Committente:

G.H.V. S.p.A.

Ex colonia marina-Celle ligure
complesso turistico ricettivo: albergo-R.T.A.

Comune di Celle Ligure

Provincia di Savona

R E L A Z I O N E G E O L O G I C A

Dr. Giambattista VEZZOLLA - Studio Professionale di Geologia -

Via Turati, 16/2 17013 Albisola Superiore (SV) tel./fax. 019 /4509160
C.F VZZGBT65B06I480O mail: gianni965@fastwebnet.it
Iscrizione Ordine Regionale dei Geologi della Liguria n° 273

Rev.	Data
03	Ottobre 2011

I N D I C E

1. PREMESSE, DOCUMENTAZIONE FORNITA E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO.....1

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO 1

3. ANALISI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL SITO 4

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE 6

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI 13

6. MODALITA' D'INTERVENTO E CONCLUSIONI 16

7. BIBLIOGRAFIA.....20

A l l e g a t i a l t e s t o

1) Estratti cartografici Bacino del Torrente Sanda: "Carta della suscettività al dissesto", Carta del reticolo idrografico" e"Carta degli interventi", scala 1:10000;

2) Stratigrafie e documentazione fotografica sondaggi;

3) Certificati prove geotecniche di laboratorio.

A l l e g a t i f u o r i t e s t o

Tavola G01: carta geologica e geomorfologica di dettaglio con ubicazione delle indagini geognostiche; tomografie sismiche a rifrazione e RE.MI, scale varie.

Tavola G02: modello geologico e geotecnico, scala 1:200.

1. PREMESSE, DOCUMENTAZIONE FORNITA E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO

La società G.H.V. ha affidato allo scrivente l'incarico per la redazione della relazione geologica e geotecnica, parte integrante degli elaborati progettuali relativi al nuovo complesso turistico ricettivo nel sito dell'ex colonia marina, nel Comune di Celle Ligure.

L'intervento principale consiste nella demolizione e ricostruzione di due dei tre fabbricati multipiano presenti (Il Padiglione - 715 m^2 e Sessa - 830 m^2), mentre per il terzo (Baslini - 1100 m^2) si prevede la conservazione della sola parte basamentale del prospetto principale.

Oltre ai suddetti edifici, verranno realizzati ex novo un centro congressi (area piscine attuali), locali interrati, box e locali tecnici a collegamento dei fabbricati principali ed una nuova viabilità interna e parcheggi connessi.

Infine, sul comparto a mare è previsto un intervento sull'attuale molo in calcestruzzo, in precarie condizioni a causa dell'azione del moto ondoso, per il quale è prevista la sistemazione e la protezione tramite posa di scogliera perimetrale, oggi assente.

Tenuto conto della complessità delle opere previste, per una precisa definizione planivolumetrica si rimanda agli elaborati progettuali redatti dallo studio dell'Arch. Bonanni, con particolare riferimento alle tavole "ACAD–Tav_Plan Generale_Coperture NUOVA.dwg" e "ACAD–Tav_Sez nenerali 200.dwg".

Le indagini, eseguite in ottemperanza al *Testo Unitario – Norme tecniche per le costruzioni* (D.M. 14.01.08), sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito e alle caratteristiche geotecniche dei materiali ricadenti nel volume significativo dei manufatti, verificando i possibili scenari di rischio e le problematiche esecutive.

Sono stati realizzati due sondaggi geognostic a carotaggio continuo (S1, S2), all'interno dei quali sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche in avanzamento (S.P.T.) e sono stati prelevati campioni rimaneggiati di terreno, sottoposti a prove di laboratorio.

Inoltre, per l'estensione areale delle indagini e ai fini della microzonazione sismica del comparto, sono stati eseguiti cinque stendimenti sismici a rifrazione (SS1, SS2, SS3, SS5 e SS6). L'acquisizione del rumore di fondo ha permesso di ricavare la velocità delle onde di taglio nel sottosuolo tramite l'elaborazione dei dati acquisiti lungo lo stendimento sismico (SS1).

La presente relazione riassume le risultanze delle indagini eseguite, con particolare riferimento alla ricostruzione stratigrafica del sito d'intervento e la valutazione delle diverse problematiche connesse alla realizzazione delle opere in progetto.

La presente relazione è da considerarsi "integrata" con il documento Relazione Geotecnica rev2, facente parte anch'esso degli elaborati progettuali, nel quale viene approfondita la caratterizzazione geotecnica degli orizzonti risultanti con lo scopo di giungere ad una prima ipotesi di verifica fondazionale e di stabilità dei fronti di scavo previsti agli Stati Limite Ultimi (SLU).

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

2.1 Elementi geologici e geomorfologici

La zona oggetto d'intervento costituisce un tratto della linea di falesia che delimita l'area immediatamente a levante dell'abitato di Celle Ligure, in corrispondenza della rampa di accesso al casello dell'autostrada A10 - Genova-Ventimiglia, compresa tra il Rio Natta e il Rio Finale, entrambi scolanti direttamente a mare.

Il pendio sovrastante la viabilità provinciale, è esposto a Sud e caratterizza un versante subparallelo alla linea di costa, mentre la porzione sommitale si presenta pseudopianeggiante, costituendo un terrazzo morfologico di origine marina, ampiamente antropizzato.

Infatti, per la realizzazione del complesso esistente, si sono resi necessari notevoli sbancamenti del versante originario, come testimoniano i numerosi fronti di scavo subverticali che sono visibili al contorno di tutte le aree ad uso ricreativo (piscine e campi sportivi).

Come visibile dalla carta geologica in allegato 1 fuori testo, tutto il comparto presenta il substrato litoide da affiorante a subaffiorante, ricoperto da un sottile orizzonte di depositi marini nelle porzioni più elevate del versante, e di natura eluvio-colluviale in quelle degradanti verso mare.

Litologicamente, la facies principale è rappresentata da un conglomerato generalmente ben cementato, alternato a strati e banchi siltitici e arenacei, talora da metrici a plurimetrici. Nelle porzioni più superficiali conglomeratiche sono evidenti zone di alterazione e di scarsa cementazione, mentre gli strati arenacei si presentano francamente litoidi.

L'alternanza di tali litologie viene attribuita alla *Formazione di Molare* (Oligocene) ascrivibile al *Bacino Terziario Piemontese (BTP)*, il quale rappresenta il prodotto dell'ingressione di un mare Padano che durante l'Oligocene trasgredisce il margine interno della catena alpina e il dominio ligure già completamente deformato.

Il *BTP* è rappresentato da depositi di conoide alluvionale che si sono formati ai piedi dei rilievi del tempo, caratterizzati da fenomeni di fusione e di coalescenza fra i vari ventagli sviluppatisi sul nuovo margine del bacino. La forte instabilità del suddetto margine ha indotto mobilizzazioni di parte delle conoidi, dislocando così i corpi conglomeratici risedimentati in ambiente più profondo, interdigitandoli alla coeve sequenze torbiditiche, sia prossimali che emipelagiche.

Il mare Padano, avanzando da Nord-Est verso SW tra l'Oligocene ed il Miocene, giungerà ad interessare le rive dell'attuale Mar Ligure con i conglomerati di Celle-Varazze, Cogoleto e Portofino, iniziando, poi, un progressivo arretramento con relativo smembramento dei depositi oligocenici, alcuni dei quali, (Celle-Varazze), rimarranno a sud dello dello spartiacque padano.

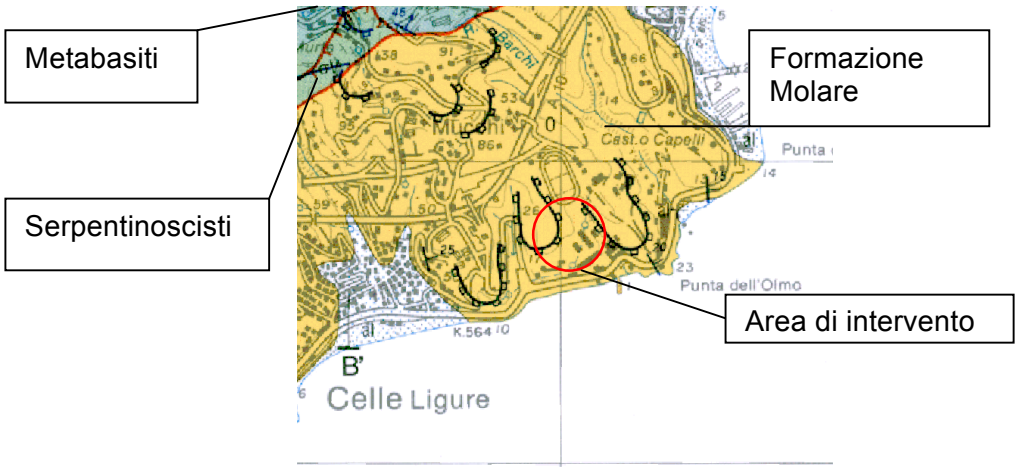


Figura 1: stralcio carta geologica con elementi di geomorfologia Tav. 229-1 Varazze, scala 1:25000

Geomorfologicamente, all'interno del comparto in esame, sono presenti coperture detritiche di diversa natura, con spessori mai superiori a 3 m; in particolare possono distinguersi:

- terrazzi di origine marina (depositi terrazzati antichi pleistocenici), che interessa tutta la dorsale a monte dell'area insediata, caratterizzata da uno spessore medio variabile da 1 a 3 m. Granulometricamente è costituita da una sabbia limosa inglobante ghiaia e ciottoli di dimensioni massime decimetriche;
- coltre detritica eluviale, derivante dal disfacimento del substrato roccioso in posto, caratterizzata da spessori non superiori a 2 m;
- terreno di riporto, osservabile, soprattutto a valle degli edifici esistenti, derivante della antropizzazione dell'area.

