Richiedente :

Comune di Roccavignale

Lavoro :

Progetto per realizzazione impianto a fune per fini ludico / sportivi tipo Zip Line tra le loc. Poggio / Gere

COMUNE di ROCCAVIGNALE
PROVINCIA di SAVONA

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO DEFINITIVO

Data emissione	Revisione	Note	Tecnico
MAGGIO 2019	------	------	Dott. Geologo Amedeo GAIEZZA

Elaborati:

Tav. 1: - Cartografia geologico progettuale
Tav. 2: - Elaborati geologici Stazione Partenza
Tav. 3: - Elaborati geologici Stazione Arrivo

Dott. Geologo Amedeo Gaiezza

Studio : Via Roma 96 / 17014 Cairo Montenotte (SV)
C.F.: GZZMDA72S16I138D / P.IVA: 01191020096 – GaiezzaAmedeo@libero.it

1. OGGETTO DELLA PERIZIA

Nel Dicembre 2018, il Comune di Roccavignale ha incaricato lo scrivente di redigere una relazione geologica e tecnica, in merito al progetto PRELIMINARE di valutazione e sostenibilità tecnico economica(art. 23 D.lgs 50/2016) , relativo la realizzazione di un impianto a fune aerea monodirezionale adibito al trasporto di persone di tipo denominato "zipline", per fini ludico sportivi, che collega la località Poggio (a monte) alla località Gere (a valle). La Stazione di partenza è localizzata ad una quota di 705 m slmm. in zona boscata a Nord di Via Nazionale; la stazione di arrivo si trova ad una quota di 510 m slmm sempre in zona boscata a poche decine di metri dal complesso dei “Laghi del Dolmen” e da un’area naturalistica recentemente recuperata. Tra le diverse “linee” progettuali, la principale e preferita è quella indicata nell’ortofoto che segue.



DESCRIZIONE TIPOLOGIA INTERVENTO

L’impianto così concepito presenta un dislivello di circa 200 *m*, per una lunghezza complessiva di circa 1,3 *km*. La maggior parte delle opere sono circoscritte alle 2 aree corrispondenti alle stazioni ed alla realizzazione della viabilità di accesso alle stesse, benché si tratti di adeguare tratti di pista forestale esistenti.

Dal punto di vista tecnico l’intervento prevede opere edilizie concentrate in due zone ben definite e limitate in termini di superficie - seppur ubicate all’interno del bosco - sulle quali realizzare le pedane e i sistemi di ancoraggio e sostegno del cavo.

Per l'ancoraggio del cavo portante alle due estremità si ricorrerà a tralicci in carpenteria metallica ed opere speciali (micropali e/o tiranti) di contrasto onde limitare gli scavi e l'utilizzo del calcestruzzo.

Il materiale di risulta dagli scavi, stimabile preliminarmente nell'ordine dei 300 ÷ 400 mc complessivi, verrà riutilizzato nell'ambito dello stesso cantiere per spianamenti e livellamenti; qualora dovesse risultare in eccesso si valuterà, nel corso dei lavori, per il conferimento a discarica ovvero per un eventuale riutilizzo in sito diverso secondo la vigente normativa (DPR 120/2017 e norme regionali. Per ogni dettaglio nello specifico si rimanda agli elaborati progettuali e alla relazione tecnica redatta dallo studio Ing. Macciò.

Normativa geologico tecnica di riferimento:

- D.M. 11/03/88

- nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 approvate con il D.M. 14/01/2008 , nonché con riguardo alla Circolare n. 617 del 02/02/09 (G.U. n. 47del 26/02/09 – Suppl. Ord. N. 27 "Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14/01/08)

- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17/01/2018 (G.U. n. 42 del 20/02/18 – Suppl. Ord. N. 8)

- O.P.C.M. n. 3274 /2003 e s.m.i. (G.U. n. 105 del 08/05/2003) "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica";

- O.P.C.M n. 3519 /2006 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento delle medesime zone"

- D.G.R. n. 216 del 17/03/2017 "Aggiornamento classificazione Sismica del territorio della Regione Liguria"

- norme del P.R.G comunale vigente.

- normativa vigente D.M. 161/2012 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo " (G.U. n. 221 del 21/9/2012) e art. 185 comma 1 D. LGS. 152/2006.

- - D.P.R 120/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164."

- Regolamento Regionale n. 3 del 14/07/2011 " Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua"

- norme di attuazione generali del PAI – Piano Stralcio per assetto Idrogeologico per le aree che ricadono sotto il controllo dell'autorità di Bacino del Fiume Po / L. n. 83 del 18/05/1989 art,. 17 comma 6/ter

- DGR 1064 del 14 dicembre 2018 "Disciplina di tutela per i bacini padani ricadenti in Provincia di Savona e Imperia / L.R. 41/2014 art. 33 c.6 / Norme di Attuazione PAI Fiume Po art. 58

E' stata altresì consultata la cartografia ufficiale tematica quale:

- Carta Geologica d'Italia Fg. n. 81 "Ceva"
- Carta Geologica Fg. 228 "Cairo Montenotte " progetto CARG
- Cartografia relativa all'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI) tramite portale informatico aggiornato autorizzato dalla Regione Liguria

La fattibilità geologica a livello di progettazione definitiva, in ragione altresì di sostanziale contesto di emergenza rocciose in subaffioramento, in aree logistiche di accesso difficoltose, è stata valutata mediante:

- Rilevamento geologico geomorfologico di dettaglio con analisi ed elaborazione di sezioni geologiche progettuali TIPO
- Indagini HVSR per corretta classificazione sismica del sito

Per quanto riguarda il sito di arrivo, si sono altresì utilizzati e consultati dati stratigrafici e geotecnici in possesso dello scrivente, relativi a:

a) Studio geologico con indagini geognostiche eseguite per conto dell'amministrazione Comunale di Roccavignale nel 2007, a corredo del progetto di ampliamento e messa in opera di rilevato per parcheggio a servizio dell'area cimiteriale

b) Studio geologico con indagini geognostiche eseguite per conto dell'amministrazione Comunale di Roccavignale nel 2012, a corredo del progetto relativo la realizzazione di opere per la messa in sicurezza idraulica del torrente Zemola, con costruzione di scogliera di massi, briglie e un ponte di II categoria stradale, in sostituzione di un guado a pelo libero danneggiato dagli eventi alluvionali del Novembre 2011 e non a norma (area Laghi Dolmen).

Lo studio geologico in essere, in relazione al volume significativo del terreno indagato e all'interazione di questo con le opere a progetto è volto a (cfr. § 3.2.2 - NTC/2018);:

- definizione del modello geologico concettuale di riferimento mediante ricostruzione stratigrafica dei principali profili progettuali tramite campagna di indagini geognostiche
- caratterizzazione geotecnica delle principali Unità Geologico-Litotecniche discriminate nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo
- fornire classificazione sismica del sito
- elaborare sezioni geologico progettuali significative e di riferimento per le verifiche ingegneristiche e geotecniche e la stima della stabilità globale a supporto e sostegno al modello progettuale finale di sistemazione

- fornire consulenza in materia di corretta gestione terre e rocce da scavo
- fornire indicazioni tecnico esecutive relative alla sistemazione idrogeologica superficiale
- supportare con indicazioni esecutive e valutazioni geologico tecniche le ipotesi progettuali d'intervento

2. ELEMENTI GEOLOGICO TECNICI E PRINCIPALI RISCHI E PERICOLI GEOLOGICI

2.1 Sito di partenza

ELEMENTI GEOLOGICO- GEOMORFOLOGICI

Il sito di partenza è ubicato alla quota di circa 705 m slmm, ed interessa l'alto versante S di Bric la Croce, in corrispondenza dello sperone aggettante sulla sede stradale S.P. n. 28 bis (cfr. doc. fotografica).





La S.P. n. 28 bis costituisce strada di mezza costa ricavata per antico intaglio di un versante roccioso, costituito da affioramenti di arenarie e sabbie arenacee stratificate, con potenza pluridecimetrica, intercalate a strati marnoso, marnoso arenacei subordinati, talora argillitici, noti come "Formazione di Rocchetta - Monesiglio", di età terziaria ("Aquitaniano" – Oligocene Sup.).

Nello specifico si tratta di rocce sedimentarie appartenenti alla sequenza tettono-stratigrafica nota come Bacino Terziario Piemontese, ovvero della serie trasgressiva oligo-miocenica, successiva all'orogenesi alpina, che raggruppa i sedimenti continentali-salmastri e marini, depositatisi sul substrato metamorfico del settore interno del Dominio Brianzonese.

