

PREMESSA

PRIMA PARTE

Relazione Geologica - Modellazione sismica del sito e Pericolosità sismica di base

1	DESCRIZIONE DEL MOVIMENTO FRANOSO.....	3
2	CARATTERI MORFOLOGICI DELL'AREA.....	3
3	CARATTERI GEOLOGICI DEL SITO E DELL'AREALE A CONTORNO.....	3
4	CARATTERI IDROGEOLOGICI DEL SITO E DELL'AREALE A CONTORNO.....	4
5	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEI TERRENI IN SITO.....	4
6	CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA PROPOSTA PROGETTUALE.....	4
7	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE.....	6
8	PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO.....	6
9	CONFORMITÀ CON IL PIANO DI BACINO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO.....	7

SECONDA PARTE

Stralcio di Relazione Geotecnica

1	MODELLO GEOLOGICO DEL SITO.....	8
2	MODELLAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO.....	8
3	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO.....	8
4	PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI.....	8
CONCLUSIONI ED INDICAZIONI TECNICO-OPERATIVE PER LA FASE ESECUTIVA.....		10

INDICE TAVOLE

TAVOLA 1 - Schema di sviluppo del reticolo idrografico del rio Fasce Grasse e del rio Fossato Vecchio
TAVOLA 2 - Carta Idrogeomorfologica
TAVOLA 3 - Estratto della cartografia del piano di bacino di La Liggia
TAVOLA 4 - Pericolosità Sismica
TAVOLA 5 - Panoramiche delle zone di intervento all'imbocco delle tombinature

PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione del Comune di Laigueglia (determinazione n. 281 del 29/10/2015) il sottoscritto dott. geol. Gianpiero Alberelli iscritto all'O.R.G.L. con il n. 599 ha eseguito la presente indagine geologica in merito al progetto definitivo redatto dall'ing. Antonio Da Corte dello Studio dot. di Finale Ligure relativo alle "Opere di mitigazione del rischio idraulico del rio Fasce Grasse e rio Fossato Vecchio".

L'indagine geologica è stata condotta in collaborazione con il dottore Forestale Gianluca Bico e l'ingegnere strutturale Mario Viassolo dello Studio Dot.

La PRIMA PARTE dell'indagine geologica è stata redatta ai sensi della normativa vigente con particolare riferimento a:

- D.M. 14/01/2008 Testo Unitario "Norme tecniche per le costruzioni";
- della Circolare C.S.LL.PP. 2 febbraio 2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008";
- C.S.LL.PP. Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale Allegato al voto n. 36 del 27/07/2006;
- del D. Lgs n. 152/2006 e D.G.R. Regione Liguria n. 859/2008 e successive modifiche ed integrazioni; della D.G.R. n. 1308 del 24/10/2008 "Nuova Classificazione Sismica del territorio della Regione Liguria";
- del Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico ex L. 267/1998 "Bacino Pora" approvato dalla Provincia di Savona con D.C.P. n.43 del 28/10/2002, aggiornato con D.C.P. n. 47 del 25/11/2003 e s.m.i.; R.D. 30/12/1923 N. 3267
- "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani"; della L.R. 22/01/99 n. 4 "Norme in materia di foreste e di assetto idrogeologico" (area soggetta a vincolo idrogeologico).

Scopo dell'indagine è stato quello di eseguire una analisi idrogeomorfologica sul bacino del rio Fasce Grasse e rio Fossato Vecchio (riferimento Tavola 1 - Carta Idrogeomorfologica) articolata come di seguito specificato:

- esecuzione del rilevamento di superficie finalizzato alla caratterizzazione geomorfologica, geologica, idrogeologica del sito;
- interpretazione della stratigrafia più superficiale e caratterizzazione in termini di parametri fisico-meccanici del sottosuolo;
- caratterizzazione del sito, dove sono previsti interventi strutturali, al fine dell'azione sismica di progetto.

I risultati significativi ai fini della caratterizzazione del sito di intervento sono stati raccolti ed esposti nella presente relazione geologica che deve considerarsi come elaborato tecnico propedeutico alla relazione geotecnica in cui dovranno essere compiutamente sviluppati i calcoli necessari alla progettazione esecutiva degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico.