Gli elementi rilevati in superficie sono riportati sulla carta geologica e geomorfologica nella stessa tavola fuori testo G01.

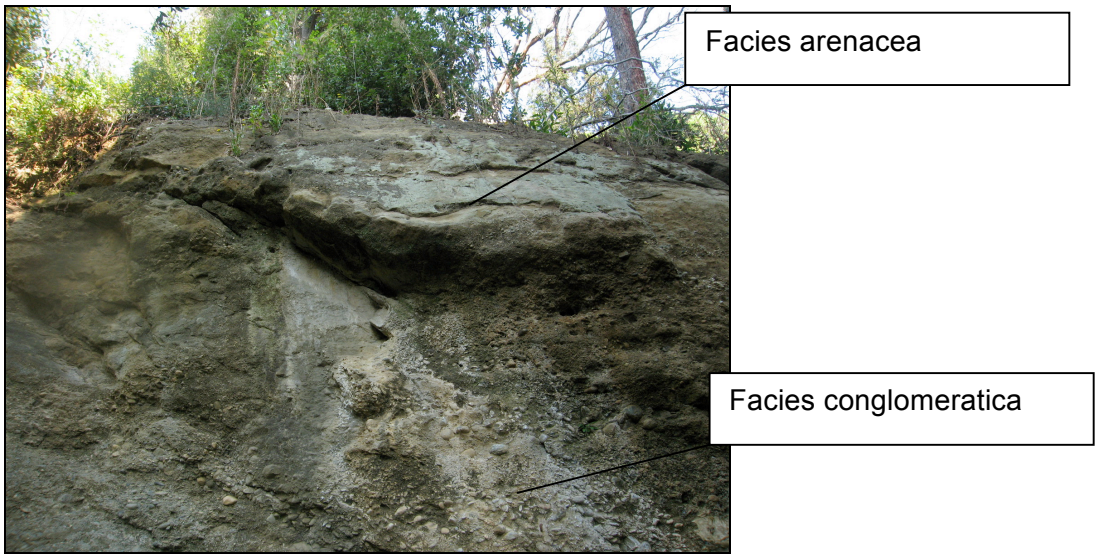


Figura 2: Formazione di Molare affiorante nell'area di intervento

Dal punto di vista della stabilità, il rilevamento di superficie ha evidenziato buone condizioni generali del comparto analizzato, con un solo piccolo dissesto superficiale, presente nella zona più settentrionale dell'area, inciso all'interno dei depositi terrazzati marini, causato dall'erosione delle acque meteoriche.

Nel comparto a mare occorre evidenziare che la protezione della parete rocciosa lungo la vecchia ferrovia, costituita da reti metalliche ancorate tramite chiodature, sia, attualmente, in pessime condizioni; si evidenziano, infatti, strappi e lacerazioni nella rete stessa che ne condizionano l'efficacia e la funzione stabilizzante.

2.2 Elementi idrogeologici

L'idrografia del comparto è riconducibile, come accennato, a due linee di drenaggio principali: il Rio Natta a ponente ed il Rio Finale a levante.

Occorre comunque sottolineare come l'area in esame sia disposta pressoché lungo la linea di spartiacque fra i due bacini, ad una distanza di oltre 50 m dai due corsi d'acqua, in posizione geometrica elevata.

Relativamente alle coltri di versante, tenuto conto della composizione e del relativo spessore, si può escludere la presenza di acquiferi significativi al loro interno, anche se è possibile l'instaurarsi di una circolazione ipodermica al contatto tra coltre e substrato, specialmente durante i periodi di maggior piovosità. Tale meccanismo può determinare sovrapressioni nel sistema di fratturazione della formazione conglomeratico arenacea di substrato.

Il substrato litoide può essere considerato come impermeabile o con permeabilità secondaria, solamente nelle porzioni più fratturate.

A tale proposito si sottolinea come non si sia evidenziata presenza di falda durante la perforazione dei due sondaggi.

Inoltre, in tutta l'area in esame non sono presenti pozzi, sorgenti o risorgive, in accordo con la posizione di spartiacque dell'area e a testimonianza dell'assenza di una falda freatica permanente nel substrato.

Nel complesso si può affermare che non sussistono problematiche idrogeologiche legate ad acque d'infiltrazione.

3. ANALISI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL SITO

Come previsto dalla normativa, sono state analizzate le diverse situazioni di pericolosità geologica connesse alla realizzazione dell'opera; nelle conclusioni del presente lavoro vengono indicate le soluzioni per la mitigazione degli effetti meno rilevanti sulle condizioni di "esercizio" dei nuovi edifici.

3.1 Pericolosità sismica

Il quadro sismotettonico locale e le analisi eseguite dall'INGV individuano per il territorio di Celle Ligure un grado basso di rischio sismico, risentendo la zona, in modo più o meno intenso, degli effetti di propagazione e attenuazione di sismi con epicentro nel settore del Mar Ligure occidentale (Prov. Imperia), nelle Alpi occidentali, nell'Appennino settentrionale e, in misura minore, nelle Langhe e nel Monferrato. Nell'immagine satellitare riportata sono indicate le zone sismogenetiche riconosciute dell'Italia nordoccidentale.

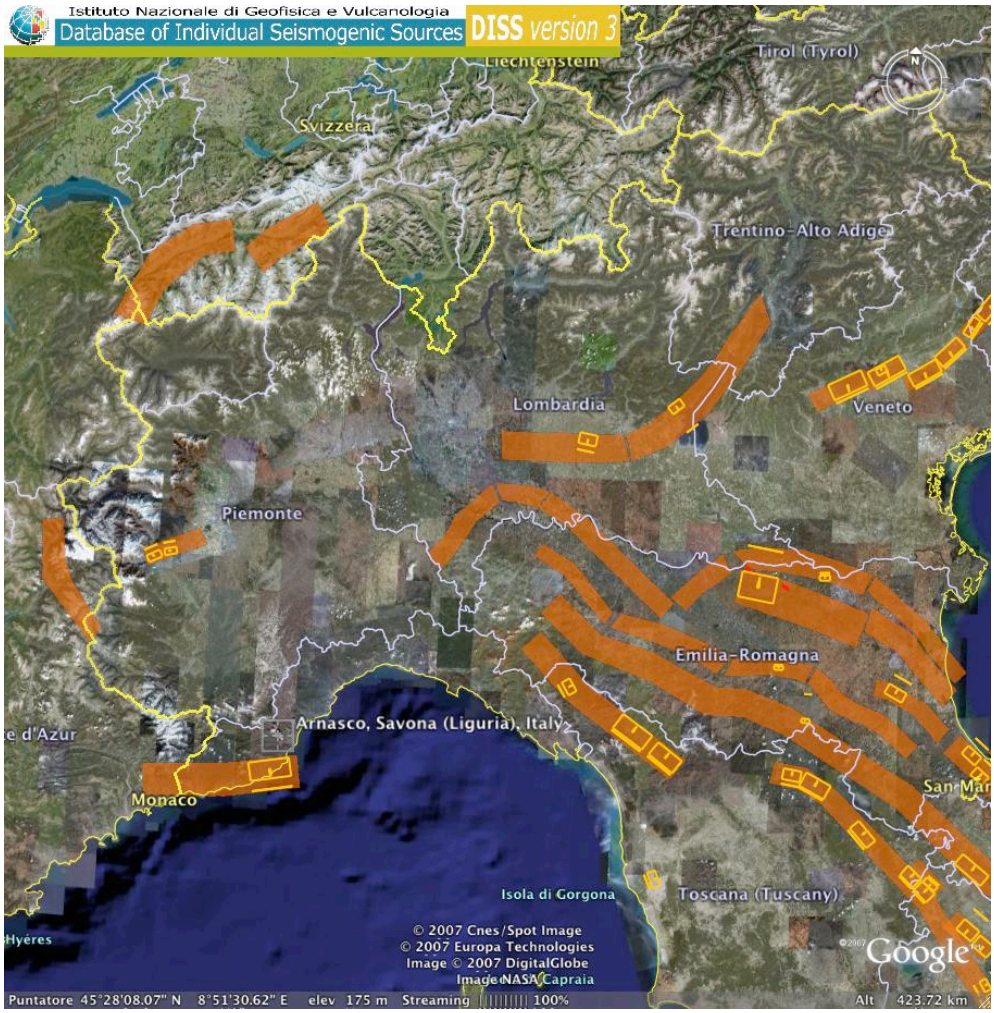


Figura 3: sorgenti sismogenetiche su base Google Earth (fonte INGV)

