

REGIONE LIGURIA

PROVINCIA DI SAVONA

COMUNE DI CASTELBIANCO

Studio Associato di Geologia Tecnica
GEO.LAB di Canavero & Santini.
Piazza Diaz 11/5-17100 Savona (SV)
Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843
e-mail: geolab@studiogeolab.it
Website: www.studiogeolab.it

COMMESSA:
014_Cava Pennavaira_2021

LOCALITÁ:
Cianea

RICHIEDENTE:
Tre Torri Costruzioni Srls

FIRMA

OGGETTO:
PROGETTO DI MESSA IN SICUREZZA INIZIALE, CON REGIMAZIONE IDRAULICA DEL RIO CROSU E DEI RII AFFLUENTI, IN CASTELBIANCO LOCALITÀ CIANEA VIA PENNAVAIRE 1 CONFORMEMENTE AL VIGENTE PTRAC APPROVATO CON D.C.R. 7/2020.
RISPOSTA A RICHIESTA DI INTEGRAZIONI SUAP

RELAZIONE

FIRME	DATE
Geol. Sabrina Santini (O.R.G.L. n° 338)	14.06.2025
Firmato digitalmente da **SABRINA SANTINI** CN = SABRINA SANTINI O = Ordine Regionale Geologi Liguria T = Geologo SerialNumber = TINIT-SNTSRN68M57I480L e-mail = ssantdede@gmail.com C = IT — Firmato digitalmente da **Alessandro Canavero** CN = Alessandro Canavero O = Ordine Regionale Geologi Liguria T = Geologo SerialNumber = TINIT-CNVLSN67H21A166W e-mail = geolab@studiogeolab.it C = IT	
VISTO: Geol. Alessandro Canavero (O.R.G.L. n° 268)	14.06.2025

RIFERIMENTI ELABORATO

FORMATO	A 4

COMMESSA	N° DOC.	TIPO	FASE	CONTEN.	VER.	REL N°
014 Cava Pennavaira 2021	3	I	C	RG	A	03

Nome file: nas\Archivio\GEOLAB\2021\014_Cava Pennavaira_2021 Rel Geo Rio Crosu Integrazioni SUAP

INDICE

0. SOMMARIO 3
1. OGGETTO DELL'INCARICO 3
2. PREMESSE E RIFERIMENTI ALLE N.T.C. 4
3. UBICAZIONE DEL SITO E SUA EVOLUZIONE NEL TEMPO 6
4. INDAGINI ESEGUITE 7
5. MODELLAZIONE SISMICA ED EFFETTI DI SITO 19
6. PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI E GEOMECCANICI DELLE ROCCE 23
7. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO 24
8. MODELLO GEOTECNICO E GEOMECCANICO DEL SITO 24
9. MODELLO IDROGEOLOGICO DEL SITO 24
10. RISPOSTA AL QUESITO 1 a). 24
11. RISPOSTA AL QUESITO 1 b). 27
12. RISPOSTA AL QUESITO 1 c). 27
13 SINTESI E CONCLUSIONI 28

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

0. SOMMARIO

Gli Scriventi, Dott.ssa Geol. Sabrina Santini e Dott. Geologo Alessandro Canavero, domiciliati presso lo Studio Associato di Geologia Tecnica GEO.LAB, con sede a Savona in Piazza Diaz 11/5, ed iscritti all'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria rispettivamente con i numero 338 e 268, hanno realizzato la presente relazione geologica, su incarico Loro conferito dalla Società Tre Torri Costruzioni Srl di Albenga, questo relativamente al progetto di messa in sicurezza iniziale, con regimazione idraulica del Rio Crosu e dei rii affluenti, in Castelbianco Località Cianea Via Pennavaire 1 conformemente al vigente PTRAC approvato con D.C.R. 7/2020.

1. OGGETTO DELL'INCARICO

Su incarico conferito dalla Società Tre Torri Costruzioni Srl, è stata condotta una campagna di rilevamento allo scopo di caratterizzare dal punto di vista geologico l'areale d'intervento del rinalveamento del Rio Crosu, finalizzato alla messa in sicurezza dell'area di cava, dove attualmente, il corso d'acqua divaga avendo abbandonato la sede di rinalveamento a suo tempo stabilita durante il periodo di coltivazione. L'esigenza è quella di inalveare temporaneamente il corso d'acqua in un'area non interferente con una successiva possibile attività di coltivazione. Lo studio si è completato con lo studio idraulico del Rio Crosu necessario alla definizione delle sezioni idrauliche per la definizione del nuovo alveo con l'inserimento della confluenza del Rio Crosu nel - Rio Moglie a sua volta confluente nel Torrente Pennavaire; è qui opportuno precisare che il canale in cui si intende far defluire il Rio Crosu nel tratto di circa 200 metri che precedono la confluenza nel Rio Moglie, è già esistente e verrà anch'esso rimodellato per consentire il deflusso delle acque con adeguato franco.

Lo studio presentato è stato oggetto di richiesta di integrazioni da parte della Regione Liguria qui richiamate integralmente:

1. *Con riferimento al procedimento in oggetto, si fa seguito alla nota prot. 3455 del 24/09/2024 di codesto SUAP, acquisita in pari data al prot. 1458215 della Regione Liguria, comunicando quanto nel seguito dettagliato. Preso atto della conclusione del procedimento di assoggettabilità alla VIA concluso con Decreto Dirigenziale n. 4901 del 23 luglio 2024 (avente ad oggetto "Art.19 D. Lgs. n. 152/2006. 'Messa in sicurezza Rio CROSU e Rii affluenti. Creazione di un nuovo alveo temporaneo per salvaguardia Cava Pennavaire. Castelbianco (SV). Proponente: TRE TORRI Costruzioni S.r.l.s. – Non assoggettamento a VIA con condizioni ambientali (S990)"), si rileva che gli elaborati non risultano aggiornati rispetto alle risultanze di detto Decreto di valutazione ambientale. Non risultano, inoltre, presenti gli approfondimenti tecnici a suo tempo richiesti per la fase autorizzativa con la nota prot-2024-0532734 del 16/05/2024 dello scrivente Settore, i cui contenuti sono stati riportati nel sopra menzionato Decreto. Si ripropongono pertanto le seguenti richieste documentali*
   a. *non risultano presenti nella documentazione resa disponibile idonee verifiche circa le condizioni di stabilità del complesso canale/versante (si apprende infatti che alcuni tratti del nuovo canale saranno realizzati in materiale di riporto limoso impermeabile, appoggiando su terreni le cui caratteristiche geotecniche non sono note con sufficiente*

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

dettaglio e demandando a una successiva fase le indagini geognostiche necessarie a definire i parametri geotecnici utili), che consentano di valutare in maniera dettagliata la proposta progettuale;

b. *non risultano presenti considerazioni sulla confluenza del canale di reinalveazione nel Rio Moglie. In merito si rappresenta che lo studio idraulico (che non risulta presente agli atti del Settore) dovrà essere a firma di tecnico abilitato e dimostrare che il deflusso della portata di progetto (tempo di ritorno t=200 anni) avvenga in condizioni di sicurezza (con adeguato franco a norma di Regolamento Regionale 14 luglio 2011, n. 3 e relativi allegati), ovvero il richiedente dovrà attuare tutti gli interventi necessari affinché ciò avvenga senza aggravio della pericolosità idraulica del tratto. Il richiedente dovrà inoltre essere in possesso della disponibilità giuridica anche delle aree esterne all'areale di cava interessate dai lavori di reinalveazione ed occupate dal canale in progetto (si fa riferimento alle aree site in corrispondenza della confluenza del Rio Moglie);*

c. *non pare sia adeguatamente preso in considerazione il rischio derivante dalla presenza di un areale a suscettività al dissesto molto elevata dal vigente Piano di Bacino del Fiume Centa (Pg4), rilevando peraltro che eventuali crolli e distacchi potrebbero compromettere anche la funzionalità idraulica del canale. In tal senso andranno previsti tutti quegli interventi necessari a ridurre il rischio sopra rappresentato e comunque collocate e dimensionate eventuali opere di trattenuta atte a consentire l'esecuzione delle attività connesse alla coltivazione in piena sicurezza (come peraltro previsto dal PTRAC). In merito, le considerazioni effettuate circa l'assenza di schede frana non possono costituire elemento progettuale sufficiente, rendendosi necessari eventualmente approfondimenti finalizzati alla eventuale riclassificazione di pericolosità dell'areale;*

2. *Si richiede inoltre di integrare la documentazione progettuale fornendo un elaborato planimetrico su base catastale che evidenzi eventuali utilizzi del sedime demaniale catastalmente individuato del Rio Crosu allo stato attuale, per gli eventuali conseguenti adempimenti d'ufficio.*

Mediante il presente elaborato si risponde relativamente ai punti da 1 a, be c, mentre per il punto 2 si rimanda al progettista generale.

2. PREMESSE E RIFERIMENTI ALLE N.T.C.

Il presente lavoro è stato redatto in conformità delle Linee guida della Regione Liguria di cui al paragrafo precedente ed al dettato del D.M. 17/01/2018 e della circolare n° 7 C.S.LL.PP. del 2019: di seguito, in particolare, si pone in evidenza quanto indicato dalla normativa in merito alle finalità e ai contenuti delle verifiche di stabilità sviluppate.

D.M. 17/01/2018	Circolare C.S. LL.PP nç 7/2019
Paragrafo 3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE **Categorie di sottosuolo** Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel §	**Paragrafo C3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE** Gli effetti della risposta sismica locale possono essere valutati con metodi semplificati oppure eseguendo specifiche analisi. I metodi semplificati possono essere adoperati solo se l'azione sismica in superficie è descritta

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.	dall'accelerazione massima o dallo spettro elastico di risposta; non possono cioè essere adoperati se l'azione sismica in superficie è descritta mediante storie temporali del moto del terreno. Nei metodi semplificati è possibile valutare gli effetti stratigrafici e topografici. In tali metodi si attribuisce il sito ad una delle categorie di sottosuolo definite nella Tabella 3.2.II delle NTC (A, B, C, D, E) e ad una delle categorie topografiche definite nella Tabella 3.2.IV delle NTC (T1, T2, T3, T4).). *(omissis)* …
	Paragrafo C6: PROGETTAZIONE GEOTECNICA. … *(omissis)* ***La caratterizzazione e modellazione geologica del sito, è propedeutica all'impostazione della progettazione geotecnica*** … *(omissis)*
Paragrafo 6.1.2: PRESCRIZIONI GENERALI. Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali. I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica, dedotti da specifiche indagini, ***devono essere esposti in una specifica relazione geologica*** di cui al § 6.2.1.	
Paragrafo 6.2: ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO. Il progetto delle opere e degli interventi si articola nelle seguenti fasi 1. caratterizzazione e modellazione geologica del sito; 2. scelta del tipo di opera o d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche; 3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr. § 3.2.2);; 4. definizione delle fasi e delle modalità costruttive; 5. verifiche della sicurezza e delle prestazioni; 6. programmazione delle attività di controllo e monitoraggio.	
Paragrafo 6.2.1: CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento. In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche ***La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto.*** Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini , la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.	**Paragrafo C6.2.1: CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO** La relazione geologica, estesa ad un ambito significativo e modulata in relazione al livello progettuale, alle caratteristiche dell'opera e del contesto in cui questa si inserisce, descrive il modello geologico, definito sulla base di specifiche indagini e prove. Tale relazione, che comprende quanto previsto al § 6.2.1 delle NTC, tiene conto dei seguenti aspetti: - caratteristiche geologiche e successione stratigrafica locale (assetti litostrutturali e stratigrafici, stato di alterazione e fessurazione, distribuzione spaziale e rapporti trai vari corpi geologici); - caratteristiche geo-strutturali dell'area di studio e principali elementi tettonici presenti; - processi morfo evolutivi e principali fenomeni geomorfologici presenti, con particolare riferimento a quelli di frana individuandone stato e tipo di attività, di erosione e di alluvionamento; - caratteristiche idrogeologiche del sito e schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea; - risultati dello studio sismotettonico; - assetti geologici finalizzati alla valutazione degli effetti di sito sismoindotti. La relazione geologica sarà corredata dai relativi elaborati grafici quali: carte geologiche, idrogeologiche (con eventuale schema di circolazione idrica sotterranea) e geomorfologiche, sezioni geologiche, planimetrie e profili utili a rappresentare in dettaglio aspetti significativi, schema geologico di dettaglio alla scala dell'opera, carte dei vincoli geologico-ambientali e rapporto tecnico sulle indagini pregresse ed eseguite corredate da una planimetria con la lor ubicazione. Il piano delle indagini nell'area di interesse deve essere definito ed attuato sulla base dell'inquadramento geologico della zona e dei dati che è necessario acquisire per pervenire ad una ricostruzione geologica adeguata ed

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

	utile per la caratterizzazione e la modellazione geotecnica del sottosuolo. Gli studi svolti devono condurre ad una valutazione delle pericolosità geologiche presenti e devono essere finalizzati alla definizione della compatibilità geologica con le peculiarità dell'opera da realizzare.
Paragrafo 6.3: STABILITA' DEI PENDII NATURALI In sintesi dall'esame del paragrafo si evince che il progetto delle opere e degli interventi di stabilizzazione si articola nelle seguenti fasi • caratterizzazione e modellazione geologica e geotecnica del sito; • scelta del tipo di opera o d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche; • caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr. § 6.2.2);; • definizione delle fasi e delle modalità costruttive; • verifiche della sicurezza e delle prestazioni; • programmazione delle attività di controllo e monitoraggio.	**STABILITA' DEI PENDII NATURALI C6.3.1 - PRESCRIZIONI GENERALI** Nel caso della stabilità dei pendii naturali che siano interessati da movimenti franosi, potenziali o in atto, la cui scala di riferimento sia quella del singolo pendio, vale quanto nel seguito riportato. Nello studio delle condizioni di stabilità dei pendii naturali sono presi in considerazione almeno i seguenti fattori: - le caratteristiche geologiche e gli assetti geologico-strutturali del sito; - gli assetti geomorfologici e l'evoluzione morfologica; - la sismicità dell'area e le evidenze di fenomeni di instabilità pregressi sismo-indotti; - le condizioni climatiche ed in particolare la distribuzione nel tempo degli eventi meteorici significativi; - gli assetti idrogeologici; - il regime idrico superficiale; - le caratteristiche geometriche del pendio; - le caratteristiche cinematiche della frana; - il regime delle pressioni interstiziali e delle pressioni dell'acqua nelle discontinuità eventualmente presenti; - le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni e delle rocce costituenti il pendio e quelle che caratterizzano le discontinuità; - peso proprio e azioni applicate sul pendio.
OPERE DI MATERIALI SCIOLTI E FRONTI DI SCAVO Paragrafo 6.8.1 - PRESCRIZIONI GENERALI Il progetto di un manufatto di materiali sciolti deve tenere conto dei requisiti prestazionali richiesti e delle caratteristiche dei terreni di fondazione. Esso deve comprendere la scelta dei materiali da costruzione, sia naturali che di provenienza diversa, e la loro modalità di posa in opera. I criteri per la scelta dei materiali naturali devono essere definiti in relazione alle funzioni dell'opera, tenendo presenti i problemi di selezione, coltivazione delle cave, trasporto, trattamento e posa in opera. Per i materiali di provenienza diversa, i criteri di selezione e impiego dovranno essere definiti di volta in volta, compatibilmente con i vincoli di natura ambientale.	**OPERE DI MATERIALI SCIOLTI E FRONTI DI SCAVO Paragrafo 6.8.1 - PRESCRIZIONI GENERALI - 6.8.1.1 - RILEVATI E REINTERRI** Per i rilevati ed i rinterri a tergo di opere di sostegno sono da preferire le terre a grana media o grossa. Terre a grana fine possono essere impiegate per opere di modesta importanza e quando non sia possibile reperire materiali migliori. Si possono adoperare anche materiali ottenuti dalla frantumazione di rocce. Sono da escludere materiali con forti percentuali di sostanze organiche di qualsiasi tipo e materiali fortemente rigonfianti. Per i muri in terra armata o rinforzata i materiali da preferire sono costituiti da terre con passante ai 15 μm non superiore al 20%. Per gli elementi di rinforzo dei muri in terra armata o rinforzata è necessario effettuare verifiche locali, di rottura e di sfilamento, e verifiche nei riguardi dell'azione aggressiva dell'ambiente ed in particolare delle acque.

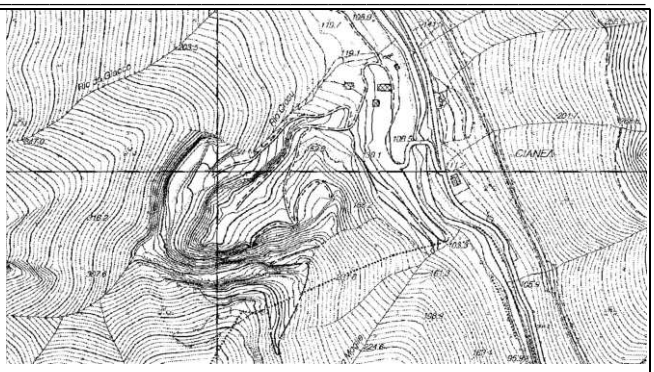
3. UBICAZIONE DEL SITO E SUA EVOLUZIONE NEL TEMPO

Il sito estrattivo Pennavaire è costituito da una cava a cielo aperto destinata all'estrazione di calcare, posta sul confine meridionale del territorio comunale di Castelbianco. L'accesso alla cava avviene tramite una pista sterrata che oltrepassa il torrente Pennavaire per mezzo di un guado, a partire dalla strada provinciale S.P. n. 14 "del Pennavaire".

La cava è posta sul versante nord-est della Croce di Arnasco, ad una quota compresa tra 115 e 300 m s.l.m., in una zona scarsamente urbanizzata caratterizzata da una copertura boscata continua e da pendenze medio-alte. L'areale in narrativa è riportato cartograficamente nell'immediato seguito, e presso le seguenti coordinate, riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento per la carta di pericolosità dell'INGV, e al sistema di riferimento internazionale WGS84:

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it





Latitudine: ϕ_{ED50} 44,096917013216924 (°) **Longitudine:** λ_{ED50} 8,1027408469676043 (°)
Latitudine: ϕ_{WGS84} 44,095939083885192 (°) **Longitudine:** λ_{WGS84} 8,10168235140761 (°)

Figura 3.1 e 3.2: Ubicazione sito su ortofotocarta estratta da Google e CTR dal Geoportale Regione Liguria

La cava si presenta come un anfiteatro ellittico avente asse maggiore allungato in direzione SW/NW, e presenta fronti sia verso N-NW sia verso SE. Il sito non è in esercizio da alcuni anni.

4. INDAGINI ESEGUITE

Come introdotto in precedenza la caratterizzazione dell'ammasso roccioso è stata attuata utilizzando tutta la documentazione preesistente, integrata dapprima mediante il rilevamento geologico strutturale e geomeccanico su alcuni punti del fronte ritenuti più significativi. Su tali punti sono state rilevate le discontinuità presenti, la stratificazione gli elementi strutturali e si sono svolte le letture del Martello di Schmidt da cui si può ricavare l'ordine di grandezza della compressione monoassiale della roccia indagata. Sono altresì stati svolti numerosi test di Markland giunto su giunto, che consente di individuare l'angolo di scorrimento sull'orizzontale della roccia.

Successivamente, al fine di integrare alle richieste della Regione Liguria, si è attuata una campagna di indagini dirette in situ mediante penetrometro superpesante.

Nell'immediato seguito si ripropone sia l'indagine già svolta sia la nuova campagna di indagini che affina i valori già ottenuti mediante back analisi.

CAMPAGNA DI RILEVAMENTO GEOLOGICO, STRUTTURALE E GEOMECCANICO.

L'area d'interesse, in base alla bibliografia disponibile e riscontrabile nel Foglio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000 n° 92-93 Albenga Savona reperibile sul sito dell'ISPRA, nonché nella Carta geologica del settore meridionale dell'Unità di Arnasco-Castelbianco sviluppata da Dellagiovanna e Seno nel 1984 risulta caratterizzata da una anticlinale ribaltata con alla base le litologie giurassiche delle Brecce di Monte Galero del Dogger-Lias, nella porzione intermedia dei Calcari di Rocca Livernà di età Liassica ed alla sommità le litologie triassiche dei Calcari di Veravo di età retica.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

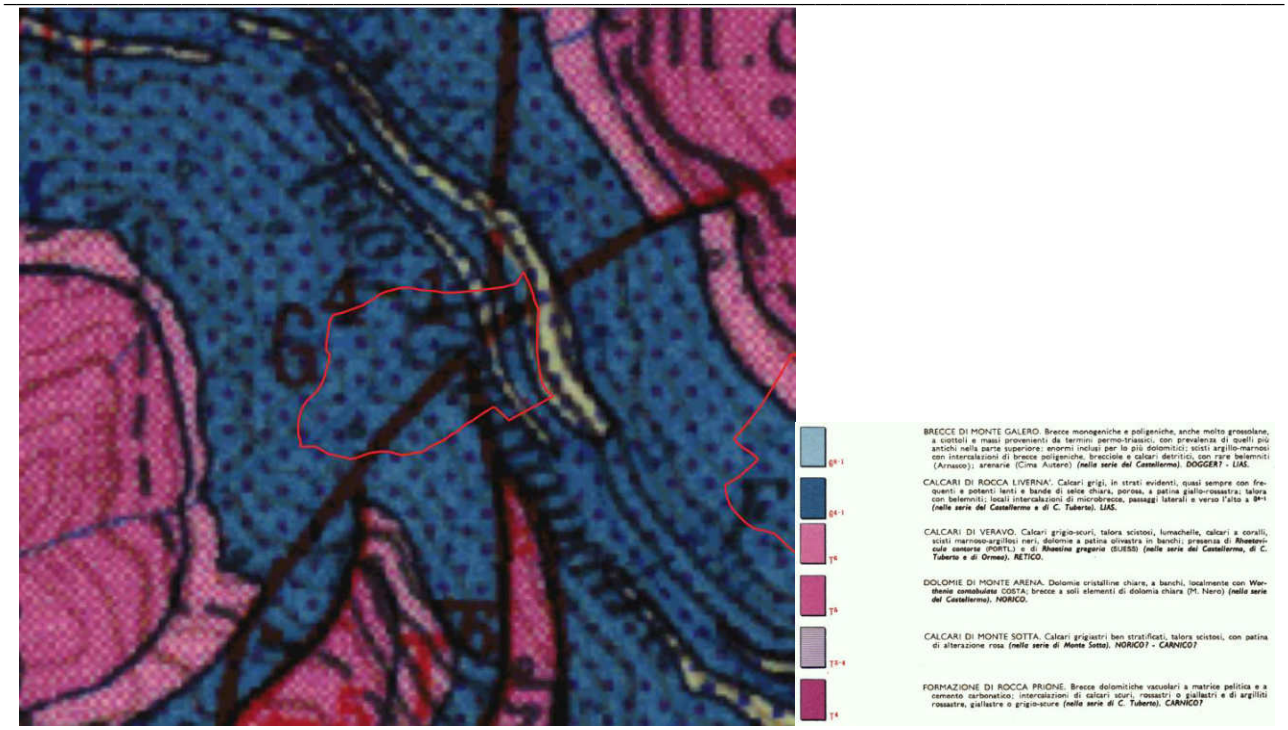


Figura 4.1: Estratto Carta Geologica d'Italia scala 1:100000 - sovrapposizione con perimetro PTRAC

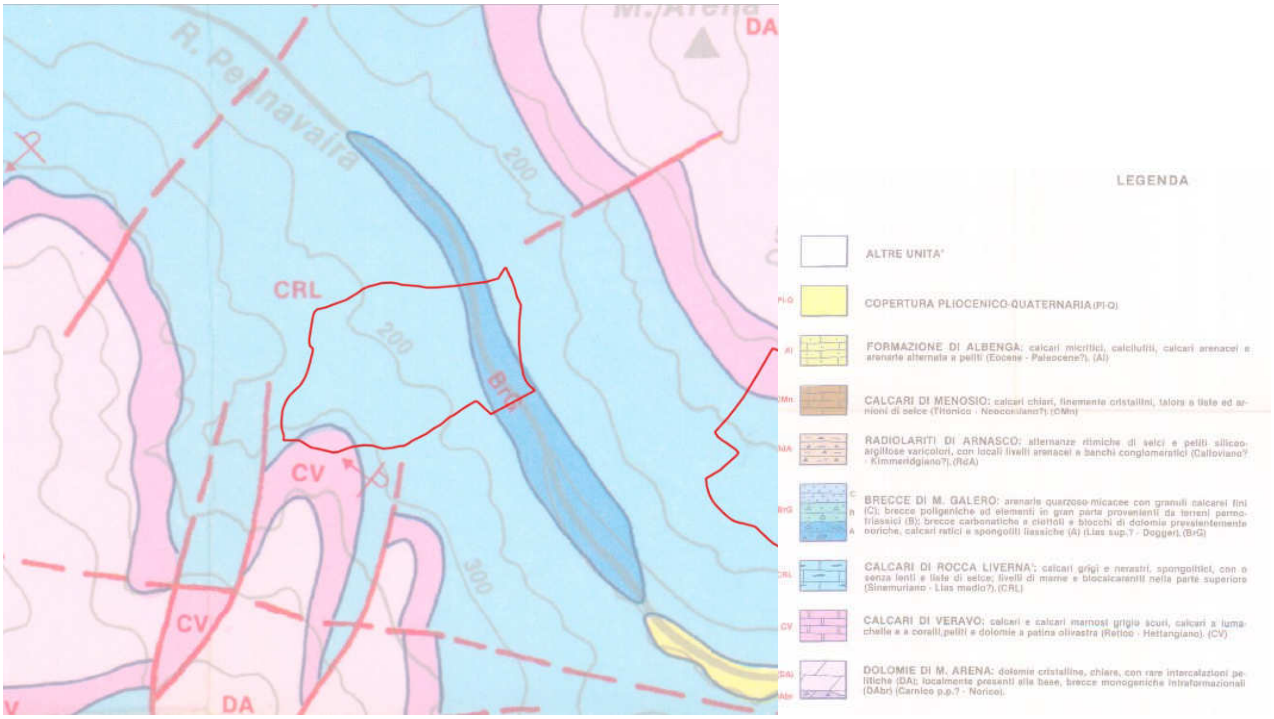


Figura 4.2: Estratto Carta geologica del settore meridionale dell'Unità di Arnasco-Castelbianco. 1984 - sovrapposizione con perimetro PTRAC

GEOLOGIA DELL'AREA DI CAVA

Per quanto concerne l'aspetto tettonico-geologico ad ampia scala, è noto che le Alpi Liguri sono formate da un insieme di unità tettoniche trasportate ed appilate verso l'esterno dell'arco Alpino, successivamente dapprima retroflesse, poi coinvolte nelle deformazioni di età e direzione appenninica.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

In esse sono presenti complessi rocciosi derivanti dal continente paleoeuropeo, dal suo margine in senso stretto e dall'oceano ligure-piemontese. Sinteticamente a partire dalle zone più esterne si riconoscono i seguenti domini:

- Delfinese-provenzale: rappresenta le porzioni più esterne del continente europeo interessate dall'orogenesi che ha edificato la catena alpina;
- Subbrianzonese: comprende un certo numero di unità tettoniche di copertura, derivate dalla zona di raccordo paleogeografico tra i domini delfinese e brianzonese;
- Brianzonese: rappresenta un dominio particolare, che comporta un basamento cristallino, un tegumento permocarbonifero ben sviluppato ed è caratterizzato da una copertura mesocenozoica lacunosa con successioni sempre più ridotte a partire dai settori esterni;
- Piemontese s.i.: è corrispondente al dominio del margine s.s. del continente europeo;
- Piemontese-Ligure: corrisponde al dominio oceanico, vi si collocano varie successioni ofiolitiche, caratterizzate da differenti storie deformativo-metamorfiche alpine.

Sotto il profilo geologico strutturale nella zona esaminata è presente il dominio Piemontese, qui rappresentato dalle sue unità Esterne (o dominio Prepiemontese) di margine continentale. Nello specifico rappresentate dall'Unità tettonica di Arnasco-Castelbianco.

Entrando nello specifico, le caratteristiche litologiche e strutturali delle tre litologie presenti in sito, una delle quali oggetto di escavazione e di seguito descritta.

Calcari di Rocca Livernà

Sono qui rappresentati da calcari grigio-scuri a stratificazione netta, con lenti e bande di selce chiara. Lo spessore medio degli strati è di circa 10-15 cm mentre le intercalazioni di selce hanno spessore assai variabile, ma talvolta importante.

Nella parte più superiore della cava, in particolare sul versante destro, già coltivato, i calcari divengono localmente più arenacei e più marnosi e il loro colore può sovente essere rossastro o brunastro fino a passare gradualmente ai calcari retici di Veravo.

Alla base del sito i Calcari di Rocca Livernà passano eteropicamente, verso il basso, alle Brecce di Monte Galero; livelli lentiformi di brecce, di spessore variabile, sì trovano, inoltre, localmente entro i calcari stessi nei quali sfumano lateralmente, attraverso zone a microbrecce ed a calcari fortemente arenacei.

Lo spessore dei Calcari di Rocca Livernà, nell'ambito del sito di intervento si aggira sui 200 metri.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it



Figura 4.4: Vista cava - Calcari di Rocca Livernà.



Figura 4.5: Calcari di Rocca Livernà - dettaglio affioramenti.

Materiale di riporto per rimodellamento

Sono qui rappresentati da terreni eterogenei scuri con frammenti litoidi di dimensione variabile tra la centimetrica e la pluridecimetrica immersi in una matrice medio fine, ma tendenzialmente limosa e sono in parte chiaramente alloctoni.



Figura 5.6: Materiali di riporto per rimodellamento

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

Elementi strutturali presenti nella porzione di cava di futura coltivazione.

Un più approfondito esame degli affioramenti rocciosi esposti ed ubicati in prossimità della futura zona di estrazione ha permesso di evidenziare come la roccia, che presenta una stratificazione evidente sia pervasa da diversi sistemi di fratturazione legati a discontinuità tettoniche a carattere regionale.

Al fine di pervenire ad un corretto inquadramento degli elementi strutturali presenti in sito, sono state svolte diverse stazioni di rilevamento sul fronte interessato dalle opere in progetto (solo alcuni lembi di versante risultano ad oggi essere accessibili a causa sia del lungo abbandono sia delle passate condizioni di coltivazione) dalle quali sono emerse le peculiarità di seguito riportate.

Giaciture medie.

Le giaciture delle discontinuità che pervadono l'ammasso roccioso sono le seguenti che vengono immediatamente di seguito rappresentate per mezzo di un Diagramma equi areale di Schmidt-Lambert:

S1 225°/30° **S2 005°/85°** **S3 120°/70°** **S4 340°/40°**

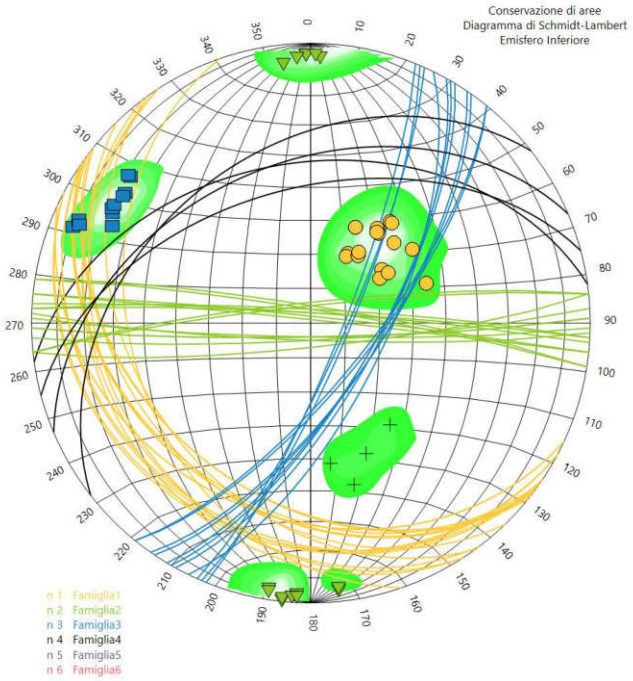


Figura 4.8: Giaciture delle discontinuità rilevate in affioramento

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it



Figura 4.9: Particolare stazione di rilevamento - Calcari di Rocca Livernà.

CAMPAGNA DI INDAGINI PENETROMETRICHE

Al fine di soddisfare la richiesta e comunque sviluppare un'indagine necessaria per la determinazione delle caratteristiche tecniche dei materiali presenti, sono state effettuate delle prove in posto DPSH mediante penetrometro superpesante in quanto lo sviluppo di sondaggi a rotazione risultava poco praticabile a causa della mancanza di acqua nella parte posta più a monte dell'area di cava dove si attua l'intervento.

Sono state condotte alcune prove nell'areale e tra esse viene utilizzatala la prova n°5 eseguita in corrispondenza della sezione n° 5 (A-B) considerata per lo sviluppo delle valutazioni di stabilità richieste. L'ubicazione è di seguito rappresentata.

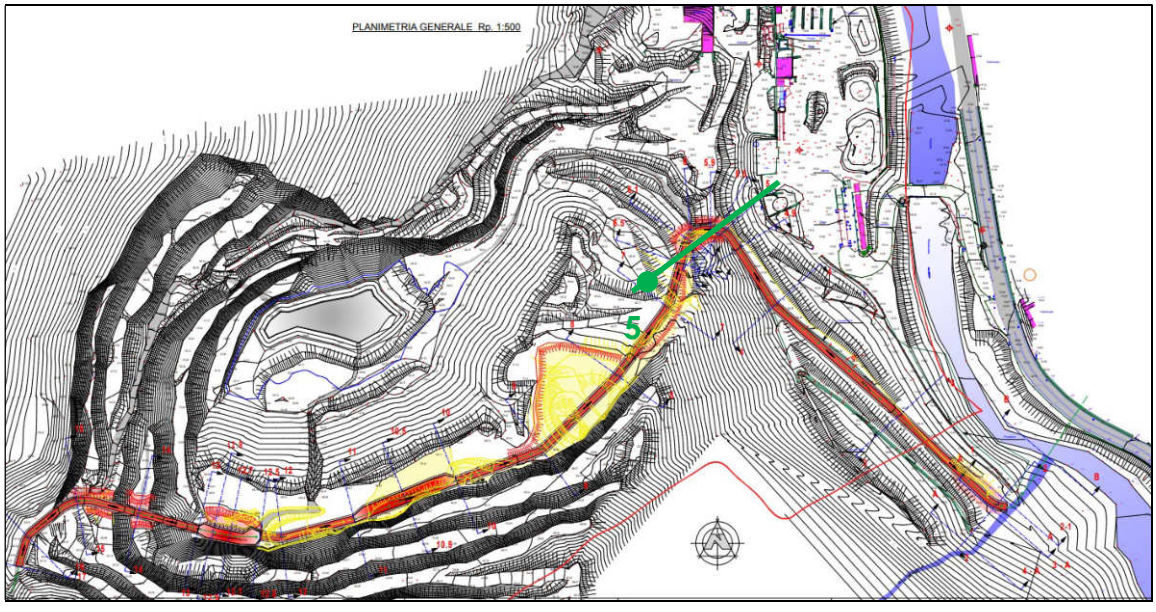
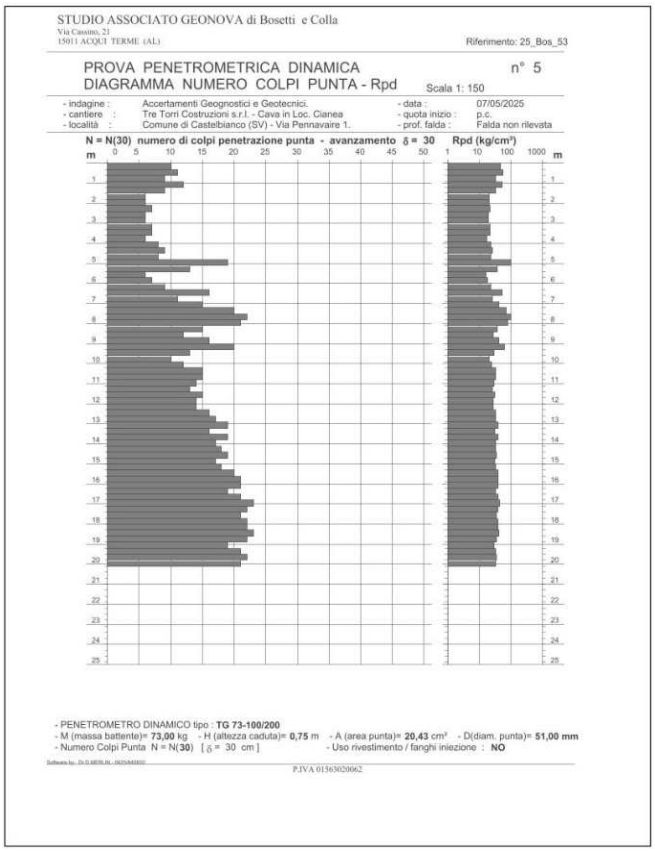


Figura 4.10: Ubicazione su planimetria di raffronto dell'indagine svolta e della sezione utilizzata per la verifica in verde

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

L'analisi della stratigrafia ottenuta dal report è così sintetizzabile: la prova raggiunge i 20,00 metri di profondità senza raggiungere il substrato, né il rifiuto strumentale; la prova incontra intorno alla profondità di 2,00 metri fino a 4,00 metri ed a 6,00 metri localizzati intervalli con caratteristiche tecniche più scadenti rispetto alla stratigrafia generale.



Dall'indagine svolta si ottengono per la colonna di terreno di riempimento già presente in sito ed oggetto di rimodellamento le seguenti caratteristiche medie utilizzate per la verifica di stabilità:

Terreni di riempimento già presente in sito - STRATO I – da 0.0 a fino all'ammasso roccioso

- γ_{medio} = *18 KN/m³;*
- $\emptyset_{medio}$ = *35°;*
- C_{medio} = *30 KPa.*

Tali risultanze derivano non solo dalle penetrometriche svolte, ma anche dalla back analisi effettuata.

CAMPAGNA DI INDAGINI GEOFISICHE

Al fine di approfondire le conoscenze sul sito di intervento, ove possibile, sono state condotte già nella fase precedente delle prospezioni sismiche a rifrazione di tipo MASW in grado di indagare i terreni in maniera non distruttiva al fine di caratterizzare il sottosuolo sulla base della velocità di propagazione delle onde sismiche negli orizzonti di terreno attraversati ed utilizzando l'energia sismica che torna in superficie dopo aver percorso il sottosuolo lungo le traiettorie dei raggi rifratti.

Questo metodo è normalmente usato per localizzare superficie che separano strati caratterizzati da una diversa velocità di propagazione delle onde sismiche e si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12, 24 o 48 geofoni allineati a distanza nota che registrano le

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

onde sismiche generate in corrispondenza di diversi punti di energizzazione dislocati in posizione nota, oppure attraverso l'uso di un singolo geofono 3C e diversi punti di energizzazione.

• Per le energizzazioni è stata utilizzata la massa battente di 8÷10 Kg.

I profili MASW, sviluppati mediante software regolarmente licenziato WINMASW® sono stati eseguiti o in sovrapposizione alle stese sismiche a rifrazione con 24 geofoni verticali a 4.5 Hz, con acquisizioni eseguite con un tempo di campionamento di 125 µs ed una durata di acquisizione su singola battuta di 2048 ms o con stese MASW sviluppate per mezzo di attrezzatura 3C con geofono da 2 HZ. L'elaborazione delle registrazioni ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di diverse discontinuità sismiche rappresentate graficamente nei report di elaborazione.

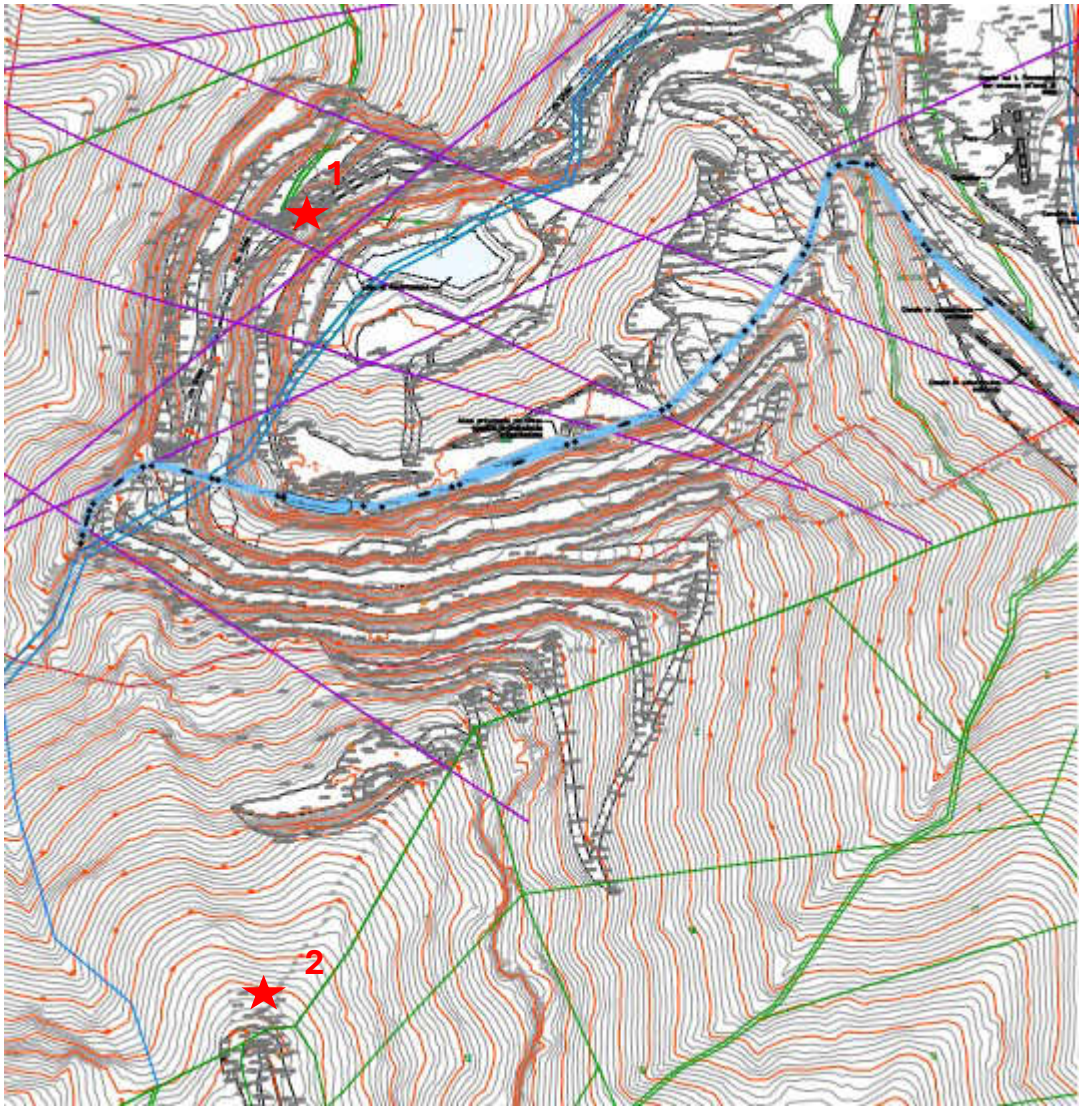


Figura 4.11: Ubicazione indagini sismiche svolte.

Profilo sismico 01

Il profilo sismico MASW è stato eseguito tramite un geofono 3C, utilizzato anche per eseguire una stazione HVSR, e l'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125 µs e una durata di acquisizione su singola battuta di 2048 ms.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

Lungo l'allineamento la distanza intergeofonica è stata predisposta di 2,00 ml per una lunghezza complessiva di 46,00 ml con l'utilizzo di 24 canali per l'acquisizione ed è stata realizzata una battuta, in andata, sullo stesso allineamento in offset di 5,00 metri. L'elaborazione delle registrazioni ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di diverse discontinuità sismiche rappresentate graficamente nel seguente report di elaborazione.

Spessore (m)	VS (m/s)
0.8	80
1.3	200
2.0	500
20	805
100	1200
Semi-spazio	1400

Modello medio individuato (Vs30 e Vseq del modello medio dal p.c.: 599 e 200 m/s).

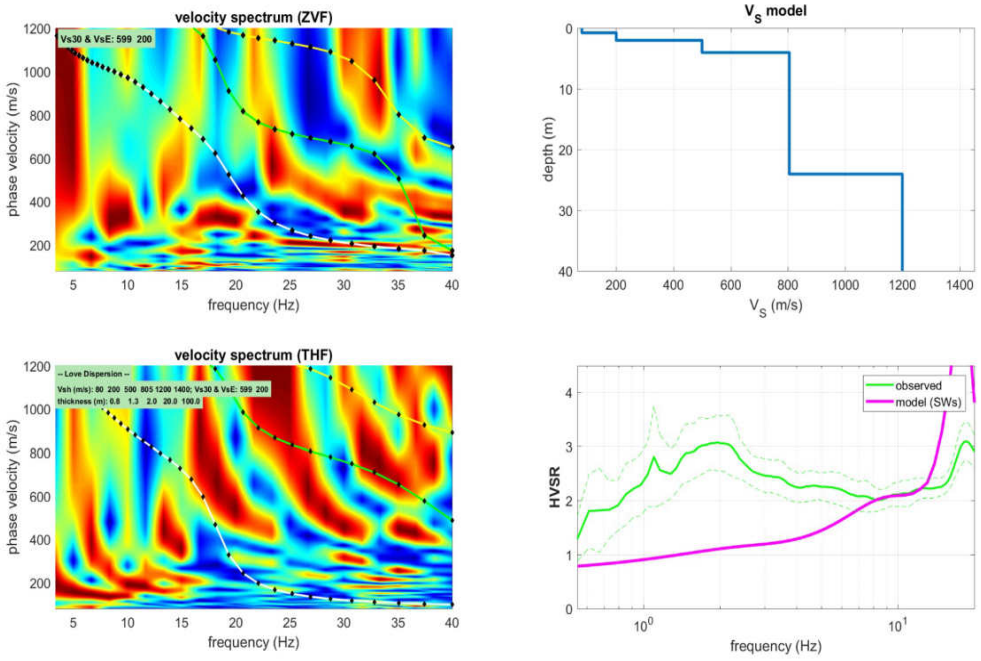


Figura 4.12: Risultati della modellazione con profilo delle onde Vs, determinazione del Vs30 e del Vseq, ottenute dall'elaborazione congiunta dell'HVSR e degli spettri di velocità di fase sia con onde di Rayleigh sia di Love – MASW.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e, di conseguenza, del parametro Vs30, risultato pari a 599 m/s (considerando come riferimento il piano campagna) ed una Vs,eq di 200 m/s definita nelle NTC come;

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \qquad [3.2.1]$$

Dove

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (considerando come riferimento non il piano

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

campagna, bensì una profondità di almeno 2 metri dal piano campagna ad oggi occupato da uno strato di regolarizzazione che verrà rimosso in fase di esecuzione della coltivazione) con una Vs maggiore di 800 m/s entro i 3 metri dal piano campagna, che permette di attribuire al sito una categoria di suolo di tipo A.

Profilo sismico 02

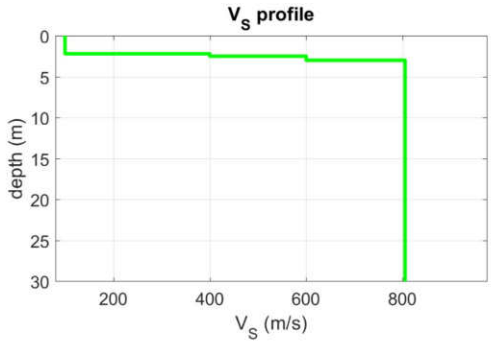
Il profilo sismico è stato eseguito con uno stendimento di 24 geofoni con interasse di 2 metri ed offset di 4 metri. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125 µs ed una durata di acquisizione su ogni singola battuta 2048 ms e l'elaborazione effettuata tramite software tomografico dedicato ha portato alla soluzione grafica di seguito riportata.

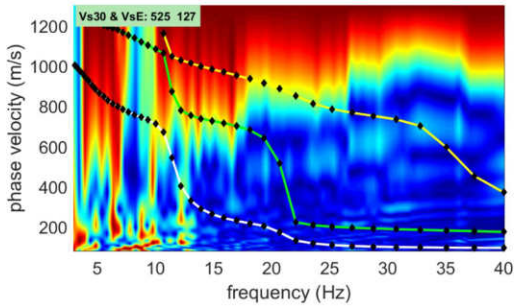
Lungo l'allineamento distanza intergeofonica è stata predisposta di 2,00 ml per una lunghezza complessiva di 46,00 ml con l'utilizzo di 24 canali per l'acquisizione ed è stata realizzata una battuta, in andata, sullo stesso allineamento in offset di 4,00 metri. L'elaborazione delle registrazioni ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di diverse discontinuità sismiche rappresentate graficamente nel seguente report di elaborazione.

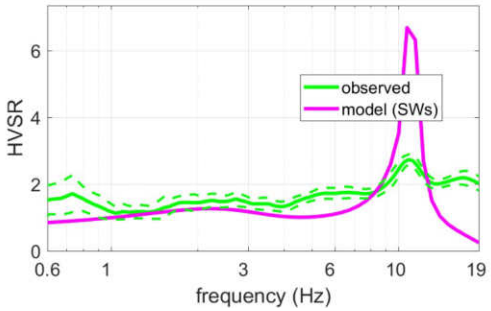
Spessore (m)	VS (m/s)
2.2	100
0.3	400
0.5	600
50	805
50	1000
Semi-spazio	1200

Modello medio individuato (Vs30 e Vseq dal p.c. rispettivamente 525 e 127 m/s).









Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

Figura 4.13: Risultati della modellazione con profilo delle onde Vs, determinazione del Vs30 e del Vseq, ottenute dall'elaborazione congiunta degli spettri di velocità di fase e di velocità di gruppo – MASW.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e, di conseguenza, del parametro Vs30, risultato pari a 525 m/s (considerando come riferimento il piano campagna) ed una Vs,eq di 127 m/s definita nelle NTC come;

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \qquad [3.2.1]$$

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS con una Vs maggiore di 800 m/s entro i 3 metri dal piano campagna, che permette di attribuire al sito una categoria di suolo di tipo A.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI, DEI RIPORTI PRESENTI E GEOMECCANICHE DELLE ROCCE

Depositi superficiali.

Le caratteristiche tecniche medie dei depositi superficiali presenti in sito, in base all'esperienza maturata dagli Scriventi in siti limitrofi, confrontata con dati di bibliografia specializzata possono essere così assunte:

- $\gamma = 18\ KN/m^3$;
- $\phi = 21\text{-}23°$;
- $c = 10\ KPa$.

Materiali già abbancati per rimodellamento

Per i materiali già abbancati in sito la determinazione dei parametri geotecnici è avvenuta tramite back analysis sullo stato attuale allo scopo di valutare il range di variazione dei parametri geotecnici propri di tali materiali: tale operazione è stata effettuata ipotizzando, sulla sezione 1 sul versante meridionale della cava, condizioni al limite della stabilità (ipotesi conservativa in quanto i rilievi diretti svolti in sito non evidenziano nessun tipo di dissesto in atto o potenziale).

Per l'esecuzione di tale analisi sono state ipotizzate molteplici superficie in frana di seguito evidenziate.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

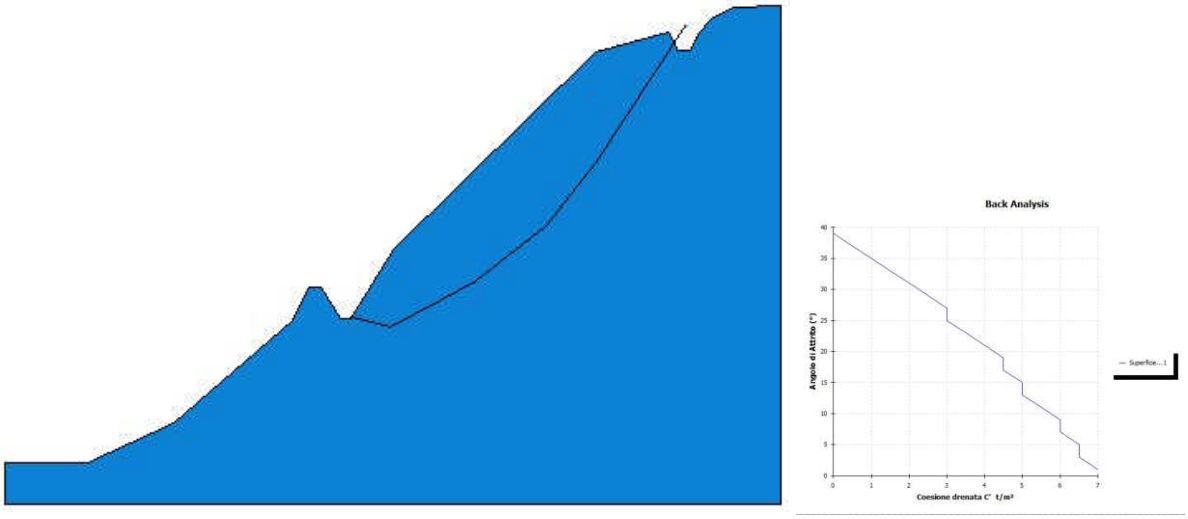


Figura 4.14: Back Analysis su materiali già abbancati per rimodellamento sezione n° 5 anche A-B

Le caratteristiche geotecniche medie per tali materiali possono, pertanto, essere come di seguito assunte:

- *γ = 18 KN/m³;*
- *ø = 30°;*
- *c = 30 KPa.*

Ammasso roccioso

Al di sotto delle coperture superficiali in profondità si riscontra la presenza dell'ammasso roccioso qui costituito prevalentemente da litologie appartenenti ai Calcari di Rocca Livernà che interesseranno la superficie di scavo dell'areale di cava.

Gli accertamenti specifici condotti sull'ammasso roccioso hanno permesso di evidenziare i seguenti elementi medi da utilizzarsi per le verifiche geomeccaniche:

- *γ* = 25 KN/mc Valore caratteristico derivante esperienza diretta su litologie simili;
- *ø = 30°* Valore ridotto rispetto a quanto evidenziato dall'applicazione della classificazione geomeccanica di Barton (31.69°);
- *c = 75 KPa* Valore ridotto rispetto a quanto evidenziato dall'applicazione della classificazione geomeccanica di Barton (92 Kpa);
- JCS = 12 Mpa Valore caratteristico derivante da prove in sito su superfici più alterate;
- JRC =10 Valore derivante da rilievi su superfici più alterate.

Tali considerazioni sono avvalorate dall'applicazione delle Classificazione geomeccanica GSI di Hoeck -Brown al sito di intervento della quale si allega, di seguito estratto di elaborazione.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

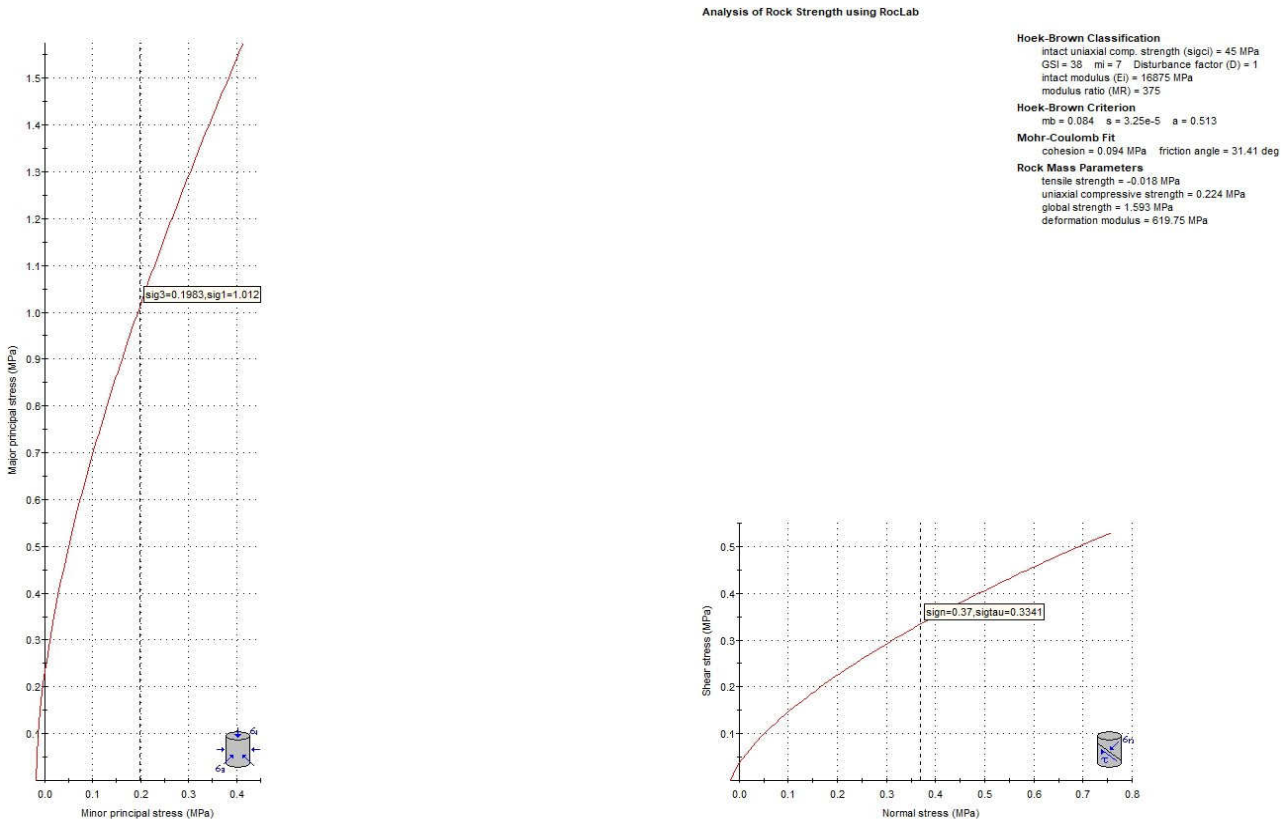


Figura 4.15: Determinazione GSI di Hoeck - Brown

5. MODELLAZIONE SISMICA ED EFFETTI DI SITO

CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI.

Il calcolo dei parametri simici per gli scavi, i rilevati e le fondazioni e per le strutture di sostegno alle terre, è evidenziato nelle seguenti tabelle, dalle quali possono essere estratti i seguenti valori caratteristici: **a_g, F_0 e TxC** e i valori dei coefficienti **kh, kv, a_{max}** e **Beta**.

Tipo di elaborazione: Opere in classe d'uso II.

Sito in esame.

latitudine: 44,0969162 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
longitudine: 8,1027412 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
Classe d'uso: II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. = 1.0;.
Vita nominale: 50 [anni]

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	18015	44,110030	8,057244	3914,50
Sito 2	18016	44,113200	8,126705	2634,27
Sito 3	18238	44,063300	8,131125	4371,91
Sito 4	18237	44,060130	8,061702	5242,06

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A
Categoria topografica: T4
Periodo di riferimento: 50 anni
Coefficiente cu: 1.0

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,026	2,465	0,185
Danno (SLD)	63	50	0,036	2,566	0,205
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,127	2,443	0,287
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,173	2,477	0,302

Fronti di scavo e rilevati

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2): 1.000
Categoria sottosuolo: A
Categoria topografica:
T4: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclin. media maggiore di 30°

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,024	0,068	--
kv	--	0,012	0,034	--
amax [m/s²]	0,361	0,497	1,748	2,372
Beta	--	0,470	0,380	--

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

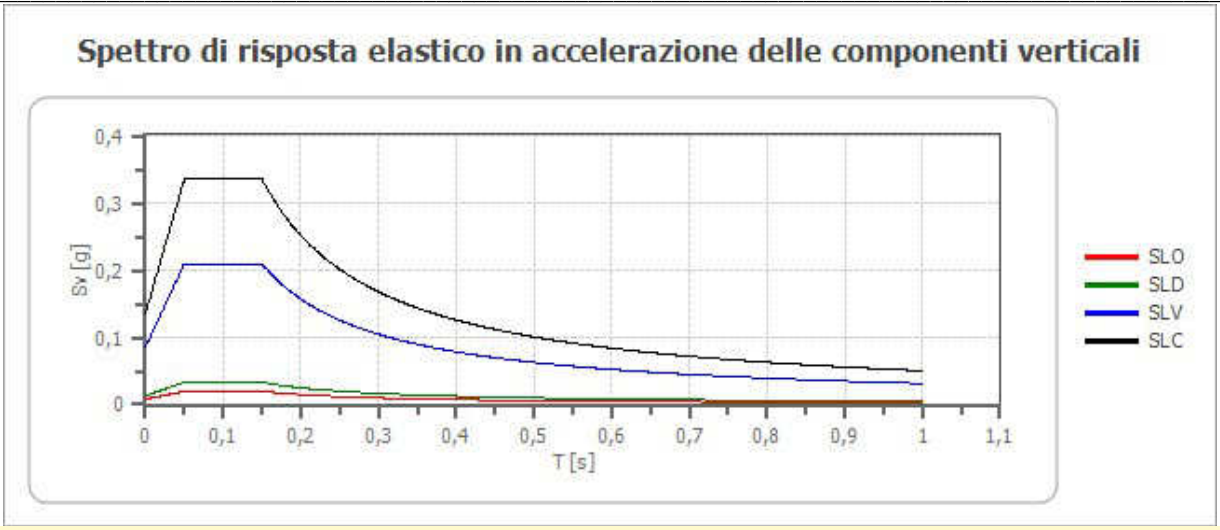


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0,026	2,465	0,185	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,062	0,185	1,705	0,037	0,091
SLD	1.0	0,036	2,566	0,205	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,068	0,205	1,745	0,051	0,130
SLV	1.0	0,127	2,443	0,287	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,096	0,287	2,109	0,178	0,435
SLC	1.0	0,173	2,477	0,302	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,101	0,302	2,291	0,242	0,599

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: *5* *%*
Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2): *1.000*

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

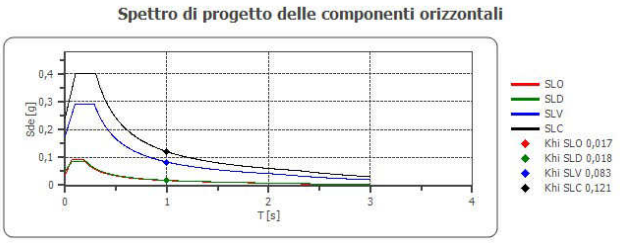


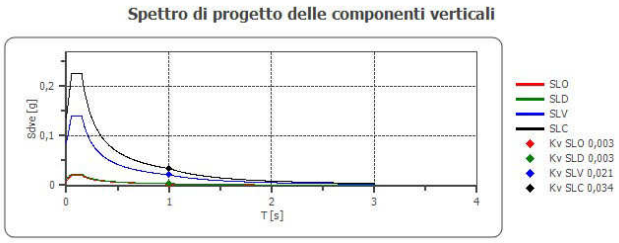
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0,026	2,465	0,185	1	1,000	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,008	0,020
SLD	1.0	0,036	2,566	0,205	1	1,000	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,033
SLV	1.0	0,127	2,443	0,287	1	1,000	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,086	0,210
SLC	1.0	0,173	2,477	0,302	1	1,000	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,136	0,336

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50
Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50
Periodo fondamentale T: 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.017	0,018	0,083	0,121
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.003	0,003	0,021	0,034





	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1.0	0,026	2,465	0,185	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,062	0,185	1,705	0,037	0,091
SLO verticale	1.0	0,026	2,465	0,185	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,008	0,020
SLD orizzontale	1.0	0,036	2,566	0,205	1,000	1,000	1,400	1,400	1,500	0,068	0,205	1,745	0,051	0,087
SLD verticale	1.0	0,036	2,566	0,205	1,000	1,000	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,013	0,022
SLV orizzontale	1.0	0,127	2,443	0,287	1,000	1,000	1,400	1,400	1,500	0,096	0,287	2,109	0,178	0,290
SLV verticale	1.0	0,127	2,443	0,287	1,000	1,000	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,086	0,140
SLC orizzontale	1.0	0,173	2,477	0,302	1,000	1,000	1,400	1,400	1,500	0,101	0,302	2,291	0,242	0,399
SLC verticale	1.0	0,173	2,477	0,302	1,000	1,000	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,136	0,224

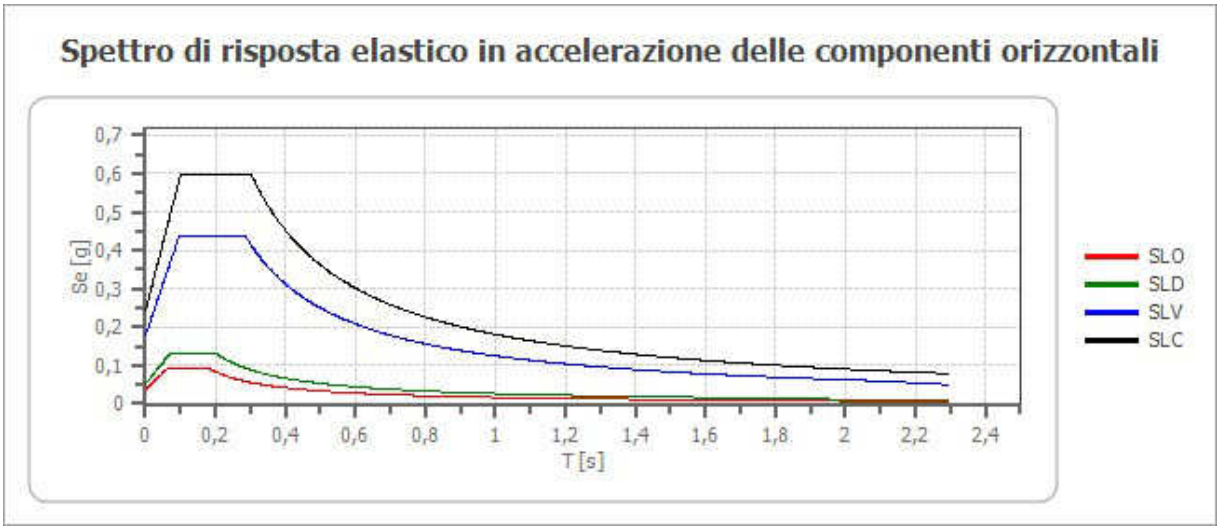
Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

Stabilità dei pendii

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+ξ)]^(1/2): 1.000
Categoria sottosuolo: A
Categoria topografica:
T4: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclin. media maggiore di 30°

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,007	0,010	0,048	0,065
kv	0,004	0,005	0,024	0,033
amax [m/s²]	0,361	0,497	1,748	2,372
Beta	0.200	0.200	0.270	0.270

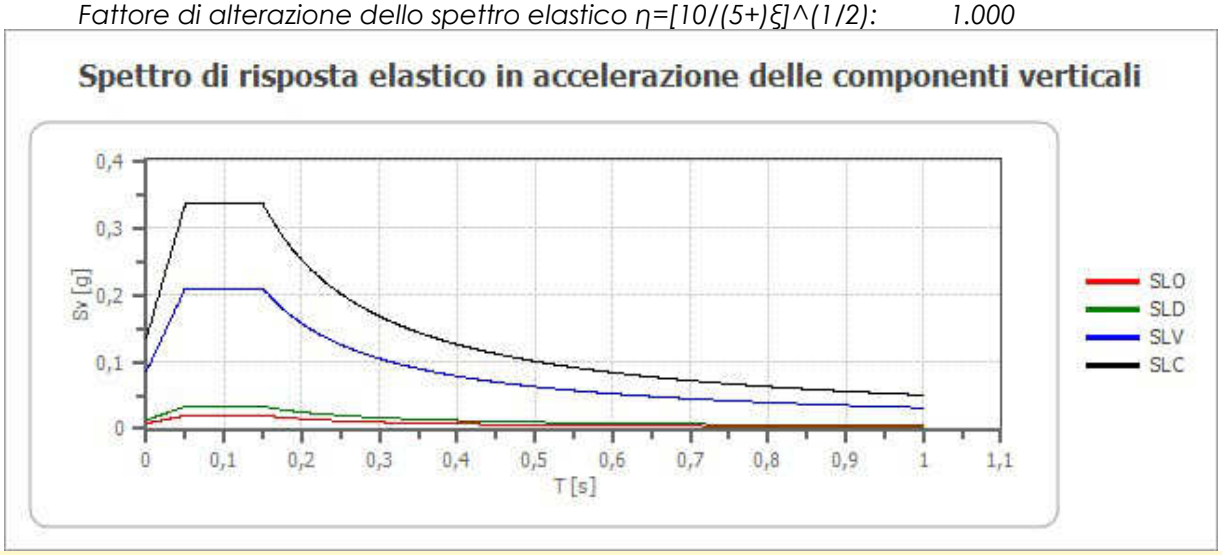
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0,026	2,465	0,185	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,062	0,185	1,705	0,037	0,091
SLD	1.0	0,036	2,566	0,205	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,068	0,205	1,745	0,051	0,130
SLV	1.0	0,127	2,443	0,287	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,096	0,287	2,109	0,178	0,435
SLC	1.0	0,173	2,477	0,302	1,000	1,000	1,400	1,400	1,000	0,101	0,302	2,291	0,242	0,599

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+ξ)]^(1/2): 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

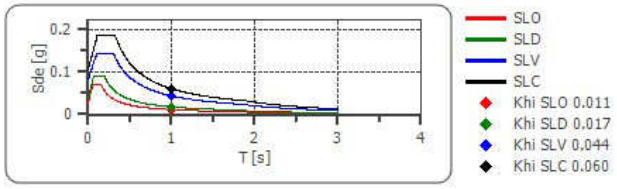
SLO	1.0	0,026	2,465	0,185	1	1,000	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,008	0,020
SLD	1.0	0,036	2,566	0,205	1	1,000	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,033
SLV	1.0	0,127	2,443	0,287	1	1,000	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,086	0,210
SLC	1.0	0,173	2,477	0,302	1	1,000	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,136	0,336

Spettro di progetto

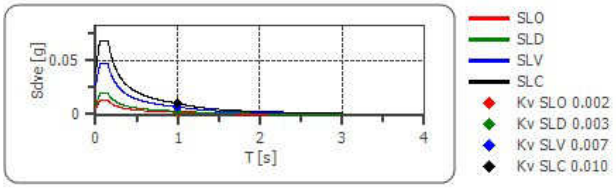
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50
Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50
Periodo fondamentale T: 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.017	0,018	0,083	0,121
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.003	0,003	0,021	0,034

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1.0	0.019	2.593	0.158	1.000	1.000	1.400	1.400	1.000	0.053	0.158	1.676	0.027	0.069
SLO verticale	1.0	0.019	2.593	0.158	1.000	1.000	1.400	1.400	1.000	0.050	0.150	1.000	0.005	0.013
SLD orizzontale	1.0	0.025	2.546	0.194	1.000	1.000	1.400	1.400	1.000	0.065	0.194	1.701	0.035	0.090
SLD verticale	1.0	0.025	2.546	0.194	1.000	1.000	1.400	1.400	1.000	0.050	0.150	1.000	0.008	0.019
SLV orizzontale	1.0	0.059	2.614	0.305	1.000	1.000	1.400	1.400	1.500	0.102	0.305	1.834	0.082	0.143
SLV verticale	1.0	0.059	2.614	0.305	1.000	1.000	1.400	1.400	1.500	0.050	0.150	1.000	0.027	0.047
SLC orizzontale	1.0	0.075	2.648	0.325	1.000	1.000	1.400	1.400	1.500	0.108	0.325	1.900	0.105	0.186
SLC verticale	1.0	0.075	2.648	0.325	1.000	1.000	1.400	1.400	1.500	0.050	0.150	1.000	0.039	0.069

6. PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI E GEOMECCANICI DELLE ROCCE

I parametri geotecnici e geomeccanici medi utilizzati per le verifiche stabilità sono i seguenti:

Coltri detritiche superficiali

- γ_{medio} = *18 KN/m³;*
- $\varnothing_{medio}$ = *21-23°;*
- C_{medio} = *10 KPa.*

Ammasso roccioso

- γ_{medio} = *25 KN/m³;*
- $\varnothing_{medio}$ = *30°;*
- C_{medio} = *75 KPa.*

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

Terreni di riempimento già presente in sito - STRATO I – da 0.0 a fino all'ammasso roccioso perle verifiche espressamente richieste dalla Regione Liguria derivanti da prove in situ DPSH:

- γ_{medio} = 18 KN/m³;
- $\emptyset_{medio}$ = 35°;
- C_{medio} = 30 KPa.

Ammasso fratturato alla base del piazzale

- γ_{medio} = 19 KN/m³;
- $\emptyset_{medio}$ = 30°;
- C_{medio} = 50 KPa.

7. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

In base alle indagini svolte nonché ai rilievi esperiti direttamente in sito, per l'area d'intervento è possibile individuare il seguente modello geologico:

"Substrato costituito da materiali di riporto a tessitura prevalentemente fine e finissima con clasti eterogenei ed eterometrici derivanti dall'attività di scavo cui sono stati sottoposti. Il sito, nel suo complesso, è caratterizzato, per la maggior parte da ammasso roccioso carbonatico con subordinate liste di selce, che risulta soggetto a fenomeni duttili plicativi e sistemi di fratturazione ripetitivi. La roccia si presenta sia in stratificazione sia, localmente, massiva.

8. MODELLO GEOTECNICO E GEOMECCANICO DEL SITO

In base alle indagini svolte nonché ai rilievi esperiti direttamente in sito, per l'area d'intervento è possibile individuare il seguente modello geologico:

"Il sito è caratterizzato, per la maggior parte da ammasso roccioso carbonatico con subordinate liste di selce, che risulta soggetto a fenomeni duttili plicativi e sistemi di fratturazione ripetitivi. La roccia si presenta sia in stratificazione sia, localmente, massiva.

9. MODELLO IDROGEOLOGICO DEL SITO

In base alle indagini e alle ricerche svolte nonché ai rilievi esperiti direttamente in sito, per il sottosuolo dell'area d'intervento è possibile individuare il seguente modello idrogeologico:

"In superficie sono presenti riporti eterogenei e eterometrici, prevalentemente a tessitura fine con capacità di drenaggio per porosità medio bassa - bassa sovrapposti ad un ammasso roccioso generalmente impermeabile nella porzione Sud e permeabile per fratturazione nelle zone Nord a causa della presenza di famigli di discontinuità.".

10. RISPOSTA AL QUESITO 1 a).

Per quanto attiene alle verifiche da svolgere al fine della stabilità del canale in relazione al fatto che alcune parti sono previste in materiale fine e finissimo, si segnala, prioritariamente, che l'interesse è quello di evitare l'infiltrazione in profondità, essendo il sedime di imposta costituito prevalentemente di materiali fini e molto addensati posti sopra l'ammasso roccioso, e favorire, nel contempo, lo scorrimento delle acque.

Le verifiche sono state rimandate, inoltre, a causa dell'avvio del procedimento di verifica di assoggettabilità alla VIA cui è stato sottoposto l'intervento in progetto, in quanto prima di avviare ulteriori attività onerose si è ritenuto opportuno acquisire il relativo titolo soprattutto al fine di adeguare, eventualmente, la campagna di indagini stessa. Si rappresenta, comunque, che nel sito in esame per quanto il sedime di imposta del futuro alveo sia costituito da materiali di riporto

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

sovrapposti alla roccia in posto, è prevalente un'intensa attività erosiva a causa della scarsa regimazione delle acque rispetto a fenomeni di dissesto meccanico (fenomeni di crollo, rotazionali, ecc..) non presenti nell'areale d'interesse.

Al fine di soddisfare la richiesta e comunque sviluppare un'indagine necessaria per la determinazione delle caratteristiche tecniche dei materiali presenti, sono state effettuate delle prove in posto DPSH mediante penetrometro superpesante in quanto lo sviluppo di sondaggi a rotazione risultava poco praticabile a causa della mancanza di approvvigionamento d'acqua nella parte posta più a monte dell'area di cava dove si attua l'intervento.

Tra le prove svolte come anticipato prima, si è scelto di utilizzare la n° 5 al fine di redigere la stratigrafia in corrispondenza della sezione utilizzata per le verifiche di stabilità oggetto della richiesta da parte della Regione Liguria e oggetto della presente.

Dall'indagine svolta si ottengono per la colonna di terreno di riempimento già presente in sito ed oggetto di rimodellamento le seguenti caratteristiche medie utilizzate per la verifica di stabilità:

Terreni di riempimento già presente in sito - STRATO I – da 0.0 a fino all'ammasso roccioso

- γ_{medio} = *18 KN/m³;*
- $\varnothing_{medio}$ = *35°;*
- C_{medio} = *30 KPa.*

Tali risultanze affinano i contenuti della back analysis effettuata con lo sviluppo della precedente indagine già in atti e qui, per semplicità richiamata.

STABILITA' DELLE OPERE DI RECUPERO AMBIENTALE

In questa sede si è valutata, in modo preliminare, la stabilità delle opere di recupero ambientale destinate al rimodellamento finale del sito di coltivazione, a tal fine è stata verificata la sezione di progetto n° 5, in condizioni sismiche (rilevati e fronti di scavo), che interessa il sito nella sua globalità che seppure localmente non perfettamente parallela alla linea di maggior pendenza vi si avvicina maggiormente rispetto a tutte le altre rappresentative del progetto.

La verifica di stabilità è stata eseguita con il metodo di Bishop sul versante, ipotizzato perfettamente drenato e completamente sprovvisto di acque sotterranee (dovrà essere garantita la totale assenza di infiltrazione delle acque superficiali e la captazione ed allontanamento delle acque che potrebbero raggiungere in profondità il sito di intervento attraverso l'ammasso roccioso).

La verifica di stabilità globale consente di calcolare un coefficiente di sicurezza in condizioni statiche ed in condizioni sismiche che risulta essere rispettivamente **Fs pari a 1,0 e Fs pari a 0,97** e pertanto il versante, nelle ipotizzate condizioni di intervento in condizioni statiche appare stabile, ma in caso di evento sismico manifesta valori leggermente inferiori all'unità.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

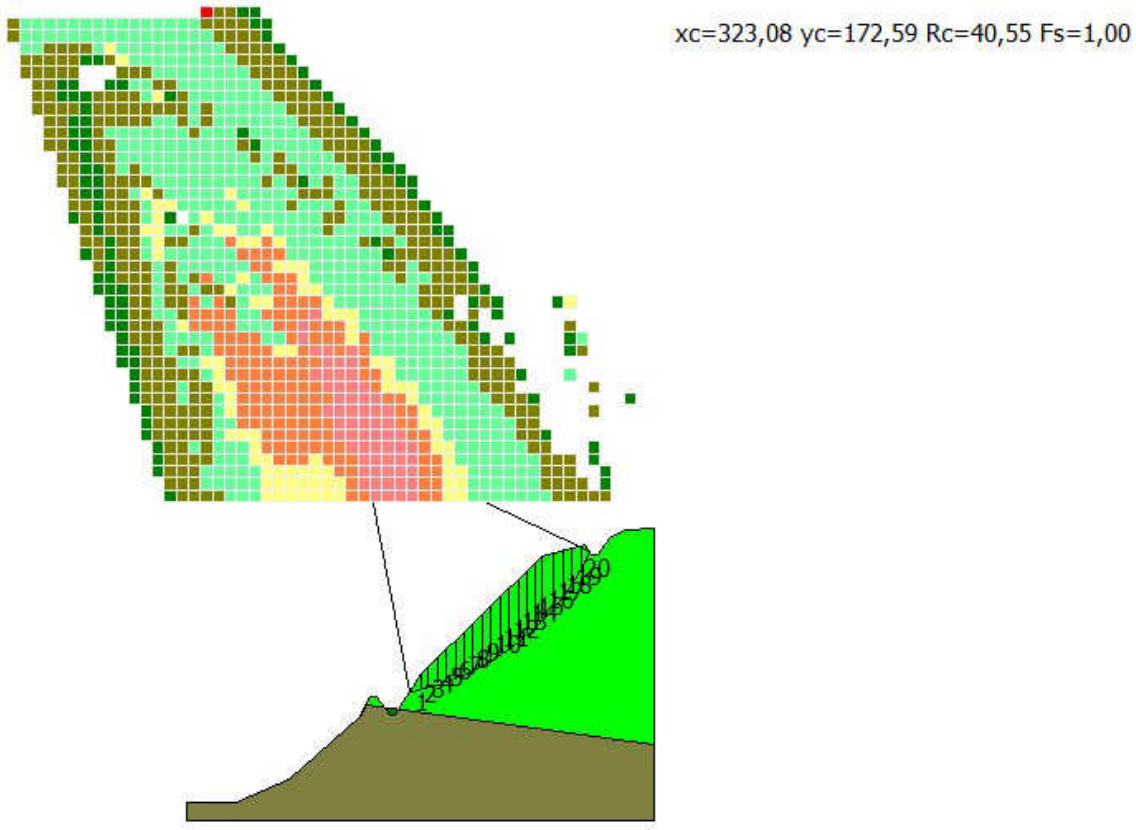


Figura 5.2: Verifiche di stabilità globale del versante in condizioni statiche su sezione n° 5 (A-B).

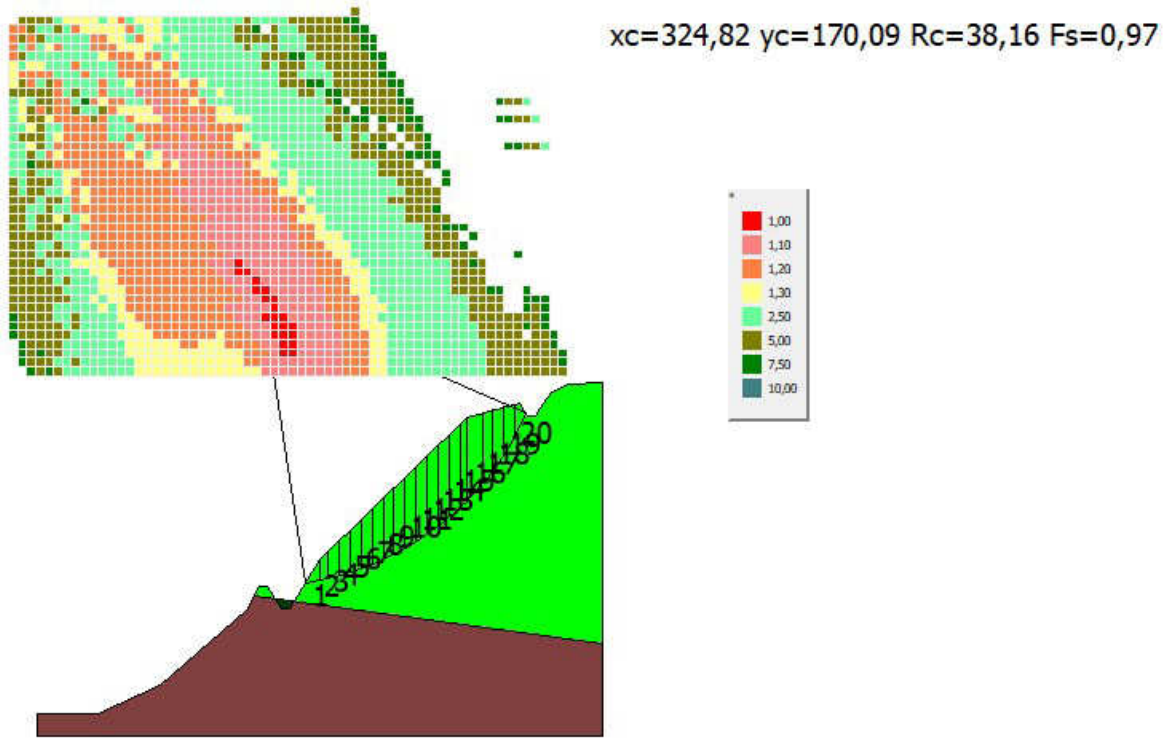


Figura 5.3: Verifiche di stabilità globale del versante in condizioni sismiche su sezione n° 5 (A-B).

Dalle verifiche effettuate emerge che in linea di massima l'intervento non determina problematiche di stabilità al sito. Pur tuttavia, come già considerato nella precedente fase di progettazione, le sponde del canale e le relative scarpate, soprattutto nei tratti a maggiore

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

pendenza, dovranno essere soggette ad opere di miglioramento delle caratteristiche meccaniche quali, a titolo di esempio, posa di reti antierosione, scogliere, posa di materiali impermeabilizzati sul fondo del canale soprattutto volti ad evitare l'infiltrazione delle acque (raggiungendo, nel contempo, in condizioni sismiche, un valore di Fs pari almeno all'unità).

11. RISPOSTA AL QUESITO 1 b).

In relazione al punto b) si segnala che la confluenza tra Rio Crosu e il Rio Moglie è stata studiata nella verifica idraulica riferita alla reinalveazione e risulta in atti.

Detta confluenza è già esistente in quanto l'ultimo tratto del corso d'acqua (Rio Crosu) si sovrappone all'attuale canale di allontanamento delle acque derivanti dal piazzale di cava, e recapita i deflussi del rio che, attualmente hanno determinato il lago a monte. Lo stesso canale verrà adeguato in base alla verifica idraulica ai deflussi del Rio Crosu, come rappresentato sia nella verifica idraulica sia negli elaborati di progetto già agli atti dell'Ing. Giovanni De Cicco.

È tuttavia necessario precisare che la confluenza con il Rio Moglie e le sue dinamiche idrauliche sono strettamente vincolate alla portata del Torrente Pennavaire, infatti, la confluenza è stata studiata imponendo come condizione al contorno la piena massima di progetto T=200 del Torrente Pennavaire (derivante da un studio idraulico anch'esso già presentato in atti riferito al mantenimento del guado da accesso alla cava) che, evidentemente in caso di piena impedisce un regolare deflusso del Rio Moglie già in stato attuale. Tale problematica può essere risolta soltanto, come si è proposto, con la formazione di laghetti e salti di fondo che riducono la velocità ed al contempo determinano dei piccoli storage a lento rilascio in modo da evitare un surplus di deflussi in caso di piena. Infine, si segnala che le aree extra cava che sono soggette ai lavori di cui in narrativa risultano nella disponibilità giuridica dei Proponenti anche se afferenti ad altra società; per cui se necessario la Proprietà è disponibile a fornire apposita documentazione.

12. RISPOSTA AL QUESITO 1 c).

La pericolosità individuata dalla pianificazione generale di bacino in relazione alla suscettività al dissesto della parte alta della cava è stata valutata adeguatamente anche nella fase precedente, in particolare, la zona perimetrata come a suscettività al dissesto molto elevata risulta posta ad una tale distanza dalle opere in esame che non può esservi interferenza con le stesse. Inoltre, come dichiarato dal Settore Difesa del Suolo non esiste una perimetrazione di quell'area come "frana" né una scheda di rilevamento, e, pertanto, risulta un errore materiale di rappresentazione.

Al fine di risolvere questa problematica che incide sulla possibilità di proseguire con le attività previste e con i vincoli che insistono sulla possibile gestione del sito, si è provveduto alla richiesta di riperimetrazione avviata presso l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale che, seppur ancora in itinere, risulta in fase avanzata con accoglimento della richiesta da parte dell'Autorità stessa.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

13 SINTESI E CONCLUSIONI

L'intervento in progetto si colloca tra gli interventi di rinalveamento di un corso d'acqua, ancorché provvisorio ammissibili nel contesto in esame. Gli studi già svolti sono stati integrati con le indagini richieste che hanno comunque confermato i dati ottenuti con la back analysis predisposta a suo tempo e ad oggi affinata.

Le verifiche idrauliche in atti prendono già in considerazione la confluenza tra Rio Moglie e Rio Crosu nella sua nuova posizione, e il Torrente Pennavaire con l'evidenza delle criticità indotte da una piena duecentennale del torrente. A tali criticità si oppone la soluzione progettuale caratterizzata dalla formazione di laghetti e salti di fondo necessari a rallentare e trattenere, per quanto possibile, i deflussi del Rio Crosu, ritardandone l'immissione nel Rio Moglie.

La presenza della perimetrazione di un'area a molto alta pericolosità geomorfologica è stata considerata ed analizzata sia con sopralluoghi sia dal punto di vista documentale, ed è stata richiesta la rimappatura all'Autorità di Bacino che ha accolto la richiesta.

In conclusione, per l'esecuzione del rinalveamento si forniscono qui le seguenti prescrizioni operative:

- preliminarmente ad ogni operazione prevista si dovranno eseguire delle attività di ispezione e controllo delle strutture ed infrastrutture adiacenti al fine di evidenziare e risolvere qualsiasi criticità;
- tutte le operazioni dovranno essere eseguite in assenza di precipitazioni meteoriche;
- gli scavi e movimenti terra dovranno essere eseguiti con mezzi meccanici di idonee dimensioni, ma sempre con i presidi prescritti di sicurezza;
- non si potranno effettuare accumuli di materiale senza appositi contenimenti;
- tutte le acque sotterranee riscontrate in fase esecutiva dovranno essere captate e correttamente convogliate prima di proseguire con le operazioni previste;
- le opere di regimazione previste dovranno essere correttamente eseguite ed immorsate al fine di evitare alterazioni durante le eventuali piene dovute a piogge intense;
- Le zone soggette a maggior velocità dell'acqua dovranno essere trattate in modo tale da evitare il più possibile l'erosione del fondo e delle sponde del canale oltre che delle scarpate ad alta acclività;
- tutte le operazioni dovranno essere seguite da geologo abilitato o geotecnico al fine di verificare il rispetto delle precedenti prescrizioni operative.

In base alle risultanze dell'indagine eseguita, dal punto di vista unicamente geologico, l'intervento proposto risulta compatibile con la stabilità dell'area in esame e con l'attuale assetto idrogeologico dei luoghi. Sarà comunque cura del Progettista Geotecnico, durante le fasi esecutive e di completamento, provvedere a programmare gli accorgimenti tecnico costruttivi atti ad assicurare la tutela della pubblica e privata incolumità ed il non aumento del rischio.

Savona, li 14 giugno 2025

Dott.ssa Geol. Sabrina Santini (O.R.G.L. n° 338)

Dott. Geol. Alessandro Canavero (O.R.G.L. n° 268)

ALLEGATI: VERIFICHE DI STABILITA'

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

ALLEGATO 1

CONDIZIONI PSEUDOSTATICHE

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44,095294/8,100657
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	260,68 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	163,25 m
Ascissa vertice destro superiore xs	368,27 m
Ordinata vertice destro superiore ys	241,09 m
Passo di ricerca	20,0
Numero di celle lungo x	50,0
Numero di celle lungo y	50,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T4

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,25	2,47	0,19
S.L.D.	50,0	0,35	2,57	0,21
S.L.V.	475,0	1,25	2,44	0,29
S.L.C.	975,0	1,7	2,48	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Classe II

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,35	1,0	0,0357	0,0178
S.L.D.	0,49	0,47	0,0235	0,0117
S.L.V.	1,75	0,38	0,0678	0,0339
S.L.C.	2,38	1,0	0,2427	0,1214

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	295,0	114,94
2	303,0	115,0
3	311,3	118,7
4	322,8	128,7
5	324,5	131,9
6	325,5	131,9
7	327,5	128,9
8	328,5	128,9
9	332,6	135,5
10	352,1	154,5
11	359,1	156,4
12	360,1	154,7
13	361,1	154,7
14	362,1	156,4
15	363,3	157,8
16	365,5	158,8
17	370,0	159,0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	295,0	114,94
2	303,0	115,0
3	311,3	118,7
4	322,8	128,7
5	323,81	130,61
6	370,0	124,2

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia
1	0,3		30	1800	1800	Riporto
2	0,75		30	2500	2500	Ammasso roccioso

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	1,0
Ascissa centro superficie	323,08 m
Ordinata centro superficie	172,59 m
Raggio superficie	40,55 m

xc = 323,082 yc = 172,594 Rc = 40,551 Fs=1,00

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1,67	12,4	1,71	34,58	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	25,1	47,2
2	1,21	14,5	1,25	59,07	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	48,8	47,3
3	1,44	16,4	1,5	93,88	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	78,7	65,2
4	1,44	18,5	1,52	118,07	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	99,6	74,4
5	1,44	20,7	1,54	140,74	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	119,1	83,0
6	1,44	22,9	1,56	161,8	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	137,2	91,1
7	1,44	25,1	1,59	181,21	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	153,9	98,7
8	1,44	27,4	1,62	198,85	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	169,1	105,8
9	1,44	29,7	1,66	214,63	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	183,0	112,4
10	1,44	32,1	1,7	228,42	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	195,3	118,4
11	1,44	34,5	1,75	240,06	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	206,1	124,0
12	1,44	37,0	1,81	249,37	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	215,1	129,0
13	1,44	39,6	1,87	256,1	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	222,1	133,3
14	1,44	42,3	1,95	259,99	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	226,9	137,0
15	0,99	44,7	1,4	179,6	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	157,6	96,1
16	1,89	47,7	2,81	316,53	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	276,6	176,2
17	1,44	51,3	2,3	203,37	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	173,0	122,0
18	1,44	54,7	2,49	164,76	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	131,6	108,6
19	1,44	58,4	2,75	119,34	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	78,5	91,8
20	1,44	62,5	3,12	64,78	0,0	0,0	0,24	24,8	0,0	6,6	69,6

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

ALLEGATO 2

CONDIZIONI SISMICHE

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44,095294/8,100657
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	291,13 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	160,03 m
Ascissa vertice destro superiore xs	365,99 m
Ordinata vertice destro superiore ys	207,93 m
Passo di ricerca	20,0
Numero di celle lungo x	50,0
Numero di celle lungo y	50,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T4

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,25	2,47	0,19
S.L.D.	50,0	0,35	2,57	0,21
S.L.V.	475,0	1,25	2,44	0,29
S.L.C.	975,0	1,7	2,48	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Classe II

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,35	1,0	0,0357	0,0178
S.L.D.	0,49	0,47	0,0235	0,0117
S.L.V.	1,75	0,38	0,0678	0,0339
S.L.C.	2,38	1,0	0,2427	0,1214

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,068
Coefficiente azione sismica verticale	0,034

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	295,0	114,94
2	303,0	115,0
3	311,3	118,7
4	322,8	128,7
5	324,5	131,9
6	325,5	131,9
7	327,5	128,9
8	328,5	128,9
9	332,6	135,5
10	352,1	154,5
11	359,1	156,4
12	360,1	154,7
13	361,1	154,7
14	362,1	156,4
15	363,3	157,8
16	365,5	158,8
17	370,0	159,0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	295,0	114,94
2	303,0	115,0
3	311,3	118,7
4	322,8	128,7
5	323,81	130,61
6	370,0	124,2

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia
1	0,3		30	1800	1850	Riporto
2	0,75		30	2500	2500	Ammasso Roccioso



G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1					
2	0	0	0	1	0

Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it

Fs minimo individuato	0,97
Ascissa centro superficie	324,82 m
Ordinata centro superficie	170,09 m
Raggio superficie	38,16 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 324,817 yc = 170,09 Rc = 38,164 Fs=0,966

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1,94	10,3	1,97	47,93	3,26	1,63	0,3	30,0	0,0	36,4	68,1
2	0,98	12,5	1,01	54,59	3,71	1,86	0,3	30,0	0,0	45,2	48,1
3	1,46	14,4	1,51	104,33	7,09	3,55	0,3	30,0	0,0	86,8	81,5
4	1,46	16,7	1,53	130,59	8,88	4,44	0,3	30,0	0,0	108,5	92,7
5	1,46	19,0	1,55	155,2	10,55	5,28	0,3	30,0	0,0	128,6	103,2
6	1,46	21,3	1,57	178,1	12,11	6,06	0,3	30,0	0,0	147,1	113,0
7	1,46	23,7	1,6	199,21	13,55	6,77	0,3	30,0	0,0	163,9	122,1
8	1,46	26,1	1,63	218,43	14,85	7,43	0,3	30,0	0,0	179,3	130,5
9	1,46	28,6	1,66	235,67	16,03	8,01	0,3	30,0	0,0	193,0	138,3
10	1,46	31,1	1,71	250,76	17,05	8,53	0,3	30,0	0,0	205,1	145,4
11	1,46	33,7	1,76	263,56	17,92	8,96	0,3	30,0	0,0	215,5	151,9
12	1,46	36,4	1,82	273,82	18,62	9,31	0,3	30,0	0,0	224,0	157,6
13	1,46	39,2	1,89	281,32	19,13	9,56	0,3	30,0	0,0	230,4	162,6
14	1,46	42,1	1,97	285,71	19,43	9,71	0,3	30,0	0,0	234,5	166,7
15	0,98	44,6	1,37	191,52	13,02	6,51	0,3	30,0	0,0	157,4	113,1
16	1,95	47,8	2,9	354,92	24,13	12,07	0,3	30,0	0,0	288,8	217,3
17	1,46	51,8	2,36	226,47	15,4	7,7	0,3	30,0	0,0	177,6	148,3
18	1,46	55,5	2,58	185,6	12,62	6,31	0,3	30,0	0,0	134,8	132,5
19	1,46	59,6	2,89	136,73	9,3	4,65	0,3	30,0	0,0	78,7	112,4
20	1,46	64,3	3,37	73,36	4,99	2,49	0,3	30,0	0,0	-4,0	83,

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax. 019/2051420; Tel. 019813843 - e-mail: geolab@studiogeolab.it- Website: www.studiogeolab.it