Nella SECONDA PARTE dello studio lo scrivente ha redatto la Relazione Geotecnica, per quanto attiene alla competenza del geologo, finalizzata alla progettazione definitiva delle opere di mitigazione del rischio idrogeologico con riferimento alla seguente normativa tecnica:

- Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.L. 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 fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Anche se distinte, sono raccolte nel seguente fascicolo la **Relazione Geologica - Modellazione sismica del sito e Pericolosità sismica di base e la Relazione Geotecnica.**

PRIMA PARTE

Relazione Geologica - Modellazione sismica del sito e Pericolosità sismica di base

1 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

A seguito dell'evento alluvionale del 15/11/2014 nel comune di Laigueglia la tombinatura presente in prossimità della parte terminale del rio Fasce Grasse (Via Vercelli) ha subito danni a causa di una ostruzione della sezione di deflusso, su incarico dell'Amministrazione comunale l' Ing. Antonio Da Corte dello Studio dot ., nel marzo 2015, ha redatto uno studio di fattibilità in merito alle opere di mitigazione del rischio idrogeologico del rio Fasce Grasse e rio Fossato Vecchio nel tratto urbano.

La proposta progettuale si divideva in tre fasi:

fase 1) - messa in sicurezza del tratto critico della tombinatura danneggiata;

fase 2) - realizzazione di un sistema di briglie selettive a monte degli imbocchi delle due tombinature per la riduzione del trasporto solido;

fase 3) - manutenzione dei versanti lungo i corsi d'acqua a monte della tombinatura.

La fase 1) è stata realizzata e la fase 2) è stata progettata in via preliminare.

Considerato che nella fase tre occorre conoscere l'attuale stato dei versanti a monte della tombinatura si è resa necessaria una indagine geologica ed uno studio vegetazionale per valutare l'entità del trasporto solido e definire un piano di manutenzione dei corsi d'acqua a cielo aperto.

2. CARATTERI MORFOLOGICI DEL SITO E DELL'AREALE

Il bacino in esame si estende su un'area di 1,01 kmq comprende rio Fasce Grasse e rio Fossato Vecchio, rispettivamente orientati nord nord-ovest / sud sud-est e nord-ovest /sud-est, i due corsi d'acqua confluiscono in prossimità dello sbocco a mare.

Il rio Fossato Vecchio si sviluppa su un'area 0,54 Km²., l'asta principale sul versante destro orografico intercetta sei tributari affluenti mentre il reticolo sul versante sinistro non è definito.

Il Rio Fasce Grasse si sviluppa su un'area di 0,47 Km². con andamento quasi parallelo alla linea di costa in una stretta valle ed è privo di tributari laterali

I due corsi d'acqua sono separati da un dosso spartiacque che da quota 308 m.s.l.m. raggiunge la linea di costa nel centro abitato di Laigueglia. I versanti sono caratterizzati da una elevata acclività mediamente compresa fra il 35% ed il 75 % (20°-37°) con presenza di alcune aree con acclività compresa fra 20% e 35% (11°-20°), ne deriva che anche le aste dei corsi d'acqua, prevalentemente a carattere torrentizio, risultano in forte pendenza quindi con elevata capacità di erosione sulle sponde.

Sui due bacini affiora generalmente il substrato roccioso con presenza di deboli coltri detritiche eluvio colluviali, trattenute dai muretti di fascia, sono presenti alcune zone di accumulo sul fondovalle cartografate nella tavola 2 - Carta Idrogeomorfologica.

Dalla bibliografia e dal rilevamento di campagna non sono stati rilevati evidenti fenomeni franosi fatta eccezione di crolli di muri a secco in coltivi in abbandono e locali distacchi modeste di porzioni di roccia in pareti acclivi.

Nel presente lavoro è stata dedicata particolare cura agli elementi di instabilità in prossimità dei corsi d'acqua effettuando un capillare sopralluogo nei tratti d'alveo raggiungibili.

Si segnala che sul versante direttamente a monte del tratto all'inizio della tombinatura del rio Fossato Vecchio sono state rilevate porzioni di roccia distaccate dalla parete ed in parte crollate nell'alveo.