Nella carta probabilistica di pericolosità sismica, redatta dall'INGV (2006) (Figura 4a e 4b), adottata nell'Ordinanza P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006, in gran parte del Comune di Celle Ligure sono attese accelerazioni al *bedrock* inferiori a 0,025 g. Tali accelerazioni sismiche sono calcolate con una probabilità di superamento del 63% in 50 anni, corrispondente allo stato limite di immediato utilizzo o di danno (SLD), come descritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008

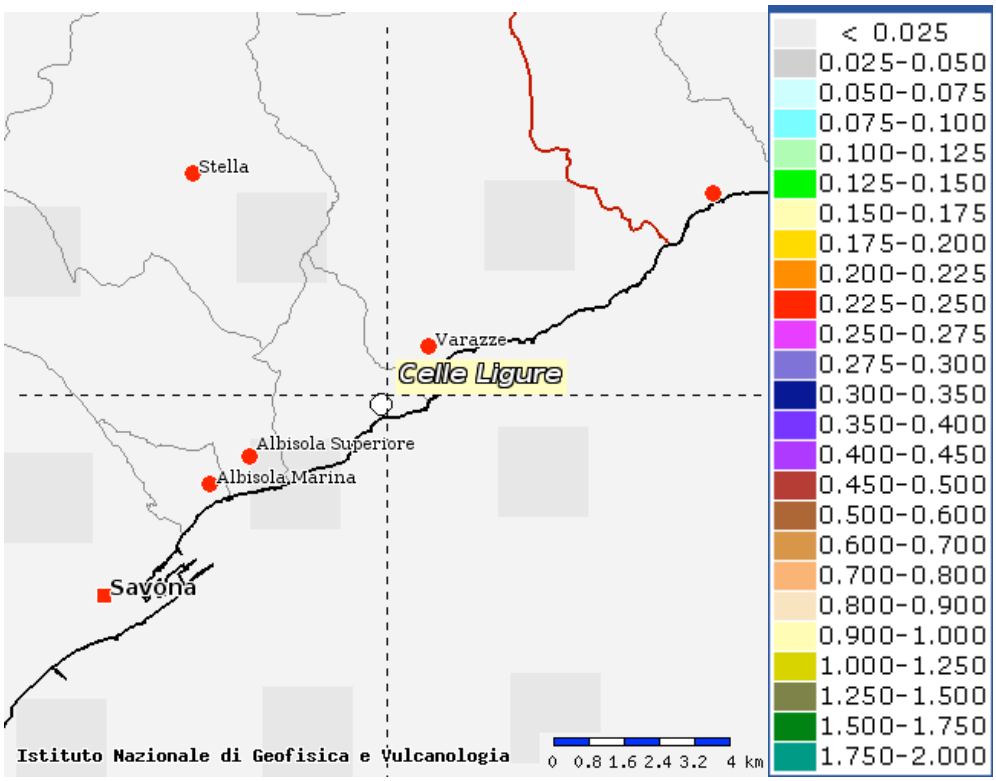


Figura 4: accelerazioni al *bedrock* con probabilità di superamento del 63% in 50 anni per il territorio di Celle Ligure (fonte INGV)

Nella classificazione sismica del territorio nazionale, introdotta dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, il Comune di Celle Ligure è inserito in zona 4, alla quale è associata un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, a_g/g pari a 0,05.

La Regione Liguria, con il D.G.R. n. 1308 del 24/10/2008, sulla base di uno studio specifico commissionato all'Università di Genova ha defnito meglio le diverse classi sismiche confermando, per il Comune di Celle la quarta categoria.

Con il D.M. 14/01/08 l'azione sismica di riferimento viene definita per ogni sito sulla base delle sue coordinate geografiche. L'allegato A della suddetta normativa contiene un elenco di 10.000 punti definiti mediante un *codice ID* che coincidono con le coordinate dei punti utilizzati dall'INGV per lo studio della *Mappa di Pericolosità Sismica Italiana*, ad esclusione dei punti a mare (Gruppo di lavoro MPS-2004). Nei capitoli successivi, si riportano i dati di classificazione sismica locale dei terreni sulla base degli studi e indagini effettuate.

3.2 Pericolosità idraulica, idrogeologica e suscettività al dissesto

Come noto, l'Amministrazione Provinciale di Savona nell'Ottobre 2002 ha approvato in via definitiva i Piani di Bacino stralcio relativi al rischio idrogeologico (redatti in osservanza del D.L. 180/98 e s.m.i), in seguito più volte aggiornati. Il prodotto di tali studi è rappresentato da una serie di carte tematiche riguardanti le diverse problematiche (suscettività al dissesto, fasce di inondabilità), e da una Normativa Generale, che regola le possibilità di intervento antropico all'interno delle classi in cui è stato suddiviso il territorio.

L'area d'intervento è ubicata nel Bacino del Torrente Sanda; in allegato 1 al testo sono riportati gli stralci di una serie di tematismi, secondo i quali si determinano le seguenti condizioni:

Suscettività al dissesto: il comparto in esame rientra in una zona a suscettività al dissesto compresa tra molto bassa (azzurro) e bassa (verde).

Reticolo idrografico: il comparto in esame si trova ad una distanza minima di oltre 50 m dal corso d'acqua censito più vicino (Rio Natta).
Interventi: non risultano interventi previsti sull'area in studio.

Nel complesso, dal confronto con la cartografia di Piano di rischio idrogeologico, l'intervento in oggetto risulta compatibile con la Normativa Generale.

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come introdotto in premessa, sono state eseguite le seguenti attività d'indagine:

- esecuzione di n. 2 sondaggi geognostici;
- esecuzione di 2 prove penetrometriche dinamiche in avanzamento (S.P.T.);
- prelievo di 3 campioni rimaneggiati per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio;
- esecuzione di n. 5 stese sismiche a rifrazione;
- analisi dei microtremori per la valutazione della risposta sismica locale, tramite l'elaborazione del rumore di fondo registrato durante le stese sismiche eseguite in fase di progetto preliminare.

Nella tavola fuori testo G01 sono ubicate le posizioni delle indagini eseguite.

4.1 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo

In corrispondenza dei due punti di maggior scavo in progetto (sez. A-A' e F-F') sono stati eseguiti due sondaggi a carotaggio continuo verticale (S1 e S2) per analizzare nel dettaglio la stratigrafia dei terreni e tarare la costruzione del modello geologico in profondità, in conformità al D.M. 14.01.2008, nonché permettere, mediante prove in foro e prelievo di campioni, di definire le caratteristiche geotecniche e idrogeologiche per la costruzione del modello geotecnico.

Con riferimento agli sbancamenti previsti a progetto si sono stabilite le profondità massima di sondaggio pari a 15 e 10 m (raccomandazioni A.G.I.). Le attività previste sono state eseguite dall'Impresa Geobasi di Udine, nell'ottobre 2008, con impiego di sonda Mustang 9T1 per S1 e dalla Ditta Borghi Drill di Genova, nell'agosto 2011, per S2.

Nella Tabella seguente sono riassunti i dati principali relativi alla perforazione.

Sondaggio	Quota p.c. (m slmm)	Profondità raggiunta (m)	Strumentazione foro	Note
S1	+ 40.00	15,00	------.	Effettuato su spianata sommitale (edificio II padiglione)
S2	+ 36.00	10.00	------	Effettuato su fianco est del padiglione Sessa

Sulla verticale S1 sono state eseguite 2 prove S.P.T. di seguito riportate, sulla verticale S2, a seguito della presenza del substrato litoide pressoché in superficie, non è stato possibile effettuare prove S.P.T.

Sondaggio/Prova	Profondità prova (m)	Tipo punta	Sequenza colpi	Valore N_{SPT}
S1/1	1.30-3.75	chiusa	15/16/23	39
S1/2	2.40-2.85	"	20/18/19	37

Vista la prevalenza del substrato litoide, e quindi alla sua preponderante incidenza nelle fasi di scavo, si sono prelevati tre campioni litoidi (spezzoni), da sottoporre a prove di laboratorio.

Sondaggio	Denominazione campione	Campionatore	Profondità prelievo (m)	Orizzonte stratigrafico
S1	Cr1	------	14.00-14.50	Conglomerato a cemento arenaceo
S2	C1	-------	1.50-2.20	Arenaria ben cementata
S2	C2	-------	5.00-5-60	Conglomerato a cemento arenaceo

In allegato n. 1 al testo sono riportate le stratigrafie e le fotografie dei sondaggi.

Il modulo stratigrafico di restituzione, redatto secondo lo standard di qualità richiesto, è suddiviso in due schede: il modulo per le terre e quello per le rocce.

