Studio Associato di Geologia tecnica e ambientale

Richiedente:

Spett.le
Consorzio I Sestieri
Via della Vittoria, 17
16035 Rapallo (GE)

Progetto:

Realizzazione di insediamenti produttivi in via San Tomaso, località Casottana, nel comune di Rapallo (provincia di Genova)

Oggetto elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

Decreto Ministero Infrastrutture 14.01.2008
Circ. Appl. Min. Infrastrutture 02.02.2009

Revisione: 0
Descrizione: Prima Emissione
Data: 30 maggio 2011
Identificazione: IN. 64-11

c.so Garibaldi 58/5 - 16043 Chiavari (GE)
tel./fax 0185/313910 - e-mail: geotecam@libero.it
Dottori Geologi: Giacomo Canepa, Francesco Faccini, Andrea Robbiano
ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE - P.IVA n. 01046100994

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

SOMMARIO

1.0 PREMESSA pag.3

2.0 INQUADRAMENTO NORMATIVO pag.3

3.0 MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA pag.4
3.1 ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE pag.4
3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO pag.5
3.3 PROFILO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO pag.6

4.0 INDAGINI E PROVE SPERIMENTALI pag.7
4.1 PROSPEZIONI SISMICHE pag.7
4.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI pag.8
4.3 PROVE GEOTECNICHE IN SITO pag.9
4.4 PROVE DI LABORATORIO pag.10

5.0 PARAMETRI GEOTECNICI E GEOMECCANICI MEDI pag.12
5.1 ORIZZONTE FINE - RIPORTI pag.12
5.2 ORIZZONTE NATURALE SABBIOSO pag.13
5.3 BASAMENTO ROCCIOSO pag.13
5.3.1 CLASSIFICAZIONE RMR pag.14
5.3.2 CLASSIFICAZIONE GSI pag.16
5.3.3 PARAMETRIZZAZIONE GEOMECCANICA pag.16

6.0 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA pag.17

7.0 GESTIONE ED UTILIZZO TERRE E ROCCE DA SCAVO pag.19

8.0 RACCOMANDAZIONI COSTRUTTIVE E INDICAZIONI OPERATIVE pag.20
8.1 ATTIVITÀ DI SCAVO pag.20
8.2 SOLUZIONI FONDAZIONALI pag.20
8.3 PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE pag.21
8.4 MONITORAGGIO DEL CANTIERE pag.21

9.0 PRESCRIZIONI NORMATIVE E CONCLUSIONI pag.22

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

ALLEGATO 1 – FIGURE E TABELLE

Figura n.	titolo
1	Corografia dell'area
2	Estratti Piano di Bacino (Ambito 15)
3	Estratti studi geologici connessi al P.U.C. di Rapallo
4	Carta geologica
5	Carta delle prospezioni
6	Planimetria di progetto
7	Sezioni stratigrafiche
8	Classificazione geomeccanica RMR
9	Valori GSI per rocce tipo Flysch
10 a, b, c	Inviluppi a rottura per ammasso roccioso
11	Definizione dei parametri sismici

ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOFISICHE

Tabelle dati di acquisizione e sismogrammi (n.2 stese sismiche a rifrazione)

ALLEGATO 3 – SONDAGGI GEOGNOSTICI

n.5 stratigrafie dei sondaggi geognostici a carotaggio continuo
documentazione fotografica cassette

ALLEGATO 4 – ANALISI DI LABORATORIO

Prospetto riassuntivo delle prove eseguite e certificati di laboratorio

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

1.0 PREMESSA

Su incarico della Committenza, è stata redatta la presente relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione di un nuovo insediamento produttivo in via San Tomaso, in località Casottana, nel Comune di Rapallo (***Fig.1***).

Il progetto prevede la realizzazione di due corpi di fabbrica, rispettivamente su una superficie di circa 1000 m^2 (corpo A) e 600 m^2 (corpo B), oltre alla creazione di alcune rampe di accesso che garantiscano il raccordo con i livelli interrati, i piazzali e le coperture carrabili da via San Tomaso; il corpo A si sviluppa per tre livelli di cui due interrati, compresi tra le quote relative 30.5 m e 43.5 m, mentre il corpo B è sviluppato su livelli, di cui uno interrato, compresi tra le quote 38.0 m e 51.5 m; tutti gli edifici sono realizzati con copertura carrabile (***Fig.6***). L'intervento comporta movimenti terra piuttosto consistenti: per l'inserimento nel profilo del pendio dei nuovi edifici, in particolare per i livelli interrati del corpo A, sono previsti scavi articolati su due gradoni di altezza pari a 10.0 m e 7.5 m (***Fig.7***).

La metodologia d'indagine adottata ha previsto, nell'ordine: a) ricognizione preliminare necessaria per prendere visione dello stato dei luoghi e raccogliere tutta la documentazione progettuale occorrente; b) ricerca bibliografica e cartografica, sia di pubblicazioni sia di relazioni tecniche inerenti incarichi professionali in settori limitrofi a quello in esame; c) consultazione della cartografia tematica del Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico (Ambito 15) e degli studi geologici connessi al P.U.C. di Rapallo; d) esame di dettaglio del terreno al fine di accertarne le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche in rapporto ai manufatti preesistenti; e) studio geologico-strutturale per la valutazione delle condizioni geomeccaniche dell'ammasso roccioso; f) esecuzione di n.2 prospezioni sismiche a rifrazione; g) esecuzione di n.5 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti ad asse verticale, spinti fino a profondità tra 15 m e 18 m dal p.c.; h) esecuzione di prove geotecniche in sito e di analisi di laboratorio; i) rielaborazione di quanto emerso dalle indagini e redazione della presente relazione geologica contenente una serie di indicazioni operative e prescrizioni costruttive.

2.0 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Le presenti indagini geologiche sono state condotte in conformità a quanto previsto dalle normative vigenti ed in particolare al D.M. Infrastrutture 14.01.2008 "*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*" e relativa circolare applicativa n. 617 del 02.02.2009.

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

L'area d'intervento non rientra nelle zone sottoposte al vincolo idrogeologico, ai sensi del R.D. n. 3267/1923 e L.R. n. 4/1999.

Dall'esame del Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico (Ambito 15) si può descrivere quanto segue (***Fig.2***): a) la carta della franosità reale non riporta per l'area di stretto intervento forme, processi e depositi dovuti alla gravità; b) la carta della suscettività al dissesto classifica il territorio oggetto d'intervento Pg1 (suscettività al dissesto lieve) e Pg3a (suscettività al dissesto alta) limitatamente ad un'area su cui insiste parzialmente il corpo A; c) la carta del rischio geomorfologico indica la zona in oggetto in classe R1 (rischio lieve) e R2 (rischio alto); d) la carta della rete idrografica indica come significativo il rio Casottana oggetto di apposita verifica di compatibilità idraulica.