3. CARATTERI GEOLOGICI DEL SITO E DELL'AREALE A CONTERNO.

In fase di rilevamento geologico nei bacini di rio Fossato Vecchio rio Fasce Grasse è stato individuato un unico litotipo affiorante classificato nella carta geologica FORMAZIONE DI TESTICO (Eocene – Paleocene): alternanze ritmiche di marne - marne calcaree con strati pelitici. L'ammasso roccioso in affioramento si presenta stratificato e superficialmente alterato, dalle misure di giacitura del piano di scistosità, riportate in bibliografia e direttamente eseguite, gli strati immergono verso sud ovest.

4. CARATTERI IDROGEOLOGICI DEL SITO

Il bacino che comprende rio Fasce Grasse e rio Fossato Vecchio è caratterizzato dalla presenza di un substrato semipermeabile per fessurazione/fratturazione e di deboli coperture permeabili per porosità.

L'idrografia superficiale è costituita da due principali impluvi che confluiscono nel tratto focivo in una unica tombinatura.

Il rio Fasce Grasse si sviluppa in uno stretto sottobacino di 0,47 Km² per una lunghezza di 1,5 km. di cui km. 0,40 tombinati alla foce; l'asta principale diparte dalla quota 250 m.s.l.m. sino a quota 40 m.s.l.m., intercettando un solo tributario di sinistra a quota 140 m.s.l.m., e scorrendo a cielo aperto con eccezione di alcuni tombini stradali a quota 170 m.s.l.m. e 115 m.s.l.m.

A quota 140 m.s.l.m. il rio compie un'ansa verso la sinistra orografica delimitando una sacca di coltre detritica compresa nel tratto fra quota 160 m.s.l.m. e 125 m.s.l.m. dove è stata rilevata una profonda erosione mediamente di circa due metri.

Il rio Fossato Vecchio si sviluppa in un sottobacino di 0,54 Km² per una lunghezza dell'asta principale di 1,3 Km. di cui 0,40 Km. tombinati, (0,30 Km. in prossimità della foce e 0,10 Km. sotto al parcheggio del Cimitero Comunale).

I corsi d'acqua si attivano a seguito di eventi piovosi locali ed in sede di sopralluogo nel mese di novembre c.a. non sono stati rilevati flussi idrici superficiali.

L'acqua meteorica defluisce nel letto di corsi d'acqua del bacino generalmente sul substrato roccioso ad eccezione di brevi tratti di attraversamento di coltri detritiche sul rio Fasce Grasse.

La copertura detritica naturale del versante nella parte di sistemazione a terrazze ha localmente un ruolo rilevante nella regimazione dei deflussi superficiali; la coltre detritica di copertura infatti è in grado di assorbire per infiltrazione una frazione significativa delle acque di precipitazione meteorica e di trattenerle temporaneamente durante la pioggia per poi rilasciarle gradatamente al termine dell'evento meteorico.

L'effetto della copertura detritica sul ruscellamento è quello di ritardarne i tempi di innesco, laminarne le portate, attenuarne gli effetti erosivi. La sistemazione a terrazze riduce la pendenza media del versante per cui la velocità del ruscellamento superficiale risulta rallentata, sono favoriti i fenomeni di infiltrazione nel sottosuolo ma anche il drenaggio delle coltri al termine degli eventi meteorici.

5. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEI TERRENI IN SITO.

La proposta progettuale redatta dallo Studio dot. prevede la realizzazione di un sistema di briglie selettive a monte degli imbocchi delle due tombinature, quindi nella presente indagine sono state valutate le caratteristiche geotecniche del complesso alveo/sponde nelle aree sede dei previsti interventi di mitigazione del rischio idrogeologico.

Le coltri **eluvio-colluviali** sono ampiamente diffuse lungo i versanti, nelle aree boscate, nei tratti sistemati a fasce ed in tutte le aree in cui la morfologia e l'acclività consentono di trattenere una sottile copertura.

Sulla carta idrogeomorfologica (tavola 2) sono state cartografate distintamente le coltri significative di potenza stimata fino a tre metri e le coperture detritiche di potenza stimata di circa un metro.

In merito alla caratterizzazione geotecnica per la coltre è possibile riassumere quanto di seguito specificato nella tabella.

