli elementi strutturali, degli elementi non strutturali e degli impianti si effettuano in termini di resistenza e di duttilità e sono:

**Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali ( $P_{VR} = 10\%$ ).

**Stato Limite di Prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali ( $P_{VR} = 5\%$ ).

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	30	0,025	2,495	0,187
Danno (SLD)	50	0,033	2,489	0,212
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,092	2,421	0,271
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,123	2,444	0,275
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,007	0,009	0,027	0,043
kv	0,004	0,005	0,013	0,021
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,348	0,461	1,304	1,741
Beta	0,200	0,200	0,200	0,240

## 5. Valutazione e descrizione delle possibili soluzioni progettuali

Gli interventi in progetto sono finalizzati essenzialmente al mantenimento della stabilità della scarpata, migliorandone il grado di sicurezza, da ottenersi con la posa in opera di reti paramassi, e contrafforti con muri di sottoscarpa; nel caso in esame le soluzioni progettuali tendono a recuperare una situazione di evidente dissesto idrogeologico, dovuta ad un'acclività del pendio molto accentuata accompagnata da caduta di massi e arretramento della superficie topografica.

Operativamente si suole dividere tali soluzioni in interventi di tipo attivo ed interventi di tipo passivo: dalle *“Linee guida per la classificazione e la certificazione di comportamento di barriere paramassi a rete”*, si definiscono le prime come *“opere che agiscono per prevenire il distacco di elementi lapidei e la loro mobilitazione sul versante”* e le seconde come *“opere che agiscono per intercettare elementi lapidei in moto su di un pendio”*.

Il principio cardine su cui saranno tarate le specifiche scelte di progetto sarà quello del raggiungimento di un miglioramento della stabilità della scarpata attraverso una sua progressiva rinaturalizzazione. Gli obiettivi principali sono, pertanto, tre:

- Consolidamento della scarpata;
- recupero ambientale;
- difesa dall'erosione;

Per le motivazioni sopra elencate non si potrà prescindere dall'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica. In dettaglio gli interventi ipotizzati consisteranno:

- nel disgaggio dei massi arenacei pericolanti o sporgenti e dei cigli più instabili;
- nella realizzazione di una difesa attiva lungo la parete in continua erosione mediante il posizionamento di una rete paramassi e muri di sottoscarpa;

La rete metallica e la stuoia in geotessuto avranno la funzione di ridurre l'erosione della parete ad opera delle acque di ruscellamento e di contenere i continui, crolli pericolosi, di materiale.

La scarpata oggetto di intervento è stata interessata da innumerevoli episodi di distacco di massi, che sono precipitati nell'alveo del torrente.

Tenuto conto che il substrato roccioso è costituito da un ammasso arenaceo poco cementato e intensamente fratturato, risulta auspicabile un intervento di più urgente a valle di alcuni nuclei abitativi, da eseguire a breve termine, in grado di consolidare in modo definitivo il fronte in dissesto ed eliminare il pericolo di caduta massi.

Nelle porzioni più instabili (denudate) della scarpata è prevista la realizzazione di una serie di opere di difesa attiva, mediante la costruzione di muri di sottoscarpa, preferibilmente ancorati, a partire dal piede del pendio fino alle costruzioni abitative.

La realizzazione dei lavori sarà particolarmente difficoltosa; prima di procedere alla costruzione dei muri, dovrà essere eseguito il disaggio del materiale potenzialmente instabile e la posa di adeguate opere provvisorie di protezione da caduta massi. I lavori, dovranno essere condotti con estrema attenzione per garantire la sicurezza del personale di cantiere, la stabilità del fronte della parete e dei manufatti soprastanti.

Si ritiene opportuno valutare la possibilità di eseguire la fondazione dei muri su micropali, ben immorsati nel substrato arenaceo; ciò consentirà di evitare sconsigliabili scavi per l'asportazione dello spesso strato di detrito di falda che sormonta le arenarie integre.

Occorre sistemare anche eventuali dispersioni e degli scarichi dei pluviali. Quest'intervento ha lo scopo di isolare idraulicamente l'area ed in particolare la parete, evitando scorrimenti incontrollati che potrebbero favorire infiltrazioni nei giunti ed aumentare il rischio di nuovi crolli.

La fase definitiva - esecutiva, dovrà essere preceduta da adeguate verifiche geologiche, geotecniche, sismiche e strutturali per fornire le indicazioni necessarie sia per la valutazione della idonea realizzazione dei lavori sia per definire correttamente gli interventi di sistemazione.

da GeoPortale Regione Piemonte, Geo-servizi (disegno fuori scala)

([http://geomap.reteunitaria.piemonte.it/ws/gsvincoli/rp-01/arevincwms/wms\\_aree\\_vincoli?](http://geomap.reteunitaria.piemonte.it/ws/gsvincoli/rp-01/arevincwms/wms_aree_vincoli?))