Con riferimento agli studi geologici a corredo del PUC di Rapallo (Bellini & Bellini, 2010) si osserva che il sito d'intervento rientra nei seguenti tematismi (***Fig.3***): a) carta geologica: Calcari di Monte Antola – calcari marnosi ed arenacei con intercalazioni, normalmente in sottordine, di marne ed argilliti scistose e per l'area compresa nel tormnante di via San Tomaso – riporti, rilevati, riempimenti, discariche artificiali; b) carta geomorfologica: in prevalenza zona B3 - coltri di copertura di origine eluvio-colluviale, di granulometria medio fine, rimaneggiate dall'attività colturale, con interposti affioramenti del substrato roccioso oppure sistemate nell'ambito del tessuto urbanizzate e R1 riporti, rilevati e riempimenti artificiali sistemati e stabilizzati; c) carta idrogeologica: zona B1 – coperture a permeabilità variabile, con coefficienti in funzione delle granulometrie prevalenti, soggette a locali fenomeni di impregnazione o ristagno idrico. Acquifero discontinuo a produttività nulla e zone D1 aree artificialmente impermeabilizzate in superficie o comunque non significative dal punto di vista idrogeologico (riporti, rilevati e riempimenti); d) carta di zonizzazione: zona B – aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata e zone D aree con suscettività d'uso condizionata all'adozione di cautele specifiche.

3.0 Modello geologico Dell'Area

3.1 Assetto geologico-strutturale

Il terreno oggetto delle indagini è ubicato nel settore occidentale del territorio comunale di Rapallo, presso la frazione di S. Maria del Campo, in sponda sinistra dell'omonimo corso d'acqua, lungo la fascia collinare della dorsale su cui sorgono i ruderi dell'antico Cenobio di San Tomaso, orientata in direzione N-S, a meridione rispetto all'Autostrada Genova-Livorno (***Fig.1***); l'assetto morfologico della zona è contraddistinto da un'acclività dei versanti intorno

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

a 30%-40%, che diminuisce soltanto in prossimità del fondovalle, a raccordo con la piana alluvionale del T. S.Maria.

Con riferimento alla bibliografia esistente (Servizio Geologico Italiano, 1969) ed alla più recente cartografia geologica regionale (Regione Liguria, 2005), il substrato roccioso è ascrivibile ai litotipi appartenenti alla Formazione dei Calcari di M. Antola, costituita da calcari marnosi, marne calcaree, calcareniti ed argilliti, disposti in strati di potenza variabile anche nell'ordine del metro, di colore grigio scuro se freschi e grigio chiaro-nocciola nelle normali condizioni di alterazione.

Più in particolare, studi geologici condotti nel territorio rapallese (Cortemiglia & Terranova, 1974) indicano che il substrato roccioso può essere suddiviso in diverse unità litostratigrafiche; nelle bassi valli del rio di Bana, del T.San Massimo e del T.Santa Maria i litotipi argillitici sono dominanti rispetto al calcare marnoso ed arenaceo, a meno di rade intercalazioni.

Nel settore rilevato è stato osservato un esteso affioramento in corrispondenza del crinale limitrofo alla sede autostradale: la giacitura della stratificazione assume direzione grossomodo E-W, immersione verso S con inclinazione di circa 50°; l'assetto strutturale dell'area risulta quindi sostanzialmente a traverpoggio (***Fig.4***).

Si ritiene, infine, che il modellamento tettonico subito da questa porzione di territorio abbia condizionato l'assetto del reticolo idrografico, con particolare riferimento agli affluenti di sinistra del T. S. Maria, costituente un sistema sub-ortogonale di drenaggio: in particolare, è stata individuata una faglia disposta con direzione NW-SSE, a sua volta intersecata e dislocata da una macrodislocazione perpendicolare, orientata NE-SW.

3.2 Inquadramento geomorfologico

La dinamica geomorfologica della zona esaminata è riconducibile a forme, processi e depositi legati all'azione di dilavamento e delle acque correnti, che hanno determinato il modellamento del territorio, a sua volta condizionato da elementi strutturali e tettonici.

Le porzioni sommitali dei pendii e le principali displuviali sono, infatti, caratterizzate dall'affioramento dell'ossatura litologica del substrato, soggetta alla degradazione ed all'alterazione chimico-fisica degli agenti esogeni attivi lungo i versanti (***Fig.4***).

I prodotti di tale dinamica si osservano in particolare nelle aree conformate ad impluvio lungo il versante ed in corrispondenza degli assi di corrivazione principali, dove sono presenti frequenti e diffusi depositi misti tra alluvi e colluvi.

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

Il crinale spartiacque disposto N-S, che limita a monte i terreni oggetto d'edificazione, è caratterizzato da uno spianamento morfologico di presunta origine tettonica che ha dato determinato una superficie terrazzata in cui il substrato lapideo è localmente subaffiorante.

Procedendo verso il fondovalle, lo spessore e la stratigrafia delle coltri sciolte cambia: si passa da potenze limitate entro qualche metro nel settore intermedio del versante, fino a spessori plurimetrici nella porzione inferiore della vallecola tributaria di sinistra del T. S. Maria: si tratta di depositi di natura prevalentemente eluviale, rimaneggiati e caratterizzati da una dominante frazione fine.

Il settore esaminato è stato modificato dall'azione antropica, sia per le opere autostradali che delimitano a settentrione l'area di studio, sia per gli stessi riempimenti e colmate che rappresentano l'ampio piazzale delimitato dal tornante di via San Tomaso (***Fig.4***).

Dal rilevamento di superficie non si segnalano evidenze di instabilità in atto o potenziali e quindi il sito può essere considerato in condizioni di equilibrio geomorfologico.

3.3 Profilo idrografico e idrogeologico

Lo schema dei deflussi superficiali nell'area in esame fa riferimento al T. S. Maria che, tramite il suo tributario di sponda sinistra (rio Casottana), che scorre a margine dell'area in esame, svolge un'azione di drenaggio delle acque provenienti dal versante.

Una parziale intercettazione delle acque superficiali è rappresentata da via San Tomaso che si snoda a monte e lungo il crinale, fungendo da canale di gronda per le acque di ruscellamento che sono così convogliate, almeno in parte, nel sistema di regimazione principale.

In condizioni di normale piovosità avviene solo un modesto ruscellamento diffuso e le acque scorrono distribuite con regolarità grazie anche alla sistemazione a fasce che attenua l'acclività del pendio. L'azione erosiva da parte delle acque incanalate è pertanto ridotta e limitata ai periodi caratterizzati da precipitazioni intense e di breve durata.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, i terreni descritti presentano, in rapporto alla loro capacità di far circolare l'acqua sotterranea e quindi di accumularla, caratteristiche di permeabilità tra loro differenti.