PARAMETRI GEOTECNICI	Coltre detritica (intervallo di valori)
Angolo di resistenza al taglio (ϕ)	24° - 28°
Peso di volume saturo (γ)	17 KN/mc - 19 KN/mc
Coesione C	10 KPa - 20 KPa

Le caratteristiche geomeccaniche del **substrato roccioso** sono state determinate sulla base delle osservazioni e misurazioni eseguite sugli affioramenti presenti all'intorno delle due aree di intervento.

La giacitura della famiglia di discontinuità principale (s -piano di stratificazione) ha immersione compresa tra N 210° e N 215° ed inclinazione di 80°- 50°. Le famiglie di discontinuità secondarie rilevate (F.1) ed (F.2) hanno rispettivamente le seguenti giaciture: la prima con immersione

compresa tra N 290° e N 320° ed inclinazione da 65° a 75°; la seconda con immersione compresa tra N 40° e N 80° ed inclinazione da 80° a 85°.

La resistenza alla compressione uniassiale (JCS) e la rugosità delle discontinuità (JRC) sono state determinate in sito utilizzando rispettivamente il "martello di Schmidt" ed il "profilometro di Barton". Il RQD dell'ammasso roccioso è stato determinato in base alla formula di Priest & Hudson a partire dalla valutazione del numero medio delle discontinuità per metro lineare di affioramento.

$$RQD (\%) = -3,68 a + 110,4 \quad [\text{con } a = \text{frequenza media delle discontinuità per ml}]$$

Il peso di volume dell'ammasso roccioso è stato stimato sulla base dei valori noti riportati nella bibliografia scientifica. Per la classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso è stato utilizzato il metodo Rock Mass Rating di Bieniawski che è basato sull'analisi dei parametri di resistenza alla compressione uniassiale, sull'analisi del valore del RQD, sull'analisi dei giunti di discontinuità attraverso: spaziatura, persistenza, apertura, alterazione ed eventuale riempimento dei medesimi, eventuale presenza di acqua.

INDAGINI GEOMECCANICHE SULL'AMMASSO ROCCIOSO

Comune: Laigueglia
Stazione: rio Fossato Vecchio

Formazione: Formazione di Testico
Litotipo: rocce stratificate

CLASSIFICAZIONE ROCK MASS RATING (BIENIAWSKI, 1989)

Resist. compressione monoassiale (kg/cmq) (roccia intatta)	> 2500 15	1000-2500 12	500-1000 7	250-500 4	50-250 2	10-50 1	< 10 0
RQD (%)	90-100 20	75-90 17	50-75 13	25-50 8	< 25 3		
Spaziatura discontinuità	> 2 m. 20	0.6-2 m. 15	0.2-0.6 m. 10	6-20 cm. 8	< 6 cm. 5		
Condizioni discontinuità	Superfici molto scabre, non continue. Discontinuità serrate. Pareti inalterate. 25	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti poco alterate. 20	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti molto alterate. 12	Superfici lisce o riempimento < 5 mm. o apertura 1-5 mm. Giunti continui. 6	Riempimento tenero di spessore > 5 mm. o apertura > 5 mm. Giunti continui. 0		
Condizioni idrauliche	Assenza di acqua 15	Umidità 10	Infiltrazioni 7	Deboli venute d'acqua 4	Problematiche idrauliche elevate 0		

BRMR=	44	RMR Basic
-------	----	-----------

BRMR	0-25	25-50			50-70	70-90	90-100
BRMR parziale	/	25-33	33-41	41-50	/	/	/
Classe	V	IV a	IV b	IV c	III	II	I
Qualità ammasso rocc.	molto scadente	scadente			discreta	buona	ottima
Coesione ammasso (di picco)	<1 kg/cmq	1-1.5 kg/cmq			1.5-2 kg/cmq	2-3 kg/cmq	>3 kg/cmq
Phi ammasso (di picco)	< 30°	30°-35°			35°-40°	40°-45°	> 45°

Partendo dai risultati di tale classificazione è stato possibile assegnare al substrato roccioso parametri fisico-meccanici ed in particolare di resistenza al taglio per i seguenti intervalli di valori.

