COMUNE DI FINALE LIGURE

Provincia di Savona



Riformulazione del progetto di P.U.O. del sub distretto di trasformazione DT1a - aree ex cava Ghigliazza a seguito del parere del Comitato VIA n.° 269/11

committente

CAVA ARENE CANDIDE SRL

Sede legale: Via Ferruccio Ferrari 4 - 42100 Reggio Emilia *Sede operativa:* Via Clementi 16 - 42100 Reggio Emilia

Tel. 0522.306086 Fax. 0522.935164 E.mail: melioli@intertechsrl.com

Presidente e legale rappresentante Giovanni MELIOLI

responsabile progettazione

arch. PierGiorgio CASTELLARI

Piazza del Popolo 3/8, 17100 Savona
tel 019 804597 - fax 019 8486939
e-mail archet@archet.it

arch. Valter CATTANEO

via Garibaldi 17, 17027 Pietra Ligure (SV)
tel 019 625320 - fax 019 629837
e-mail info@architettocattaneo.it

consulenza per le tematiche geologiche

prof. geol. Pietro MAIFREDI

via dei Giustiniani 26/1 16123 Genova
tel 010 2471157 - fax 0239 195539
e-mail maifredigeo@mclink.it

geol. Giorgio CONTI

via Ruffini 7/7 18038 Sanremo IM
tel 0184 541130 - fax 0184 541130
e-mail gio_conti@libero.it

oggetto

RELAZIONE GEOLOGICA

elaborato

E1

data agosto 2012

cod. 003003	percorso file /Documenti/Geologia/Lavori/Società/Cava Arene Candide srl/V.I.A./V.I.A.2012/relazione geologica Conti_Maifredi		redatto	corretto	approvato
rev1 agosto 2012	motivo	Riformulazione PUO a seguito parere Comitato VIA	Conti-Maifredi	Conti-Maifredi	Conti-Maifredi
rev2	motivo				
rev3	motivo				
rev4	motivo				
rev5	motivo				

COMUNE DI FINALE LIGURE (SV)

RELAZIONE GEOLOGICA

A CORREDO DEL P.U.O.

SUB DISTRETTO DI TRASFORMAZIONE DT1a

AREE EX CAVA GHIGLIAZZA – Società CAVE ARENE CANDIDE S.R.L.

INDICE

1. PREMESSA	Pag. 2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA	Pag. 4
3. APPROFONDIMENTI GEOGNOSTICI	Pag. 10
4. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI	Pag. 13
5. GOVERNO DELLE ACQUE SUPERFICIALI	Pag. 16
6. RAPPORTI CON I VERSANTI ROCCIOSI	Pag. 21
7. CARSISMO	Pag. 35
8. APPROFONDIMENTI IDROGEOLOGICI	Pag. 41
8.1 Piscina	Pag. 41
8.2 Drenaggio delle acque sotterranee	Pag. 42
8.3 Modello idrogeologico del comparto	Pag. 44
8.4 Il pozzo Ghigliazza	Pag. 48
9. ACCERTAMENTI SULLE GALLERIE	Pag. 52
9.1 Galleria della vecchia Aurelia	Pag. 52
9.2 Galleria ex ferrovia Ghigliazza	Pag. 53
10. RAPPORTI CON LA NORMATIVA SISMICA	Pag. 59
11. RAPPORTI CON LA NORMATIVA DEL PIANO DI BACINO	Pag. 62
12 RAPPORTI CON LA NORMATIVA SULLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	Pag. 64
13. CAUTELE DA ADOTTARE	Pag. 68
14. CONCLUSIONI	Pag. 69

Studio Associato Maifredi - Prof. Geol Pietro Maifredi - – Via Dei Giustiniani n. 26/1, 16123 GENOVA (GE)
Geostructura - Dott. Geol. Giorgio Conti – Via Ruffini n. 7/7, 18038 SANREMO (IM)

1. PREMESSA

Con la presente relazione gli scriventi aggiornano i precedenti elaborati per la prima stesura dello studio geologico ed idrogeologico a corredo del P.U.O. e del relativo SIA per il recupero ambientale e di trasformazione dell'area dell'ex Cava Ghigliazza di Finale Ligure (SV).

Si intende descrivere, riprendendo ed integrando quanto riportato negli studi già presentati, l'assetto geologico, la situazione dell'area dal punto di vista geomorfologico ed idrogeologico e le indicazioni di intervento di messa in sicurezza delle vaste aree occupate dall'attività di cava, oggi dismessa, del distretto di Cava Ghigliazza, attualmente di proprietà della Società Immobiliare Cava Arene Candide S.r.l. di Reggio Emilia.

In queste aree si prevede un importante intervento di risistemazione ambientale e di edificazione di strutture turistico-ricettive, residenziali e di interesse pubblico infrastrutturali e ludico-sportive in sostituzione di grandi volumetrie industriali molto degradate, per le quali è stato presentato un PUO e chiesto il nulla osta regionale ai sensi delle leggi vigenti in materia di Valutazione di Impatto Ambientale.

L'integrazione e l'aggiornamento degli elaborati si è resa necessaria perché le considerazioni, sia sotto l'aspetto urbanistico che geologico da parte dell'Ufficio Valutazione Impatto Ambientale della Regione Liguria, hanno portato ad un parere negativo, con nota n. 269 del 20 settembre 2011.

I Progettisti ed i consulenti incaricati dalla Proprietà, hanno riformulato il progetto seguendo le indicazioni di tale documento e la Proprietà ha richiesto ed ottenuto un parere preventivo favorevole per una nuova soluzione a minore impatto per il riassetto del territorio in funzione della futura urbanizzazione.

Il progetto di PUO è stato pertanto sottoposto ad una sostanziale revisione per quanto riguarda la sistemazione dell'area sotto l'aspetto geomorfologico, abbandonando il rimodellamento proposto dalla consulenza di Architetti esteri finanziata dalla Regione Liguria, non più accettata per sopraggiunti vincoli di diversa natura.

L'idea iniziale, condivisa dai nostri progettisti, proposta da detti architetti, era quella di abbattere sensibilmente la pendenza dei fronti da riqualificare, ma interessava marginalmente un'area SIC di interesse Comunitario. Le riprofilature nel progetto ora proposto riguardano la messa in sicurezza di porzioni molto limitate del fronte con volumi di scavo molto ridotti lungo i fronti.

Anche la documentazione geologica deve pertanto essere aggiornata e con l'occasione vengono dati i chiarimenti richiesti nella nota; la sistemazione proposta con la riformulazione del progetto richiede solo riprofilature relativamente modeste, e con l'eliminazione degli insediamenti in quota, può avvalersi per la sicurezza, di ampi valli che possono raccogliere eventuale materiale proveniente da monte. Va precisato che le pareti sistemate sono da considerarsi stabili alla verifica globale, ma, trattandosi di pareti in roccia, non si possono escludere modesti distacchi localizzati che sono del tutto innocui con la presenza dei valli di trattenuta lontani dagli insediamenti.

Con il riprendere della vegetazione anche questo rischio, invero modesto, viene ulteriormente molto ridotto in quasi tutta l'area, e comunque sono dettagliatamente descritti, negli allegati, i diversi interventi di messa in sicurezza previsti.

L'uso dei valli, ovunque possibile, viene privilegiato anche perché si condivide il parere regionale di limitare al massimo gli interventi di protezione con reti in aderenza e i disgaggi troppo spinti.

Le criticità rilevate dal Comitato V.I.A. con il parere citato sono state, come si vedrà, ricondotte ad un minor impatto e si confida al contempo di aver dato adeguata risposta alle problematiche geologiche sollevate.