Su entrambe sono riportate notizie e dati di carattere generale, quali la committenza, la località cantiere, l'impresa esecutrice, il tipo di sonda, la profondità raggiunta, la strumentazione in foro, la quota assoluta, l'inizio e la fine dei lavori, il compilatore e il complesso geologico presente nella zona.

Il modulo terre comprende informazioni sui materiali coesivi e incoerenti (colore, alterazione, umidità, consistenza) e sugli elementi lapidei inglobati (natura petrografica, arrotondamento, sfericità e alterazione).

L'identificazione del materiale viene effettuata in base alle classificazioni granulometriche classiche.

Vengono distinte tre classi di alterazione:

- assente (1): non sono visibili segni di alterazione;
- media (2): sono presenti segni di alterazione;
- elevata (3): individua un terreno che presenta la struttura della roccia da cui deriva.

Il grado di umidità viene suddiviso in tre colonne, che rappresentano da sinistra verso destra:

- campione molto umido: la carota tende a disfarsi sotto il proprio peso;
- campione umido: la carota presenta screpolature ma all'interno si rileva presenza di umidità;
- campione poco umido: la carota è polverosa e presenta numerose screpolature.

Il grado di consistenza viene valutato sia in base ad osservazioni visive che a prove eseguite con *pocket penetrometer*, *torvane* o *S.P.T.*: viene distinto in quattro classi da sinistra verso destra:

- alto: non sgretolabile con le mani;
- medio: sgretolabile a fatica con le mani;
- basso: sgretolabile con le mani;
- molto basso: sfatto, privo di consistenza.

Relativamente agli elementi lapidei, vengono distinti i tipi litologici di provenienza nonché il grado di arrotondamento nelle seguenti classi:

- arrotondato (1);
- subangoloso (2);
- angoloso (3).

Analogamente viene distinto il grado di sfericità:

- sferico (1);
- subsferico (2);
- allungato (3).

Viene infine, valutato il livello di alterazione degli elementi lapidei:

- basso (1);
- medio (2);
- alto (3).

Sono altresì presenti, colonne relative alle prove condotte in foro (S.P.T.), alla simbologia dei terreni riconosciuti, al prelievo di campioni e alla strumentazione installata.

Il modulo descrittivo relativo al tratto di sondaggio immorsato in roccia raccoglie le proprietà caratteristiche dell'ammasso (recupero percentuale, recupero percentuale modificato R.Q.D. (Deere 1964), dimensioni degli spezzoni di carota, natura petrografica, informazioni di carattere litologico strutturale, descrizione delle discontinuità (tipologia, inclinazione, scabrezza) e natura delle superfici di debolezza.

Le dimensioni degli spezzoni di carota vengono suddivise in tre classi:

- spezzoni di lunghezza inferiore a 5 cm;
- spezzoni di lunghezza compresa fra 5 - 10 cm;
- spezzoni di lunghezza superiore a 10 cm.

Relativamente alla natura petrografica ed ai caratteri strutturali, verranno distinti tre tipi di struttura:

- struttura compatta (1): non sono distinguibili ad occhio nudo i componenti della roccia;
- struttura granulare (2): sono distinguibili ad occhio nudo i componenti della roccia;
- struttura orientata (3): i singoli elementi di roccia sono più o meno allineati secondo una direzione.

La natura delle superfici di discontinuità può essere messa in relazione all'entità della scalfitura provocata da una punta d'acciaio:

- superficie tenera (1): scalfibile con l'unghia;
- superficie di media durezza (2): scalfibile con punta d'acciaio;
- superficie dura (3): scalfibile debolmente con punta d'acciaio.

I piani di discontinuità possono essere dovuti a stratificazione (str.), fratture (fr.), faglie (fgl.) e scistosità (sc.); la scabrezza delle superfici di discontinuità viene ricavata valutando l'indice JRC (*Joint Roughness Coefficient* - Barton 1976).

Le risultanze dei sondaggi possono sintetizzarsi come segue:

Sondaggio S1

Eseguito sulla zona asfaltata a fianco dell'edificio più elevato, in corrispondenza dello scavo a progetto a maggior altezza, ha evidenziato un assetto stratigrafico così schematizzabile:

da p.c. a 0,10 m: asfalto e sottofondo;

da 0,10 a 0,70 m: si rileva materiale di riporto di colore rossastro, composto da sabbia con pietrame e scaglie a spigoli vivi;

da 0,70 a 1,30 m: terreno di riporto di colore marrone, costituito da limo sabbioso, umido, a consistenza media;

da 1,30 a 1,60 m: deposito marino terrazzato, costituito da sabbia fine con rari clasti di ghiaia, di colore marrone nocciola, umida, a consistenza media;

da 1,60 a 3,00 m: deposito marino terrazzato, costituito da sabbia fine debolmente limosa, con ghiaia e ciottoli di dimensioni massima decimetriche, di colore marrone nocciola, umida, a consistenza alta;

da 3,00 a 3,50 m: livello costituito da ghiaia poligenica con sabbia nocciola e livelli cementati, costituente il cappellaccio d'alterazione del substrato;

da 3,50 a 8,00 m: substrato litoide costituito da un conglomerato a cemento arenaceo, con clasti poligenici arrotondati, di colore marrone rossastro;

da 8,00 a 8,80 m: substrato litoide costituito da un livello arenaceo ben cementato, di colore verdastro;

da 8,80 a 13,10 m: substrato litoide costituito da un conglomerato a cemento arenaceo, con clasti poligenici arrotondati, di colore marrone verdastro;

da 13,10 a 13,70 m: substrato litoide costituito da un livello arenaceo ben cementato con rari clasti di ghiaia, di colore verdastro;

da 13,70 a 15,00 (fondo foro): substrato litoide costituito da un conglomerato a cemento arenaceo, con clasti poligenici arrotondati, di colore marrone verdastro.

Il recupero percentuale di carotaggio è sempre maggiore del 80%, mentre l'RQD varia tra un minimo del 55% (3,50-5,00 m di profondità) e un massimo del 80% (10,00-15,00 m di profondità).

Durante la perforazione non è stata riscontrata presenza di falda.

Sondaggio S2

Eseguito sullo spigolo orientale i monte del padiglione Sessa, al piede della parete rocciosa esistente, ha evidenziato un assetto stratigrafico così schematizzabile:

da p.c. fino a 0,20 m: asfalto e terreno di riporto di sottofondo stradale, costituito da pietrame centimetrico in matrice sabbiosa, di colore marrone nerastro;

da 0,20 a 0.90 m: cappellaccio di alterazione del substrato roccioso, costituito da scaglie arenacee a spigoli vivi, di dimensioni pluricentimetriche, molto alterate e sfaldabili con le mani;

da 0.90 fino a 2.20 m: substrato litoide costituito da arenaria ben cementata, di colore marrone verdastro, a grana grossolana;

da 2.20 fino a 10.00 m (fondo foro): substrato litoide costituito da conglomerato poligenico a cemento arenaceo, di colore grigio verdastro, con clasti arrotondati, di dimensioni massime pluricentimetriche

Il recupero percentuale è sempre maggiore del 70%, mentre l'R.Q.D. varia dal 30% al 80%, con l'aumentare della profondità.

Durante la perforazione non è stata riscontrata presenza di falda.

4.2 Tomografie sismiche a rifrazione

Per valutare lo spessore della coltre di copertura e l'andamento del contatto con il substrato roccioso, tenuto anche conto dell'impossibilità di accedere a larghi tratti del versante con mezzi meccanici, sono state eseguite cinque prospezioni sismiche a rifrazione.

Le caratteristiche delle tre stese sono riportate nella tabella seguente mentre l'ubicazione, delle stesse è riportata in Tav. G01 fuori testo.

Stesa	***Lunghezza complessiva (m)***	***Spaziatura Intergeofonica (m)***	***Stazioni di energizzazione***
SS1	50	4	7
SS2	30	3	7
SS3	44	3	7
SS5	50	4	7
SS6	44	3	7

Nel metodo sismico a rifrazione viene registrata la propagazione di onde elastiche, generate artificialmente all'interfaccia atmosfera – terreno e rifratte lungo superfici di discontinuità sepolte.

In superficie vengono disposti trasduttori elettromagnetici, chiamati geofoni, in grado di rilevare la perturbazione prodotta propagatasi nel terreno.

I geofoni sono collegati, attraverso un cavo multipolare, ad un sismografo multicanale che misura e registra i tempi di percorrenza dell'impulso elastico, generato artificialmente, nei tragitti compresi tra il punto sorgente ed ogni singolo geofono.

La prima perturbazione elastica ricevuta da ogni geofono, può avere seguito un percorso "diretto" (tragitto più breve tra sorgente e ricevitore), oppure avere subito una o più rifrazioni in corrispondenza di superfici di discontinuità tra materiali caratterizzati da differenti stati di addensamento.

La trattazione teorica che sta alla base del metodo si basa sui principi e sulle leggi dell'ottica.

La configurazione ottimale dei parametri di acquisizione (distanza intergeofonica, numero di energizzazioni, geometria dello stendimento, lunghezza della registrazione) è definita in sito in funzione delle condizioni logistiche, della presenza o meno di fonti di disturbo e delle finalità dell'indagine.