Parametri Fisico Meccanici	Intervalli di valori nominali	
coesione C=	98 - 147	kPa
ang. att. di base Φ =	30° - 35°	°
peso di volume saturo γ =	25	kN/mc
RQD=	0,53	

6. CONSIDERAZIONE IN MERITO ALLA PROPOSTA PROGETTUALE

La proposta progettuale (studio dot . 2015) persegue l'obiettivo di impedire che le tombature ubicate nel centro abitato di Laigueglia siano interessate da trasporto di materiale legnoso e/o lapideo tali da creare ostruzioni alla condotta. Dalla stessa proposta scaturisce quindi dalla necessità di trattenere il materiale prima dell'imbocco delle tombature.

In considerazione delle caratteristiche idrogeomorfologiche rilevate sugli alvei e versanti dei bacini i tratti di torrente che in fase di attivazione di flussi idrici si ritiene possano generare trasporto solido in sospensione o di fondo sono:

- per il rio Fossato Vecchio il tratto di torrente a valle del parcheggio del Cimitero comunale dove a quota 110 m.s.l.m., prima dell'imbocco della tombinatura sottostante lo stesso parcheggio, è presente una briglia selettiva.

- per il rio Fasce Grasse il tratto di torrente a valle del tombino della strada privata a quota 115 m.s.l.m.

7. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE

La classificazione sismica del territorio comunale risponde al criterio zonale contenuto nella O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" che prevede la suddivisione del territorio nazionale in quattro zone sismiche caratterizzate da differenti valori dell'accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A.

Per il Comune di Laigueglia con riferimento alla D.G.R. n. 1308 del 24/10/2008 "Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria" tutto il territorio ricade in zona sismica 3s, con sismicità bassa, a cui corrisponde un valore di accelerazione di picco orizzontale in superficie su terreno rigido con probabilità di superamento del 10% in 50 anni: $PGa = 0,180\text{ g}$.

Zona Sismica	Valore di a_g Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/g]
3s, 3a, 3b	0,18 g 0,15 g 0,10 g

La classificazione in zona sismica 3s impone l'obbligo della progettazione antisismica mediante l'applicazione di metodi di calcolo agli stati limite per ogni tipologia di struttura ed il deposito del progetto strutturale corredato di idonea relazione geologica e della relazione sulle fondazioni presso l'Ufficio Cementi Armati della Provincia di Savona. In zona sismica 3s è previsto il controllo a campione dei progetti strutturali.

8. PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC2008) la definizione della pericolosità sismica di un sito avviene mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite il criterio zonale applicato dalle precedenti normative.

La pericolosità sismica (p) nelle NTC2008 è pertanto definita in funzione delle accelerazioni a_g e dello spettro di risposta $[Se(T) = a_g \cdot S_x \cdot \eta \cdot F_o]$ su riferimento rigido in base ai seguenti tre parametri $p = [p(a_g, F_o, T_c^*)]$ con:

a_g = accelerazione orizzontale massima al suolo (PGa);

F_o = valore massimo dell'amplificazione spettrale in accelerazione orizzontale;

T_c^* = periodo dello spettro ad ampiezza costante in accelerazione orizzontale.

In particolare, per descrivere la pericolosità sismica di un sito in termini geografici occorre definire i tre parametri sulla base di un reticolo di riferimento i cui nodi sono individuati in termini di latitudine e di longitudine e distano di un passo $\leq 0,05^\circ$ (circa 10 Km).

Per descrivere la pericolosità sismica di un sito in termini temporali occorre definire i tre parametri per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o per diversi periodi di ritorno (T_R) ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni [T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, 2475 anni)].