Nel presente elaborato e nei suoi allegati si descrivono pertanto più specificatamente lo sviluppo delle procedure di messa in sicurezza e del quadro idrogeologico del comparto.

Tutte le considerazioni di natura geotecnica e geomeccanica, comprese le analisi di stabilità dei versanti sulle sezioni più significative attuali e di progetto, anche localmente nei tratti maggiormente critici, sono invece riportate in una specifica Relazione Geotecnica redatta dall'ing. Oscar Tonello e da uno degli scriventi (Conti) alla quale si rimanda.

Si è optato pertanto, seguendo le osservazioni regionali, per risagomare per motivi di sicurezza un breve tratto del versante senza interessare l'area SIC, intervenendo nella sua parte più elevata tramite modesti arretramenti e l'accorpamento dei tre gradoni più alti in due soli gradoni, con due falesie inclinate alte poco meno di 25 m, intervallate da gradoni che saranno ricoperti da terreno fertile con il bordo rialzato verso l'esterno, rivegetato, che costituirà un vallo di sicurezza al piede di ogni gradone.

Studio Associato Maifredi - Prof. Geol Pietro Maifredi - – Via Dei Giustiniani n. 26/1, 16123 GENOVA (GE)
Geostructura - Dott. Geol. Giorgio Conti – Via Ruffini n. 7/7, 18038 SANREMO (IM)

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

L'area interessata dal presente studio è posta ad Ovest del promontorio della Caprazoppa e si estende sino alla falesia ove si apre la Grotta delle Arene Candide ed è delimitata verso Nord dall'Altopiano Caprazoppa-Rocche dell'Orera.

L'assetto geologico della zona di interesse è legato in massima parte a due differenti formazioni rocciose calcaree: una, di età Cretacea, che rappresenta il substrato pre-terziario appartenente al Dominio Brianzonese, costituita dai depositi pelagici mesozoici dei "Calcari di Val Tanarello", nelle sue diverse facies, e l'altra, trasgressiva sulla precedente, di origine detritico-organogena e di età oligo-miocenica, detta Pietra di Finale. Su di esse si trovano modeste coperture detritiche più recenti, Quaternarie e attuali, in parte connesse all'attività antropica legata alla coltivazione della cava ed all'indiretto ripascimento costiero della spiaggia a valle della Statale Aurelia, dove per molti anni sono state scaricati gli inerti non utilizzati per la produzione di calce.

Entrando nella descrizione di dettaglio della successione geologico-stratigrafica, i litotipi riconoscibili nella zona, dai più antichi ai più recenti, sono:

2.1 - I Terreni Mesozoici

La Formazione dei Calcari di Val Tanarello, rappresenta l'affioramento roccioso più importante dell'anfiteatro di cava, dal quale si ricavava calcare molto puro per la produzione di ottima calce e in piccola quantità per la produzione di carbonato di calcio purissimo usato nell'industria.

Erano la parte "utile" agli effetti dell'attività di cava; la Formazione della Dolomia di S. Pietro dei Monti, sottostante stratigraficamente, non affiora nell'ambito della cava, nemmeno al termine dell'escavazione.

I "Calcari di Val Tanarello (Malm, Giurassico Medio), sono costituiti da sedimenti calcarei quasi puri, di colore variabile dall'azzurro tenue al rosato e sono di ambiente marino pelagico, con stratificazione fine e regolare, abbastanza evidente.

Sono distinguibili a loro volta, in linea di massima, ma non facilmente sul terreno, in quanto vi sono facies molto variabili lateralmente, in tre diverse facies, quali:

i – una facies basale, nota come "Tanarello nocciola", che è rappresentata da un calcare ricco in silice, chiamato in gergo "vedrina", in passato non soggetto a coltivazione in quanto non utilizzabile per produrre calce e quindi solo recentemente sfruttato per il pietrisco ed inerti in genere.

ii. – una facies intermedia, definita “Tanarello azzurro”, massiccio e ceroide, che ha in genere appunto colore grigio chiaro-azzurro uniforme, con striature biancastre; rappresenta il litotipo sfruttato come materia prima per la calce e per la produzione di carbonato di calcio purissimo;
iii. – la facies superiore, definita “Tanarello rosato”, di interesse solo teorico perché non cartografabile per l’esigua estensione laterale verticale degli affioramenti; rappresenta il tetto discontinuo della facies principale, la precedente, e si riconosce alla mesoscala per una listatura a bande di spessore di 1-2cm discontinua, di colorazione marcatamente rosata.

Sotto il profilo geomeccanico in generale queste rocce presentano buona tenacità e compattezza nonostante il grado di fratturazione che localmente può diventare anche rilevante, con block sizing anche subdecimetrico con la formazione di detriti a spigoli vivi ed elevato angolo d'attrito.
Va precisato che le verifiche da noi effettuate su tutti i fronti indicano una resistenza meccanica alla compressione molto simile tra le due facies (di norma compresi tra 325 e 450 MPa ma con valori anche molto più elevati, sino ad 800 MPa) ed un angolo di attrito sui giunti che va da 38 a 45°, non particolarmente differenziato tra le due facies principali.
Anche il contenuto in carbonato di calcio non scende mai in maniera significativa nella formazione, se considerato agli effetti di un piano urbanistico, passando da un calcare puro, come si è detto, ad un calcare che comunque supera sempre 85-90%% in carbonato di calcio, come abbiamo verificato con numerosissime prove calcimetriche distribuite su tutti i fronti.
L'affioramento dei calcari di Val Tanarello presenta qui un'ampia piega, con asse Est-Ovest, e piano assiale poco inclinato, evidente anche dai plottaggi.
E' attraversato da due piani principali di faglia non attiva, con direzione quasi parallela alla costa.
Esistono alcune fratture di tensione, ("tension cracks"), che interessano l'estrema zona Est della cava sino alla Valle del Pora, molto antiche ed in parte incarsite.
Agli effetti di un Progetto Urbanistico abbiamo separato le due facies in cartografia solo dove la distinzione aveva un risvolto pratico perché i calcari erano laminati o fittamente fratturati.

2.2 - I Terreni Terziari – dopo un lungo periodo di emersione e conseguente hiatus deposizionale prolungatosi per diverse decine di milioni di anni, si sono sedimentati sui calcari erosi in una ampia insenatura di mare caldo e poco profondo, con dapprima un "substrato terziario" formato da una breccia, e poi la facies principale della Formazione detta "Pietra di Finale".

Questa formazione, l'unica testimonianza miocenica di tutta la Liguria, è rappresentata da una biocalcirudite ed è costituita in massima parte da frammenti di conchiglie fossili in matrice sabbiosa-ghiaioso calcarea anch'essa di origine organogena.

Questa roccia sedimentaria, trasgressiva sulle formazioni mesozoiche, ha caratteristiche idrogeologiche e di resistenza meccanica molto particolari: E' relativamente poco fratturata ma è molto permeabile per porosità. Le acque meteoriche difficilmente ruscellano su di essa; di norma percolano verticalmente attraverso la roccia che drena la magra copertura di suolo, frequentemente la caratteristica "terra rossa", formatasi in condizioni climatiche diverse dalle attuali.

Il processo d'alterazione più importante che si è sviluppato nelle epoche passate sulla Pietra di Finale e sugli affioramenti calcarei è rappresentato dalla formazione di suoli rossastri di potenza variabile denominati "Terre Rosse", essenzialmente costituiti da argille residuali più o meno siltose, sabbiose o clastiche, prodotte per dissoluzione chimica per decalcificazione dei carbonati in un clima tropicale.