Il metodo sismico a rifrazione da superficie permette di caratterizzare i terreni presenti al di sotto dello stendimento di geofoni fino ad una profondità pari, in condizioni ideali, a circa 1/3 dello sviluppo lineare dello stesso.

I tempi di percorso diretto e rifratto tra i punti in cui viene energizzato il terreno ed i singoli geofoni, costituiscono le dromocrone e sono riportati su diagrammi nei quali sono leggibili, in ascissa, le posizioni dei singoli geofoni (proiettate sul piano orizzontale) e in ordinata i tempi in secondi.

Dalle dromocrone possono essere ricavate analiticamente le velocità reali di propagazione dei fronti d'onda degli impulsi sismici alle varie profondità. Tali velocità sono proporzionali al grado di addensamento dei terreni entro i quali la perturbazione elastica si propaga e, nel caso di ammassi rocciosi, possono essere indicative delle condizioni geomeccaniche degli stessi.

I valori delle velocità così ottenuti, unitamente ai tempi – intercetta e pendenza delle dromocrone, sono utilizzati per il calcolo dello spessore dei singoli livelli rifrangenti, fino alla massima profondità consentita dalla geometria dei rispettivi sviluppi.

Note le velocità sismiche delle onde di compressione entro i singoli livelli rifrangenti e la variazione dei loro spessori al di sotto dello sviluppo della stesa, può essere ricostruita la sezione sismostratigrafica.

Sono state effettuate energizzazioni all'interno ed all'esterno dello stendimento secondo gli usuali schemi di acquisizione.

Quest'ultima è stata effettuata mediante un sismografo *GEODE Geometrics* a 24 canali con memorizzazione incrementale dei segnali per ogni traccia; i canali utilizzati sono 12 e 24. I segnali di ciascun canale sono stati digitalizzati tramite un convertitore A/D a 16 bit in 2.048 campioni per una lunghezza di registrazione pari a 512 millesimi di secondo, visualizzati a video in tempo reale e quindi memorizzati su supporto magnetico mediante il programma di acquisizione *Geometrics SGOS*.

Le energizzazioni del terreno, per la generazione delle onde di compressione, sono state effettuate mediante percussione con massa battente (mazza con testa da 5 kg) su piastra di acciaio.

La lettura di tutti i tempi relativi ai primi arrivi è stata effettuata con routine automatica e controllo manuale da tastiera utilizzando il programma *SeisOpt Picker v 1.5.*

Per la ricezione delle onde sono stati utilizzati, rispettivamente, gruppi di geofoni verticali *Oyo Geospace* con frequenza naturale di 14 Hz.

L'interpretazione dei dati è stata condotta con il supporto della tecnica di modellizzazione mediante il programma di tomografia sismica SeisOpt 2D v.3.5 che consente di interpretare il sottosuolo attraverso un potente algoritmo di inversione della velocità, denominato *RIOTS* (*Refraction Inversion OpTimization System*), capace di fornire una sezione tomografica del sottosuolo in funzione della velocità sismica di propagazione.

Analisi dei dati

La sequenza degli strati sismici, definiti da intervalli di velocità, è stata tarata e ricondotta alle tipologie di materiali e formazioni presenti nell'area in esame. In particolare, la distinzione fra gli orizzonti A e B è stata effettuata mediante l'ausilio del rilevamento geologico di superficie correlato ai risultati delle stese sismiche.

Questi sono rappresentati da:

- Orizzonte A: coltre detritica eluviale caratterizzata da Vp inferiori a 500 m/s;
- Orizzonte B: deposito marino terrazzato, caratterizzato da Vp inferiori a 700 m/s;
- Orizzonte C: substrato roccioso sano, Vp > 1500 m/s, sino a 3000 m/s.

Stesa sismica SS1

E' stata eseguita lungo la strada sterrata di accesso alla casa del custode, a monte della stessa.

L'orizzonte A presenta un andamento ondulato variando intorno alla profondità di circa 2 m tra i geofoni g1 e g4 a 1 m tra g4 e g5 . Tra g6 e g8 raggiunge valori di 2 m dal p.c., e da g8 a g12 rimane costante a 3 m di profondità dal p.c.

Oltre, si riscontra l'orizzonte C, ad un profondità costante di 2-3 m, caratterizzato da valori di Vp maggiori di 1.500 m/s che aumentano con l'aumentare della profondità.

Stesa sismica SS2

E' stata ubicata lungo la dorsale esistente a valle dell'edificio a maggior volumetria, con direzione circa N-S.

L'orizzonte B presenta un andamento variabile da 2 m, tra i geofoni g1 e g5, a circa 3 m tra g5 e g7, e nuovamente a 2 m tra g7 e fine stesa.

Al disotto si riscontra l'orizzonte C, ad un profondità costante di 2-3 m, caratterizzato da valori di Vp maggiori di 1.500 m/s.

Stesa sismica SS3

La stesa sismica SS3 è stata eseguita lungo il versante orientale della proprietà, parallelamente all'edificio più elevato, sul suo lato di valle.

L'orizzonte B presenta un andamento costante, con profondità di circa 2-2,5 m dal p.c. lungo tutta la stesa.

Oltre, si riscontra l'orizzonte C, ad un profondità costante di 2-2.5 m, caratterizzato da valori di Vp maggiori di 1.500 m/s.

Stesa sismica SS5

E' stata ubicata sul versante a monte del padiglione Sessa, parallelamente allo stesso.

L'orizzonte B presenta un andamento variabile da 1.5 m, tra i geofoni g1 e g7, a circa 2 m tra g7 e g9, e nuovamente a 1.5 m tra g10 e fine stesa.

Al disotto si riscontra l'orizzonte C, ad un profondità costante di 2-3 m, caratterizzato da valori di Vp maggiori di 1600 m/s.

Stesa sismica SS6

E' stata ubicata oltre la stesa SS3, sempre con stessa direzione, a coprire la rimanente parte del II Padiglione.

L'orizzonte B presenta un andamento discontinuo, con uno spessore minimo inferiore a 1.5 m, tra i geofoni g5 e g9, a circa 2.5 m nella parte iniziale e finale della stesa.

Al disotto si riscontra l'orizzonte C, ad un profondità costante di 2-3 m, caratterizzato da valori di Vp maggiori di 1.500 m/s che migliorano nettamente con la profondità.

4.3 Analisi dei microtremori e risposta sismica locale

La caratterizzazione della velocità delle onde di taglio nel sottosuolo è stata effettuata, come introdotto, mediante l'acquisizione delle onde di superficie utilizzando unicamente i microtremori dovuti al rumore ambientale di fondo.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante un sismografo *GEODE Geometrics* a 24 canali; per la ricezione delle onde di superficie sono stati utilizzati 12 geofoni verticali Oyo *Geospace* con frequenza naturale di 14 Hz, spaziati 4 m.

Poiché la metodologia in esame non usa sorgenti artificiali di energia, è particolarmente indicata in aree urbane e/o estremamente "disturbate", quali il sito in studio.

Sono state effettuate n. 16 acquisizioni dei microtremori, ciascuna delle quali per un tempo di registrazione pari a 30 s e un intervallo di campionamento del segnale di 2 ms.

L'interpretazione dei dati è stata condotta con il supporto della tecnica di modellazione mediante il codice *SeisOpt ReMi v.2.0* che consente di derivare il profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo e, quindi, di determinare il valore medio Vs_{30}, entro i primi 30 m, necessario ai fini della caratterizzazione sismica del sito.

Per ciascuna registrazione, viene calcolato ed elaborato, attraverso la *trasformata di Fourier*, la velocità di spettro, riportata come concentrazione di energia in un diagramma nel dominio della frequenza (Hz) e dell'inverso della velocità (s/m). Successivamente viene prodotto un unico spettro di energia elastica, sul quale viene effettuato il *picking* della curva di dispersione, ovvero vengono selezionate manualmente sul diagramma le coppie di valori frequenza/inverso della velocità, tali da definire la curva di dispersione che meglio approssima lo spettro elaborato.

I dati così selezionati vengono quindi elaborati mediante il modulo *SeisOpt ReMi Disper* al fine di ricavare il profilo delle velocità Vs in profondità, la cui curva di dispersione meglio approssima quella sperimentale sopra descritta.

Nell'elaborare il modello di velocità Vs, si è utilizzato il modello geologico ottenuto con le indagini eseguite, considerando lo stesso numero di orizzonti stratigrafici e gli stessi spessori individuati con i sondaggi.

Nella tavola G01 fuori testo, sono riportati il profilo di velocità determinato, esplicitato anche in tabella, e la corrispondente curva di dispersione; la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m (Vs_{30}) è risultata pari a 810 m/s.

Nella tabella sottostante si riporta il modello stratigrafico adottato dove, per ciascun orizzonte individuato, sono riportate le velocità sismiche delle onde di taglio, ricavate dall'analisi dei microtremori.