Per il sito oggetto di intervento, determinate le coordinate geografiche per valori di latitudine e di longitudine espressi in gradi decimali è stato possibile individuare la maglia di riferimento (progetto S1-INVG) in cui ricade il sito e determinare i valori di riferimento di a_g , F_o , T_c^* del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Per le zone di intervento ubicate :

- all'imbocco della tombinatura del rio Fossato Vecchio, caratterizzato da coordinate geografiche ED50 di Latitudine $43,983282^\circ$ e di Longitudine $8,156364^\circ$, la pericolosità sismica, per i periodi di ritorno T_R di riferimento, è descritta dai valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* rappresentati nella Tavola 4 a cui si rimanda anche per il calcolo dei coefficienti sismici nel caso di stabilità dei pendii e fondazioni;

- all'imbocco della tombinatura del rio Fasce Grasse , caratterizzato da coordinate geografiche ED50 di Latitudine 43,984711° e di Longitudine 8,157180°, la pericolosità sismica, per i periodi di ritorno T_R di riferimento, è descritta dai valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* rappresentati nella Tavola 4a a cui si rimanda anche per il calcolo dei coefficienti sismici nel caso di stabilità dei pendii e fondazioni.

9 CONFORMITÀ CON IL PIANO DI BACINO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Dall'analisi degli studi relativi al I Piano di Bacino Stralcio per il Rischio Idrogeologico di La Liggia si specifica in merito alla cartografia dedicata alla normativa di piano (riferimento tavola 3) .

- Carta della Suscettività al Dissesto del Versante: I sottobacini Rio Fossato Vecchio e Rio Fasce Grasse come rappresentato nell'estratto della carta della suscettività al dissesto ricomprendono generalmente zone classificate in classe di suscettività al dissesto bassa Pg1 e media Pg2 con la presenza di aree speciali di tipo B2 (discariche dismesse e riporti antropici).

- Carta del Reticolo Idrografico Principale: Il reticolo idrografico, del rio Fasce grasse e del rio Fossato Vecchio che sottendono l'area di intervento, risulta classificato come *reticolo idrografico di secondo livello* in quanto l'area del bacino sottesa risulta compresa fra 0,25 kmq. e 1,00 kmq. ;

- Carta degli Interventi: nei tratti tombinati di rio Fossato Vecchio e rio Fasce Grasse sono previsti interventi riassunti nella scheda informativa n 437/35 del bacino La Liggia riportata nella tavola 3 - Estratti dalla Cartografia del Piano di bacino della Liggia.

L'intervento di sistemazione del dissesto è compatibile con i regimi normativi del Piano di Bacino del Pora previo le necessarie autorizzazioni idrauliche.

SECONDA PARTE Relazione Geotecnica

1 DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI EDIFICATORI

Di seguito si propone in forma tabellare l'elenco delle strutture ed opere di intervento proposte nel progetto di mitigazione del rischio idrogeologico progettate dallo Studio dot. di Finale Ligure. Lo schematismo che segue permette di verificare speditamente quali siano le necessarie indagini ed analisi (modellazione geotecnica del sito) atte a soddisfare i criteri previsti dal capitolo 6 delle N.T.C., le quali verranno esplicitate nella relazione geotecnica.

ELENCO GENERALE DELLA TIPOLOGIA DELLE OPERE	RIFERIMENTI ALLA CIRC. C.S.L.P DEL 2/2/09 N.617 N.T.C.	OPERE PREVISTE IN PROGETTO
STABILITÀ DEI PENDII NATURALI	C 6.3	<input type="checkbox"/>
OPERE DI FONDAZIONE	C 6.4	
a) FONDAZIONI SUPERFICIALI	C 6.4.2	*
b) FONDAZIONI SU PALI	C 6.4.3	<input type="checkbox"/>
OPERE DI SOSTEGNO	C 6.5	*
TIRANTI DI ANCORAGGIO	C 6.6	<input type="checkbox"/>
OPERE IN SOTTERRANEO	C 6.7	<input type="checkbox"/>
OPERE DI MATERIALI SCIOLTI E FRONTI DI SCAVO	C 6.8	<input type="checkbox"/>

2 - MODELLO GEOLOGICO DEL SITO E MODELLAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Per il modello geologico e per la modellazione sismica si rinvia ai contenuti della relazione geologica già citata e redatta dallo scrivente.