La presenza di fratture più importanti può convogliare le acque in alcuni punti idrovori dove si sono formate ampie doline, che però non interessano la nostra area. Vedremo meglio la situazione illustrando l'idrogeologia ed il carsismo della zona.

La mancanza o la forte riduzione di vie di drenaggio superficiali genera una morfologia tipicamente carsica, con un altopiano ondulato praticamente privo di erosione meteorica, che

viene eroso solo ai suoi margini dove genera le caratteristiche falesie che si rinvengono diffusamente nel Finalese. La pietra di Finale ha una giacitura con direzione all'incirca Est-Ovest e debole immersione verso Nord.

Per la l sua "grana" gradevole alla vista, la pietra di Finale (e nel nostro caso anche con il bel colore rosato del "membro di Verezzi") è stata oggetto di utilizzo nel passato come materiale edilizio ornamentale con cave sul versante opposto a quello della nostra cava.

Nella cava in questione (membro di Rocche dell'Orera) il materiale non può invece essere utilizzato come pietra ornamentale: si richiede infatti una buona compattezza delle

bancate, che invece sul lato della nostra cava non sono utilizzabili perché irregolari, e rappresentavano solo una “copertura” da eliminare, con la produzione di pochi massi di non grandissimo pregio.

Il peso di volume dei blocchi è sensibilmente inferiore a quello di un normale calcare a causa della elevata porosità, anche se, proveniente da altra cava, i blocchi di Pietra di Finale sono stati utilizzati con successo nel porto di Finale Marina .

Sotto il profilo geomeccanico la Pietra di Finale presenta in generale, anche quando non coltivabile come pietra da taglio, discreta tenacità e compattezza ed una fratturazione relativamente scarsa; le imponenti falesie subverticali che possono superare anche i 200 metri, possono però talora può dare luogo a frane di crollo per erosione al piede del versante, con formazione alla base delle pareti di materassi detritici a spigoli vivi ed elevato angolo d'attrito e di accumuli di grandi blocchi, tipici di tutto il Finale.

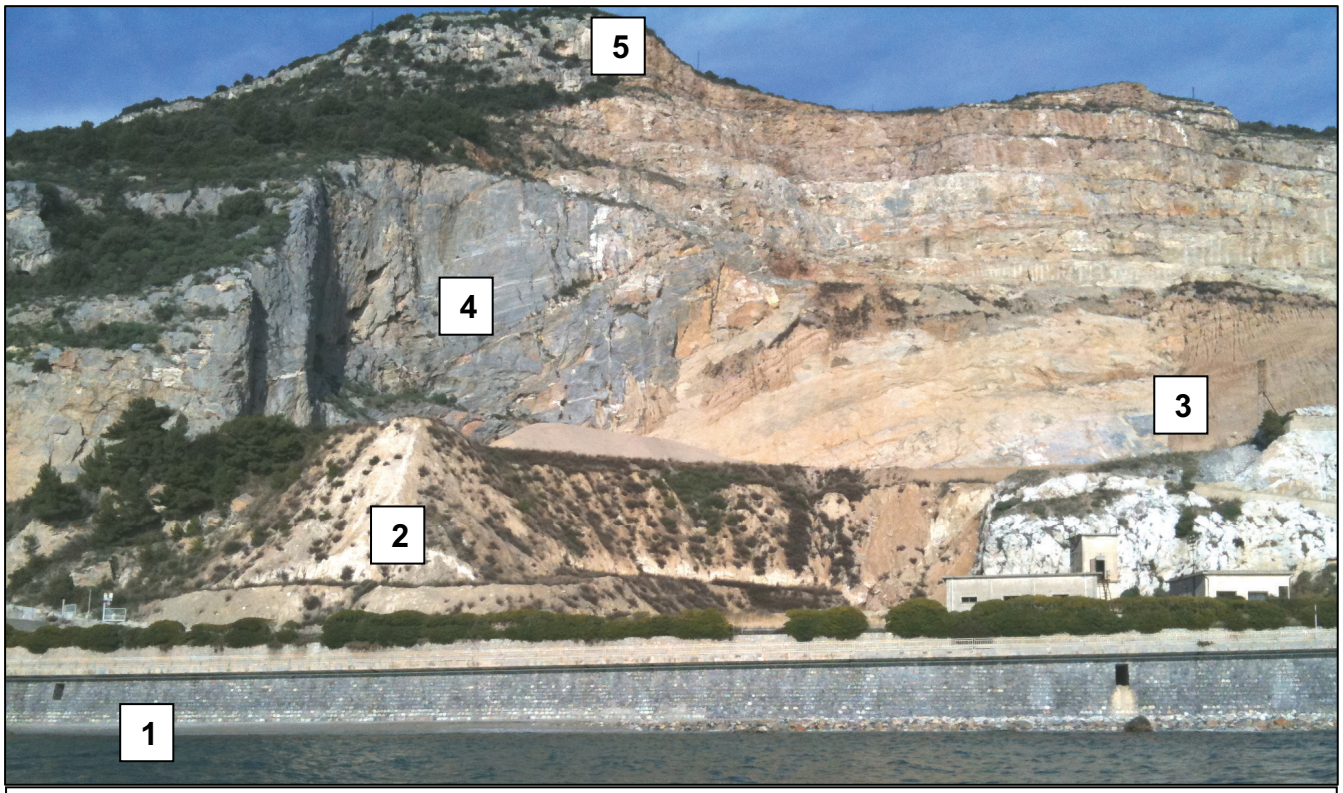


Fig. 1: il fronte della cava visto da mare. Si distinguono bene i diversi affioramenti:
1, la spiaggia e la beach -rock.
2, i depositi provvisori di limi.
3, i detriti in movimentazione
4, i calcari di Val Tanarello
5, la Pietra di Finale.

2.3 - I Depositi Quaternari – rappresentano i sedimenti più recenti e anche attuali; sono quasi sempre sciolti e per buona parte sono dovuti all'attività antropica o perlomeno sono stati rimaneggiati.

Sono stati cartografati solo quando assumono volumi significativi all'interno dell'area di cava, dove costituiscono depositi continuamente in evoluzione poiché a fine coltivazione il sistema adottato, come in molte cave a gradoni, era quello di costruire una serie di "coni di gettito" che alla fine hanno formato un imponente accumulo di "detrito di falda" con un volume di alcune centinaia di migliaia di metri cubi.

Questi depositi di materiale lapideo "a magazzino" già contabilizzato, sono in corso di coltivazione residua, poiché vengono vagliati ricavandone diverse granulometrie di interesse commerciale.

Le parti più fini costituiscono limi inorganici di bassa plasticità, poco permeabili ma scarsamente coesivi, di grande interesse per il progetto per l'impermeabilizzazione del fondo dei laghetti o, previa verifica della granulometria ed eventuale miscelazione, per la preparazione del terreno di copertura ed inerbimento dei gradoni, dove danno risultati ottimi, come dimostra la rinaturalizzazione della copertura della galleria Caprazoppa ai piedi del versante o quella dei gradoni più alti della cava Giunchetto a Genova.



Fig. 2: l'affioramento di beach-rock lungo la S.P.1 Aurelia. Il forte potere riflettente del muro di sostegno impedisce l'accumulo di sabbia.

Fanno parte dei depositi quaternari anche quelli sul litorale, in parte sabbiosi ed in parte cementati in un'importante "beach-rock", all'origine sepolta, come ovvio, perché così richiede la sua formazione, poi coperta da sabbie grossolane derivanti dall'elaborazione degli scarti di produzione per molti anni scaricati sul promontorio e che in parte andavano ad alimentare la spiaggia di Finalmarina e in piccola ma significativa parte, durante le sciroccate, ricoprivano il tratto di litorale tra il promontorio della Caprazoppa e Borgio con sabbie grossolane ad altissimo angolo di attrito e scarpata molto ripida.