Orizzonte stratigrafico	**Intervallo di profondità (m)**	**Velocità Vs da microtremori (m/s)**
Coltre di copertura	p.c.– 3	300
Coltre eluviale passante al cappellaccio di alterazione del substrato roccioso	3 – 6,5	555
Substrato roccioso (F. Molare)	6,5 – 12	840
	> 12	1.350

Dall'analisi dei microtremori si conferma quanto già indicato nel capitolo precedente e cioè che il profilo stratigrafico della zona d'intervento, considerando che le fondazioni più superficiali si intesteranno comunque sul substrato, è ascrivibile alla categoria A, di cui si riporta la definizione:

"A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m."

Lo studio di pericolosità sismica di un sito, secondo le NTC di cui al D.M.14/01/08 deve essere fornito:

- in termini di valori di accelerazione massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (*reticolo di riferimento*) i cui nodi sono sufficientemente vicini tra loro;
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_r ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 – 2.475 anni, estremi esclusi.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su un sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione massima orizzontale al suolo;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri si ricavano per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerando il 50esimo percentile.

Le forme spettrali sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. Si stabilisce così:

- V_R la vita di riferimento della costruzione;
- P_{VR} la probabilità di superamento nella vita di riferimento associata a ciascun degli stati limite considerati.

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

5.1 Caratterizzazione ammasso roccioso

Gli affioramenti rocciosi nell'area in esame hanno messo in evidenza gli orizzonti conglomeratici, che hanno evidenziato fratturazione non pervasiva; per le sue caratteristiche intrinseche il conglomerato non ha permesso l'esecuzione di rilievi geomeccanici classici. La qualità complessiva di questi litotipi è comunque condizionata dalla presenza di fratture e reticoli di fratture molto profonde che spesso isolano corpi rocciosi anche ciclopici. L'esame generale delle falesie in conglomerato, presenti nel tratto della S.P.1 Aurelia fra Varazze e Albisola, testimonia la presenza di una fratturazione subverticale, circa parallela alla linea di costa, che interferisce con la superficie di stratificazione e con un'altra fratturazione verticale ad essa pseudo-ortogonale; l'associazione di tale quadro fessurativo può comportare la formazione di cunei rocciosi instabili. Sotto il profilo della caratterizzazione della matrice rocciosa, durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo, sono stati prelevati degli spezzoni di carota, codificati con il numero del sondaggio associato alla sigla "Cr" o "C" e un indice progressivo crescente con la profondità.

Le prove di laboratorio, eseguite presso un laboratorio geotecnico ufficiale ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 06.06.2001 n. 380 e restituite in certificati raccolti in allegato 3 al testo, sono riassunte nella seguente tabella:

CAMPIONE E PROVINI	LITOLOGIA	DENSITA'	PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE	PROVA TRIASSIALE	VELOCITA' SONICA ONDE P/S
S1Cr1	Arenaria	X	X (non strumentata)		X
S2C1 a, b, c, d	Arenaria	X	X (strumentata)	X	
S2C2 a, b, c, d	Conglomerato	X	X (strumentata)	X	

I certificati di ciascuna prova effettuata sono riportati in allegato 3; nella tabella seguente sono indicati i valori medi ottenuti nelle diverse prove.

CAMPIONE E PROVINI	LITOLOGIA	DENSITA' (kN/m^3)	PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE			PROVA TRIASSIALE		VELOCITA' SONICA ONDE P/S (m/s)
			C_0 (MPa)	E_T (MPa)	E_S (MPa)	c (MPa)	(°)	
S2C1 a, b, c, d	Arenaria	24.96	14.22	4.479	5.237	2.34	53	

S2C2 a, b, c, d	Conglomerato	23.98	11.08	3.127	2.608	2.37	55	
S1Cr1	Arenaria	24.30	15.83 MPa (non strumentata)					1.816 (V_p) 1.287 (V_s)

I valori indicati sono chiaramente rappresentativi del comportamento meccanico della matrice rocciosa, indubbiamente buono.

I dati di laboratorio sono stati confrontati con la velocità delle onde sismiche misurate in sito. Tramite le prospezioni sismiche a rifrazione e la prova RE.MI. si sono determinate le medie delle velocità delle onde longitudinali V_p e di taglio V_s in sito dell'ammasso roccioso, mentre con la prova di laboratorio, si sono determinate le V_p e le V_s del singolo spezzone di roccia alla profondità di circa 14,00 m dal p.c.

Il rapporto tra le velocità sismiche, sia longitudinali che di taglio, ottenute in sito e in laboratorio, definisce *l'indice di velocità relativa* che viene utilizzato come indice di qualità dell'ammasso roccioso. Per un ammasso con poche discontinuità chiuse, questo indice dovrà essere prossimo all'unità; il valore decresce con la qualità dell'ammasso all'aumentare del grado di fratturazione. Questo valore può essere messo in correlazione con il parametro RQD.

In questo caso, analizzando, più cautelativamente, le velocità sismiche di taglio V_s l'indice di velocità relativa è stato:

- V_{slab}= 1.287 m/s;
- V_{ssito}=1.350 m/s alla stessa profondità del prelievo del campione in S1.

$$\frac{V_{ssito}}{V_{Slab}} = \frac{1350 m/s}{1287 m/s} = 1.1$$

a testimonianza di corrispondenza fra quanto rilevato in sito rispetto alle prove eseguite su un campione di roccia.

Le litologie presenti (conglomerati ed arenarie) possono essere, cautelativamente, ascritte alla IV classe della Classificazione di Bieniawski, assegnandoli un ϕ = 35°, una coesione C = 0.3 MPa.

Nel complesso, tutte le prove di laboratorio eseguite sui litotipi evidenziano una sostanziale omogeneità dell'ammasso in questione, almeno dal punto di vista geotecnico; questo fatto è riscontrato anche in base alle risultanze di numerosi altri lavori eseguiti dallo scrivente nello stesso territorio comunale.

Inoltre, sempre dal punto di vista geotecnico, non risultano particolari differenze tra la facies arenacea e quella conglomeratica, in conseguenza del fatto che nel conglomerato la parte a minor resistenza è rappresentata dal cemento arenaceo che lega i singoli clasti; le rotture nei provini di conglomerato sono, infatti, avvenute proprio nella matrice.

Tutti i valori medi sopradescritti sono propedeutici alle analisi ed alle elaborazioni effettuate nella Relazione Geotecnica.

La velocità di propagazione delle onde longitudinali (V_p) è, infine, rappresentativa dell'escavabilità di un materiale; infatti i fattori che la influenzano (grado di compattezza, alterazione e fratturazione) sono gli stessì che ne condizionano la rippabilità.

Nella tabella seguente è indicata la condizione di escavabilità risultante per i litotipi presenti nel comparto in esame:

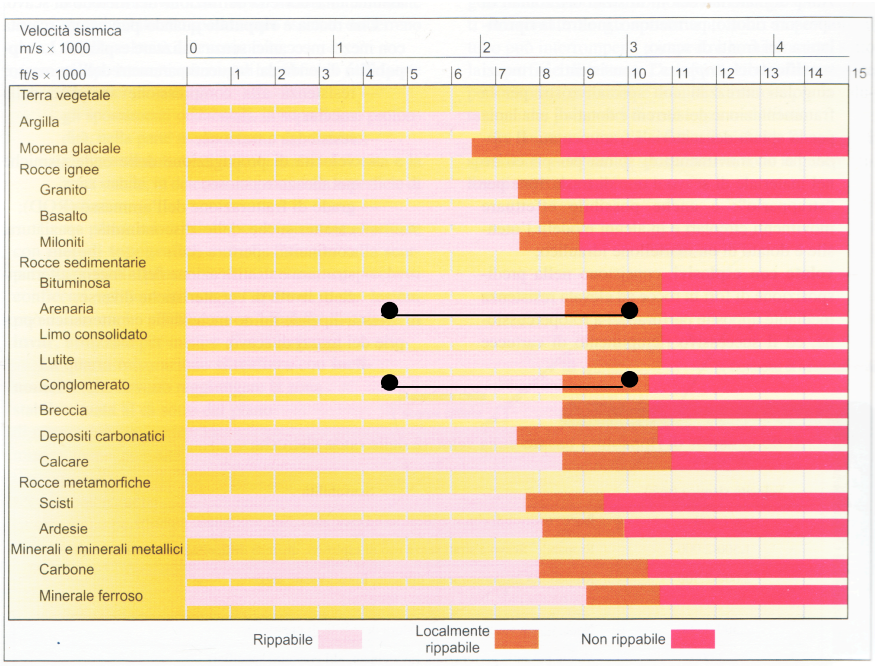


Figura 5: condizioni di escavabilità in funzione del litotipo e della velocità di propagazione delle onde longitudinali

Come si evince dalla tabella soprastante, per entrambi i litotipi si ottengono condizioni che variano da rippabili a localmente rippabili; in quest'ultimo caso, per lo sbancamento sarà necessario l'uso del martellone.