Ai fini delle calcolazioni geotecniche i valori individuati per le accelerazioni massime (A_{max}), i coefficienti sismici orizzontali (k_h) e verticali (k_v), i coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa β , risultano per i seguenti valori:

IMBOCCO RIO FASCE GRASSE

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,006	0,009	0,045	0,061
k_v	0,003	0,004	0,022	0,031
A_{max} [m/s ²]	0,294	0,420	1,629	2,220
Beta	0,200	0,200	0,270	0,270

IMBOCCO RIO FOSSATO VECCHIO

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,006	0,009	0,045	0,061
k_v	0,003	0,004	0,022	0,031
A_{max} [m/s ²]	0,294	0,420	1,630	2,221
Beta	0,200	0,200	0,270	0,270

3 - MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Tenuto conto dell'assetto stratigrafico del sottosuolo desunto dalle risultanze della relazione geologica si assume un modello geotecnico del sottosuolo costituito da substrato roccioso stratificato e fratturato in superficie caratterizzato da una propria popolazione di parametri fisico-meccanici da cui occorrerà ricavare i valori caratteristici in base alle previsioni di intervento.

4 - PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato - in pratica quel valore al quale è associata una prefissata probabilità di non superamento (non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove).

Per il terreno di fondazione dell'opera a progetto, con riferimento alle istruzioni del Consiglio

Superiore dei Lavori Pubblici contenute nella Circolare sulle NTC2008 (comma C.6.2.2), si deduce che è possibile utilizzare la seguente combinazione:

Valori caratteristici circa uguali ai valori medi (V_m) \approx (V_k) E' pertanto possibile definire i valori caratteristici (V_k) dei parametri geotecnici mediante opportune elaborazioni statistiche applicate alla popolazione di dati nominali disponibili sulla base della caratterizzazione fisico-meccanica del sottosuolo, tenuto conto dei valori mediamente assunti da tali parametri.

In base alla scelta progettuale degli interventi di sistemazione del versante saranno definite le opere ed il relativo piano di posa delle fondazione e scavi.

Tenuto conto dei valori nominali dei seguenti parametri fisico-meccanici, relativi ai livelli di coltre detritica e substrati roccioso già proposti in relazione geologica si è proceduto alla determinazione dei valori caratteristici dei parametri fisico-meccanici.

In base alla normativa vigente (NTC c. 6,2,2), per le valutazioni relative alla presente indagine, si ritiene possibile utilizzare, ai fini progettuali, la combinazione A) *Valori Caratteristici circa uguali a valori medi* secondo la seguente sequenza:

Valori medi (V_m) \rightarrow Valori Caratteristici (V_k) \rightarrow Valori di Progetto (V_d)

Per il terreno in esame , poiché è disponibile una limitata popolazione di dati, ai fini della determinazione del valore caratteristico si è ritenuto di procedere applicando l'approccio di tipo bayesiano sviluppato da Cherubini e Orr (1999).

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI Coltre detritica	
Angolo di resistenza al taglio (ϕ)	26°
Peso di volume saturo (γ)	18,00 KN/mc
Coesione C	15 KPa
PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI Coltre detritica	
Angolo di resistenza al taglio (ϕ)K	24,83°
Peso di volume saturo (γ)K	18,00 KN/mc
Coesione CK	14,17 KPa

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI Substrato roccioso	
Angolo di resistenza al taglio (ϕ)	32,5°
Peso di volume saturo (γ)	25 KN/mc
Coesione C	122,5 KPa
PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI Substrato roccioso	
Angolo di resistenza al taglio (ϕ)k	32,08°
Peso di volume saturo (γ)k	24,83 KN/mc
Coesione Ck	118,42 KPa

CONCLUSIONI ED INDICAZIONI TECNICO-OPERATIVE PER LA FASE ESECUTIVA

Scopo della presente indagine è stato quello di eseguire una analisi idrogeomorfologica sul bacino del rio Fasce Grasse e rio Fossato Vecchio (riferimento Tavola 1 - Carta Idrogeomorfologica) sulla scorta della proposta progettuale presentata dallo Studio dot. che prevede le seguenti fasi:

fase 1) - messa in sicurezza del tratto critico della tombinatura danneggiata;

fase 2) - realizzazione di un sistema di briglie selettive a monte degli imbocchi delle due tombinature per la riduzione del trasporto solido;

fase 3) - manutenzione dei versanti lungo i corsi d'acqua a monte della tombinatura.