Il substrato emerge in falesia d'intaglio a monte SP n. 28 bis, nonché in speroni e aggettanti e in tagli sub verticali a valle della sede stradale, in contesto orografico di elevata pendenza con ripida morfologia talora modellata su una esigua coltre di alterazione residuale in plaghe discontinue di colluvio gravitativo.

Come da sez. Tipo in Tav. 2, lato valle sede stradale è presente un cordolo/muretto in cls, con richiamo di più antico muro in pietra e malta sottostante che delimita una stratta fascia di materiale detritico di banchina stradale, a ridotta larghezza (< 2 m), con ciglio attivo morfologico di potenziale arretramento, e/o erosione per distacco e crollo. Anche per tali motivi, il sito di partenza è stato individuato in corrispondenza del "terrazzo" morfologico soprastante la falesia rocciosa lato monte, a distanza cautelativa e di sicurezza rispetto al ciglio di arretramento aggettante.

La giacitura media degli strati è disposta, rispetto al versante, a debole reggipoggio, (talora in assetto pseudorizzontale) con vergenza a N/NW e inclinazione da 5° a 10°. Il substrato è caratterizzato da discreta tenacità ma appare interessato da numerosi i giunti di fratturazione che possono anche localmente determinare aperture e spaccature beanti, quale quella rilevata ed evidente a Ovest del sito di partenza, lungo il taglio stradale. Tale spaccatura, presenta allineamento disposto a SW-NE, e si presenta "sigillata" dopo circa 5 m; potenzialmente non si può, però, escludere una sua "prosecuzione" latente come discontinuità strutturale entro l'ammasso, in ramo singolo o "ventaglio" di fessurazioni parallele che possono "intersecare" anche la zona oggetto di stazione partenza. Tale ipotesi è schematizzata in Tav. 2.

Attualmente, la falesia stradale è rivestita con rete zincata contro il distacco di pietrame e cunei litoidi.

In sintesi, la stratigrafia emersa dalle indagini di rilevamento evidenzia:

- Orizzonte A: coltre sabbioso-argillosa, talora limosa grigio -bruna con percentuali variabili e subordinate, crescenti in profondità, di scaglie e frammenti litoidi a spigoli vivi, eterometrici, generalmente alterati di spessore esiguo medio < 0.5 m, talora 1.5/2.0 m.
- Substrato roccioso destrutturato e fratturato costituito da scheletro litico ad assetto caotico di roccia alterata in matrice sabbioso-limosa subordinata. (livello talora assente)

- Substrato roccioso: arenarie e sabbie arenacee giallo-grigiastre pseudo tenace, in banche pluridecimetriche, compatte, intercalate da strati subordinati di marne siltose-argillitiche, grigio azzurrognole a media-elevata fissilità e scagliosità, loc. con livelli arenacei pseudo stratificati

La stazione di partenza sarà raggiunta tramite una pista di accesso in parte esistente, in parte da realizzare ex novo e/o previo adeguamento sentiero esistente, in contesto a morfologia dolce, su frangia detritica di versante, in area priva di criticità geologico geomorfologiche particolari (cfr. schema pista Tav. 2)

ELEMENTI IDROGEOLOGICI

L'idrografia superficiale del sito di partenza, in ragione altresì della sua ubicazione di displuvio orografico, non è caratterizzata da lineazioni, colatori e/o solchi artificiali con dinamica e regime idraulico potenzialmente interferenti con l'opera in progetto.

Dal punto di vista idrogeologico, i terreni riscontrati sono caratterizzati da permeabilità differenti:

- di tipo primario per porosità interstiziale, le coperture sciolte e parte il tetto dell'orizzonte destrutturato di substrato (media permeabilità)
- di tipo secondario semi-impermeabile, (porosità fissurale) per locale fratturazione e circolazione in diaclasi e/o vuoti beanti, il substrato pseudostrutturato e quello cementato.

L'area in oggetto, altresì, non presenta sorgenti e/o emergenze idriche locali, puntuali o zone di ristagno perenne.

In ragione del substrato sub affiorante e dei ridotti spessori di copertura in testa ciglio, non è presente alcuna falda freatica libera di circolazione sotterranea nei materiali sciolti. L'assetto idrogeologico del comparto è, quindi, caratterizzato da una scarsa infiltrazione efficace con ricarica ad interessare le fratture e i sistemi comunicanti di diaclasi entro il substrato roccioso e sviluppo di un sistema di solchi superficiali ad intagliare la dorsale. Non possono escludersi fenomenologie attive o latenti carsiche.

Particolarmente rilevante sono gli effetti di erosione areale, concentrata superficiale indotta da ruscellamento diretto sulle ripide scarpate aggettanti del versante a valle sede stradale che però non interferiscono con l'area in progetto.

2.2 Sito di arrivo

ELEMENTI GEOLOGICO- GEOMORFOLOGICI

Il sito di arrivo è ubicato alla quota di circa 510 m slmm, ed interessa l'alto versante N di loc. Gere, sviluppato in spalla destra del Torrente Zemola, a monte dell'area ricettivo turistica dei laghi del Dolmen, in prossimità del tracciato autostradale A6 TO/SV.

L'area d'intervento interessa un versante boscato a medio-elevata pendenza, modellato su una esigua coltre detritica di alterazione, prodotta per alterazione e degradazione chimico fisica di un substrato, emergente in affioramenti e speroni scollati e discontinui, costituito da gneiss e embrechiti occhiadine quarzoso micacee, note come "Migmatiti di Nucetto" di età paleozoica e datate al Carbonifero medio-superiore.

Si tratta di rocce metamorfiche, costituite da scisti gneissici, talora con plaghe e livelli di quarziti e scisti quarzo sericitici con porfiroblasti di feldspato potassico, appartenenti al massiccio cristallino scollato del basamento preterziario Brianzonese che, nel settore in esame, presentano assetto giaciturale medio degli strati disposto con vergenza N NW e inclinazioni tra 15° - 30°, da traverso banco a debole frana poggio rispetto alla sezione di taglio.

Come da sez. Tipo e planimetria geologico geomorfologica in Tav. 3, il versante è caratterizzato da contesti medi di emergenze in subaffioramento di speroni rocciosi saldati da frangia detritica di spessore variabile 1.0 – 2.0 m, in condizioni di media elevata pendenza con tracce diffuse di solchi di erosione e ruscellamento concentrato e/o areale. Talora sono presenti anche blocchi rocciosi scollati in massi erratici, di dimensioni anche metriche.

In sintesi, la stratigrafia emersa dalle indagini di rilevamento evidenzia:

- Orizzonte A: coltre sabbioso-limosa, bruno rossastra, con percentuali variabili e subordinate, crescenti in profondità, di scaglie e frammenti litoidi a spigoli vivi, eterometrici, generalmente alterati di spessore esiguo medio 1.0/2.0 m.
- Substrato roccioso destrutturato e fratturato costituito da scheletro litico ad assetto caotico di roccia alterata in matrice sabbioso-limosa subordinata (Orizzonte B).
- Substrato roccioso: scisti gneissici, talora con plaghe e livelli di quarziti e scisti quarzo sericitici, con giacitura relitta ad assetto caotico, in ammassi pseudotenaci e compatti, disgiunti da macrosistemi di fratturazioni a grande scala

La stazione di arrivo sarà raggiunta tramite una pista di accesso in parte esistente, in parte da realizzare ex novo e da allargare e sistemare previo adeguamento, in contesto a morfologia acclive e ripida, caratterizzata da criticità legate soprattutto alla corretta regimazione e raccolta delle acque libere di ruscellamento sia trasversali provenienti dal versante, sia longitudinali alla sede stradale (cfr. schema pista Tav. 3). E' previsto altresì un sentiero di approdo e scarico passeggeri con rampa funzionale anche a portatori di disabilità motorie.

ELEMENTI IDROGEOLOGICI

L'idrografia superficiale del sito di arrivo, in ragione altresì della sua ubicazione di displuvio orografico, non è caratterizzata da lineazioni, colatori e/o solchi artificiali con dinamica e regime idraulico potenzialmente interferenti con l'opera in progetto. Dal punto di vista idrogeologico, i terreni riscontrati sono caratterizzati da permeabilità differenti:

- di tipo primario per porosità interstiziale, le coperture sciolte e parte il tetto dell'orizzonte destrutturato di substrato (media permeabilità)
- di tipo secondario semi-impermeabile, (porosità fissurale) per locale fratturazione e circolazione in diaclasi e/o vuoti beanti, il substrato pseudostrutturato e quello cementato.

L'area in oggetto, altresì, non presenta sorgenti e/o emergenze idriche locali, puntuali o zone di ristagno perenne, ne sono ipotizzabili fenomenologie attive o latenti carsiche.

In ragione del substrato sub affiorante e dei ridotti spessori di copertura, non è presente alcuna falda freatica libera di circolazione sotterranea nei materiali sciolti. L'assetto idrogeologico del comparto è, quindi, caratterizzato da una scarsa infiltrazione efficace con ricarica ad interessare le fratture e i sistemi comunicanti di diaclasi entro il substrato roccioso e sviluppo di un sistema di solchi superficiali ad intagliare la dorsale.

Particolarmente rilevante, invece, sono gli effetti di erosione areale, concentrata superficiale indotta da ruscellamento diretto sulle ripide scarpate aggettanti del versante, che talora inducono piccoli soli slip corticali della coltre, testimoniati anche da uncinamento degli alberi.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE e MODELLO GEOTECNICO

In linea con quanto espressamente richiesto dalla normativa vigente (NTC/2018 - Capitolo 6), viene elaborato un modello geologico-geotecnico del volume significativo d'interazione con le opere in esame, previo una campagna di indagini geognostiche eseguita a corredo, taratura ed integrazione del rilevamento geologico di dettaglio e dei dati noti e a disposizione (di cui indice relazione in premessa) articolata sull'esecuzione, sia nel sito di arrivo che di partenza di indagine tromografica HVSR e rilievi geomeccanici. Per la coltre, si utilizzano i numerosi dati geognostici ricavati con indagini penetro metriche eseguite su pari litologie in aree limitrofe.

3.1 Indagine tromografica HVSR

Per una corretta classificazione sismica del suolo e per una ricostruzione macrolocale della stratigrafia di sito funzionale alla risposta sismica locale, lo scrivente ha eseguito un'indagine geofisica mediante Tromografo ECHO TROMO HVSR 3 della Ambrogeo, con la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) applicata alle onde di superficie (Rayleigh e Love) generate da sorgenti ambientali superficiali (microtremori).

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza degli edifici e/o dei terreni costituenti il sottosuolo, allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica dell'opera, ovvero operando classificazione sismica del sito. Nella tecnica HVSR comunemente impiegata nella geologia applicata i microtremori registrati derivano da sorgenti superficiali e sono composti essenzialmente da onde di superficie (Rayleigh e Love). Per rumore ambientale di fondo s'intende l'insieme delle vibrazioni che si propagano nel terreno dovute sia a fenomeni naturali, moto ondoso, perturbazioni atmosferiche, ecc., sia all'azione antropica, traffico veicolare, macchinari, ecc..

Vengono misurate, in certo intervallo di frequenze, solitamente 0.1-100 Hz, le velocità dei microtremori lungo il piano orizzontale e verticale (H e V) e il rapporto fra le due componenti (H/V). I valori di massimo locale (picchi positivi) di H/V ai quali corrispondono minimi locali di V individuano le frequenze di risonanza degli strati di terreno lungo la verticale di misura. Più elevato è il valore del rapporto H/V maggiore è il contrasto di impedenza sismica e quindi la variazione di velocità delle onde S fra livelli stratigrafici contigui.

La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un velocimetro triassiale, cioè di un sismometro a stazione singola in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 10-20 minuti). Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza).

Attraverso la tecnica HVSR è possibile:

- ❑ valutare in maniera quantitativa gli effetti di sito (risposta sismica locale e suscettibilità alla liquefazione del terreno);
- ❑ ricavare il profilo delle velocità delle onde S con la profondità e calcolare il parametro V_{s30};
- ❑ analizzare la vulnerabilità sismica degli edifici, esistenti o in progetto.

La valutazione del parametro V_{s30} può essere condotta attraverso l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavata con il velocimetro triassiale (Tromografo). In pratica viene utilizzata la relazione che lega la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S nel terreno stesso (Vs):

$$f(Hz) = \frac{Vs}{4h}$$

dove *h* è la profondità della base dello strato. Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, solitamente il primo, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva sintetica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata. La procedura d'inversione comporta la definizione di un modello stratigrafico iniziale e dal successivo calcolo dello spettro H/V che ne deriva. La curva H/V teorica viene confrontata con quella sperimentale e, attraverso un procedimento per tentativi, si modifica il modello iniziale fino a ottenere una soddisfacente sovrapposizione delle due curve. Per tener conto di un comportamento debolmente dissipativo del terreno, i valori di velocità delle onde P e S inseriti nel modello vengono corretti inserendo un fattore di smorzamento uguale a 0,05 per le onde S e uguale a 0,017 per le onde P. Normalmente i picchi alle alte frequenze (>10 Hz) segnalano la presenza di passaggi stratigrafici molto superficiali, quelli alle basse frequenze (<1 Hz) variazioni stratigrafiche molto profonde.

Lo strumento utilizzato è un Tromografo / velocimetro triassiale con geofoni frequenza 4.5 Hz; la lunghezza di registrazione è stata pari a 1200 sec e la frequenza di campionamento pari a 155 Hz. Il file da elaborare prodotto è, conforme allo standard .SAF (SESAME, 2003),. SESAME. Il programma utilizzato per l'elaborazione dei dati è GEOHVSR ver. 1.2 della Program Geo.

L'elaborazione dei dati è stata condotta operando:

A) finestra di campionamento L_w pari a 20 sec

Su queste finestre di durata uguale a L_w secondi viene applicata la trasformata diretta di Fourier allo scopo ricavare l'ampiezza spettrale in funzione della frequenza per ognuna delle tre componenti registrate (EW, NS e Z). Viene quindi visualizzato, in forma grafica (grafico tempo-frequenza), per ognuna delle finestra temporali l'andamento del logaritmo decimale del rapporto fra la media quadratica dell'ampiezza spettrale componenti orizzontali (EW e NS) divisa per l'ampiezza spettrale della componente verticale. Nel programma questa operazione viene eseguita due volte: la prima sui dati di campagna non lisciati, la seconda sugli stessi dati con l'applicazione della funzione di lisciamento di Konno e Ohmachi e di un'eventuale filtro per le ampiezze. Di seguito si riporta il grafico Spettro H/V – Rapporto H/V con la curva H/V teorica in sovrapposizione a quella sperimentale, elaborata utilizzando un modello stratigrafico con deviazione standard 0.02.

B) individuazione dei picchi stratigrafici sui quali vincolare l'elaborazione.

L'individuazione dei picchi stratigrafici avviene attraverso il confronto fra l'andamento dello spettro H/V e lo spettro della componente verticale. I picchi stratigrafici sono quelli per i quali a un massimo locale nella curva H/V corrisponde, alla stessa frequenza, un minimo locale nella curva della componente Z. Nel programma viene visualizzata la tabella riassuntiva delle correlazioni individuate contenente le seguenti colonne:

- frequenza del massimo H/V stratigrafico;
- ampiezza del massimo H/V stratigrafico;
- fattore K_g (vedi Teoria e Normativa);
- altezze degli edifici (H1, H2, H3) che possono andare in doppia risonanza alle frequenze dei picchi H/V individuati
- criteri SESAME per l'attendibilità dei picchi H/V individuati

C) inversione della curva H/V e ricostruzione del modello geofisico del sottosuolo, utilizzando i dati stratigrafici noti ed emersi dalle indagini geognostiche e dal rilevamento geologico di superficie.

La generazione del modello iniziale viene ottenuta attraverso i seguenti passaggi:

- fissato il valore di Vs del primo strato, viene stimata la profondità della base dello stesso con la relazione:

$$H_1(m) = \frac{Vs_1}{4 f_1}$$

dove f_1 è la frequenza del primo picco H/V stratigrafico individuato, partendo dalle frequenze più alte;

- in alternativa, nota la profondità della base del primo strato (H_1), viene calcolata la velocità delle onde S attraverso la formula:

$$Vs_1(m) = 4 f_1 H_1;$$

- viene valutata la profondità della base del secondo livello stratigrafico con la relazione:

$$H_2(m) = \frac{Vs_1}{4 f_2};$$

dove f_2 è la frequenza del secondo picco H/V;

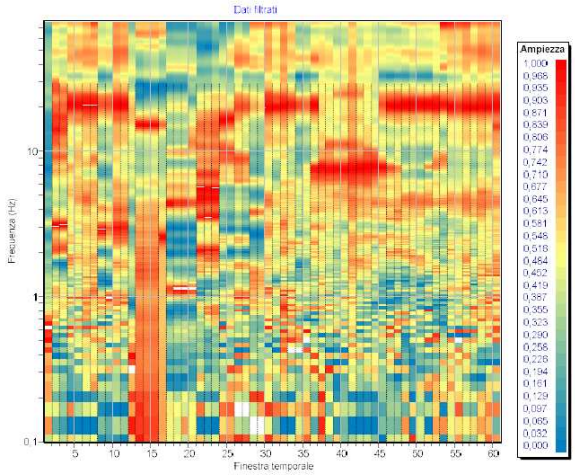
- la Vs del secondo livello viene stimata variandone a tentativi il valore numerico e calcolando il corrispondente H/V teorico $(H/V)_T$ che andrà poi confrontato con l'ampiezza del picco H/V misurato $(H/V)_M$; il valore di Vs per cui si ha $(H/V)_T \approx (H/V)_M$ verrà utlizzato per caratterizzare il secondo strato;
- si ripete la procedura fino all'ultimo picco H/V stratigrafico individuato.

D) Il modello stratigrafico (vincolato dalle informazioni stratigrafiche geognostiche dirette in possesso) utilizzato per il *best fit* del modello geofisico, consente l'elaborazione del profilo andamento delle Vs equivalenti in funzione della profondità che, visualizzato graficamente, determina la categoria del sottosuolo stimata secondo il D.M.2018.

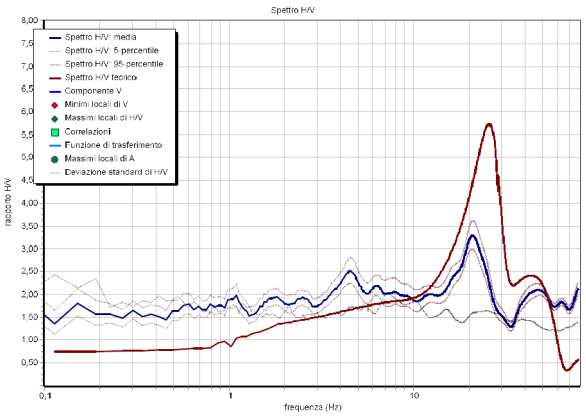
SITO di PARTENZA



L'indagine HVSR ha evidenziato quanto segue:



Dati filtrati



Spettro H/V

Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love V1

Criteri SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1: fp>10/Lw - S2: Lw x Nw x fp>200 - S3: sa<2 per 0.5fp<f<2fp

LEGENDA: Lw=lunghezza della finestra (s) - Nw=n. finestre - fp(Hz)=frequenza del picco stratigrafico - sa=deviazione standard

N.	fz(Hz)	H/V	Kg	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	47,34	2,1	0,09	0,32	0,18	0,16	Si	Si	Si
2	7,91	2,06	0,54	3,44	2,01	1,7	Si	Si	No
3	6,28	2,19	0,76	4,68	2,73	2,31	Si	Si	No
4	4,54	2,51	1,39	7,22	4,2	3,56	Si	Si	No
5	2,5	1,93	1,5	16,01	9,33	7,89	Si	Si	Si

Nello specifico, il profilo Vs/profondità riportato in Tav. 2 evidenzia:
- graduale aumento delle Vs con la profondità
- primo salto significativo delle Vs a circa 2.0 m riconducibile a passaggio coltre / substrato roccioso da tenace a deb. fratturato
- secondo salto significativo a circa 5.0 m riconducibile a passaggio roccia sana / tenace dura



Utilizzando i dati sopra ricavati, si determina **Classe sito: B - Vseq.(m/s)= 408,6**

SITO di ARRIVO



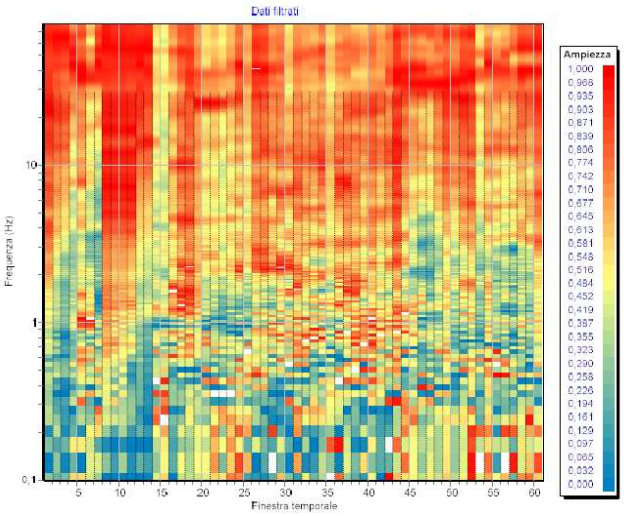
L'indagine HVSR ha evidenziato quanto segue:

Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love V1

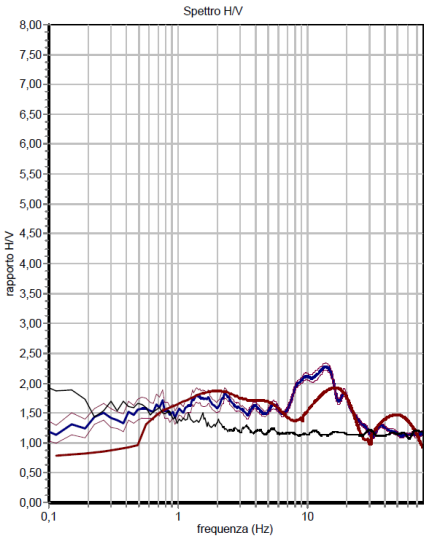
Criteri SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1: fp>10/Lw - S2: Lw x Nw x fp>200 - S3: sa<2 per 0.5fp<f<2fp

LEGENDA: Lw=lunghezza della finestra (s) - Nw=n. finestre - fp(Hz)=frequenza del picco stratigrafico - sa=deviazione standard

N.	fz(Hz)	H/V	Kg	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	77,5	1,33	0,02	0,16	0,1	0,08	Si	Si	Si
2	61,8	1,39	0,03	0,22	0,13	0,11	Si	Si	Si
3	55,29	1,54	0,04	0,26	0,15	0,13	Si	Si	Si
4	41,02	1,63	0,06	0,38	0,22	0,19	Si	Si	Si
5	7,64	1,13	0,17	3,6	2,1	1,78	Si	Si	Si



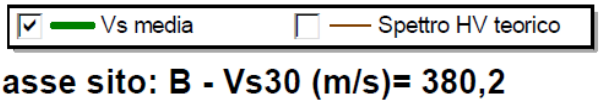
Dati filtrati



Spettro H/V

Nello specifico, il profilo Vs/profondità riportato in Tav. 3 evidenzia:

- graduale aumento delle Vs con la profondità
- primo salto significativo delle Vs a circa 1.0 m riconducibile a passaggio coltre / substrato roccioso FRATTURATO e/o Orizzonte B
- secondo salto significativo a circa 2.5 m riconducibile a passaggio roccia destrutturata / roccia sana tenace



Utilizzando i dati sopra ricavati, si determina

3.2 Modello Geotecnico

In ragione di prove geotecniche di laboratorio eseguite su coltri di alterazione analoghe a quelle in esame, possono stimarsi i seguenti pesi di volume medi:

- Orizzonte A $\gamma = 1.7 - 1.9$ t/m^3
- Orizzonte B $\gamma = 1.9 - 2.1$ t/m^3

Come detto in premessa, si utilizzano e interpretano dati penetrometrici in possesso dello0 scrivente, previo normalizzazione rispetto a σ' per tenere conto dell'influenza della pressione del terreno sovrastante, mediante l'espressione: N1 = CN*N dove:

N = numero di colpi misurati con la prova standard,
N1 = valore di N riferito ad un valore unitario di σ',
CN = 1/σ'(n) è un coefficiente di correzione dipendente da s', dove n = 0.5 (*Liao e Whitman*, 1985).

Mediando numerose campagne geognostiche, si ricavano come valori caratteristici:

$N_{spt\ (A)}$ = 15 colpi
$N_{spt\ (B)}$ = 30 colpi

In ragione delle evidenze geognostiche di cui sopra viene fornita una parametrizzazione geotecnica dei terreni, previo definizione delle principali e prevalenti caratteristiche chimico-fisiche e meccaniche degli orizzonti relativi al volume geologico significativo e di interesse per le future verifiche geotecniche e di stabilità versante con opere da progettare.

La parametrizzazione geotecnica dei terreni in esame viene condotta utilizzando le seguenti formule:

Densità relativa (Meyerhof (1967)): $Dr\ \% = 21\ (N/\sigma_v + 0.7)^{0.5}$

Angolo di resistenza al taglio: (Shioi & Fukuni- Road Bridge Specificationo (1982)) $\phi = 15 + (15\ Nspt)^{0.5}$
(Shioi & Fukuni- Japanese National Railway (1982)) $\phi = 20 + 0.3\ Nspt$
(De Mello) $\phi = 19 - 0.38\ \sigma'_{vo} + 8.73\ Log\ Nspt$

Coesione non drenata Cu: (*DM – 7 (design Manual for Soil Mechanichs)* $Cu = 0.038\ Nspt$
(Shioi – Fukuni) $Cu = 0.025\ Nspt$

Modulo Elastico E: (*Stroud, 1989)* $E = 0.5 – 1.0\ Nspt$ *(per terreni sabbiosi)*
$E = 3 - 5\ Nspt$ *(per terreni ghiaioso sabbiosi)*

Come noto, la misura del grado di sicurezza ai sensi della N.T.C. 2018 si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei coefficienti parziali" tramite l'equazione: **Rd >= Ed** con:
• Rd valore di progetto della resistenza del terreno;
• Ed valore di progetto dell'azione o degli effetti dell'azione nelle varie combinazioni di carico

che non devono superare i valori di Rd in un intervallo di tempo rapportato alla vita di riferimento dell'opera progettata.

Per la definizione del grado di sicurezza di una struttura, le N.T.C. 2018 prevedono un approccio di tipo semiprobabilistico (livello 1) adottando il concetto di stato limite che necessita dei valori caratteristici dei parametri geotecnici ai quali è associata una probabilità di non superamento del 5% che il valore reale adottato sia inferiore a quello caratteristico.

Il valore caratteristico è quindi dato dalla:
Vk = Vm (1 – 1.645 Vf) dove
Vk = valore caratteristico
Vm = valore medio
Vf = coeff. di variazione definito come il rapporto tra lo scarto quadratico medio e Vm.

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato. I valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall'interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito.

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità. Deve inoltre essere specificato se la resistenza caratteristica si riferisce alle discontinuità o all'ammasso roccioso.

Orizzonte A:

Si tratta di terreni medio fini, a comportamento prevalente di tipo granulare, con componente coesiva sabbioso limosa.

- Peso di volume $\gamma A = 18.0 – 19.0\ KN/m^3$
- Angolo di attrito $\phi A_k = 24° - 26°$
- Densità relativa DrA = 70 - 80%
- Coesione efficace: $C'A_k$: 0.0 kg/cmq
- Coesione non drenata: CuA_k : 0.2 kg/cmq (nei livelli e plaghe di alluvioni medio fini)
- Modulo di taglio G (A) : 5 – 8 MPa (dato bibliografico medio)
- Coeff. di compressibilità volumetrica Mv (A) : 5-15 cmq/t (dato bibliografico medio – alluvioni medio fini)
- Modulo Elastico E (A) : 5 – 20 MPa
- Coefficiente di Winkler: $K(A)\ winkler = 8 – 12\ Kg/cm^3$

Orizzonte B:

Si tratta di terreni medio grossolani, a comportamento prevalente di tipo granulare con scheletro litico portante con plaghe rocciose disarticolate in subordinata matrice sabbioso argillosa.

- Peso di volume	$\gamma B = 19.5 – 20.5$ KN/m^3
- Angolo di attrito	$\phi B_\kappa = 34° - 38°$
- Densità relativa	DrB = 80 - 90%
- Coesione efficace:	$C'B_k$: 0.0 kg/cmq
- Modulo di taglio	G (B) : 15 – 25 MPa (dato bibliografico medio)
- Modulo Elastico	E (B) : 100 – 150 MPa
- Coefficiente di Winkler:	K(B) winkler = 15 – 25 Kg/cm^3

Substrato roccioso:

Sono stati eseguiti rilievi strutturali sugli affioramenti esposti in sito.

I parametri geomeccanici, cautelativamente, sono correlati direttamente a BRMR attraverso le relazioni:

$$\varphi(°) = 5 + \frac{BRMR}{2} \quad / \quad c(MPa) = 0{,}005 * BRMR \quad / \quad E(GPa) = 10^{\frac{BRMR-10}{40}}$$

dove:

φ(°)=	Angolo d'attrito dell'ammasso roccioso;
c(Mpa)=	Coesione dell'ammasso roccioso;
E(Gpa)=	Modulo elastico dell'ammasso roccioso;

I dati sono stati altresì mediati utilizzando anche il criterio di Hoek – Brown, (Rock Lab Program):

Sito di Partenza

Angolo di attrito: ϕRoccia = 31° - 33°
Coesione C'Roccia = 1.5 Kg/cmq
Densità relativa Dr R : 90%
Peso di Volume : 23 KN/mc

Sito di Arrivo

Angolo di attrito: ϕRoccia = 28° - 30°
Coesione C'Roccia = 1.25 Kg/cmq
Densità relativa Dr R : 70%
Peso di Volume : 22 KN/mc

4. ANALISI di PERICOLOSITA' e RISPOSTA SISMICA LOCALE

Generalità

La definizione della pericolosità sismica di base del territorio nazionale trae le sue origini dalla Carta delle Zone Sismogenetiche ZS9,approvata dalla Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile (recepita dalla O.P.C.M. n° 3519 del 28 Aprile 2006) e divenuta, quindi, Mappa di pericolosità sismica di riferimento prevista dal D.M. 2018.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito in studio che è descritta dalla probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento "PVr" che, in un fissato dato di tempo detto periodo di riferimento (Vr/ anni), si possa verificare un evento sismico di entità noto e massimo per magnitudo.

A tale riguardo, sulla base delle informazioni e delle analisi eseguite dal Servizio Sismico Nazionale, il quadro sismotettonico del territorio comunale di **ROCCAVIGNALE** è caratterizzato da un grado di rischio sismico, quantificato come

indicato nel - *del D.G.R. n. 216 del 17/03/2017 "Aggiornamento classificazione Sismica del territorio della Regione Liguria ai sensi del DM. 14/01/2008"* in **classe sismica 4.**

Nello specifico si prevedono accelerazioni di ancoraggio dello spettro di risposta elastico comprese in una fascia di accelerazione stimata con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresa tra 0.05 – 0.075 g.

Senza entrare nel dettaglio, lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali è definito da quattro espressioni (periodi T, Tb, Tc, Td), ciascuna delle quali è funzione di alcuni parametri tra cui:

- ag : l'accelerazione di base (che dipende dalla collocazione del sito rispetto alla griglia di accelerazioni INGV);
- η: il fattore di alterazione dello spettro elastico per coefficienti di smorzamento convenzionali diversi dal 5%;
- Fo: il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima (che dipende dalla collocazione del sito all'interno della griglia di accelerazioni);
- Tc: Cc x Tc* il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro (in cui Cc dipende dalle condizioni sismostratigrafiche sel sito - vedi in seguito le categorie di sottosuolo – e Tc* dipende dalla collocazione del sito);
- S: il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione **S = Ss * St** in cui

Ss = coefficiente di amplificazione stratigrafica (funzione della categoria di sottosuolo)
St = coefficiente di amplificazione topografica (che dipende dalla posizione topografica del sito).

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, con le modalità precisate dalle NTC 18, per tener conto delle modifiche prodotte dalle **condizioni stratigrafiche locali** del sottosuolo nel sito di costruzione e dalla morfologia in superficie. Tali modifiche caratterizzano la **risposta sismica locale (RSL)** , ovvero l'azione sismica prodotta in superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, subite per effetti morfologici o subite trasmettendosi dal substrato rigido attraverso le coperture. I diversi profili sismostratigrafici del sottosuolo, in base alle caratteristiche di spessore e di rigidezza elastica (prodotto della densità per la velocità al quadrato delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base, in funzione della natura, spessore e soprattutto velocità di propagazione delle onde di taglio Vsh (componente orizzontale delle onde di taglio) all'interno delle coperture. A parità di impedenza sismica del substrato (prodotto della velocità delle onde di taglio Vs per la densità ρ), l'amplificazione cresce quanto minore è l'impedenza sismica dei terreni di copertura.

La risonanza si ha per T = Tr = 4H/(n Vs) (con n = 1, 3, 5; H = spessore della copertura e Vs = velocità del primo strato a bassa impedenza). L'assetto superficiale dei terreni ricoprenti il substrato roccioso controlla quindi il fenomeno della risonanza sismica per frequenze critiche, con esaltazione delle frequenze dello spettro all'interno del range di frequenze di interesse ingegneristico (0,5÷10 Hz).