5.2 Caratterizzazione geotecnica dei depositi detritici

La caratterizzazione geotecnica dei terreni sciolti è stata eseguita considerando le prove in sito condotte nei fori di sondaggio (S.P.T.).

Queste ultime sono state effettuate in corrispondenza dell''orizzonte costituito dai depositi marini terrazzati (orizzonte "*b*"), che rappresentano gli accumuli detritici a maggior spessore e più interessati dagli scavi in progetto, seppur in maniera subordinata rispetto al substrato litoide.

La composizione granulometrica di tale deposito è stata analizzata tramite il prelievo di 4 campioni rimaneggiati sottoposti ad analisi di laboratorio.

La tabella seguente evidenzia i dati risultanti.

CAMPIONE	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	PI (%)	CLASS. U.S.C.S.
CT1 (S1 3,00-3,50 m)	44.98	39.76	15.26		5.1	GM-GC
CT2	60.39	29.31	10.30		-	-
CT3	60.82	28.07	11.11		-	-
CT4	46.60	38.59	14.81		14.8	GM-GC

Come si evince dai risultati, i quattro campioni evidenziano una sostanziale uniformità del deposito terrazzato ("orizzonte b"); si tratta di materiale granulare, a composizione grossolana con subordinata frazione fine (GM-GC classificazione U.S.C.S.), come peraltro evidenziato anche dai risultati delle prove S.P.T.

In conseguenza di ciò, la resistenza al taglio di questi depositi è dovuta esclusivamente alla componente di attrito, mentre è possibile assegnare agli stessi un peso di volume γ = 19 kN/m^3.

L'angolo d'attrito medio φ' è stato ricavato utilizzando il numero di colpi derivante dalla prove S.P.T. (valore di N_{SPT}).

La stima della resistenza al taglio, e quindi l'angolo d'attrito medio φ' di picco dei terreni, è stata ricavata attraverso le correlazioni e le formule empiriche proposte da De Mello (1971), Sowers, Peck-Hanson & Thornburn e Road Bridge Specification. I risultati ottenuti sono stati calcolati sui dati ottenuti dal sondaggio S1 e riportati in tabella seguente.

Sondaggio e profondità S.P.T.	**N_{SPT}**	**φ' (°)**			
		Road Bridge Specification	**Japanase National Railway**	**Sowers**	**Angolo di attrito medio**
S1: 1,30 – 1,75	39	39	31.7	39	**36**
S1: 2,40 – 2,85	37	38	31	38	

Relativamente alla coltre detritica eluviale (orizzonte "*a*"), visto il suo limitato spessore (inferiore a 2 m) e la scarsa incidenza con le opere in progetto, si è ritenuto sufficiente il caratterizzarla mediante ricerca bibliografica.

Pertanto, alla stessa è possibile assegnare un peso di volume pari a γ = 19 kN/m^3, un angolo di attrito medio pari a ϕ = 33°, sempre ipotizzando coesione nulla.

6. MODALITA' D'INTERVENTO E CONCLUSIONI

Il progetto si sviluppa su diversi interventi: in primo luogo la demolizione e la ricostruzione di due dei tre fabbricati principali (II Padiglione e Padiglione Sessa), e la demolizione parziale, con la conservazione della parte basamentale del prospetto principale, del terzo manufatto (Padiglione Baslini), cui verranno aggiunti alcuni volumi interrati di collegamento tra i corpi stessi. Ulteriori volumi (centro congressi e parcheggi) verranno realizzati ex novo su aree già antropizzate (zona piscine e campetto da calcio).

Anche la viabilità interna esistente subirà delle modifiche; in particolare con la creazione di una nuova rampa di collegamento ai box, lungo il versante a tergo dell'attuale padiglione Sessa sino a raggiungere il II Padiglione e, da lì, con una nuova strada di collegamento alla sommità del crinale, a servizio dei nuovi parcheggi e all'innesto con il nuovo tratto di strada comunale.

Infine, è previsto un intervento anche nel comparto a mare, con la ristrutturazione di un locale esistente in prossimità della spiaggia, l'aggiunta di una tensostruttura, e, soprattutto, con la risagomatura, l'allungamento e la messa in sicurezza del molo esistente tramite la posa di una scogliera perimetrale.

Le problematiche geologiche e geotecniche e le modalità d'intervento vengono sviluppate in singoli paragrafi relativi agli interventi principali.

6.1 Strutture di fondazione fabbricati e locali interrati.

Le condizioni stratigrafiche del comparto su cui insistono i tre fabbricati principali sono caratterizzate dalla diffusa presenza del substrato litoide, solo localmente ricoperto da coltri detritiche di spessore inferiore a 3 m.

Dal punto di vista fondazionale, pertanto, non si evidenziano particolari problematiche in quanto i piani di posa saranno costituiti univocamente dal substrato roccioso; tale condizione vale, a maggior ragione, per i locali interrati da realizzarsi al di sotto di parte di uno dei due padiglioni principali (II Padiglione).

L'esecuzione dei suddetti interrati dovrà essere preceduta dalla totale demolizione, peraltro prevista, del volume esistente; solo quando sarà terminata questa prima fase e sgombrate le aree, si potrà procedere con gli sbancamenti successivi.

Per quel che riguarda il Padiglione Baslini, tenuto conto che ne è prevista la demolizione parziale con la conservazione della sola parte basamentale del prospetto principale (lato mare), particolare attenzione dovrà essere posta nel presidio e nella messa in sicurezza di tale tratto di manufatto prima di procedere con gli scavi retrostanti.

In questo caso, però, vista la presenza di un locale interrato al di sotto della porzione di manufatto da conservare (sez.AA'), occorre tener presente che gli scavi per il completamento dell'interrato avverranno ad una distanza di almeno 10 m dalla facciata da mantenere.

Nel complesso si verranno a determinare fronti di scavo interamente in roccia con altezze massime comprese tra 8-9 m (rif. sez. A-A' e B-B'); in questo caso occorrerà procedere ad una loro riprofilatura temporanea avente un'inclinazione sull'orizzontale non superiore a 60°, minore cioè dei fronti subverticali attualmente presenti.

Tale geometria dovrà, comunque, essere adottata in tutti i casi in cui si realizzeranno fronti di scavo di altezza superiore a 3 m.

Le buone condizioni generali dell'ammasso roccioso, sia nella facies conglomeratica che in quella arenacea, garantiscono sufficienti condizioni di sicurezza nel transitorio, salvo locali zone fratturate o alterate, non individuabili in questa fase, che andranno localizzate e messe in sicurezza prima dell'approfondimento dello scavo; in ogni caso la lunghezza dei tratti in scavo non dovrà mai superare i 20 m lineari, raggiunti i quali occorrerà procedere alla realizzazione dell'opera di sostegno prevista, prima di aprire il tratto successivo.

Le condizioni geometriche sopradescritte dei fronti di scavo sono state verificate, dal punto di vista della stabilità, in condizioni sismiche, in appositi paragrafi della Relazione Geotecnica, a cui si rimanda integralmente, secondo profili di "progetto" tratteggiati nelle sezioni geologiche nella tavola G02.

In particolare sono stati analizzati i fronti a maggior altezza (sez. AA', sez. BB'), suddivisi tramite la creazione di bancate temporanee, ai fini della ricerca delle sufficienti condizioni di sicurezza per le fasi di cantiere.

Anche per le volumetrie da ricavare ex novo la condizione più frequente sarà quella in cui verrà raggiunto direttamente il substrato litoide, senza che si ingenerino particolari problematiche di tipo fondazionale; per le porzioni di queste volumetrie la cui quota di progetto risulta al di sopra dell'attuale piano campagna (rif. sez A-A' lato a valle del padiglione Baslini e sez. E1-E1' lato a monte) occorrerà approfondire le strutture di fondazione sino a raggiungere il substrato stesso.

Nel caso del Padiglione "Sessa" l'ultima revisione progettuale ne prevede una realizzazione maggiormente incassata all'interno del versante retrostante (sez. FF') con un conseguente aumento dello sbancamento necessario che raggiunge i 10 m per il muro d'intercapedine.

In questo caso si potrà accumulare il materiale di demolizione dell'edificio contro il versante, andando a creare una banca temporanea sino a quota +42; creata quest'area di cantiere si potrà procedere alla riprofilatura della parte alta del versante realizzando il muro di sostegno più elevato. Tale condizione si verrà a verificare per tutta la lunghezza del padiglione Sessa (80 m circa); anche in questo caso occorrerà procedere alla riprofilatura sopradescritta adottando una tecnica a campioni, con tratti di lunghezza massima di 20 m ed immediato tamponamento del fronte.

Completata questa fase lavorativa in tutta la sua lunghezza, tenuto conto che la presenza del muro di sostegno più elevato non permette un riprofilatura del versante sottostante con angoli <60° senza il rischio di sottoscavare il muro stesso, si potrà procedere con la realizzazione di una paratia di micropali (tipo "berlinese"), legati in testa da un cordolo in c.a, in maniera da poter eseguire un successivo taglio verticale del versante.