Sono state quindi analizzate le caratteristiche idrogeomorfologiche del bacino e relative aste torrentizie dove è stata confermata la presenza di materiale litoide e legnoso che in fase di attivazione di flussi idrici può essere trasportato a valle per saltazione o sospensione.

I corsi d'acqua nella parte terminale sono tombinati ed in tempi recenti il trasporto solido ha causato intasamenti nelle condotte; ai fini della mitigazione del rischio idrogeologico risulta quindi necessario realizzare un sistema di briglie selettive a monte degli imbocchi delle due tombinature come indicato nel progetto (studio dot. 2014-2015).

Premesso che le indagini svolte hanno rilevato la presenza in alveo di:

- materiale detritico proveniente dai versanti costituito da ciottoli sabbie e limi;
- folta vegetazione arbustiva e localmente alberi di media altezza;
- opere idrauliche a monte della tombinatura del tratto urbano nel :
 - rio Fossato Vecchio a quota 60 m.s.l.m. (loc. parcheggio Cimitero Comunale dove nel tratto di imbocco a monte sono presenti repellenti necessari a fermare il trasporto solido);
 - rio Fasce Grasse a quota 120 m.s.l.m. (tombino stradale).

Considerato che nel progetto definitivo redatto dallo studio dot. :

- nel rio Fossato Vecchio all'inizio della tombinatura a quota 20 m.s.l.m. sono previste opere di contenimento del materiale relativo al trasporto solido;
- nel rio Fasce Grasse all'inizio della tombinatura a quota 50 m.s.l.m. sono previste opere di contenimento del materiale relativo al trasporto solido.

Si ritiene che i tratti di maggiore interesse per il trasporto solido risultano per:

- il rio Fossato Vecchio dall'inizio della tombinatura ubicata a quota 20 m.s.l.m. sino alla quota 60 m.s.l.m. corrispondente all'uscita della tombinatura del parcheggio del Cimitero Comunale corrispondente ad un tratto d'alveo di circa 0,45 km. (*tratto A*).
- il rio Fasce Grasse dall'inizio della tombinatura ubicata a quota 50 m.s.l.m. sino alla quota 120 m.s.l.m. corrispondente ad un tombino di una strada privata a quota 120 m.s.l.m. corrispondente ad un tratto d'alveo di circa 0,50 km. (*tratto B*).

A seguito della presente indagine geologica si formulano le seguenti Proposte Operative :

- nel rio Fossato Vecchio per il tratto già definito *tratto A*

intervento di ripristino della sezione di deflusso mediante sfalcio/taglio della massa arbustiva e/o alberature, rimozione del materiale litoide che ostacola il libero deflusso.

- nel rio Fasce Grasse per il tratto già definito *tratto B*

intervento di ripristino della sezione di deflusso mediante sfalcio/taglio della massa arbustiva e/o alberature, rimozione del materiale litoide che ostacola il libero deflusso.

Gli interventi strutturali ubicati all'imbocco delle tombinature (briglie selettive e pozzetti) potranno essere inseriti nel sistema alveo/versanti previo messa in sicurezza dei versanti stessi per un tratto di lunghezza circa 30 m. a monte dell'imbocco delle tombinature.

Per la messa in sicurezza dei versanti nei primi 30 m. dall'imbocco delle tombinature si potrà intervenire:

- con riprofilatura ed opere di ingegneria naturalistica che rallentino l'erosione per i versanti in coltre sul rio Fasce Grasse sponda orografica sinistra e sul rio Fossato Vecchio sponda orografica destra e sinistra;
- con disgaggio delle parti di roccia instabile e successiva sistemazione con reti e funi per il versante in roccia in sponda destra sul rio Fasce Grasse.

Considerato che l'attività del trasporto solido e sviluppo della vegetazione arbustiva e legnosa sono costantemente attivi nel tempo occorre prevedere un piano di manutenzione del tratto delle aste torrentizie del rio Fossato Vecchio *tratto A*) e nel rio Fasce Grasse *tratto B*) come sopra definiti.

In merito alle proposte operative sopra citate lo scrivente rimane a disposizione per ulteriori verifiche mediante sopralluoghi in cantiere durante le fasi di scavo.

Finale Ligure dicembre 2015

Dott. Geol. ALBERELLI GIANPIERO