Le coltri sciolte di versante, di natura eluvio-colluviale, sono considerate terreni permeabili per porosità con coefficienti da medi a bassi in funzione del contenuto percentuale di frazione fine; la velocità di circolazione delle acque in profondità tende ad aumentare nei depositi di commistione della frangia pedemontana e maggiormente nei depositi

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

schiettamente alluvionali, dove i terreni assumono un coefficiente di permeabilità elevato e sono sede di acquifero permanente.

Il substrato roccioso di natura calcareo-marnosa può essere considerato permeabile per fratturazione soprattutto nei livelli più superficiali ed alterati, dove le discontinuità rappresentano la via di circolazione preferenziale; si deve ritenere, infatti, che l'acqua possa saturare le fratture in profondità e trovare vie di percolazione secondo i rapporti geometrici esistenti tra i giunti caratteristici dell'ammasso.

In merito all'assetto idrogeologico del comparto, si fa presente che le misure piezometriche condotte in fase di campagna geognostica hanno permesso di rilevare una falda temporanea, la cui ricarica è strettamente connessa alle precipitazioni: la soggiacenza si attesta a profondità variabili tra 6 m (sondaggio S1) e 13 m (sondaggio S2) dal p.c..

4.0 Indagini e prove sperimentali

Al fine di ottenere un adeguato quadro conoscitivo dell'assetto stratigrafico, geotecnico e idrogeologico del sottosuolo e consentire la definizione del modello geologico dell'area e dei parametri di pericolosità sismica del comparto, sono state condotte alcune indagini in sito e di laboratorio, consistite in: a) n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione con strumentazione multicanale ad incremento di segnale ad elevata risoluzione; b) n.5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo condizionati con piezometro; c) prove di laboratorio sulle terre e su alcuni spezzoni lapidei estratti durante l'attività di perforazione.

I risultati ottenuti e le elaborazioni conseguenti sono riportati nel seguito.

4.1 Prospezioni sismiche

Nella posizione indicata in ***Fig.5*** sono state effettuate n.2 prospezioni sismiche a rifrazione utilizzando sismografo multicanale modello PASI LCM12 ad incremento di segnale, con distanza intergeofonica di 2 m e lunghezza complessiva delle stese di 42 m.

Con tale procedura si è potuto investigare il sottosuolo, con sufficiente precisione, fino a profondità di circa 8-12 m dal p.c.; il segnale è risultato di buona qualità, con tempi di arrivo delle onde sismiche ben definiti. In sintesi si è ricavata la seguente situazione sismo-stratigrafica:

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

Prospezione SS1 – settore nord-occidentale dell'area

- in superficie è presente un primo orizzonte di spessore compreso tra 4.0 e 5.9 m, in graduale approfondimento procedendo dal margine esterno del piazzale verso via San Tomaso, con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 500 m/s e 600 m/s, ascrivibile a riporto ed alla copertura sciolta, costituita da terreno fine con abbondante frazione grossolana;
- al di sotto si rileva un livello caratterizzato da velocità più elevate delle onde sismiche, comprese tra 2000 m/s e 2200 m/s, fino a profondità superiori a quelle d'indagine: l'orizzonte è assimilabile al substrato roccioso fratturato.

Prospezione SS2 - settore sud-orientale dell'area

- in superficie è presente un primo orizzonte di spessore compreso tra 2.7 e 3.3 m, in ispessimento procedendo verso valle, con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 450 m/s e 550 m/s, ascrivibile alla copertura sciolta, costituita da terreno grossolano con abbondanti blocchi lapidei;
- al di sotto si rileva un livello caratterizzato da velocità più elevate delle onde sismiche, comprese tra 2300 m/s e 2500 m/s, fino a profondità superiori a quelle d'indagine: l'orizzonte è assimilabile al substrato roccioso debolmente fratturato.

L'indagine sismica ha permesso inoltre di acquisire alcune informazioni utili per definire il contenuto d'acqua nel terreno; le basse velocità sismiche registrate nei livelli superficiali (Vp<600m/s), inferiori alla velocità delle stesse in un mezzo saturo, consentono di valutare i terreni sciolti come asciutti, in condizioni di naturale umidità.

I dati identificativi ed i parametri di acquisizione, oltre ai risultati in forma grafica delle prospezioni geofisiche eseguite, sono raccolti nell'***Allegato 2***.

4.2 Sondaggi geognostici

Sono stati eseguiti n.5 sondaggi a rotazione ad asse verticale con recupero continuo di materiale; le prospezioni, identificate con S1÷S5 ed ubicate come riportato in ***Fig.5***, sono state spinte tra 15 m e 18 m di profondità, per complessivi 78 m.l. di perforazione. Per l'esecuzione dei sondaggi sono stati impiegati rivestimenti del diametro di 127 mm e carotieri da 101 mm.

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

Durante le attività di perforazione sono state eseguite prove S.P.T. con strumentazione standard (A.G.I., 1977; Cestari, 1990) negli orizzonti granulari, mentre in corrispondenza degli orizzonti fini sono stati prelevati campioni indisturbati da sottoporre ad analisi di laboratorio; per i campioni raccolti con gli S.P.T. si è provveduto alla sola identificazione, mentre per i campioni indisturbati, oltre al riconoscimento del materiale, è stato determinato il peso naturale, il contenuto d'acqua e le proprietà fisico-meccaniche con alcune prove di taglio diretto ed una prova di compressione edometrica.

Le prospezioni geognostiche hanno permesso di constatare direttamente la stratigrafia dei terreni, costituita da depositi sciolti fini e orizzonti naturali a granulometria prevalentemente sabbiosa soprastanti il basamento rigido, rappresentato da calcari marnosi moderatamente fratturati.

Tutti i fori di sonda sono stati condizionati con tubo piezometrico in PVC microfessurato da 2", attestato a fondo foro, per il rilievo delle pressioni neutre.

Per la stratigrafia di dettaglio di ogni sondaggio, si rimanda alle schede riassuntive che rappresentano l'***Allegato 3***.

4.3 Prove geotecniche in sito

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite n.15 prove geotecniche in sito con strumentazione Standard i cui risultati, solo nel caso degli orizzonti sabbiosi e unitamente alle prove di laboratorio, sono utilizzati per la stima dei parametri geotecnici.

Sond.	*Prof. (m)*	*Nspt*	*Sond.*	*Prof. (m)*	*Nspt*	*Sond.*	*Prof. (m)*	*Nspt*
S1	-1.5	4-5-8	S2	-1.5	4-4-5	S4	-1.5	9-8-7
S1	-2.8	8-11-11	S2	-2.8	4-4-5	S4	-3.3	14-40-16
S1	-4.5	6-8-18	S2	-4.5	5-4-5	S5	-1.5	4-6-13
S1	-5.8	4-5-3	S2	-5.8	5-8-11	S5	-3.0	R
S3	-1.5	6-7-11	S2	-7.5	R			
S3	-3.0	4-4-5	S2	-9.2	5-11-25			
			S2	-10.5	5-9-R			

I terreni attraversati presentano resistenza dinamica variabile, con valori del numero di colpi/piede compreso tra 10 e 15 nei livelli superficiali, mentre valori superiori, fino a 20-30 colpi/piede, si osservano negli orizzonti sabbiosi e ghiaiosi sottostanti.