I micropali avranno una lunghezza di circa 12 m, interamente realizzati nel substrato, così da ottenere un immorsamento minimo di almeno 2 m al di sotto della quota di fondo scavo; gli scavi potranno avvenire dall'alto in conci orizzontali di altezza pari a 3 m, per ciascuno dei quali dovranno prevedersi opportune chiodature con barre (tipo "Dywidag").

Per ogni concio i pali della paratia, opportunamente scapitozzati, potranno essere integrati all'interno dell'armatura del muro d'intercapedine.

6.2 Viabilità interna

Come detto, il progetto in esame prevede delle modifiche alla viabilità esistente; in particolare la creazione di una nuova rampa d'accesso che a partire dal II Padiglione rende accessibile il parcheggio posto sulla sommità del versante, all'innesto con la nuova strada comunale.

Tale strada presenta una lunghezza complessiva di circa 310 m con una pendenza massima pari al 10%, caratterizzata da un tornante principale, la cui realizzazione comporterà operazioni di scavo in trincea (rif. sez. 22; sez. 15-17 e sez. 2-6), di scavo sul lato a monte del versante (rif. sez. 7-10, sez. 21-26) e di messa in opera di rilevato (rif. sez. 11-14).

In tutti i casi succitati i fronti di scavo saranno prevalentemente incisi nel substrato litoide, ricoperto, in un tratto, da una sottile coltre eluviale, la quale dovrà essere preventivamente asportata.

Le modalità di scavo da adottarsi saranno le stesse descritte in precedenza, con una riprofilatura dei fronti rocciosi che non superi i 60° d'inclinazione sull'orizzontale, per singoli tratti campione non superiori a 20 di lunghezza.

Completate le opere di sostegno previste, i rimanenti tratti di fronti rocciosi scoperti di altezza superiore a 3 m dovranno essere rivestiti con rete in acciaio, ancorata al versante tramite chiodature di lunghezza pari a 2-3 m.

Relativamente alle operazioni di riporto sul lato a valle (rif. sez. 11-14), di altezza massima inferiore a 2 m, potrà essere riutilizzato il materiale proveniente dagli scavi, in particolare quello dei depositi marini terrazzati, posto in opera in strati massimi di 50 cm, adeguatamente rullato e compattato.

In corso d'opera dovranno essere verificate le modalità realizzative di tali rilevati tramite prove di piastra e di densità in situ.

Tutta le nuove scarpate in materiale detritico dovranno essere protette dall'azione erosiva delle acque meteoriche e di ruscellamento tramite l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica, rivestimento con reti dotate di antierosivo e posa di palizzate o viminate, e la creazione di una rete drenante superficiale.

6.3 Opere comparto a mare

L'intervento in progetto prevede la sistemazione di un volume esistente situato sul basso versante dello sperone roccioso posto al di sotto della Via Aurelia, di poco rialzato rispetto alla spiaggia (+4 m s.l.m.m.). In questo caso non si evidenziano particolari problematiche, tenuto conto che il fabbricato poggia direttamente sul substrato litoide.

Anche la nuova tensostruttura dovrà essere ancorata direttamente sul substrato litoide.

L'opera a progetto più importante all'interno di questo comparto è rappresentata dalla sistemazione del molo esistente, attualmente in pessimo stato di conservazione a causa dell'azione del moto ondoso, non essendo protetto da una scogliera di "guardia".

Tale intervento si rende necessario ed urgente, oltre che per la messa in sicurezza della struttura ai fini della sua fruibilità durante la stagione balneare, soprattutto per riprendere la sua azione antierosiva della "cella" di spiaggia posta a ponente.

A oggi tale funzione risulta fortemente compromessa, come si evidenzia dallo sviluppo areale dell'attuale spiaggia, presente solo nella porzione a ridosso del molo relitto, a partire dallo sperone di roccia esistente.

L'intervento consisterà nel suo ripristino e nella risagomatura con la ricostruzione delle parti mancanti, nonché nella posa di una scogliera perimetrale che lo separi dall'azione diretta del mare; inoltre ne è previsto un allungamento per un tratto di circa 16 m al fine di permettere un "allungamento" della spiaggia sul lato di ponente (cfr. Studio Ing. Molfino).

In questo caso occorrerà utilizzare massi di III categoria, preferibilmente posati su uno scanno d'imbasamento costituito da *tout venant* di cava; a tale proposito, si evidenzia come il materiale litoide proveniente dagli sbancamenti previsti per la realizzazione dell'intervento sia idoneo per questo utilizzo.

La modesta profondità del substrato litoide nel tratto a mare del comparto considerato, permette di escludere problematiche fondazionali per il nuovo tratto di pennello in progetto.

La posa dei materiali potrà avvenire tramite escavatore direttamente via terra, una volta ricostruito il molo; terminata questa opera è previsto un ripascimento della "cella" di litorale compresa tra i due moli esistenti, per il quale dovrà essere utilizzato idoneo materiale selezionato.

In questo comparto, infine, si rende necessario un intervento di ripristino delle reti di protezione della parete rocciosa strapiombante, tramite la sostituzione delle stesse e dei relativi ancoraggi, prima di poter fruire del tratto di litorale.

6.4 Terre e rocce da scavo

Attualmente la normativa di riferimento ambientale di controllo che disciplina la gestione dei materiali di risulta naturali provenienti da sbancamenti e scavi (D.G.R. Liguria n. 859/08 del 18/07/08" *"Criteri per l'utilizzo e la gestione delle terre e rocce da scavo")* ne prevede il possibile riutilizzo nello stesso sito, e quindi l'esclusione dal ciclo dei rifiuti, se è accertato che tale materiale non provenga da siti di produzione tali per cui è ritenibile, anche a seguito di usi pregressi, una potenziale contaminazione del suolo, del sottosuolo e delle acque con i rischi ad essi connessi, o nel caso il substrato contenga litotipi ascrivibili alle Pietre Verdi con problematiche di tipo amiantifero.

Sulla base di della situazione geomorfologica del sito in esame, nonché di quanto constatato durante le indagini geognostiche, il materiale futuro oggetto di sbancamento soddisfa sicuramente tutti i requisiti di idoneità previsti dalla normativa sopra richiamata e, quindi, può essere considerato come non rifiuto e riutilizzato in sito.

In particolare, come detto in precedenza, il materiale lapideo potrà essere riutilizzato come scanno di basamento delle opere a mare previste (scogliera di guardia del molo), mentre il materiale sciolto costituente il terrazzo marino nella formazione dei rilevati e dei sottofondi stradali oppure come vespaio a tergo delle opere di sostegno previste.

In particolare, per quel che attiene al materiale lapideo occorrerà verificarne la composizione granulometrica della sua risultante dagli scavi, prima del suddetto utilizzo.

6.5 Conclusioni

A conclusione del presente studio si può affermare che l'intervento è fattibile sotto il profilo geologico ed idrogeologico. Considerando la sua complessità ed estensione, sarà tuttavia necessario, in fase esecutiva, un controllo puntuale delle operazioni di sbancamento e delle condizioni di qualità dell'ammasso roccioso e quindi della stabilità temporanea dei fronti di scavo.

Altresì, in questa fase, saranno valutate le opere accessorie di sostegno e sistemazione idrogeologica dei fronti, in base alle condizioni di fratturazione della formazione di basamento e della circolazione idrica superficiale stagionale (eventi meteorici) eventualmente riscontrata.

7. BIBLIOGRAFIA

- Boni A.,Boni P., Cavallaio E., Cerro A., Gianotti R., Perotto G., Vanossi M. (1970) “Note illustrative del foglio n. 92 – 93 “Albenga-Savona” della Carta Geologica d’Italia in scala 1:100.000” Servizio Geologico d’Italia – Roma.

- Cestari F. (1990) “Prove geotecniche in sito" Ed. Geo-Graph snc. Segrate (MI).

- Cortesogno L., Dallagiovanna G., Di Giulio A., Gaggero L., Galbiati B., Geddo G., Laureti L., Lualdi A., Peloso G., Poluzzi M., Santi G., Seno S., Vanossi M., Verzellati F. (1990) “Guide Geologiche Regionali – Alpi Liguri” Società Geologica Italiana – Roma.

- D.Min. Lavori Pubblici "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate (...)" Suppl. Ord. alla Gazzetta Ufficiale n. 4 del 1.06.1988.

- D. Min. Infrastrutture e Trasporti 14.09.2005 “Testo Unitario delle Norme Tecniche per le costruzioni” Suppl. Ord. n. 159 alla Gazzetta Ufficiale n. 222 del 23.09.2005.

- ENV 1997-1-1 (rev. 2001) “Eurocode 7: Geotechnical Design” CEN/TC250/SC-7.

- EN 1998-1 (rev. 2003) “Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance” CEN/TC250/SC-8.

- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche”.

- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" Gazzetta Ufficiale n. 108 del 11.05.2006.

- Provincia di Savona (2003) “Piano stralcio l. 267/1998 del Torrente Sanda” Assetto Idrogeologico del Territorio.

- Decreto Ministeriale 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni”