

PROCEDURE 2° LIVELLO

Il secondo livello è obbligatorio per i comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, e nelle aree a pericolosità sismica locale individuate attraverso il 1° livello suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4) e interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Per i comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato nelle aree a pericolosità sismica locale z3 e Z4 nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della d.g.r. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche ad altre categorie di edifici.

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) e riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza.

La procedura consiste in un approccio semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di fattore di amplificazione F_a . Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore F_a sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Dall'elaborazione dei dati come previsto dalla normativa, il valore di F_a ottenuto per entrambi gli intervalli è inferiore al valore di soglia corrispondente.

Pertanto la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1). I dati stratigrafici, geotecnici e geofisici utilizzati in questa procedura di 2° livello presentano la seguente attendibilità:

DATI	ATTENDIBILITA'	TIPOLOGIA
<i>Litologici</i>	bassa	Da dati di zone limitrofe
	alta	Da prove in sito
<i>Stratigrafici</i>	media	Da prove penetrometriche
<i>Geofisici</i>	bassa	Sismica in zone limitrofe con stesse caratteristiche litologiche

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5 ; (è la Magnitudo Momento M_w)
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g; (a_{gmax})
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali (misura riferita al valore medio stagionale. Nell'EC 8, invece, si fa riferimento alle condizioni prevalenti durante il periodo di vita dell'opera);
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c^* < 3,5$ e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Pertanto per accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g; (a_{gmax}) non risulta necessario effettuare una verifica alla liquefazione.

Considerate le caratteristiche dell'area in esame si escludono fenomeni di liquefazione.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO MORFOLOGICO IDROGEOLOGICO

La zona esaminata si trova tra i comuni di Esino Lario-Varenna e Lierna. In particolare l'opera in progetto parte dalla Cappella di S Pietro in Comune di Esino Lario dalla quota 933.36 per poi attraversare parte del territorio comunale di Varenna ed arrivare in Loc. Pascolo Mezzedo in Comune di Lierna alla quota di circa 876.00 m s.l.m.

Il tratto di versante ospitante l'area di studio è occupato dalla porzione occidentale del Monte Parolo, caratterizzato da tratti sub-verticali con substrato roccioso affiorante e zone da media ad alta acclività caratterizzate dalla presenza di depositi detritici di versante sciolti in superficie e prevalentemente cementati in profondità di spessore compreso tra 0.50 e 4.0 m.

Dal punto di vista litologico il tracciato della pista in esame interessa due litologie prevalenti caratterizzate dal substrato roccioso locale e dai depositi detritici di versante.

In particolare il substrato roccioso si presenta stratificato in orizzonti e banchi di spessore compreso tra 5 e 40 cm appartenenti alla nota Formazione del calcare di Esino.

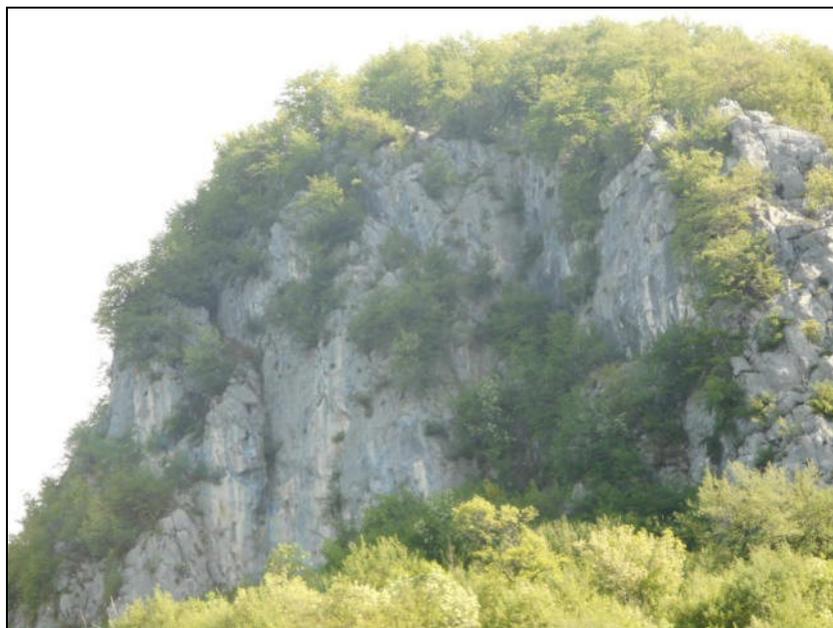


FIG. 16 particolare Cime Monte Parolo

Alla base delle parte sub verticali esistenti sono presenti versanti più o meno acclivi caratterizzati da depositi detritici di versante sciolti in superficie (primi 0.50 cm) e cementati in profondità.

Tali depositi caratterizzano prevalentemente l'intero tratto della pista in progetto e presentano spessore compresi tra 0.40 e 2.50 m.

L'idrologia superficiale lungo il tracciato della Pista in progetto risulta assente. L'unico corso d'acqua esistente appartenete alla rete idrica minore comunale di Lierna si trova a circa 100 metri verso Sud all'arrivo della pista in progetto presso l'alpe di Mezzedo.

Di seguito è riportato uno stralcio della carta morfologica:

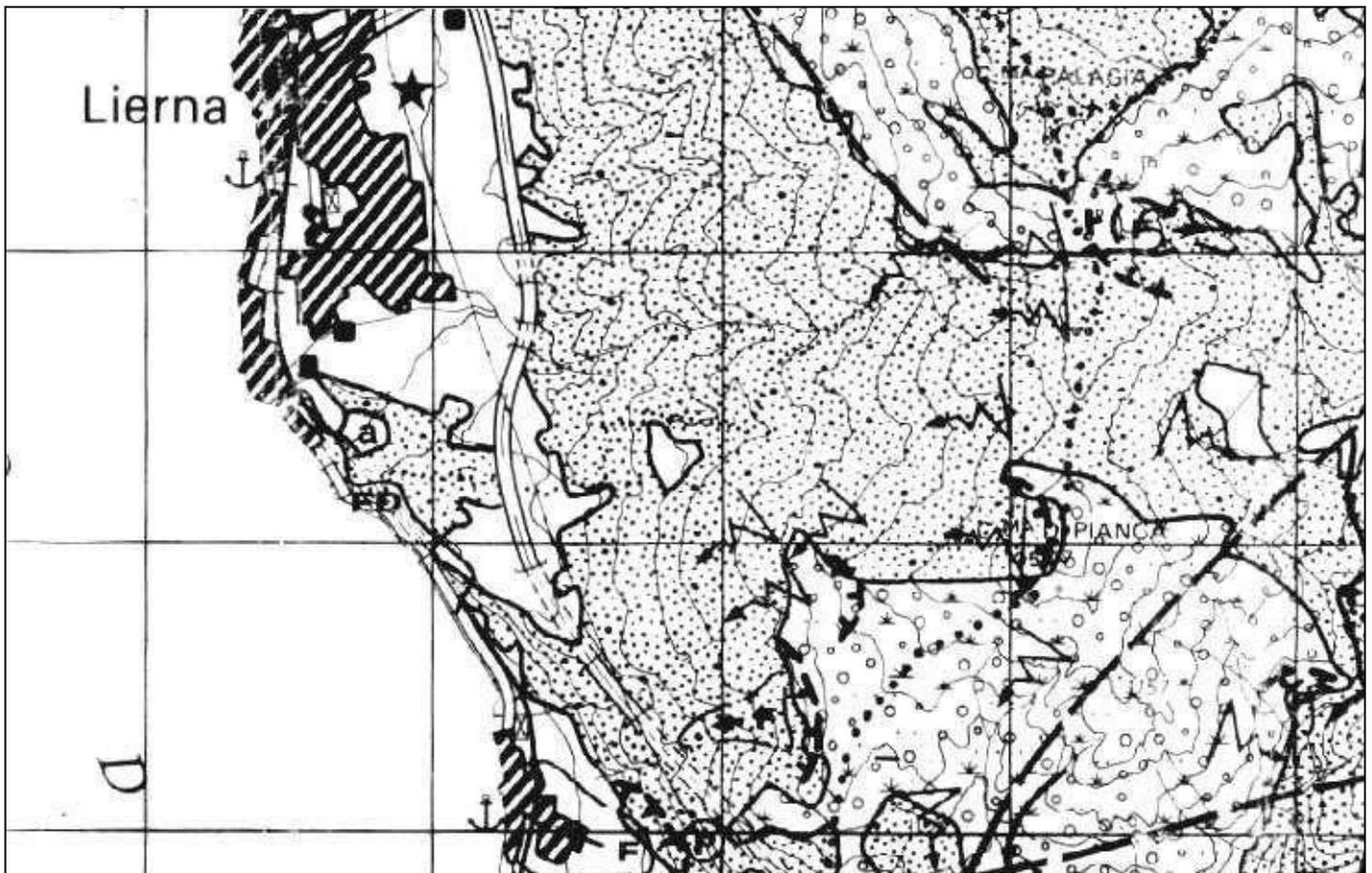


FIG.17 Stralcio della Carta Morfologica Regionale (scala 1: 50.000)

LEGENDA

Area edificata o urbanizzata: residenza, servizi o misto	■ a tipologia prev. residenziale, mista e servizi		Nicchia di frana recente	
Area edificata o urbanizzata: produttivo	□ area verde, parco-giardino		Frana recente attiva	
Case sparse			Nicchia di frana antica	
Area in trasformazione			Frana antica stabilizzata	
Nucleo residenziale	■ Complesso industriale		Area con franosità diffusa	
Complesso agro-zootecnico	● Complesso commerciale		Frana di dimensioni non cartografabili	
Impianto sportivo	▲ Servizi		Alveo abbandonato relativo a corsi minori	
Cascina	○ Campeggio		Linea di accrescimento fluviale, vecchia linea di costa	
Complesso misto residenziale-produttivo	△		Conoide di deiezione	
Area agricola	□ seminativo, pioppeto, prato-pascolo		Detriti sciolti, "ghiaioni"	
	□ legnose agrarie		Fenomeni carsici	
Bosco			Erosione diffusa	
Area incolta o sterile			Erosione incanalata	
Scarpata morfologica			Faglia o frattura principale	
Orlo di terrazzo fluviale			Linea spartiacque	
Circo glaciale			Linea di scorrimento di valanga	
Cresta di cordone morenico			Opera paravalanga	
Golena				
Alveo abbandonato situato allo stesso livello del p.c.				
Alveo abbandonato incassato rispetto al p.c.				
Erosione di sponda				

Di seguito è riportato uno stralcio della Carta Geologica d'Italia:

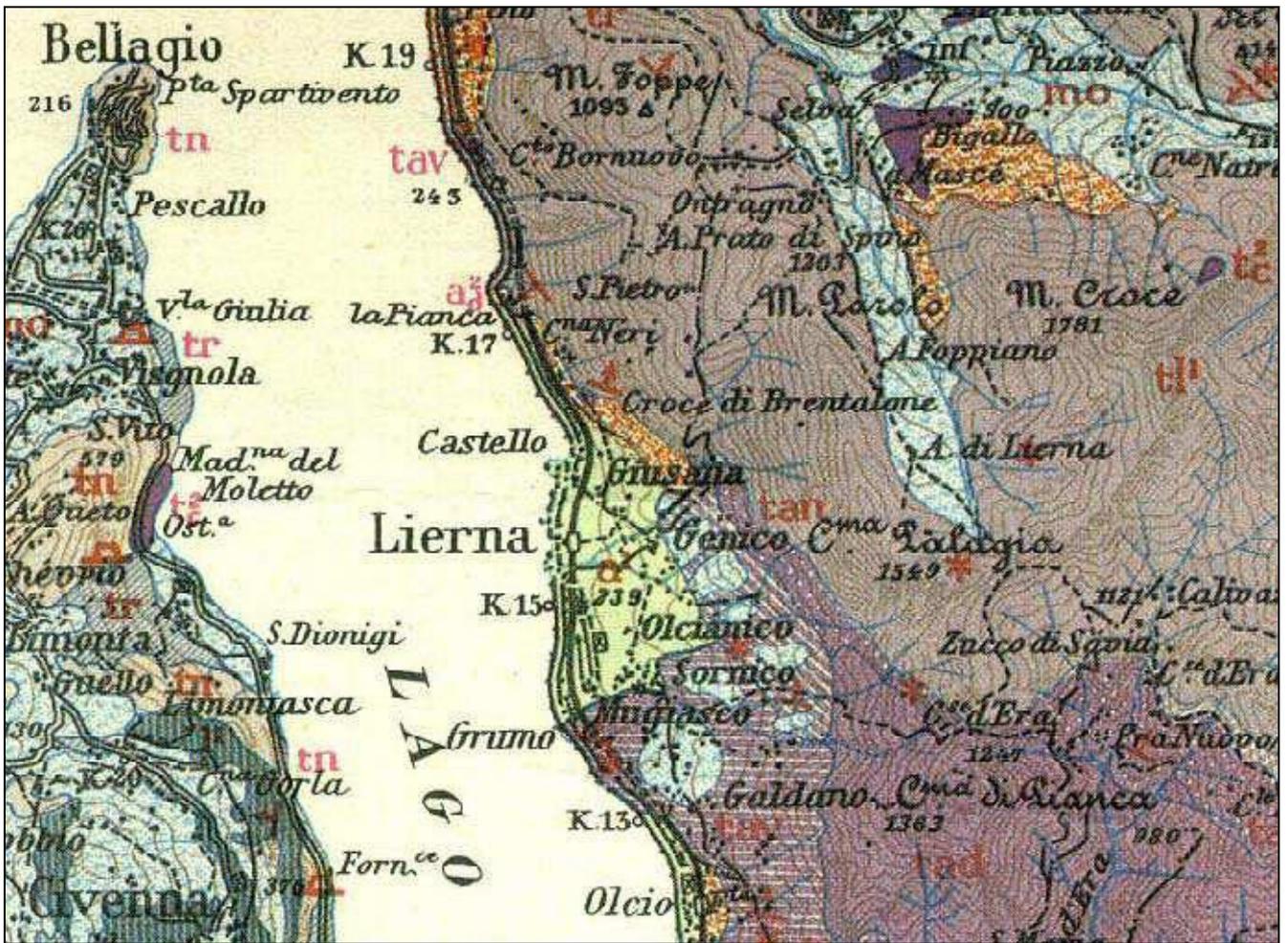
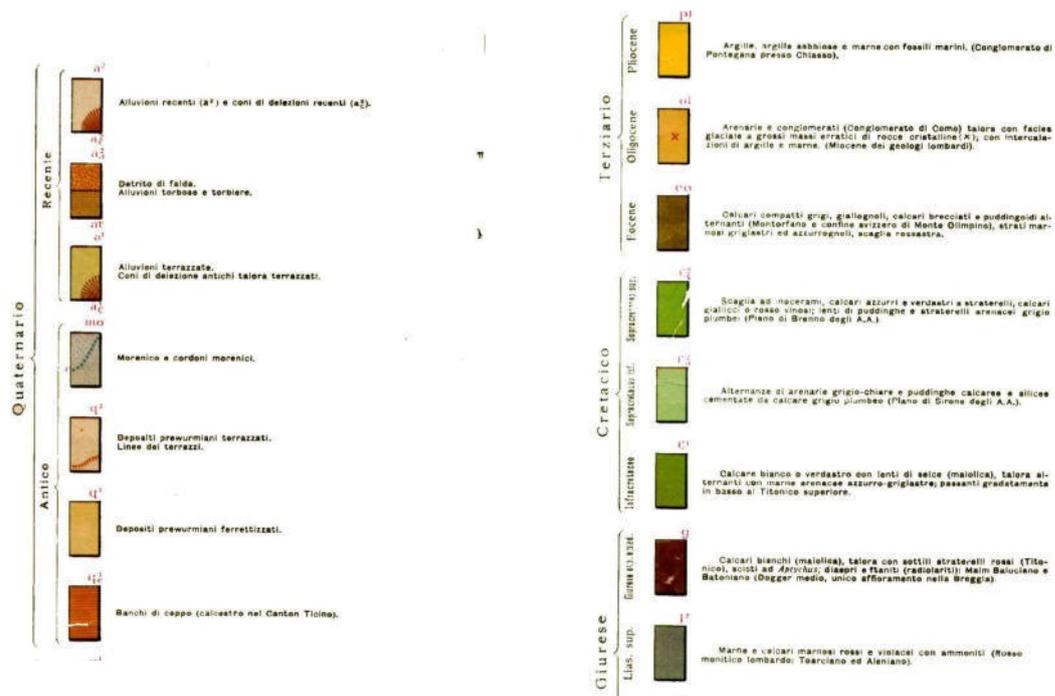


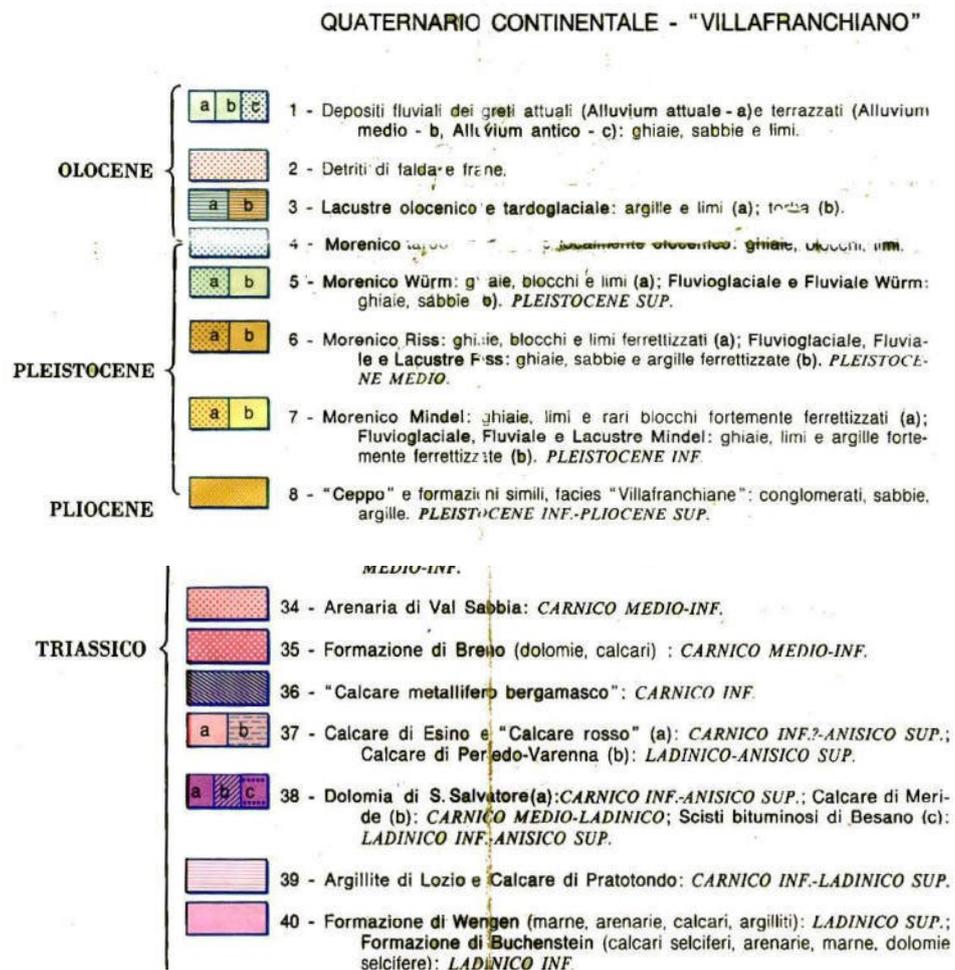
FIG. 18 Ingrandimento della Carta Geologica d'Italia - Foglio COMO- Scala 1: 50.000



Di seguito si riporta uno stralcio della carta geologica interessante la zona di studio:



FIG.19 Ingrandimento della Carta Geologica della Lombardia- CNR



5. STATO DI FATTO E INDAGINI ESEGUITE

Per il presente studio, in data 10 Maggio 2018, è stato effettuato un rilievo geologico morfologico di dettaglio lungo il tracciato della strada in progetto ed eseguiti due rilievi geologico strutturali di dettaglio con lo scopo di definire le caratteristiche geomeccaniche del substrato roccioso affiorante.

5.1 Rilievo geologico morfologico di dettaglio

Per verificare le condizioni geologico morfologiche di dettaglio in relazione alla presenza di un'area di fattibilità 4 caratterizzata da gravi limitazioni, è stato effettuato un rilievo di dettaglio che ha evidenziato quanto segue:

1. Dalla sezione 1 fino alla Sezione 6 il tratto di pista in progetto è caratterizzato dalla presenza del deposito detritico stabilizzato e parzialmente cementato con substrato roccioso affiorante solo localmente.

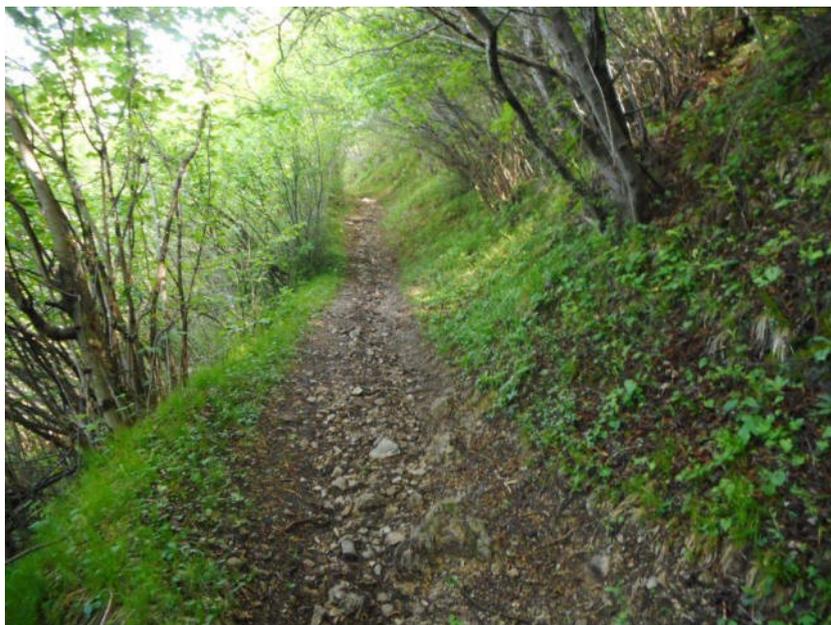


FIG.20 Primo tratto della Pista in progetto soggetta ad allargamento sul sentiero esistente

2. Dalla sezione 6 alla sezione 15 il tratto di pista in progetto prosegue all'interno del deposito detritico cementato con substrato roccioso sub-affiorante.

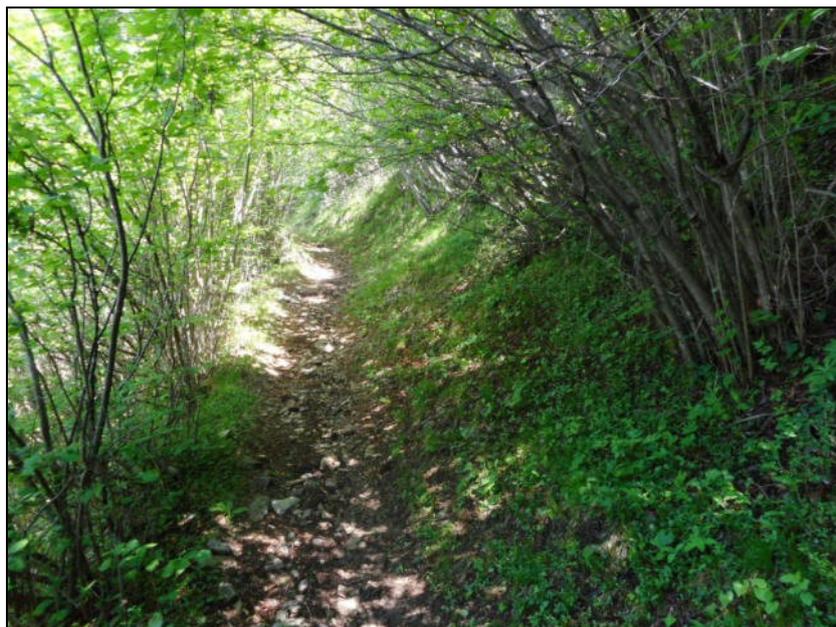


FIG.21 Secondo tratto della Pista in progetto soggetta ad allargamento sul sentiero esistente



FIG.22 Affioramenti del Substrato roccioso localizzato

3. Dalla sezione 16 alla sezione 23 la pista attraversa in curva una piccola cengia in substrato roccioso delimitata a monte da una parete sub-verticale.

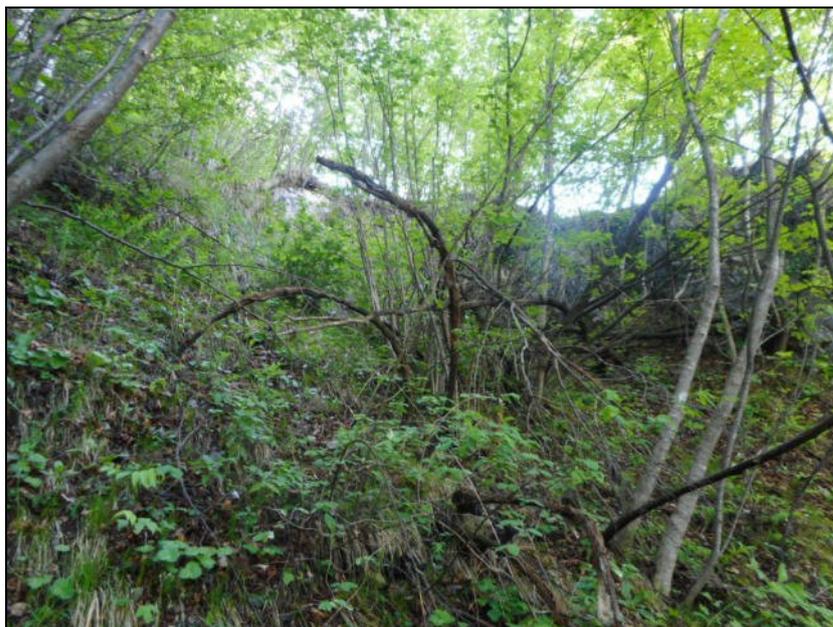


FIG.23 *Panoramica area in esame*



FIG.24 *Particolare substrato roccioso affiorante*

4. Dalla sezione 24 alla sezione 36 il tratto di pista è caratterizzato dalla presenza del substrato roccioso sub-affiorante e dai depositi detritico cementato.



FIG.25 *Panoramica area in esame con affioramento deposito cementato diffuso*



FIG.26 *Particolare Depositi Cementato*

5. Tra la sezione 40 e 44 viene realizzato l'unico tornante in corrispondenza della presenza del deposito detritico cementato a tratti di maggior spessore. Si stima uno spessore compreso tra 0.80 e 2.0 m con sottostante il substrato roccioso locale

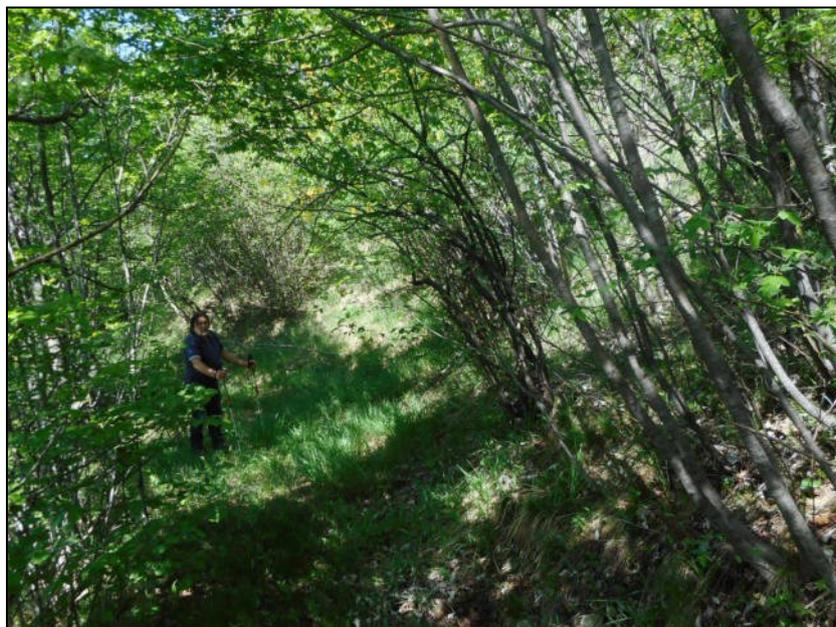


FIG.27 *Panoramica zona tornante in progetto*



FIG.28 *Particolare Substrato roccioso affiorante*

6. Tra la sezione 44 e 57 il tratto di pista in progetto è caratterizzato dalla presenza del deposito detritico stabilizzato e parzialmente cementato con substrato roccioso affiorante solo localmente.



FIG.29 *Panoramica ultimo tratto su sentiero esistente*

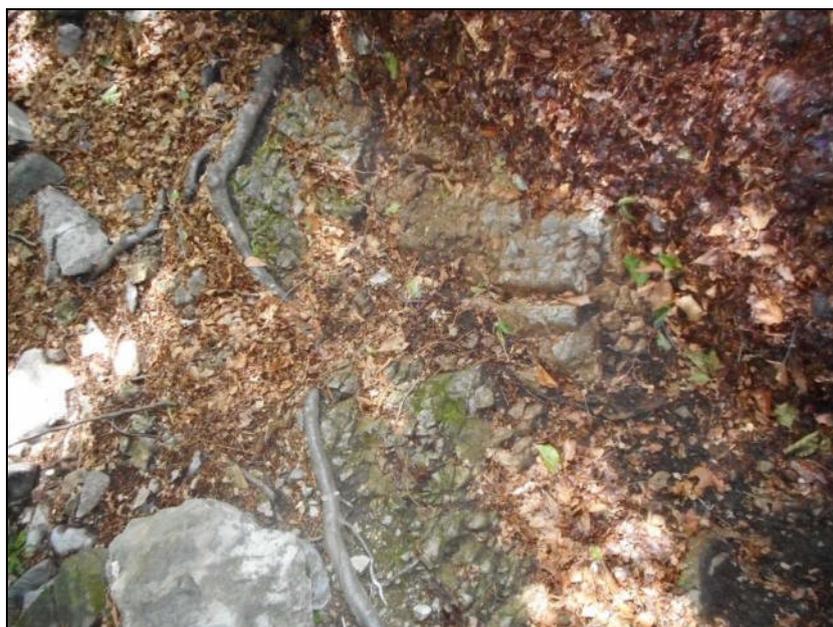


FIG.30 *Particolare Substrato roccioso affiorante*

7. Non sono presenti zone di instabilità attive o movimenti franosi o in dissesto. Come evidenziato dalla carta di sintesi del rischio geologico del Comune di Lierna il versante occidentale del monte Parolo è caratterizzato da versanti interessati da Dissesti quiescenti che però risultano non evidenziati dalla cartografia del Comune di Varenna. Allo stato attuale dei luoghi non sono presenti dissesti in atto.

5.1 Rilievo geomeccanico

Per caratterizzare un ammasso roccioso a comportamento rigido dal punto di vista meccanico è necessario eseguire una serie di operazioni che, nel loro insieme, costituiscono il rilievo geomeccanico. Nella pratica si distinguono rilievi geomeccanici speditivi, di dettaglio e di grande dettaglio. Nel primo caso vanno misurati soltanto alcuni parametri fondamentali, nel secondo tutti quelli necessari per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso e nel terzo ulteriori parametri richiesti esplicitamente dalla finalità del lavoro.

Un rilievo geomeccanico consiste come prima operazione nella descrizione della struttura dell'ammasso roccioso (pieghe, faglie, eteropie), lo stato di alterazione dell'ammasso roccioso e tutto quanto può servire per un inquadramento più generale (nome formazionale, litologia, particolari strutture sedimentarie, ecc.). In funzione della complessità strutturale dell'ammasso roccioso sarà necessario effettuare un certo numero di misure di immersione e inclinazione delle famiglie di discontinuità presenti. Il numero di misure da effettuare dovrà essere in funzione del grado di fratturazione dell'ammasso e dell'estensione areale dell'affioramento. L'orientazione dei piani di discontinuità delle famiglie andrà rappresentata attraverso opportune proiezioni stereografiche. Sono state individuati i maggiori sistemi di discontinuità, in base al loro orientamento generale nello spazio, e misurare quindi le giaciture dei giunti procedendo famiglia per famiglia.

MISURA DELLA SPAZIATURA

La spaziatura è la distanza media tra due discontinuità appartenenti alla stessa famiglia, misurata perpendicolarmente alle discontinuità stesse.

MISURA DELL'INTERCETTA

Lungo una traccia prefissata si misurano le distanze fra tutte le discontinuità che intersecano lo stendimento appartenenti a qualsiasi famiglia.

STIMA DELLA PERSISTENZA

La persistenza è l'estensione areale percentuale di una discontinuità.

IRREGOLARITÀ DELLE DISCONTINUITÀ MECCANICHE Una discontinuità è caratterizzata da irregolarità a grande scala (ondulazioni) e a piccola scala (rugosità). A grande scala si fanno osservazioni qualitative (superfici planari, regolari, ondulate, seghettate), a piccola scala si è conveniente utilizzare uno Shape Tracer (pettine di Barton). I profili, ottenuti attraverso l'adattamento alle irregolarità degli aghi mobili cui è costituito lo Shape Tracer, vanno confrontati con i profili di rugosità proposti da Barton ad ognuno dei quali corrisponde un coefficiente chiamato JRC (10 profili tipo con coefficienti variabili da 0-20 ad intervalli di 2). Il valore di JRC (Joint Roughness Coefficient - indice della scabrezza delle superfici dei giunti) può essere ottenuto anche in maniera sperimentale, attraverso le prove di scorrimento proposte da Barton e Choubey, 1977 (Tilt test):

L'angolo d'attrito di base della roccia è quello relativo ad una superficie della discontinuità perfettamente levigata ed è funzione solo della tessitura e della composizione mineralogica della roccia.

MISURA DELLA RESISTENZA SULLE SUPERFICI Si utilizza il Martello di Schmidt o sclerometro, costituito da un cilindro con punta rientrante, che misura la capacità del materiale di assorbire l'urto. L'indice del martello di Schmidt può essere correlato con la resistenza alla compressione delle superfici di discontinuità attraverso alcune relazioni.

MISURA DELL'APERTURA E DEL RIEMPIMENTO DELLE DISCONTINUITÀ

Le aperture si possono misurare con spessimetro o con calibro, ma è sufficiente distinguere le classi considerando i range di valori indicati nelle tabelle di classificazione (vedi parametro A4 della Classificazione di Beniaowski - che propone valori compresi tra 0 e 30 in funzione dell'apertura e del tipo di riempimento - e parametri Jr e Ja della Classificazione di Barton, valutati in modo molto meno soggettivo).

CONDIZIONI DI UMIDITÀ

La valutazione qualitativa delle condizioni di umidità che interessano l'ammasso roccioso è indispensabile per entrare nelle tabelle delle classificazioni, che assegnano coefficienti variabili a seconda delle condizioni idrauliche che caratterizzano l'ammasso roccioso stesso.

CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO "RMR"

Rock Mass Rating (Bieniawsky - 1973)

RILIEVO GEOMECCANICO N.1

Famiglie di discontinuità	Immersione (°)	Inclinazione (°)
<i>Fronte</i>		
<i>S</i>	170	35
<i>K1</i>	120	58
<i>K2</i>	258	5
<i>K3</i>		
Parametro	Dati di campagna	Valore
<i>Resistenza a compressione monoassiale (mpa)</i>	520	15
<i>Rqd%</i>	87	18
<i>Intercetta discontinuità (m)</i>	0,3	11
<i>Condizione idrauliche generali</i>	asciutto	15
<i>Condizioni delle discontinuità</i>		
<i>Persistenza/continuità</i>	>20m	0
<i>Apertura</i>	>5mm	1
<i>Rugosità/scabrezza</i>	striato	0
<i>Riempimento</i>	nessuno	6
<i>Alterazione</i>	inalterato	6
<i>Compensazione in funzione delle discontinuità</i>	indifferente	6
	3	-25
	R.M.R. base	72
	R.M.R. corretto	47
Classe (da RMR corretto)	III	
Descrizione	DISCRETA	



CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO "RMR"
Rock Mass Rating (Bieniawsky - 1973)

RILIEVO GEOMECCANICO N.2

Famiglie di discontinuità	Immersione (°)	Inclinazione (°)
<i>Fronte</i>		
<i>S</i>	180	10
<i>K1</i>	110	45
<i>K2</i>	270	3
<i>K3</i>		
Parametro	Dati di campagna	Valore
<i>Resistenza a compressione monoassiale (mpa)</i>	510	15
<i>Rqd%</i>	96	20
<i>Intercetta discontinuità (m)</i>	0,5	13
<i>Condizione idrauliche generali</i>	asciutto 1	15
<i>Condizioni delle discontinuità</i>		
<i>Persistenza/continuità</i>	>20m >5mm	0
<i>Apertura</i>	striato	1
<i>Rugosità/scabrezza</i>	nessuno	0
<i>Riempimento</i>	inalterato	6
<i>Alterazione</i>	indifferente	6
<i>Compensazione in funzione delle discontinuità</i>	3	-25
	R.M.R. base	76
	R.M.R. corretto	51
Classe (da RMR corretto)	III	
Descrizione	DISCRETA	



6. STRATIGRAFIA

Il rilievo geologico-morfologico eseguito lungo la pista in progetto e nelle aree limitrofe, ha evidenziato la presenza di depositi detritici di versante, costituiti da ciottoli e blocchi in matrice sabbiosa ghiaiosa spesso cementati.



FIG.31 Particolare Deposito cementato

Al di sotto del deposito cementato è presente il substrato roccioso di natura calcarea stratificato e spesso fratturato in superficie.

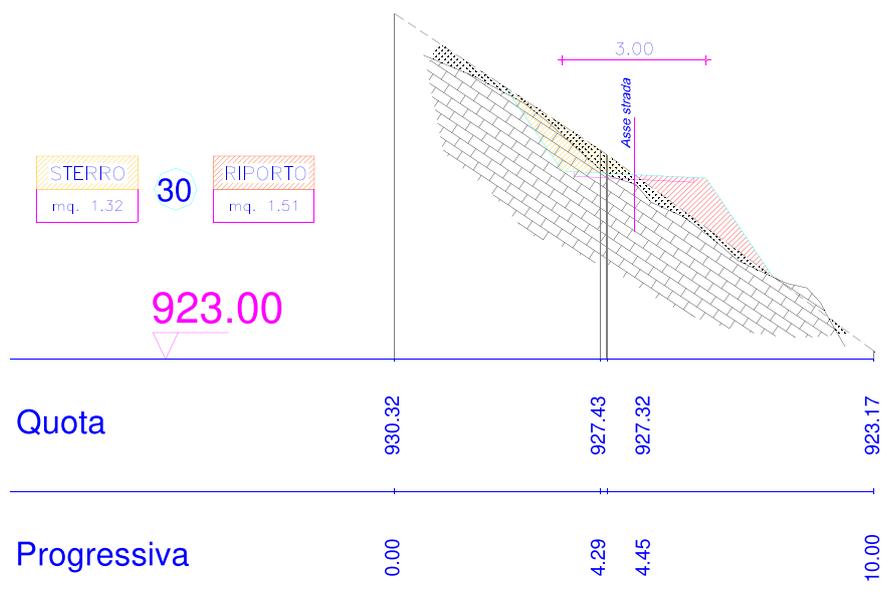
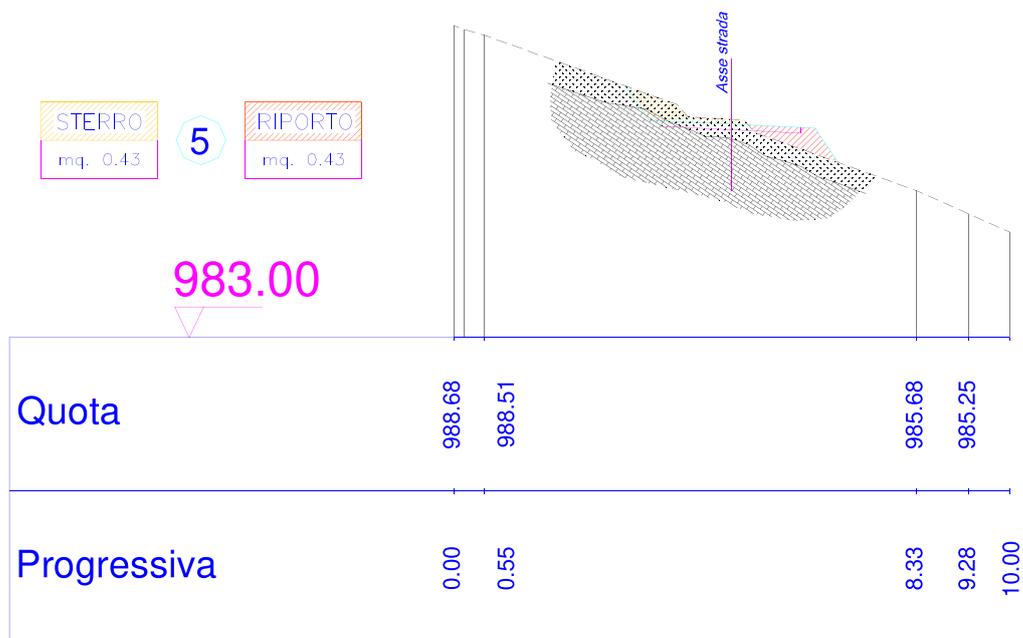


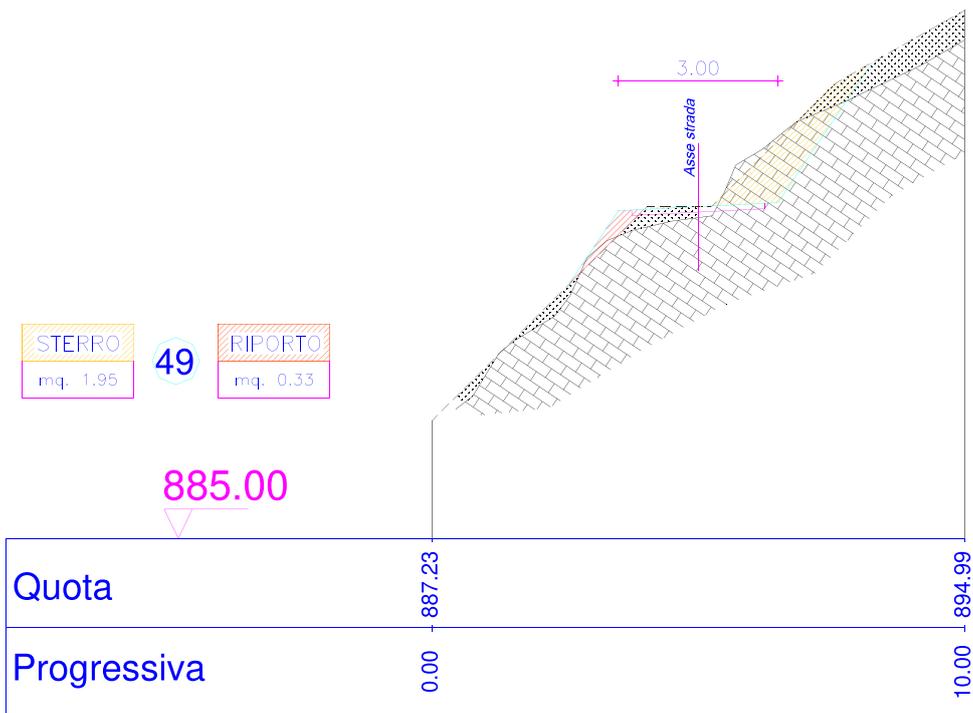
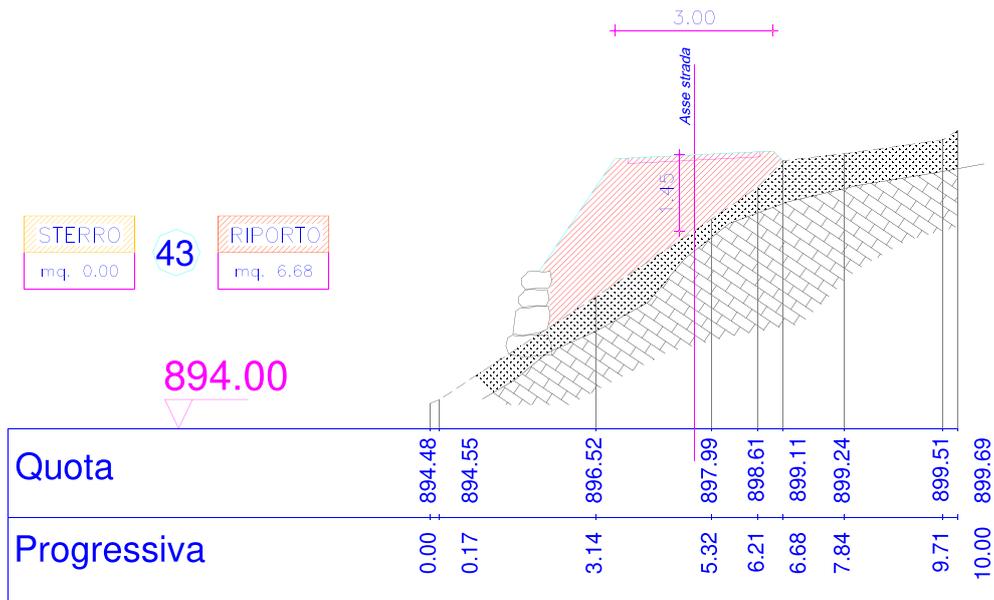
FIG.32 Particolare Substrato roccioso affiorante

Di seguito vengono riportati i risultati di tali deduzioni in un modello stratigrafico mediato:

Profondità in m dal p.c.	Orizzonte	Stato di addensamento / consistenza
da 0.0 a -0.40/-1.50	1	Deposito detritico cementato
Oltre -0.40/-1.50	4	Terreno molto addensato e/o blocchi e ciottoli

Di seguito si riportano sezioni tipo di progetto e stato di fatto

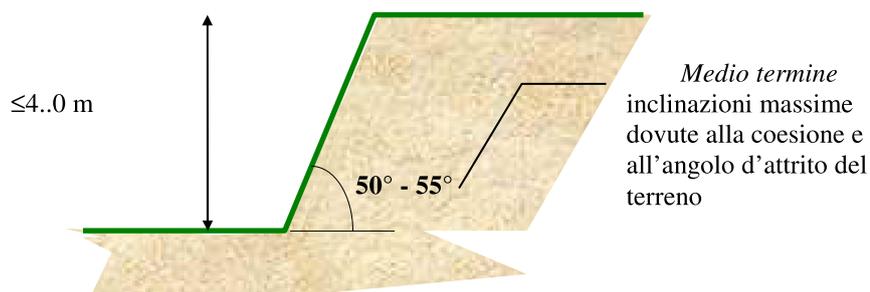




LEGENDA:

-  Substrato roccioso stratificato e fratturato superficialmente
-  Deposito detritico di falda cementato a tratti

7. STABILITÀ FRONTI DI SCAVO



La stabilità dei fronti di scavo è influenzata dall'altezza e inclinazione dei fronti, dall'angolo d'attrito, dalla coesione non drenata del terreno, dalla presenza di sovraccarichi, dalle condizioni

meteorologiche (variazioni di temperatura e precipitazioni), da eventuali venute di acqua dai fronti stessi e dal tempo nel quale lo scavo resterà aperto.

Nell'ambito della realizzazione del progetto, al fine di garantire stabilità ai fronti e la sicurezza agli operatori, si suggerisce per altezze ≤ 4.0 m di realizzare fronti di scavo con inclinazioni massime di 55° . Dove presente il substrato roccioso locale o il deposito cementato e compatto i fronti di scavo potranno avere anche inclinazioni di $60-65^\circ$.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E INTERVENTI CONSIGLIATI

Con incarico del **Dott. For. GIULIO ZANETTI per conto del SIGNOR BALBIANI**, è stata eseguita nel Comune di Lierna (LC), un'indagine geologico-tecnica ai sensi del D. M. 17.1.2018, della D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 e della D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001, per lavori di adeguamento della viabilità di accesso, anche a fini A.I.B., all'Alpe di Mezzedo nei territori comunali di Esino Lario, Lierna e Varenna (Lc). In particolare l'opera in progetto parte dalla Cappella di S Pietro in Comune di Esino Lario dalla quota 933.36 per poi attraversare parte del territorio comunale di Varenna ed arrivare in Loc. Pascolo Mezzedo in Comune di Lierna alla quota di circa 876.00 m slm (cfr. fig. 1).

Il progetto prevede la realizzazione di una manutenzione ed ampliamento della viabilità di accesso, in maniera tale da trasformare la mulattiera esistente in una strada Vasp, che permetta appunto di raggiungere con automezzi 4x4, veicoli di pronto intervento A.I.B., la bella località di mezza costa di loro proprietà.

Il tratto di pista in progetto attraversa un'area interessata prevalentemente da depositi detritici di falda a tratti spesso cementati con il substrato roccioso di natura calcarea affiorante localmente e sub-affiorante.

Dal punto di vista della pianificazione territoriale l'area ricade in zona di fattibilità 3 e 4. In particolare l'area di fattibilità 4 riguarda zone interessate da versanti molto acclivi caratterizzati da potenziali fenomeni gravitativi.

La Pista in progetto rientra tra le opere che possono essere realizzate in area di Fattibilità 4 come prevede la Normativa geologica di Piano.

“ Sono consentite, le opere di riqualificazione, ripristino e consolidamento della rete dei sentieri e dei percorsi, finalizzata al recupero dei luoghi e alla valorizzazione del territorio, con particolare riferimento all’accessibilità turistico - escursionistica delle peculiarità esistenti (alpeggi, Sentiero del Viandante, ecc...). “

Considerando il percorso in progetto si consigliano i seguenti interventi.

- Le opere previste di sostegno e di consolidamento del piede tramite scogliere in massi ciclopici, dovranno essere ancorate nel substrato roccioso locale tramite barre in ferro.
- Si dovrà limitare i riporti a valle della pista. Dove previsti dovranno essere riportati e consolidati attraverso costipazione meccanica o rinforzo al piede tramite posa cunettone in pietra ancorato nel substrato roccioso o nel deposito cementato
- In corrispondenza delle Sezioni 18 e 22 è presente un passaggio in corrispondenza di un costone in roccia delimitato da una piccola parete sub-verticale sul lato di monte. In corrispondenza di tale tratto si valuterà in fase esecutiva dei lavori l’eventuale posa di un piccolo rafforzamento corticale

Si rimane comunque a disposizione per qualsiasi chiarimento.

Osnago, Maggio 2018

Dott. Geol. Maurizio Penati



Dott.ssa Geol. Marialuisa Todeschini