Attualmente questi sedimenti sono in gran parte erosi dal mare di libeccio e lunghi tratti di beach-rock sono scoperti, con una notevole discontinuità tra spiagge emersa e spiaggia sommersa, come abbiamo potuto controllare con ripetuti rilievi batimetrici eseguiti per altro scopo.

La spiaggia più vicina alla costa è, infatti, costituita da sabbie localmente cementate, formate per deposito chimico tra i granuli del carbonato di calcio trasportato dalle acque provenienti dal versante e filtranti attraverso la sabbia marina costiera; come si è detto dovrebbe essere sommersa, ma sia per la mancanza di ripascimento naturale, sia per gli effetti riflettenti del muraglione della SP n.1 Aurelia, in molti tratti è scoperta.

Questa formazione rocciosa di origine piuttosto recente (geologicamente parlando) accompagna quasi ininterrottamente tutti i litorali da Borgio a Capo Noli in quanto la sua formazione è legata alla presenza di rocce carbonatiche in vicinanza del mare. Sono infatti le sorgenti sottomarine diffuse, ricche delle acque calcaree provenienti da queste rocce che, a contatto con l'acqua di mare, sono in grado di cementare i granuli di sabbia fino a renderli equivalenti ad una arenaria compatta. Talvolta, come si è detto, essa è sommersa dalla sabbia e ne costituisce il supporto invisibile, talvolta invece è completamente denudata in seguito alle situazioni locali del paraggio cui appartiene. La beach-rock, spesso per la presenza di un marcato gradino verso il largo, rende difficile la deposizione di materiale sulla spiaggia, in quanto le long shore currents, che si sviluppano ai suoi piedi parallelamente alla costa, non sono di norma in grado di superarlo. Questa particolare morfologia, a gradino, costituisce un microambiente di grande interesse naturalistico.

Per quanto riguarda la tettonica, localmente non si riconoscono lineazioni tettoniche importanti, solo alcune modeste faglie, ma alla mesoscala sono riconoscibili diversi

sistemi di fratturazione, anche discretamente pervasivi, che generano per intersezione cunei di rottura nelle rocce calcaree delle dimensioni assai variabili, da pluricentimetriche a decametriche, queste ultime in particolare nella Pietra di Finale.

3. APPROFONDIMENTI GEOGNOSTICI

Nel corso degli studi ed indagini per il PUO alla data attuale oggetto di riformulazione, e per il relativo S.I.A., sono state rilevate in punti salienti le pareti rocciose, studiandone la fratturazione, con documentazione riportata in appendice a parte (E.1.1).
Perforazioni sono state in precedenza eseguite anche per la caratterizzazione dei terreni, nelle aree di deposito e di attività industriale pregressa, alcune delle quali attrezzate con piezometri, anche queste riportate in appendice a parte (E1.2).
Malgrado la roccia sia ben visibile su tutto il fronte di cava, avendo in precedenza previsto un importante sbancamento, sono stati eseguiti, a carotaggio continuo, lungo una linea ortogonale al fronte di cava principale, sei sondaggi geognostici allineati con l'allora previsto sbancamento.
Queste indagini di dettaglio sono state anche utili per la verifica dello stato di consistenza dell'ammasso roccioso, oltre che per il controllo stratigrafico in parete. Dalle risultanze è stato possibile ricostruire l'andamento in profondità anche del grado di fratturazione (figg. 3 e 4).

Le profondità raggiunte dalle perforazioni variano dai 25 m. del carotaggio S 101, ai 30 m. del S102. S103, S106 ai 45 m. del S105 fino ai 67 m. del S106bis (NB: a numerazione non comprende un S104 inizialmente previsto, sostituito, come numero, con un secondo S106, bis vicino allo S106 ma con diversa inclinazione). I carotaggi intermedi (S101, S102, S103, S106) sono stati eseguiti con una inclinazione di circa 35° rispetto alla verticale, per esplorare con maggiore efficacia i volumi di roccia che avrebbero potuto essere interessati dagli sbancamenti di risagomatura previsti nel progetto di sistemazione.

Dai dati che emergono si evidenzia che non si riscontrano mai livelli di rilevante alterazione o di disaggregazione in nessun litotipo attraversato, con esclusione dei livelli superficiali o rimaneggiati. Lo RQD, pur sensibilmente variabile da punto a punto, è sempre piuttosto elevato e la percentuale di carotaggio è sempre stata vicina al 100%, con l'esclusione di una piccola cavità, di 40 cm, intercettata a profondità elevata, 38 metri,

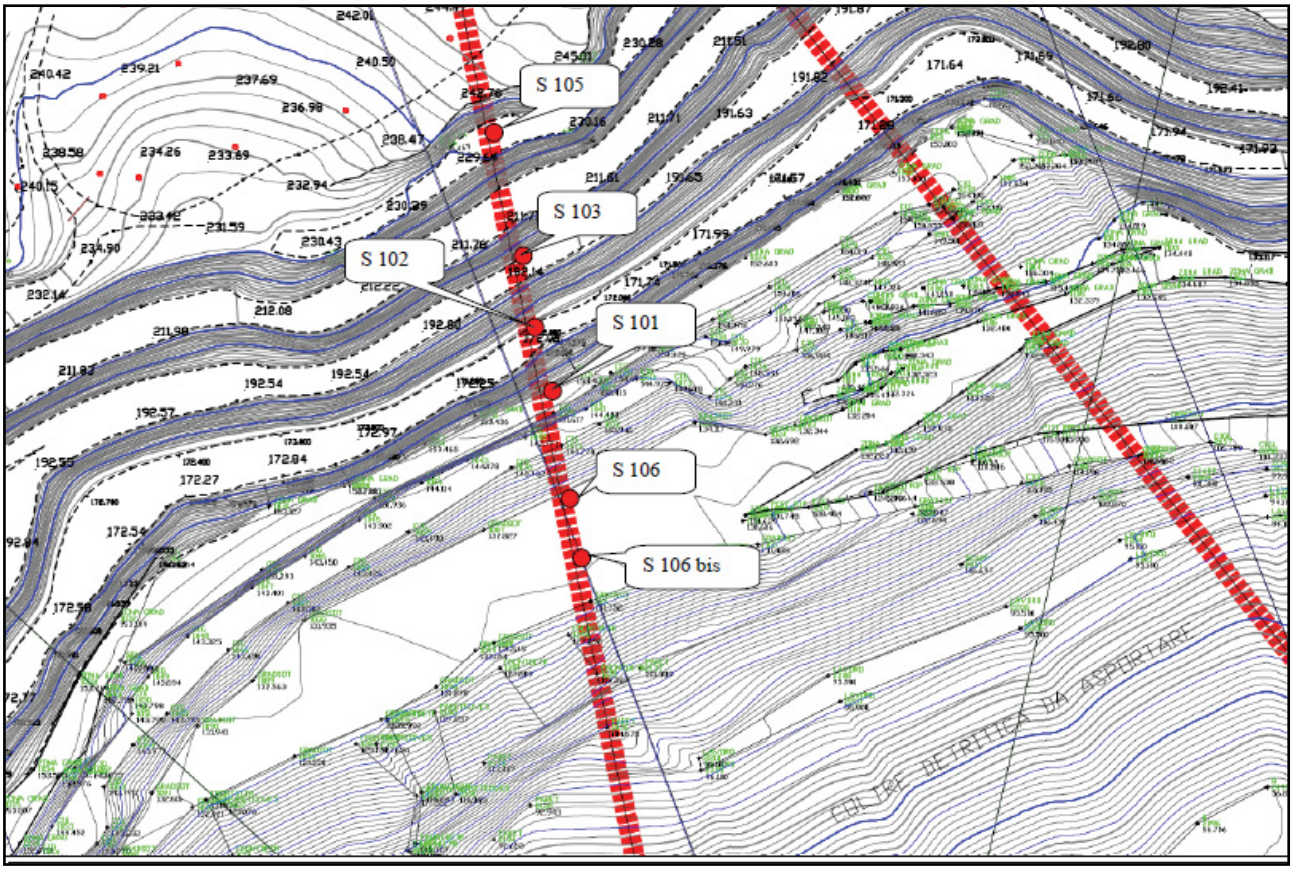


Fig. 3: localizzazione delle perforazioni geognostiche riportate in appendice.