I valori del numero di colpi/piede negli orizzonti sabbiosi sono stati utilizzati per la determinazione della densità relativa e dell'angolo di resistenza al taglio: per la valutazione

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

dello stato d'addensamento è stata applicata la formulazione di Terzaghi-Peck con la correzione di Skempton, mentre per l'angolo di resistenza al taglio, si applicano le relazioni di Schmertmann per sabbie fini (a=28; b=0.14).

Una stima del modulo di Young è determinata attraverso il numero di colpi/piede applicando la relazione di Jamiolkowski e rappresenta un utile confronto con i dati bibliografici; i valori N_{SPT} sono utilizzati anche per una stima di massima delle relative velocità Vs secondo la correlazione di Yoschida.

Nella tabella seguente sono riportati i valori di N_{SPT} ottenuti durante la campagna geognostica per il livello sabbioso, i corrispondenti termini normalizzati in funzione della litostatica e del sistema di sganciamento, in sintesi:

Nspt	σ'_{v_0} (kPa)	Dr (%)	ϕ' (°)	E (MPa)	Vs
36	134	77	39	44	238
9	63	46	34	24	152
15	27	68	38	28	153
56	59	100	42	59	237
19	27	76	39	31	162

Con σ'_{v_0} **(kPa)** = pressione verticale efficace, **Dr (%)** = densità relativa, ϕ (°) = angolo di resistenza al taglio, **E (Mpa)** = modulo di Young, **Vs** = velocità delle onde di taglio

4.4 Prove di laboratorio

Come detto, durante la campagna geognostica sono stati prelevati n.4 campioni indisturbati di terreno e n.15 campioni rimaneggiati per le successive prove e analisi di laboratorio. Sono stati inoltre prelevati diversi spezzoni lapidei per le successive prove di caratterizzazione della matrice rocciosa e delle discontinuità naturali.

Il prospetto dei campioni analizzati ed i relativi risultati sono riassunti in ***Allegato 4***.

In sintesi si possono descrivere i seguenti aspetti relativi al terreno sciolto:

- i depositi fini, presenti nella porzione sommitale del comparto e parzialmente rimaneggiati nei primi metri dall'attività antropica, presentano un fuso granulometrico ben gradato, con percentuali elevate di frazione fine: nei campioni di terreno analizzati il passante al vaglio ASTM n. 200 è mediamente tra il 50% e il 90%, con indice di plasticità tra 16 e 21; secondo il Sistema Unificato, i terreni risultano appartenere prevalentemente

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

alla tipologia ML - limi inorganici di media compressibilità e CL - argille inorganiche di media compressibilità.

- i terreni sottostanti presentano frazione sabbiosa in percentuali superiori, con passante al vaglio ASTM n. 200 tra il 30% e il 45% e indice di plasticità tra 13 e 16; secondo il Sistema Unificato questo terreno può essere descritto come SM - sabbie limose e SC - sabbie argillose.
- secondo la nomenclatura AGI (1977) il terreno presente nella porzione sommitale del comparto si può descrivere come "argilla con sabbia e limo con sabbia", mentre gli orizzonti inferiori come "sabbie limose con ghiaia e sabbie argillose con ghiaia";
- il peso di volume dei terreni sciolti varia tra 17.38 e 19.50 kN/m^3 mentre per l'ammasso roccioso il peso di volume varia tra 26.05 e 26.70 kN/m^3.

Sono state inoltre realizzate n. 3 prove di taglio diretto e n. 1 prova di compressione edometrica relativa al campione prelevato nel sondaggio S4 in seguito all'impossibilità di realizzare la prova sui campioni prelevati nei fori S2 e S3. La prova edometrica ha evidenziato un grado di compressibilità dei terreni medio-elevato, influenzato tuttavia dal forte rimaneggiamento dell'area e dalle proprietà dei materiali, il cui alto contenuto in carbonati può avere determinato una ricementazione parziale: conseguentemente si deve ritenere che tale valore non possa essere considerato rappresentativo delle reali proprietà geotecniche dei terreni fini. I risultati ottenuti sono riportati nelle relative certificazioni di laboratorio.

Al fine di determinare sperimentalmente la resistenza a compressione monoassiale della matrice rocciosa, sono stati scelti n. 5 campioni di lapidei provenienti dalle carote di sondaggio da sottoporre a prove compressione semplice; tralasciando un campione, che ha registrato valori di 80 MPa, sono stati misurati valori di resistenza alla compressione tra 15 MPa e 30 MPa; i risultati sono contenuti nell'***Allegato 4***.

Alcuni spezzoni sono stati sottoposti al Point Load Test, al fine di ricavare il valore di compressione monoassiale (σ_c) attraverso la misura indiretta della resistenza a trazione. Le prove sono state condotte eseguendo le misurazioni su diversi campioni in modo da ottenere n. 4 test assiali e n. 6 test diametrali e ricavare il corrispondente valore dell'indice di Point Load (Is), normalizzato rispetto al diametro di carotaggio 50 mm (Is_{50}).

L'indice di carico puntuale mostra un campo valori compreso tra 0.7 MPa (S3) e 3.8 MPa (S2) con valori medi di 3.3 MPa per i campioni sottoposti a test assiale e tra 1.3 MPa (S3) e 5.2 MPa (S1) e valori medi di 2.66 MPa per i test diametrali; l'indice di anisotropia appare quindi particolarmente significativo e pari a I_{an}=1.24 (***Allegato 4***).

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

5.0 PARAMETRI GEOTECNICI E GEOMECCANICI MEDI

Sulla base del rilevamento geologico di campagna e delle indagini geofisiche e geognostiche condotte come appena esposto, si può descrivere il seguente profilo stratigrafico medio, che potrà essere oggetto di ulteriori verifiche nel corso della fase di cantiere.

L'assetto stratigrafico prevede, in sintesi, la sovrapposizione di tre livelli con caratteristiche fisico-meccaniche differenti che, dall'alto verso il basso, possono essere così distinti: a) un orizzonte fine, connesso con i depositi riportati nell'area, parzialmente rimaneggiato nei livelli superficiali; b) la copertura sciolta naturale a prevalente composizione sabbiosa; c) il substrato roccioso, molto alterato e fratturato nei livelli superficiali, con aspetto tipicamente litoide in profondità, con bancate ad elevata qualità alternate ad orizzonti più fratturati.