Categorie di sottosuolo

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

- hi spessore dell'i-esimo strato;
- VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Condizioni topografiche

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove St assume valore unitario. St si utilizza solo se H > 30 m.

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica* S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Classificazione sismica

In ragione delle evidenze stratigrafiche note e dell'indagine HVSR, il sito in studio, ai sensi dell'Ordinanza citata nel metodo previsto dal D.M. 2018, sulla base della Vs equivalente determinata, può classificarsi in:

Sito di partenza

Categoria di Sottosuolo: **B**
Categoria topografica : **St = 1.4 (T4)**

Sito di arrivo

Categoria di Sottosuolo: **B**
Categoria topografica : **St = 1.2 (T3)**

5. CONSIGLI E RACCOMANDAZIONI GEOLOGICO - ESECUTIVE

I dati geognostici e la stratigrafia geologico progettuale elaborata costituiscono supporto tecnico esecutivo per il progettista nella fase di scelta, calcolo e dimensionamento delle opere onde verificarne la funzionalità e la durabilità.

5.1 SITO di PARTENZA

RISCHI E PERICOLI GEOLOGICO -TECNICI

Il rilevamento di dettaglio ha consentito di escludere nella zona in studio e in un significativo congruo intorno, in accordo con gli elementi tematici riportati sulla cartografia tematica del PAI, nonché con quelli estrapolati dal portale web dell'inventario dei Fenomeni Franosi Italiani – Regione Liguria, evidenze importanti a scala **macrolocale** di fenomeni franosi in atto e/o contesti geomorfologici suscettibili di ri-attivazione su larga scala, nonchè relitta.

Nello specifico, invece, a **SCALA LOCALE,** sono rilevate le seguenti potenziali problematiche geologico tecniche:

- la falesia rocciosa (rivestita con rete a fune) non presenta particolari criticità, fatta eccezione la valutazione di eventuali sistemi profondi di grosse spaccature entro l'ammasso, da valutarsi in fase esecutiva, previo o sondaggi geognostici (fase esecutiva) o verifica in fase di perforazione tiranti di ancoraggio e/o pali di fondazione, circa la presenza di vuoti e/o zone di fatturazione e/o brecce cataclastiche
- la scarpata lato valle banchina stradale, di ridotto spessore, è interessata da un ciglio morfologico attivo di potenziale e graduale arretramento per erosione, e distacco legato alle elevate pendenze e alla ridotta resistenza al taglio dei depositi coesivi di alterazione residuale superficiali.. Si registrano locali tracce riconducibili a movimenti lenti tipo "creep" della coltre superficiale con erosione retro-regressiva che interessa il ciglio stradale. I muri di banchina e il sottostante più vecchio muro in pietra e malta sono a testimoniare antiche problematiche di franosità potenziale già oggetto d'intervento e intento risolutore.
- azione erosiva delle acque dilavanti sulle ripide scarpate, sia dal terrazzo morfologico sede d'intervento, sia lato valle della sede stradale, che possono amplificare le problematiche di franosità reale di cui sopra. Tali acque andranno regimate, contestualmente anche in relazione alla pista di accesso al sito.

L'area non è prossima ne pertinente a centri di pericolo ambientale quali discariche, siti da bonificare, industrie a rischio, infrastrutture, cisterne, serbatoi o stoccaggio rifiuti, ne risulta interessata da pericolo valanghe o in zona di conoide attiva non protetta in evoluzione.

Relativamente al grado di protezione dell'acquifero e alla sua vulnerabilità in ragione dell'intervento previsto, non sussistono particolari problematiche d'inquinamento e/o alterazione del regime piezometrico. Relativamente al rischio di esondabilità del sito, l'area NON ricade in zona a pericolosità specifica ne costituisce zona di salvaguardia di captazioni ad uso idropotabile e/o zona ad elevata vulnerabilità degli acquiferi sfruttati.



Estratto Cartografia PAI Regione Liguria
Sito Partenza

I principali elementi di rischio sono, quindi, riconducibili a:

- tollerabilità degli assestamenti in ragione dei carichi di esercizio, con verifica di sicurezza sia agli SLU che agli SLE riguardo alla portanza dei terreni e agli assestamenti differenziali sostenibili dalle strutture fondazionali, con verifica di

stabilità geotecnica in relazione al contesto geologico-topografico di scarpata aggettante, in condizioni di potenziale arretramento geomorfologico e sotto azione erosiva acque dilavanti

- **gestione terre e rocce da scavo**
- **sistemazione idrogeologica superficiale**
- **stabilità con opera del versante**
- **scavi in sicurezza**

Come si evince dalla sezione geologico interpretativa (cfr. Tav. 2) e sulla base degli elaborati progettuali forniti in RAFFRONTO, per le fondazioni della struttura in elevazione e di tiro in ancoraggio al terreno, si consiglia e raccomanda di raggiungere, intercettare e trasferire il carico di esercizio, direttamente il substrato roccioso sano e tenace salvo verificare a cura della D.L. in fase esecutiva, la presenza di eventuali plaghe disarticolate di terreno sciolto di alterazione e/o macinazione cataclastica.

A tale riguardo, particolare cura e attenzione in fase esecutiva dovrà aversi riguardo la verifica della zona di frattura sepolta potenziale, in continuità con la discontinuità beante rilevata in sede stradale.

In fase esecutiva la D.L. dovrà altresì accertare scrupolosamente che l'orizzonte fondazionale sia caratterizzato da ridotta fratturazione, nonchè assenza di livelli e/o fasce cataclase e/o tettonizzate-macinate, tipiche e frequenti nei litotipi in esame, salvo intervenire in loco con miglioramenti puntuali e/o areali quali getto di magrone /boiacca (anche armata) a sigillare le principali fratture e a cementare i settori più destrutturati.

Lo scavo fondazionale si svilupperà, quindi, in minima parte a sterrare la ridotta coltre detritica dell'orizzonte A, che dovrà essere evitata come terreno fondazionale in ragione di potenziali problematiche significative relative a cedimenti e/o assestamenti differenziali con rischio di rotture progressive e/o slittamento della struttura.

Dovrà altresì garantirsi adeguato franco di sicurezza rispetto al ciglio morfologico in potenziale arretramento attivo aggettante sulla sede stradale, nonché realizzare adeguate cunette di raccolta e intercettazione delle acque libere, evitando che queste ruscellino verso la scarpata aggettante.

Relativamente ai fronti di scavo operativi, in ragione della soluzione ipotizzata in raffronto, da validare e verificare in fase di calcolo e dimensionamento esecutivo, si evidenzia in via preliminare un fronte di altezza massima pari a circa 2.0 m, da realizzarsi quasi in toto con escavatore a sterrare coltre e/o plaghe rocciose alterate fino a raggiungere il substrato compatto e tenace.

A tale riguardo, in ragione altresì del contesto pianeggiante, si raccomanda e prescrive un fronte di scavo con pendenze scarpate non eccedenti i 50° nei tratti in materiali sciolti (roccia fratturata) e 70° nei tagli in roccia viva. Qualora si rendessero necessarie pendenze di fronte esecutive diverse e più elevate, lo scrivente raccomanda, onde preservare l'incolumità delle maestranze di realizzare delle opere provvisorie di contenimento da progettare e prevedere in fase esecutiva a cura e responsabilità del progettista incaricato sulla base anche del rapporto di vigilanza e coordinazione alla sicurezza del Direttore Lavori.

In ogni caso, l'eventuale calo di risorse umane entro la trincea di fondazione dovrà essere preceduta da sbatacchi di sicurezza puntellati e a norma.

Durante le fasi di scavo i fronti temporanei dovranno essere preservati con teli impermeabilizzanti nei periodi transitori ai lavori di avanzamento, avendo cura di non caricare il ciglio di scavo con mezzi e materiali di risulta.

Contestualmente a tale riprofilatura dovrà prevedersi anche una cunetta di raccolta e intercettazione perimetrale alle trincee di cantiere, che eviti il ruscellamento delle acque libere sul fronte durante gli eventi meteorici intensi e prolungati.

Tale sistema di raccolta e intercettazione acque è raccomandato e consigliato in ogni caso, come opera definitiva al fine di proteggere l'impianto da azioni erosive di ruscellamento areale o concentrato.

5.2 SITO di ARRIVO

RISCHI E PERICOLI GEOLOGICO -TECNICI

Il rilevamento di dettaglio ha consentito di escludere nella zona in studio e in un significativo congruo intorno, in accordo con gli elementi tematici riportati sulla cartografia tematica del PAI, nonché con quelli estrapolati dal portale web dell'inventario dei Fenomeni Franosi Italiani – Regione Liguria, evidenze importanti a scala **macrolocale** di fenomeni franosi in atto e/o contesti geomorfologici suscettibili di ri-attivazione su larga scala, nonchè relitta.

Nello specifico, invece, a **SCALA LOCALE,** sono rilevate le seguenti potenziali problematiche geologico tecniche:

- il versante presenta pendenze medio-elevate ed è interessato da diffusa azione erosiva delle acque dilavanti sulle ripide scarpate che possono amplificare problematiche di franosità reale rilevata e costituita da piccoli assestamenti corticali della coltre (creep superficiale)
- il substrato roccioso, talora emergente in speroni, può mascherare eventuali blocchi disarticolati e/o massi erratici. La natura puntuale e scollata, di tali emergenze andrà attentamente esaminata, in fase di scavi esecutivi, contestualmente al grado di fratturazione dell'ammasso in contesto topografico molto acclive

L'area non è prossima ne pertinente a centri di pericolo ambientale quali discariche, siti da bonificare, industrie a rischio, infrastrutture, cisterne, serbatoi o stoccaggio rifiuti, ne risulta interessata da pericolo valanghe o in zona di conoide attiva non protetta in evoluzione.

Relativamente al grado di protezione dell'acquifero e alla sua vulnerabilità in ragione dell'intervento previsto, non sussistono particolari problematiche d'inquinamento e/o alterazione del regime piezometrico. Relativamente al rischio di esondabilità del sito, l'area NON ricade in zona a pericolosità specifica ne costituisce zona di salvaguardia di captazioni ad uso idropotabile e/o zona ad elevata vulnerabilità degli acquiferi sfruttati.



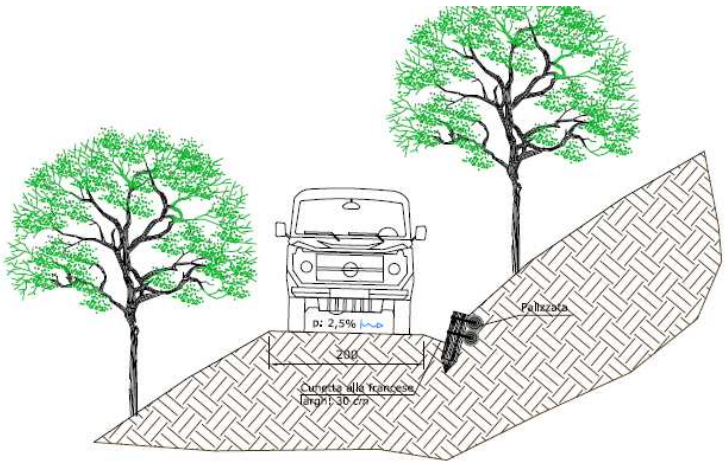
Estratto Cartografia PAI Regione Liguria
Sito Arrivo

I principali elementi di rischio sono, quindi, riconducibili a:

- tollerabilità degli assestamenti in ragione dei carichi di esercizio, con verifica di sicurezza sia agli SLU che agli SLE riguardo alla portanza dei terreni e agli assestamenti differenziali sostenibili dalle strutture fondazionali, con verifica di stabilità geotecnica in relazione al contesto geologico-topografico, caratterizzato da ridotti elevata pendenza morfologica, in condizioni di potenziale fenomeni di creep della coltre sotto azione erosiva acque dilavanti

- gestione terre e rocce da scavo

- realizzazione viabilità di accesso e contestuale sistemazione idrogeologica superficiale, con verifica di stabilità del versante in relazione ai nuovi tagli della nuova sede stradale.



SEZIONE TIPO STRADA CARRABILE IN PROGETTO

- sistemazione idrogeologica superficiale relativa anche alle aree pertinenziali la stazione di arrivo e alle opere di sostegno in palificata doppia (cfr. sezioni in Tav. 3)

- stabilità con opera del versante relativo, nello specifico, alla sezione di riprofilatura con palificata doppia a sostegno rampa di arrivo viabilità di accesso

- scavi in sicurezza

Come si evince dalla sezione geologico interpretativa (cfr. Tav. 3) e sulla base degli elaborati progettuali forniti in RAFFRONTO, anche per le fondazioni della struttura in elevazione e di tiro in ancoraggio al terreno del sito di arrivo, si consiglia e raccomanda di raggiungere, intercettare e trasferire il carico di esercizio, direttamente il substrato roccioso sano e tenace salvo verificare a cura della D.L. in fase esecutiva, la presenza di eventuali plaghe disarticolate di terreno sciolto di alterazione e/o macinazione cataclastica.

In fase esecutiva la D.L. dovrà altresì accertare scrupolosamente che l'orizzonte fondazionale sia caratterizzato da ridotta fratturazione, nonchè assenza di livelli e/o fasce cataclase e/o tettonizzate-macinate, tipiche e frequenti nei litotipi in esame, salvo intervenire in loco con miglioramenti puntuali e/o areali quali getto di magrone /boiacca (anche armata) a sigillare le principali fratture e a cementare i settori più destrutturati.

Lo scavo fondazionale si svilupperà, quindi, in minima parte a sterrare la ridotta coltre detritica dell'orizzonte A e parte dell'orizzonte B, che dovrà essere evitata come terreno fondazionale in ragione di potenziali problematiche significative relative a cedimenti e/o assestamenti differenziali con rischio di rotture progressive e/o slittamento della struttura.

Dovrà altresì verificarsi che il substrato di ancoraggio non sia costituito da massi e blocchi litoidi erratici ed isolati, frequenti e tipici del versante.

Relativamente ai fronti di scavo operativi, in ragione della soluzione ipotizzata in raffronto, da validare e verificare in fase di calcolo e dimensionamento esecutivo, si evidenzia in via preliminare un fronte di altezza massima pari a circa 2.0 m, da realizzarsi quasi in toto con escavatore a sterrare coltre e/o plaghe rocciose alterate fino a raggiungere il substrato compatto e tenace.

A tale riguardo, in ragione altresì del contesto pianeggiante, si raccomanda e prescrive un fronte di scavo con pendenze scarpate non eccedenti i 50° nei tratti in materiali sciolti (roccia fratturata) e 70° nei tagli in roccia viva. Qualora si rendessero necessarie pendenze di fronte esecutive diverse e più elevate, lo scrivente raccomanda, onde preservare l'incolumità delle maestranze di realizzare delle opere provvisorie di contenimento da progettare e prevedere in fase esecutiva a cura e responsabilità del progettista incaricato sulla base anche del rapporto di vigilanza e coordinazione alla sicurezza del Direttore Lavori.

In ogni caso, l'eventuale calo di risorse umane entro la trincea di fondazione dovrà essere preceduta da sbatacchi di sicurezza puntellati e a norma.

Durante le fasi di scavo i fronti temporanei dovranno essere preservati con teli impermeabilizzanti nei periodi transitori ai lavori di avanzamento, avendo cura di non caricare il ciglio di scavo con mezzi e materiali di risulta.

Contestualmente a tale riprofilatura dovrà prevedersi anche una cunetta di raccolta e intercettazione perimetrale alle trincee di cantiere, che eviti il ruscellamento delle acque libere sul fronte durante gli eventi meteorici intensi e prolungati.

Tale sistema di raccolta e intercettazione acque è raccomandato e consigliato in ogni caso, come opera definitiva al fine di proteggere l'impianto da azioni erosive di ruscellamento areale o concentrato con azione diretta anche sulle palificate doppie previste a sistemazione della piazzola di accesso in arrivo stazione (cfr. Tav. 3).

5.3 GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO

La volumetria di scavo e risulta prodotta con gli sbancamenti nei singoli siti di arrivo e partenza dovrà essere sarà gestita in ricezione ed osservanza della normativa vigente data da:

- D.M. 161/2012 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo " (G.U. n. 221 del 21/9/2012
- T.U. Ambiente D. Lgs. 152/06 art. 185 comma 1
- D.G.R. n. 89/2013 "Approvazione indirizzi operativi per la applicazione del Regolamento Terre e rocce di scavo. D.M. 161/2012"
- D.G.R. n. 1423 "Aggiornamento degli indirizzi operativi per la gestione delle terre e rocce da scavo ai sensi del DM 161/2012 e del D.L. 69/2013 convertito in L. 98/2013".
- *D.P.R 120/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164."* (G.U. n. 183 del 7/8/2017)

La normativa vigente (art. 1 DPR 120/2017) riguarda la corretta gestione delle terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti, ai sensi dell'articolo 184 -*bis* , del D.Lgs. n. 152/2006, provenienti da cantieri di piccole dimensioni, di grandi dimensioni e di grandi dimensioni non assoggettati a VIA o a AIA, compresi quelli finalizzati alla costruzione o alla manutenzione di reti e infrastrutture, nonché alla disciplina del deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate rifiuti, all'utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti e alla gestione delle terre e rocce da scavo nei siti oggetto di bonifica. Sono esclusi dall'ambito di applicazione del DPR. 120/2017 rifiuti provenienti direttamente dall'esecuzione di interventi di demolizione di edifici o di altri manufatti preesistenti, la cui gestione è disciplinata ai sensi della Parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

In sintesi l'approccio normativo può prevedere:

Soluzione A) Utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce escluse dalla disciplina rifiuti ai sensi del Titolo IV art. 24 del DPR. 120/2017. A tale riguardo, ai fini dell'esclusione dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti, le terre e rocce da scavo devono essere conformi ai requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera *c)* , del D. lgs. n. 152/2006, e devono essere necessariamente utilizzate nel sito di produzione. Fermo restando quanto previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 28, la non contaminazione è verificata ai sensi dell'allegato 4 del DPR. 120/2017 (PROCEDURE DI CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-FISICHE E ACCERTAMENTO DELLE QUALITÀ AMBIENTALI).

Il riutilizzo delle terre e rocce da scavo dovrà essere INTEGRALE e senza trasformazione in sito (al di là delle attività di "normale pratica industriale" di cui art. 2 e l'allegato 3 DPR. 120/2017 (NB)), nonché funzionale all'opera in progetto (livellamenti e reinterri pertinenziali e perimetrali al fabbricato oggetto di ampliamento e ristrutturazione, sistemazione a verde ecc…).

In tal caso, la gestione del materiale di scavo non rientra nella fattispecie di cui all'art. 41bis ed è esclusa a priori dalla part IV del D.Lgs. 152/2006 se e solo se rispetta quanto previsto dall'art. 185 comma 1 lettera c) ovvero se *"il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato"* .

In conseguenza di ciò non si applica il D.M. 161/2012 e la terra è da considerarsi materia prima e non rifiuto. Poiché l'art. 185 c. 1 lettera C) esclude il "suolo non contaminato", la D.L. e la committenza possono asseverare la non sussistenza di inquinamento in sito in ragione della "storia d'uso e utilizzo" dell'area o, eseguire opportune analisi di laboratorio a campioni. In ogni caso il deposito temporaneo della risulta dovrà essere interno al cantiere. Se invece il materiale, pur riutilizzato nello stesso sito, viene allocato temporaneamente in un deposito intermedio fuori dai confini del sito, in questo caso dovrà essere presentata una dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà ai sensi dell'art. 41bis del D.L. 69/2013.

Nel caso poi, specifico, che le terre e rocce da scavo provengano da affioramenti geologici naturali contenenti amianto in misura superiore al valore determinato ai sensi dell'articolo 4, comma 4 DPR. 120/2017, le stesse possono essere riutilizzate ai sensi art. 24 comma 2 DPR. 120/2017 esclusivamente nel sito di produzione sotto diretto controllo delle autorità competenti. A tal fine il produttore ne dà immediata comunicazione all'Agenzia di protezione ambientale e all'Azienda sanitaria territorialmente competenti, presentando apposito progetto di riutilizzo. Gli organismi di controllo sopra individuati effettuano le necessarie verifiche

Soluzione B) **Riutilizzo non integrale di cui al punto A, con "avanzo" da "smaltire" come o sottoprodotto o rifiuto, o inutilizzo totale della volumetria prodotta**. In questi casi, la risulta di scavo potrà essere gestita in due maniere:

B1: gestione della risulta come **Rifiuto**, con esecuzione test di cessione e individuazione della discarica appropriata dove conferire la terra e roccia da scavo (invio in impianto di recupero/discarica con formulario)

B2: conferimento della risulta di scavo in altro cantiere autorizzato, da gestire come "**Sottoprodotto**" inteso e come indicato in attuazione dell'articolo 184 *-bis* , comma 1 e ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera *qq* del D.lgs 152/2006 e dell'art. 4 del DPR . 120/2017. 5. Tale procedura dovrà essere attestata tramite predisposizione e trasmissione della dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà resa ai sensi dell'articolo 47 del decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 2000, n. 445, di cui all'articolo 21 DPR. 120/2017, nonché della dichiarazione di avvenuto utilizzo in conformità a quanto ivi indicato e ai sensi art. 7 DPR. 120/2017.

Nel caso, invece, che le Terre e rocce da scavo siano qualificate come rifiuti (codice CER 17.05.04 o 17.05.03) si rimanda nello specifico per il loro deposito temporaneo, a quanto indicato al Titolo III art. 23 del DPR. 120/2017,*"Disciplina del deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate rifiuti"*.

Lo scrivente resta comunque disponibile ad una'assistenza con supporto alla D.L. durante gli scavi con particolare riguardo alla caratterizzazione ambientale, nel caso di soluzione tipo B2, necessaria per poter riutilizzare in sito la terra e roccia da scavo prodotta, a corredo e integrazione della dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà resa ai sensi dell'articolo 47 del decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 2000, n. 445, di cui all'articolo 21 DPR. 120/2017, nonché della dichiarazione di avvenuto utilizzo in conformità a quanto ivi indicato e ai sensi art. 7 DPR. 120/2017.

A tale riguardo, in conformità a quanto indicato al Capo III Art. 20 comma 1 del DPR. 120/2017, per il riutilizzo come sottoprodotto delle TRS prodotte in cantieri di piccole dimensioni, e con riferimento ai requisiti ambientali di cui all'articolo 4 DPR. 120/2017, il produttore deve dimostrare, qualora siano destinate a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, che non siano superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito di destinazione, e che le terre e rocce da scavo non costituiscono fonte diretta o indiretta di contaminazione per le acque sotterranee, fatti salvi i valori di fondo naturale.

Ai sensi del DPR. 120/2017 , infatti, le terre e le rocce da scavo sono utilizzabili per reinterri, riempimenti, rimodellazioni, miglioramenti fondiari o viari oppure per altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali, per rilevati, per sottofondi e, nel corso di processi di produzione industriale, in sostituzione dei materiali di cava:

- se la concentrazione di inquinanti rientra nei limiti di cui alla colonna A, in qualsiasi sito a prescindere
dalla sua destinazione;
- se la concentrazione di inquinanti è compresa fra i limiti di cui alle colonne A e B, in siti a destinazione produttiva (commerciale e industriale).

CONCLUSIONI

Le indicazioni e i consigli geologico tecnici di cui sopra, elaborati a supporto della fattibilità geologica del progetto DEFINITIVO, sono da intendersi raccomandazioni e non prescrizioni.

Sono rimandate infatti, e ogni caso al progettista, le responsabilità di competenza, in merito alla scelta esecutiva tipologica fondazionale, le verifiche ingegneristiche e geotecniche e le valutazioni di idoneità statica delle opere a gravità, nonché alle modalità di sistemazione generale e idrogeologica, da valutarsi sulla base di tutti i dati stratigrafici, geotecnici, sismici e idrogeologici forniti ed illustrati nella presente relazione.

In ragione delle indicazioni geologico esecutive e progettuali fornite e suggerite e

- vista l'assenza di rischi e pericoli idraulici e/o di esondabilità diretta e/o storica del sito
- vista l'assenza di evidenza idrica di falda e/o emergenze sorgentizie
- fatta salva la fattibilità tecnica sostenuta da valutazioni e verifiche di idoneità statica
- fatta salva la sostenibilità idrogeologica dell'intervento, ovvero la realizzazione delle opere di regimazione previste a corredo sia delle stazioni di arrivo e partenza, nonché delle viabilità di accesso
- vista la non sussistenza di vincoli geologico-abientali ostativi alla realizzazione del progetto
- vista l'assenza di fenomeni franosi attivi e/o quiescenti a scala macro-locale e/o, in ogni caso, tali da pregiudicarne l'idoneità per un insediamento in sicurezza, fatta eccezione per l'instabilità locale da creep della coltre nel sito di arrivo legata a versante acclive, e alla frattura beante in potenziale dislocazione al di sotto del sito stazione di partenza
- vista la compatibilità con la normativa vigente del Piano di Bacino
- vista la tipologia fondazionale diretta su roccia raccomandata

lo scrivente
ribadisce l'ammissibilità e la fattibilità geologico-tecnica dell'intervento oggetto.

Cairo Montenotte, Maggio 2019 Dott. Geologo Amedeo Gaiezza