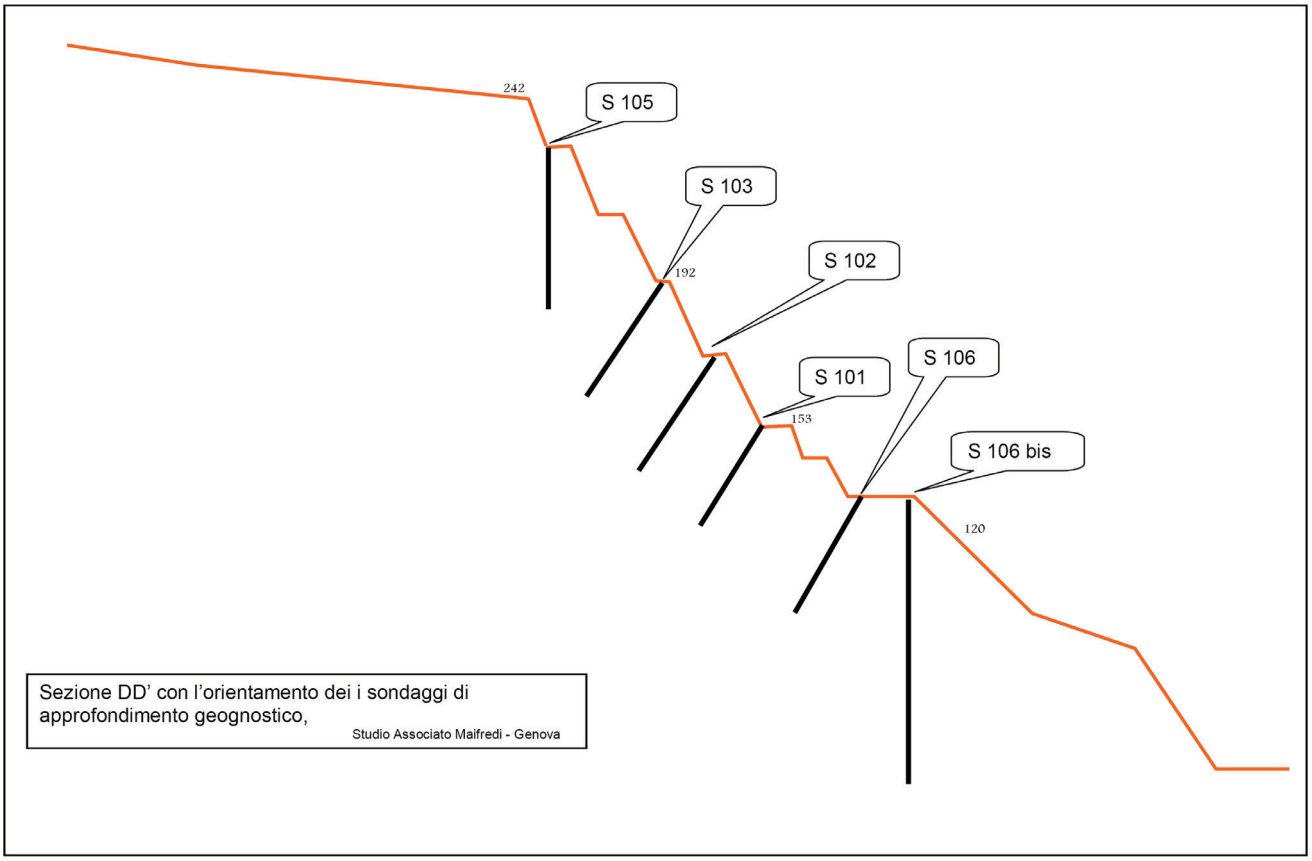


Fig. 4: Sezione lungo l'allineamento D-D' con l'indicazione delle perforazione a carotaggio continuo con le rispettive denominazioni.

nel sondaggio 105, dove in progetto non si prevedono scavi se non di limitata altezza, molto al di sopra di tali livelli debolmente carsificati; sono riscontrabili orizzonti interessati da dissoluzione per passaggio di acque ma sempre secondari rispetto la volume dell'ammasso indagato, a testimonianza di una passata e limitata circolazione idrica sotterranea, legata all'evoluzione carsica della zona.

Le caratteristiche geomeccaniche valutabili dai point load test eseguiti su diversi litotipi a diverse profondità confermano che le rocce affioranti in sito sono di consistenza generalmente da buona a discreta (classi II –III) secondo la classificazione di Beniawski salvo in alcuni campioni, che sarebbero riconducibili ad una classe IV, quindi scadente; i quali peraltro possono essere trascurati a livello di studio globale. Per la caratterizzazione dei terreni sono stati fatti anche eseguire dall'Ing. Ferro (ISAF) una serie di sondaggi geognostici (appendice E1.2) alcuni dei quali attrezzati con piezometri, distribuiti come in figura 5 ed esposti, come si è detto in appendice E.1.2.

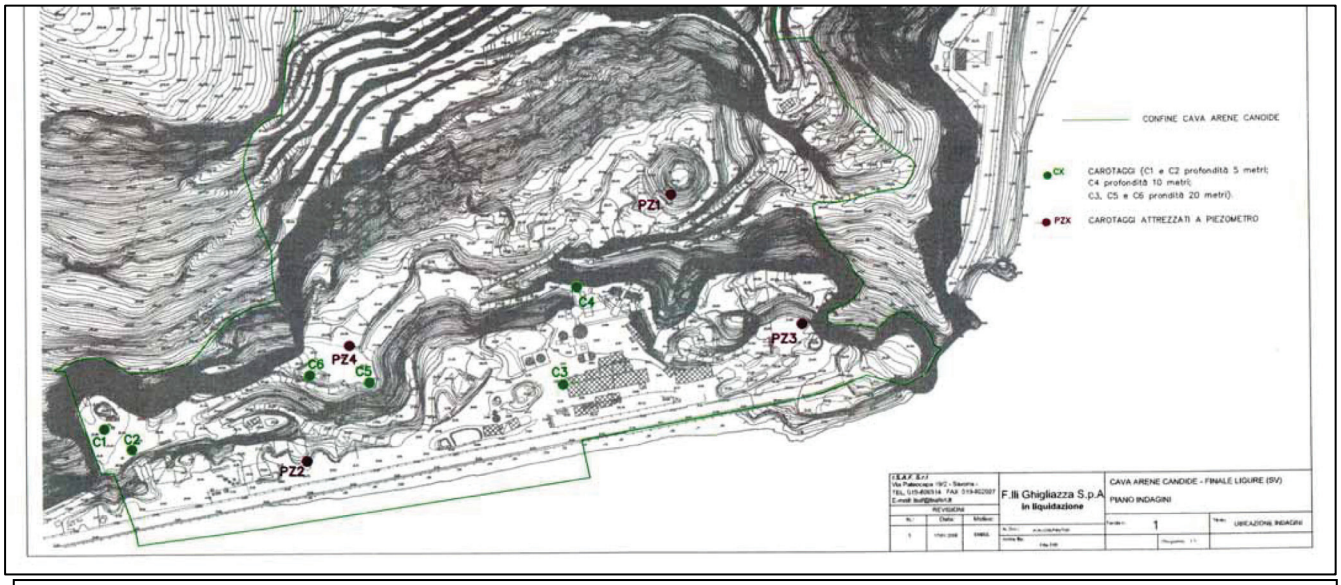


Fig. 5: localizzazione dei sondaggi eseguiti per la caratterizzazione dei terreni per conto di ISAF (appendice E.1.2).

4. - CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI

Come caratterizzazione di sintesi e quindi indicati per i calcoli di verifica globale si sono utilizzate, come accennato, la parametrizzazione dei materiali litoidi secondo la classificazione di Bieniawski.

4.1 - I litotipi rocciosi.

Gli ammassi rocciosi affioranti nell'area di indagine risultano tutti ricadere mediamente in classe terza o seconda di Bieniawski, con un angolo di attrito interno superiore a 40°, una resistenza alla compressione semplice mediamente oscillante tra 35-70 MPa, una coesione apparente (dovuta cioè all'attrito lungo i giunti e non a coesione s.s.) dell'ordine di 150-250 kPa. Solo del tutto localmente possono scendere in classe quarta, in zone particolarmente fratturate e di questo di dovrà tenere conto negli studi di dettaglio per la progettazione definitiva-esecutiva.

Parametro (calcari Val Tanarello)	Valore	Coefficiente
Resistenza materiale intatto. (calcolato con il martello di Schmidt su affioramento)	70 MPa (circa 700 kg/ cm^{1})	7
R.Q.D. (calcolato su affioramento)	80%	13
Spaziatura delle discontinuità	1-3 m	20
Condizioni delle discontinuità	molto ruvide	20
Contenuto in acqua	asciutto e drenato	10
Orientamento delle discontinuità	favorevole	-25
Totale coefficienti		45
Classe di appartenenza	III	
Classificazione dell'ammasso roccioso	discreto	
Coesione apparente dell'ammasso roccioso	150-200 kPa	
Angolo di attrito interno	circa 40°	

Parametro (Pietra di Finale)	Valore	Coefficiente
Resistenza materiale intatto. (calcolato con il martello di Schmidt su affioramento)	70 MPa (circa 700 kg/ cm^{1})	7
R.Q.D. (calcolato su affioramento)	80%	17
Spaziatura delle discontinuità	1-3 m	25
Condizioni delle discontinuità	molto ruvide	20
Contenuto in acqua	asciutto e drenato	10
Orientamento delle discontinuità	favorevole	-5
Totale coefficienti		74
Classe di appartenenza	II	
Classificazione dell'ammasso roccioso	buono	
Coesione apparente dell'ammasso roccioso	250 kPa	
Angolo di attrito interno	circa 43-45°	

Fig. 6: Tabella sintetica della parametrizzazione dei litotipi rocciosi principali.

Studio Associato Maifredi - Prof. Geol Pietro Maifredi - – Via Dei Giustiniani n. 26/1, 16123 GENOVA (GE)
Geostructura - Dott. Geol. Giorgio Conti – Via Ruffini n. 7/7, 18038 SANREMO (IM)

4.1.1 Fratturazione.

Data l'importanza delle superfici di discontinuità per le fratture si osserva una vasta gamma di profili di scabrezza, strettamente dipendenti dalle condizioni locali, quali lo stato di tettonizzazione, la presenza di materiale detritico di riempimento o di deposizioni calcitiche.

Nelle fratture prevalgono comunque profili rugosi e quelli ondulati, solo in via molto subordinata quelli lisci.

4.1.2 Forma dei giunti.

Le superfici di discontinuità hanno forme diverse: la stratificazione è prevalentemente ondulata sia nel calcare puro (Tanarello azzurro), sia in quello più siliceo marroncino, ed in genere anche i sistemi di fratturazione sono prevalentemente ondulati.

Nella Pietra di Finale, i giunti sono in genere piani ma molto scabri.

4.1.3 Riempimento delle fratture.

In generale il tipo di riempimento presente nelle discontinuità è risultato molto variabile; sono più frequenti rammenti minuti di roccia disgregata immersi in matrice limosa, brecce fini e cristallizzazioni secondarie di calcite, sia stratificate che concrezionate.

Sono anche relativamente frequenti zone ossidate e la presenza di argille residuali di tipico colore rosso-ocra.

La fratturazione dell'ammasso roccioso è stata studiata tramite indagini di dettaglio in parete che hanno permesso di individuare una serie di criticità puntuali, ma anche di valutare la presenza di potenziali distacchi di rilevanti volumi di materiale lapideo dai fronti e di stimarne la pericolosità adottando le opportune cautele.

Le tavole allegate in appendice E1.6 riportano i plottaggi dei sistemi di fratture, la documentazione fotografica, la classificazione per tipologia e pervasività e la successiva elaborazione in vista degli interventi ed analisi di fase esecutiva per la mitigazione del rischio nei settori vincolati per ragioni archeologiche o morfologiche e, dove possibile, la definitiva messa in sicurezza, attiva o passiva.

Le considerazioni fatte sulla base dei rilievi geomeccanici condotte con le calate verticali sui fronti a vista, concordano con quelle che derivano dall'analisi dei sistemi di fratturazione e alterazione osservabili nelle carote estratte nei sondaggi eseguiti ai quali si è sopra accennato e riportati in appendice E1.1.

I litotipi sono generalmente compatti, anche se presentano due principali sistemi pervasivi di fratturazione che si intersecano spesso ortogonalmente alla giacitura media di stratificazione: soprattutto nei livelli più scistosi o brecciati ciò comporta anche una più facile dissoluzione e conseguente localizzata riduzione dei valori di resistenza meccanica. In generale però l'ammasso è da considerarsi di buona qualità.

Si sottolineano alcuni punti focali: nelle pareti più acclivi poste nel settore est ed ovest della cava, su cui è difficile se non impossibile per vincoli di diverso genere intervenire con risagomature importanti, sono molto probabili distacchi di materiale lapideo di piccolo-medio volume (cioè < 3 m^3 e nell'intervallo compreso tra 3-30 m^3) mentre appaiono decisamente meno probabili se non in aree ben localizzate, distacchi di grandi volumi di roccia (> 30 m^3).

gli interventi suggeriti, indicati nelle tavole citate, sono commisurati alla tipologia ed al volume atteso di potenziale destabilizzazione; rinunciando, su indicazione anche degli Uffici Regionali, ad estesi interventi di consolidamento attivo, resi del resto di scarso significato pratico con la riformulazione del progetto, si ritiene molto indicato e naturalisticamente più accettabile il ricorso a valli di sicurezza al piede delle falesie.

Il nuovo progetto è stato appunto predisposto tenendo conto di questa valutazione: si è inserito su tutto lo sviluppo dei fronti di cava da rinaturalizzare, nel settore di raccordo tra le falesie e la zona meno acclive che verrà urbanizzata, una linea fisica di difesa passiva, costituita da "valli" di diversa ampiezza, che garantisce l'intercettamento e la "raccolta" di materiale lapideo e massi che si distaccassero in caso di eventi anche se con rara frequenza; questo tipo di intervento viene realizzato anche al piede delle falesie superiori, più alte delle altre, dell'ordine di 25 m, dove si prevedono altri valli di larghezza pari ad almeno un terzo di tale altezza e con un bordo anteriore sopraelevato a formare una barriera.