Tutti gli elementi emersi nel corso delle indagini hanno permesso l'elaborazione di due sezioni geologiche interpretative (***Fig. 7***), riprese sulla base delle sezioni AA' e BB' disegnate dai progettisti, preparate al fine di fornire l'immediata comprensione dei rapporti geometrici esistenti tra i terreni attraversati.

Sono di seguito attribuiti ai livelli individuati i parametri geotecnici e geomeccanici medi, desunti dall'esperienza personale e dai risultati ottenuti con le indagini in sito condotte nel comparto, da convertire in valori caratteristici e di progetto per le verifiche sulle opere di contenimento e sulle strutture di fondazione.

5.1 ORIZZONTE FINE - RIPORTI

L'orizzonte a prevalente granulometria fine è presente in maniera disuniforme sul comparto in esame, riscontrandosi esclusivamente nel settore sommitale dell'area, ed è connesso presumibilmente allo smarino di galleria autostradale.

Gli spessori sono variabili e tendono progressivamente ad aumentare nell'ambito compreso all'interno del tornante di via San Tomaso; si può indicare, pertanto, una potenza massima rilevata nelle porzioni centrali del piazzale esistente (nel sondaggio S2 raggiunge uno spessore di 8.60 m), fino ad essere assente nelle perforazioni eseguite a valle (S4 e S5).

Questi terreni non sono facilmente ascrivibili ad una tipologia geotecnica ben definita; stante il contenuto di frazione fine e le proprietà-indice caratteristiche, si ritiene più corretto assimilare il terreno ad un mezzo a grana fine poco consistente.

Come accennato in precedenza, adottando la terminologia A.G.I., il terreno è rappresentato da un "argilla con sabbia e limo sabbiosi", con limite liquido circa 46-47 (Ip tra

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

16 e 21) ed il terreno, classificato secondo il Sistema Unificato, risulta appartenere prevalentemente alla tipologia ML - limi inorganici di media compressibilità e CL - argille inorganiche di media compressibilità.

Il peso di volume naturale si attesta intorno a 17-18 kN/m^3, mentre la densità secca è di 14-15 kN/m^3.

Per quanto attiene alle caratteristiche di resistenza al taglio, i terreni sono da considerarsi normalconsolidati, con valori di coesione drenata trascurabili e dell'angolo di attrito efficace pari a 28°-30°, come peraltro risulta dalla prova di taglio diretto eseguita nel campione S2-C1; in condizioni a breve termine si possono adottare valori di resistenza non drenata pari a 20-40 kPa, tenendo conto del rapporto tra S_u e σ_{vo} è dell'ordine di 0,2-0,4.

5.2 Orizzonte naturale sabbioso

L'orizzonte prevalentemente sabbioso rappresenta la copertura naturale del versante ed è costituito da miscele di sabbia e ghiaia in matrice fine; le caratteristiche granulometriche sono molto variabili in termini di rapporti percentuali tra frazione fine e frazioni media e grossolana; si ritiene corretto descrivere tali terreni come sabbie limose con ghiaia e sabbie argillose e quindi ascriverne complessivamente un comportamento geotecnico granulare. Secondo il Sistema Unificato questo terreno può essere descritto come SM - sabbie limose e SC - sabbie argillose.

Il peso di volume naturale è pari a 18-19 kN/m^3 e la densità relativa può essere valutata tra 35-40%.

In questo orizzonte sono state eseguite n.5 prove SPT con valori del numero di colpi variabile tra 10-20, con valori talora superiori per la presenza di trovanti e frammenti lapidei, e n. 2 prove di taglio diretto: l'angolo d'attrito efficace è pari a 32°-34° e la coesione drenata è da considerasi nulla.

5.3 Basamento roccioso

Per quanto riguarda il substrato lapideo, i dati derivati dai sondaggi geognostici e dalla campagna geofisica si ritengono sufficienti a descriverne le caratteristiche geomeccaniche.

Al fine di ottenere l'indice di qualità, l'ammasso roccioso è stato classificato attraverso i sistemi empirici di uso corrente: nel caso in esame sono stati adottati il Rock Mass Rating (R.M.R.) di Bieniawski (1989) e il Geological Strenght Index (G.S.I.) nella formulazione proposta da Marinos & Hoek (2000).

The document was created with PDF/A Quick-Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

Gli elementi necessari ad applicare questi sistemi sono stati ricavati integrando le informazioni ottenute con le indagini svolte ed in particolare: a) rilevamento strutturale su affioramento, che ha consentito la determinazione della persistenza dei giunti e la taratura delle principali caratteristiche delle discontinuità, ricavate dalle analisi delle carote estratte dai sondaggi; b) analisi di dettaglio dei sondaggi, con definizione dei valori del Rock Quality Designation (R.Q.D.) e rilevamento sistematico, relativamente alle discontinuità, di spaziatura, morfologia a microscala (Joint Roughness Coefficient – J.R.C.), riempimento e condizioni di conservazione delle pareti; c) utilizzo delle prove di laboratorio condotte sui campioni prelevati e dei dati bibliografici riferiti alla stessa Formazione lapidea, per la determinazione delle caratteristiche di resistenza della matrice rocciosa.

5.3.1 Classificazione RMR

La classificazione RMR (Rock Mass Rating) di Bieniawski (1976; 1989) si basa sul rilievo di sei parametri caratteristici, la cui somma permette di suddividere gli ammassi rocciosi in cinque classi di qualità.

Poiché, a seguito delle osservazioni condotte, si evidenziano, per alcuni parametri della classificazione RMR, condizioni piuttosto disperse, si attribuisce a questi un doppio valore di punteggio valevole, rispettivamente per le condizioni medie rappresentative e per quelle peggiori dell'ammasso.

R1 - Resistenza alla compressione monoassiale: sulla base dei dati bibliografici relativi alla Formazione in esame e delle prove di laboratorio condotte in questa sede, si possono indicare valori di resistenza variabili tra 20 MPa e 40 MPa, anche se sono stati riscontrati valori superiori ed inferiori. Si attribuisce un punteggio rispettivamente di 4 e 2.
R2 – R.Q.D.: le osservazioni condotte sul cantiere indicano un valore modale compreso tra 50% e 75%, a cui corrisponde un punteggio di 13; si evidenzia, tuttavia, che sono stati riscontrati valori inferiori negli orizzonti superficiali, a cui corrisponde un punteggio di 8.
R3 - Spaziatura discontinuità: il maggior numero di osservazioni indica una spaziatura compresa tra 0.2 m e 0.06 m, cui corrisponde un punteggio di 8, ma occorre evidenziare che una discreta quantità di osservazioni ricade nella classe superiore, con spaziatura tra 0.6 m e 0.2 m, cui corrisponde un valore di 10. Il restante numero di determinazioni indica una distanza tra i giunti anche inferiore a 0.06 m.

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

R4 - Condizioni dei giunti: l'indicazione delle condizioni medie delle discontinuità individuate comprende valutazioni articolate, il cui punteggio complessivo è fornito dalla somma delle seguenti caratteristiche:

- Persistenza = sempre elevata, punti 0 (giunto di strato)
- Apertura delle discontinuità = valutata anche in base alle osservazioni condotte sugli affioramenti disponibili, risulta compresa tra le classi 0.1-1mm e 1-2 mm, rispettivamente punti 4 e 1
- Rugosità = giunti leggermente rugosi (JRC pari a 6-8), punti 3
- Riempimento = si rilevano più frequentemente patine di ossidazione e riempimenti di natura limo-argillosa, punti 2.
- Alterazione = giunti moderatamente alterati, punti 3

R5 - Condizioni idrauliche: stando a quanto rilevato durante la campagna geognostica, si possono attribuire condizioni di umidità lungo i giunti, cui corrisponde un punteggio di 10.

Per ciò che riguarda l'indice B_{RMR}, ossia senza assegnare il punteggio corrispondente all'orientazione dei giunti rispetto al pendio, si procede con la seguente relazione:

$$B_{RMR}('89) = (R1+R2+R3+R4+R5) = 37 \div 49$$

Il valore dell'indice RMR, necessario per l'assegnazione della classe di qualità della roccia, deve essere ottenuto valutando l'orientazione delle discontinuità in rapporto alla disposizione del fronte di scavo: con riferimento all'orientazione del giunto di strato, generalmente a traverpoggio rispetto ai fronti di sbancamento principali, si ritiene corretto indicare la classe intermedia, tralasciano il valore inferiore che penalizzerebbe eccessivamente il risultato finale: si può indicare quindi un punteggio di –5

$$RMR = B_{RMR} + R6 = B_{RMR} - 5$$

con la quale si ottiene un indice tra 32 e 44, che consente di classificare l'ammasso roccioso, in termini di qualità, sostanzialmente in classe III (mediocre) e per le condizioni peggiori in classe IV (scadente) (***Fig.8***).

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

5.3.2 Classificazione GSI

Un approccio più moderno per la determinazione della qualità della roccia è quello che prevede l'uso del G.S.I. secondo il concetto sviluppato da Hoek di combinare l'assetto strutturale dell'ammasso con le caratteristiche delle discontinuità che lo separano. In questo modo si determina un valore indice che permette una valutazione accurata della resistenza e della deformabilità di un ammasso roccioso, correlato al valore del RMR di Bieniawski (1989), introducendo un predeterminato punteggio relativo alle condizioni idrauliche (R5=15) ed all'orientazione dei giunti (R6=0) secondo la relazione:

$$GSI = RMR('89)-5 = (R1+R2+R3+R4+15) -5$$

con la quale si ottiene un indice tra 37 e 49, la qualità dell'ammasso roccioso ottenuta è quindi confermata dai valori comuni del GSI per rocce flyschoidi, secondo quanto riportato da Marinos & Hoek (2000) (***Fig.9***): in particolare, il litotipo esaminato ricade nella classe B (strati fragili e sottili strati duttili).

5.3.3 Parametrizzazione geomeccanica

L'assetto strutturale dell'ammasso roccioso prevede la presenza del giunto di strato disposto a traverpoggio e di almeno tre famiglie di fratture variamente orientate rispetto al pendio. Pertanto, in ragione dell'assenza di potenziali cinematismi di scivolamento planare lungo il giunto e della presenza di sistemi di giunti con caratteristiche geometriche confrontabili ed in grado di isolare blocchi lapidei di dimensioni contenute rispetto alla scala dell'intervento, si ritiene accettabile ricondurre l'ammasso roccioso ad un mezzo isotropo, il cui comportamento geomeccanico è legato all'insieme matrice-discontinuità.

Il modello di riferimento per la caratterizzazione di un ammasso roccioso con tali caratteristiche è quello "*continuo-equivalente*". I parametri di resistenza al taglio sono desunti con l'inviluppo a rottura stabilito con il criterio empirico di Hoek-Brown (Hoek et al., 2002).

I parametri d'ingresso sono stati ottenuti mediando i valori di G.S.I e di resistenza della matrice rocciosa indicati nelle tabelle precedenti e in particolare si sono ottenuti i seguenti risultati: resistenza a compressione monoassiale della matrice rocciosa (σ_c) = 20 MPa; geological strenght index (GSI) = 37; costante m_i = 8±3; fattore di disturbo (D) = 0.7; "modulus ratio" (MR) = 900±100; altezza scarpata: 5-10-15 m; peso di volume del materiale roccia (γ) = 26 kN/m^3.

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

In funzione della classe di appartenenza, a causa dell'intrinseca eterogeneità delle rocce flyschoidi, tipicamente costituite da alternanze di serie calcaree o arenacee fragili e di rocce argillitiche duttili, gli stessi Autori propongono di derivare i valori σ_c e m_i da usare nella definizione delle caratteristiche di resistenza dal criterio di Hoek-Brown; si utilizzano valori medi proporzionali, che per le classi A e B fanno riferimento ai valori della roccia rigida, senza considerare gli interstrati pelitici, stante la loro scarsa rappresentatività nella successione (***Fig.9***).

I risultati delle elaborazioni sono riportati nelle ***Fig.10a-b-c***, illustrative dei suddetti parametri e delle restituzioni ottenute con apposito programma di calcolo (RocLab 1.031, 2007). In particolare, i parametri di resistenza istantanei di Mohr-Coulomb sono stati derivati in diverse condizioni di tensione verticale, validi per un'altezza del fronte di 5 m, 10 m e 15 m, al fine di ottenere una definizione completa del comportamento geomeccanico del litotipo in rapporto alle profondità interessate dalle opere strutturali a progetto.

Sono di seguito riportati i valori ottenuti:

H = 5 m	**H = 10 m**	**H = 15 m**
coesione = 0.047 MPa	coesione = 0.066 MPa	coesione = 0.82 MPa
angolo di attrito ≈ 44.6°	angolo di attrito ≈ 39.7°	angolo di attrito ≈ 36.7°
modulo di def. ≈ 891 MPa	modulo di def. ≈ 891 MPa	modulo di def. ≈ 891 MPa

6.0 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Secondo quanto contenuto nelle N.T.C. 2008, a livello progettuale è necessario controllare il grado di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che si possono verificare nel sito in oggetto e valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, attraverso la definizione dell'entità e delle caratteristiche dell'azione sismica.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono dalla pericolosità sismica di base, espressa a sua volta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g (in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S_e (T) con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R.

Ai fini della presente normativa, le forme spettrali sono definite dai valori dei seguenti parametri: 1) a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno; 2) F_0 = valore massimo del

The document was created with PDF/A Quick Master from-soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; 3) T^*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Alla luce delle suddette N.T.C. 2008, gli spettri sismici dipendono dalle coordinate geografiche del sito e quindi, al fine di ricavare i valori dei suddetti parametri dai nodi del reticolo di riferimento per un assegnato periodo di ritorno (Tabella 1 - N.T.C. 2008), sono di seguito riportate le coordinate geografiche WGS84 dell'area d'intervento (Microsoft Virtual Earth, 2009): i) latitudine: 44.359604 N; ii) longitudine: 9.1999983 E.

Occorre, tuttavia, considerare che il moto generato da un sisma in un sito dipende anche dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche stratigrafiche e topografiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi, nonché dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Tali fattori tendono a modificare le caratteristiche del segnale sismico rispetto a quello di un sito di riferimento rigido come definito precedentemente.

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata ricavando la velocità equivalente delle onde S nei primi 30 m dal piano di posa fondazionale (Vs_{30}) e riconducendo l'assetto stratigrafico del sito ad una specifica categoria di sottosuolo.

Con riferimento al profilo sismostratigrafico proposto nel presente documento e alla relativa quota di fondazione dei corpi edilizi, che prevede l'adozione di fondazioni sia dirette sia indirette facenti tutte riferimento al substrato roccioso, si può ritenere cautelativamente valida una categoria omogenea di sottosuolo di tipo E, *che comprende terreni di tipo C o D (terreni granulari da mediamente a scarsamente addensati o terreni a grana fine da mediamente a scarsamente consistenti) con spessore compreso tra 5 e 20 m, posti sul substrato rigido di riferimento.*

Per quanto riguarda gli effetti topografici, la morfologia del sito di edificazione è associata alla categoria T2 (pendii con inclinazione media > 15°) della Tabella 3.2.IV delle N.T.C. 2008.

I parametri di pericolosità sismica necessari per le verifiche agli stati limite in condizioni dinamiche sono stati derivati con apposito programma di calcolo (GEOSTRU-PS, 2009) e riassunti nelle ***Fig.11*** (stabilità dei pendii e fondazioni) imponendo, salvo ulteriori specificazioni fornite dal Progettista, una vita nominale dell'opera di 50 anni (opere ordinarie) ed una classe II (costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali).

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

7.0 GESTIONE ED UTILIZZO TERRE E ROCCE DA SCAVO

La gestione delle terre e rocce da scavo nel sito di produzione in esame segue quanto riportato nei "*Criteri per la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo*" emanati dalla Regione Liguria con Deliberazione del 18.07.2008 n. 859 che si applicano ad opere ed interventi pubblici e privati che prevedano la produzione di terre e rocce da scavo secondo quanto indicato all'art. 186 del D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152 "*Norme in materia ambientale*", corretto ed integrato dal D.Lgs 16 gennaio 2008 n.4.

In riferimento al sito d'intervento è possibile affermare che: a) non è localizzato internamente od in prossimità di siti con potenziale inquinamento del suolo superficiale ovvero d'impianti che possano aver influenzato le caratteristiche del sito stesso mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera, o entro una fascia di 20 m dal bordo stradale di strutture viarie di grande traffico così come individuate all'art. 2, comma 2, lettere A (autostrade) e B (strade extraurbane principali) del D.Lgs 30 aprile 1992, n. 285 "*Nuovo codice della strada*"; b) non è localizzato internamente od in prossimità di siti interessati da attività potenzialmente contaminanti ovvero siti potenzialmente contaminati come indicati dal D.M. Ambiente del 16 maggio 1989 n.185, impianti assoggettati alla disciplina del D.Lgs n.334/1999, attività industriali rientranti nelle categorie contemplate dall'allegato 1 al D.Lgs. 18 febbraio 2005, n.59, impianti utilizzati per attività di smaltimento e/o recupero di rifiuti e scarichi di acque reflue; c) non è localizzato in zone di affioramento delle pietre verdi (così come individuate nella carta delle pietre verdi, SITAR-REGIONE LIGURIA-2009) o in aree comprendenti le coperture ed i depositi naturali da esse derivati; d) non costituisce un sito contaminato o sottoposto ad interventi di bonifica (ai sensi del titolo V della parte IV del D.Lgs 152/06).

In conclusione, da quanto osservato nel sito di produzione, si evince che le terre e rocce da scavo deriveranno da sbancamenti effettuati in una porzione di versante caratterizzata da depositi sciolti e dal sottostante basamento lapideo di natura calcareo-marnosa.

Si ritiene, quindi, che le terre e rocce da scavo soddisfino le condizioni richieste dalla D.G.R. 859 del 18.07.2008 e possano essere riutilizzate come reinterri e riempimenti all'interno dello stesso sito di produzione, senza comunque un preventivo trattamento od alcuna trasformazione preliminare. Il materiale in eccedenza dovrà essere conferito in idonea discarica oppure in un sito autorizzato per il recupero del materiale di sbancamento, secondo le modalità indicate nella D.G.R. n.859/2008.

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

8.0 RACCOMANDAZIONI COSTRUTTIVE E INDICAZIONI OPERATIVE

Sono di seguito descritte alcune indicazioni tecnico-operative da adottare sia in fase di progettazione strutturale sia in fase di cantiere.

8.1 ATTIVITÀ DI SCAVO

I fronti di scavo temporanei ed i muri di sostegno definitivi, finalizzati all'inserimento nel profilo del versante delle opere d'arte previste a progetto, dovranno essere oggetto di specifica progettazione strutturale esecutiva.

In particolare, si ritiene necessaria la realizzazione di opere di contenimento preventivo dello scavo, che, valutato l'assetto stratigrafico del sito dove sono presenti anche terreni fini, possono essere rappresentate da diaframmi in c.a. gettati in opera e immorsati nel substrato roccioso, adeguatamente vincolati da tiranti attivi, tenendo presente la necessità di minimizzare il disturbo dello stato tensionale dei terreni soprastanti su cui insistono manufatti e infrastrutture viarie.

Le opere di sostegno dovranno essere opportunamente verificate da Ingegnere esperto in strutture e geotecnica, per condizioni a lungo termine, nella situazione più critica, senza il contrasto del solettone di base e tenendo conto del carico trasmesso dalle strutture limitrofe, mediante un valore di sovraccarico uniforme.

Per quanto riguarda le modalità di sbancamento, gli scavi nella coltre sciolta potranno ovviamente essere eseguiti mediante escavatore meccanico.

Per gli scavi da eseguirsi nel basamento roccioso, molto dipenderà dalle condizioni locali che si incontreranno nel corso delle attività; per l'abbattimento di un materiale lapideo con resistenza a compressione uniassiale superiore a 10 MPa è in genere necessario l'impiego di un escavatore a braccio sul quale è montato un martellone. Non si può peraltro escludere che, in ragione della elevata fratturazione della roccia e del suo stato di alterazione, sia possibile utilizzare per gli scavi, almeno parzialmente nei livelli decompressi più superficiali, un escavatore con benna di sufficiente potenza, avendo comunque sempre disponibile in cantiere l'opzione del martello demolitore.

8.2 SOLUZIONI FONDAZIONALI

La stratigrafia del sito di intervento presenta una disomogeneità dei materiali coinvolti dalle opere di fondazione, con caratteristiche di deformabilità differenti.

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

In questa situazione, appoggi isolati su materiali con caratteristiche di compressibilità diversa possono comportare variazioni, anche marcate, in termini di cedimento assoluto e quindi distorsioni angolari non tollerabili dalle strutture edilizie.

Per entrambi gli edifici si ritiene quindi che la migliore soluzione fondazionale sia rappresentata da strutture di appoggio attestate uniformemente sul basamento roccioso di buona qualità, realizzando una fondazione di tipo rigido. Stante la differenza di quota per il reperimento del substrato poco fratturato nei vari settori di edificazione, sarà necessario il ricorso parziale a soluzioni indirette per quanto attiene alle porzioni di fabbricati dove non è raggiungibile direttamente il bedrock.

8.3 PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE

Per quanto riguarda la regimazione delle acque, quelle di ruscellamento provenienti dalla porzione di versante soprastante e nell'intorno, compresi gli scarichi dei pluviali dei nuovi edifici, dovranno essere correttamente canalizzate e quindi smaltite nel rio Casottana.

Dovrà essere prestata la massima attenzione alla captazione ed allo smaltimento di vie d'acqua preferenziali eventualmente individuate nel corso delle opere di sbancamento, considerato che possono verificarsi interferenze della falda con il piano di scavo, in rapporto al regime pluviometrico dell'area: in tal senso, valutazioni più approfondite potranno essere effettuate solo a seguito di un monitoraggio idrogeologico prolungato nel tempo.

Al fine di realizzare un idoneo dispositivo drenante a tergo delle opere di sostegno, si suggerisce la messa in opera di canne drenanti suborizzontali; le acque intercettate lungo le superficie di scavo dovranno afferire a tubi di raccolta e smaltimento e convogliate nel sistema di regimazione facente capo in ultima analisi al rio prima menzionato.

8.4 MONITORAGGIO DEL CANTIERE

Il cantiere dovrà essere dotato d'attrezzature per il monitoraggio strutturale e geotecnico, in modo tale da poter verificare la stabilità dei terreni nelle condizioni attuali, contemporanee e successive a quelle di sbancamento principale.

Nel contesto del cantiere relativo all'esecuzione dei nuovi volumi edilizi potranno essere eseguiti almeno n. 3 fori di sonda finalizzati alla posa di tubi inclinometrici, immorsati per almeno 4-6 m sotto il piano di fondazione. La lettura di zero dovrà essere condotta nei giorni successivi alla posa in opera della strumentazione di monitoraggio, mentre le successive letture di esercizio saranno programmate su base periodica, contestualmente alle fasi lavorative del cantiere.

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

Il piano dei controlli potrà essere integrato tramite l'attivazione di una stazione topografica caposaldo, materializzata con chiodo zincata e riferita a due punti di allineamento ed apposizione di target di riferimento su manufatti limitrofi al sito e sulla sommità delle opere di sostegno principali, per l'esecuzione di una serie di letture topografiche di taratura e di esercizio, effettuate con apposito strumento di misura di precisione fino a 0.01 cm.

9.0 PRESCRIZIONI NORMATIVE E CONCLUSIONI

Come accennato in precedenza, l'area in oggetto è classificata in parte con suscettività al dissesto alta (Pg3a) nel Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico; nelle aree Pg3a è possibile qualunque tipo di intervento edilizio, anche di nuova costruzione, salvo che l'opera non influisca negativamente sulle condizioni di propensione al dissesto del territorio, ma contribuisca invece al miglioramento delle condizioni attuali.

Pertanto, stante la tipologia progettuale, si evidenzia che:

- l'alta suscettività del comparto nella pianificazione territoriale a scala di bacino è legata a parametri indicatori di carattere geomorfologico, con specifico riferimento all'incisione valliva del rio Casottana, e non a reali problematiche di instabilità;
- il rilevamento di superficie presso il settore di stretto intervento non indica condizioni di disequilibrio alla scala del versante nè situazioni erosive in atto; inoltre le infrastrutture e le preesistenze edilizie evidenziano un buono stato di conservazione;
- le condizioni di drenaggio e permeabilità sono favorevoli;
- l'intervento previsto si integra in un contesto già urbanizzato e l'inserimento delle opere non costituisce un aggravio delle condizioni di suscettività al dissesto dell'area;
- l'assetto tensionale dei terreni su cui gravano i manufatti limitrofi e la stabilità delle nuove opere saranno correttamente garantiti da adeguate strutture di contenimento dello scavo, che prevedono l'immorsamento nel basamento roccioso;
- seguendo le prescrizioni tecnico-costruttive sopra esposte, relative soprattutto alle attività di scavo ed alla regimazione delle acque, l'intervento non comporta pericolo o incremento del rischio geomorfologico.

Sulla base di quanto emerso nel corso delle indagini, in considerazione della tipologia d'intervento, il terreno esaminato è ritenuto idoneo sotto il profilo geologico ad ospitare le opere in progetto.

The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com

Si ricorda che, contestualmente alle verifiche strutturali, dovrà essere redatta una *Relazione geotecnica*, contenente i risultati delle eventuali indagini integrative, la definizione dei parametri geotecnici caratteristici e di progetto e le verifiche agli stati limite relative alle opere interagenti con i terreni di fondazione, con riferimento e seguito alla definizione dei parametri geotecnici medi e sismici contenuti nella presente relazione geologica.

Sulla base delle norme geologiche di attuazione del P.U.C. di Rapallo, nel corso della realizzazione delle opere a progetto dovranno essere disposte e fatte osservare prescrizioni confacenti con le effettive condizioni geologiche accertate nello sviluppo dei lavori, per la loro possibile influenza sul comportamento dell'opera in progetto nel tempo.

Pertanto, è necessario affiancare alla DD.LL. la figura professionale di un Geologo, in modo tale che alla fine dei lavori sia redatto un rapporto conclusivo, corredato da una documentazione fotografica sulle più significative fasi d'intervento, in cui sia certificato l'adempimento delle prescrizioni impartite e l'idoneità dei lavori eseguiti in rapporto alla tutela dell'assetto geologico della zona.

Chiavari, 30 maggio 2011

dott. Geol. Andrea Robbiano



The document was created with PDF/A Quick Master from soft Xpansion, www.soft-xpansion.com