4.2 - Le terre sciolte.

Per i limi e le terre da utilizzare per la fase di sistemazione e rinaturalizzazione si sono suggeriti seguenti parametri medi cautelativi, desunti da analisi specifiche e, soprattutto da back-analysis su limi e terre di diversa origine.

Angolo di attrito interno 32°;

Coesione: dell'ordine di 5 kPa, che andrà verificata attentamente in sede esecutiva.

In realtà in laboratorio questi limi non risultano coesivi, ma per un probabile fenomeno di "cementazione" essendo calcarei, hanno un comportamento molto particolare ed infatti da almeno trenta anni costituisco un grande accumulo molto resistente nella parte occidentale della cava, che viene utilizzato come parcheggio dei mezzi d'opera.
Massa volumica: mediamente 1800 kg/m^3.
Di particolare interesse sono le frazioni più fini, che risultano limi inorganici di bassa plasticità, e che, se ben miscelate con una quantità anche piccola di argilla bentonica, si prestano in modo eccellente all'impermeabilizzazione naturale dei bacini lacustri previsti. Gli scriventi hanno avuto ottime esperienze con questo tipo di preparazione delle aree di stoccaggio di acque pulite.

5 - IL GOVERNO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Come si è detto parlando del modello idrogeologico del terreno, il ruscellamento è qui di norma molto ridotto, con uno spartiacque quasi coincidente con il ciglio della cava. In caso però di piogge molto intense esso esiste ed occorre governare le acque in modo da evitare fenomeni di erosione nelle parti non urbanizzate e di allagamento in quelle sottostanti.
Parte molto importante per il governo delle acque superficiali viene svolta dalla vegetazione, che ne rallenta il deflusso e che vincola il terreno riducendo i fenomeni erosivi.
Vi è però un periodo di transizione in cui la vegetazione non è ancora rigogliosa ed il terreno è esposto all'azione dilavante dell'acqua.
In questa fase grande importanza assumono interventi diffusi di ingegneria naturalistica, quali viminate e graticciate disposte diagonalmente la versante, che durano per il tempo necessario allo sviluppo delle plantule, come pure, in zone molto localizzate, l'uso di biostuoie, o idrosemina. Un progetto apposito verrà redatto dal settore agronomico della progettazione.
Per la nostra parte invece va predisposta una rete di canali, calcolata come dimensionamento di massima dall'Ing. tarantino con la collaborazione di uno di noi (G. Conti), ma che devono avere ben precise caratteristiche morfologiche per durare nel tempo, sempre efficienti, e richiedere poca manutenzione.
L'esperienza su cave e discariche ci ha insegnato che le soluzioni più semplici sono le migliori.

Si hanno nel nostro caso tre situazioni diverse.

5.1 -canali a pendenza ridotta in qualsiasi terreno.

In questo caso di tratta in genere di canali che sono alla base dei gradoni; si suggerisce di realizzare un canale compreso tra la scarpata di monte di un gradone ed il rilevato che si costruirà per rinaturalizzare il gradone. La sezione sarà superiore o uguale a quella calcolata con il progetto definitivo per il bacino specifico sotteso, ma la velocità dell'acqua sarà sempre ridotta, in modo da consentire l'uso di un canale non rivestito ma solo inerbito.

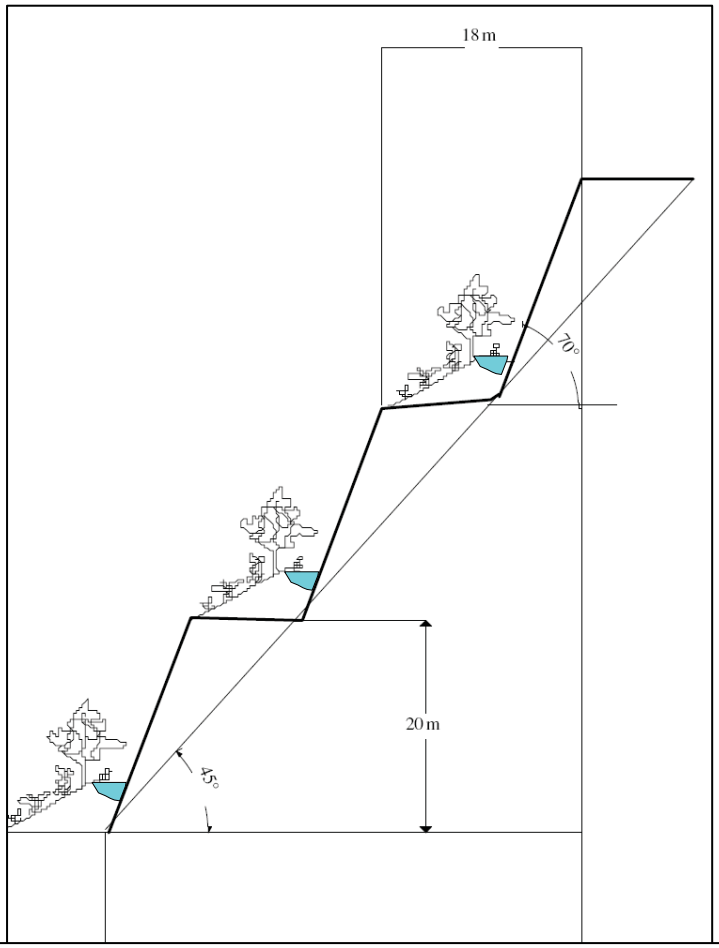


Fig.:7 Sistemazione dei drenaggi sui gradoni a bassa pendenza. Nell'esempio il canale in terra è ricavato nel corpo del rilevato, ma, se lo spazio è sufficiente il fondo può essere poggiato direttamente sul gradone. per la resistenza all'erosione e la tenuta idraulica è sufficiente una piccola quantità di terra argillosa o di bentonite. I limi di cava non trattati danno ottimi risultati.

Studio Associato Maifredi - Prof. Geol Pietro Maifredi - – Via Dei Giustiniani n. 26/1, 16123 GENOVA (GE)
Geostructura - Dott. Geol. Giorgio Conti – Via Ruffini n. 7/7, 18038 SANREMO (IM)

Per ridurre gli effetti dell'erosione ed assicurare una buona tenuta al canale è bene spandere su tutta la sezione limo argilloso, eventualmente additivato con piccole muantità di bentonite.
I sedimenti fini richiedono per essere erosi una velocità che è di almeno un ordine di grandezza superiore a quella di deposizione e , con le pendenze minime che si hanno sui gradoni, il problema dell'erosione longitudinale non si pone.,

5.2- canali molto ripidi o comunque a pendenza elevata un terre sciolte

I canali precedenti convoglieranno le acque in altri di maggiori dimensioni e maggiore pendenza che saranno in viva roccia o su rilevato. Se ci troviamo su rilevati in questo caso l'acqua prende velocità e può erodere ed allora si suggerisce vivamente di utilizzare scogliere in massi che, se ben eseguite, hanno dato ottimi risultati sia in siti montani che, e questo è molto interessante, in sistemazioni autostradali ed in discariche: sono strutture relativamente economiche, molto robuste. Ovviamente i massi debbono essere di categoria elevata, proporzionati alle portate e alle sezioni previste.
Con opportuni salti si possono ottenere le giuste velocità anche su pendii estremamente ripidi.

5.3 - canali ripidi in roccia.

Al passaggio tra un gradone e l'altro, scegliendo un punto dove la roccia sia compatta, si possono realizzare serie di cascate in roccia, in grado di resistere nel tempo.
Si sottolinea ancora una volta che queste opere, per le caratteristiche idrogeologiche dei terreni e per l'esiguità dei bacini, saranno sottoposte a stress solo pochissimi giorni all'anno, e nemmeno tutti gli anni.

5.4 - laghetti

Lungo il tracciato di questi canali sono previsti alcuni piccoli bacini di accumulo. Saranno realizzati in terra ed impermeabilizzati semplicemente con uno strato di argilla. Gli scriventi hanno sperimentato che al momento del primo riempimento basta immettere acqua intorbidita con argilla fine, meglio ancora bentonite, per ottenere un'ottima impermeabilizzazione, duratura nel tempo, autosigillante, a costi irrisori e senza peso ambientale.



Fig. 8: canale in massi appena costruito in una discarica su una pendenza di 30°.
Un buon incastro, anche a secco, tra i massi è fondamentale.



Fig. 9: Un canale con massi molto grandi (quarta categoria) a pochi anni dalla sua costruzione, dopo aver resistito ad un evento alluvionale. Si nota lo sviluppo di vegetazione che, con il tempo, rende più naturalisticamente accettabile l'opera.

Nei primi tempi di esercizio, prima che la vegetazione si sviluppi su tutta la cava, potrebbe nascere qualche problema per la presenza ancora di un trasporto solido ridotto ma non trascurabile.
Con il sistema suggerito si può fare manutenzione ai laghetti, ripulendoli dai sedimenti, se eccessivi; talvolta non occorre nemmeno ripetere l'operazione di impermeabilizzazione se si esegue la pulizia in presenza di acqua, poiché le argille in sospensione impermeabilizzano immediatamente il lago.

5.5 - le acque bianche

Per le acque “bianche” raccolte dai tetti e dalle strade interne al comparto, è prevista una rete interrata dimensionata in funzione delle superfici sottese, che, raccolta l’acqua attraverso le caditoie ed i pluviali, passando sotto la viabilità raggiungerà una vasca interrata di accumulo temporaneo al piede del versante, dopo aver superato un bacino sedimentatore e disoleatore.
L’acqua di prima pioggia verrà separata e stoccata in apposita vasca e, se necessario inviata nella rete fognaria secondo le norme. Quella successiva verrà pompata verso una vasca presso gli impianti sportivi più alti, dove potrà essere utilizzata direttamente per irrigazione. Il suo esubero, se utile, verrà inviato ai citati bacini lacustri di accumulo ai piedi del versante rinaturalizzato che costituiscono anche riserva di acqua. L’acqua eventualmente ancora eccedente, in caso di piogge molto intense, può essere inviata direttamente, a caduta, in mare con la condotta prevista per le acque di normale ruscellamento.

6. RAPPORTI CON I VERSANTI ROCCIOSI

Il territorio interessato dal P.U.O. è caratterizzato da un anfiteatro di pareti rocciose che sono state studiate per valutarne la stabilità globale (Tonello e Conti) e la stabilità locale in funzione della loro pericolosità nei confronti degli insediamenti previsti.

La parte più superficiale della pareti rocciose è un punto cruciale per la sicurezza dei terreni al loro piede e la loro analisi, anche in questa fase, è fondamentale per stabilire come intervenire o comunque come mettere in sicurezza le aree sottostanti. L'indagine sulle pareti rocciose è stata svolta da un gruppo di specialisti in materia (Costi F., Maifredi A., Nicosia F. dello studio associato Geologia Verticale) con un approfondimento nettamente più spinto rispetto a quello usuale di un Piano Urbanistico, a favore della sicurezza, a conferma la fattibilità dell'intervento. Tali rilievi, hanno permesso di valutare lo stato delle pareti e di prevedere gli interventi che è possibile adottare.

Il lavoro nella sua interezza verrà presentato nell'eventuale esame dello SIA, se necessario, ma è comunque disponibile a chi potesse interessare, con relazione e tavole sia di analisi che di sintesi; ma che a livello relazione geologica per il PUO ci sembra eccessivamente pesante riportarlo nel dettaglio e ne esporremo qui una sintesi.

Va sottolineato che queste indagini hanno permesso di indicare a livello di P.U.O. le soluzioni necessarie per messa in sicurezza attiva, o preferibilmente, ove possibile, passiva dei terreni sottostanti e sono state indispensabile base per la redazione delle tavole E.8 (carta della suscettività d'uso del suolo e delle problematiche geologiche) e la sua importante derivata che è la tavola E.9 (carta degli interventi per la messa in sicurezza dell'area.

Sono state eseguite prove di rotolamento di massi e simulazioni che, con opportuni algoritmi consentono di calcolare con buona approssimazione la traiettoria di eventuali massi, con parametri desunti da una buona statistica in condizioni analoghe e nella cava stessa. E' un punto particolarmente importante se si vuole limitare l'uso diffuso di interventi di consolidamento attivo o semi-attivo (tiranti, reti in aderenza), escludere le retti paramassi, che hanno un impatto paesistico inaccettabile in questo contesto e pesanti opere in muratura.

Tali simulazioni sono riportate, sia allo stato attuale che allo stato di progetto in in una tavola di sintesi, sia allo stato attuale che in quello di progetto.

Nella soluzione che proponiamo sono stati privilegiati, ove possibile, interventi passivi, ossia sistemazione dei gradoni con riporti in terre sciolte rivegetate sagomate in modo da svolgere tre funzioni fondamentali:

- rinaturalizzare il gradone;
- guidare le acque di ruscellamento (rare, ma potenzialmente esistenti in caso di piogge molto intense;
- intercettare eventuali cadute di massi, sempre possibili anche dopo un disgaggio accurato per l'effetto prolungato degli agenti meteorici. Di norma i gradoni hanno alzata tra i 10-15 metri, eccezionalmente 25, ed un buon vallo al piede, sulla pedata, è in grado di intercettare il materiale proveniente dall'alto.

Questo tipo di sistemazione limita gli impatti visivi, è affidabile nel tempo con nodesti oneri di manutenzione .

Solo dove non vi sia lo spazio per interventi di questo tipo si ricorrerà ad interventi attivi o a reti in aderenza, che, dopo un breve tempo, con la ripresa della vegetazione pioniera sulla roccia, non soni più percepibili a poche decime di metri di distanza.

Con la presente riformulazione del PUO solo per la parte centrale dell'anfiteatro si è ancora prevista una riprofilatura, molto più contenuta della precedente ipotesi, poiché, per ragioni di stabilità globale si ritiene opportuno alleggerire il versante. In questo tratto è stata anche eseguita una verifica puntuale delle caratteristiche della roccia (appendice E1.1) attraverso una serie di sondaggi di approfondimento spinta sino ad oltre le potenziali superfici di scorrimento.

Le caratteristiche della roccia sono state approfondite anche con una serie di test di "point Load", e prove sclerometriche distribuite sul terreno, dai quali si è risaliti alla valutazione della resistenza alla compressione della roccia secondo la metodologia suggerita dalla ISRM. Le conclusioni confermano che, la roccia ha in genere buone caratteristiche ma che, in questo tratto centrale esistono frequenti tratti che hanno subìto "stress" e che quindi hanno una resistenza meccanica minore. (si va da una resistenza alla compressione che oscilla tra un minimo di 9 MPa e 100 MPa, con una media ragionata, togliendo i due valori estremi, di 48 MPa.

Anche i valori di RQD confermano le conoscenze su questi litotipi in questa zona, in genere superiori, anche di molto al 50% ma a tratti con valori molto bassi corrispondenti a roccia fratturata.

Per un approccio organico i fronti di cava sono stati suddivisi in settori, partendo da ponente, schematizzati nella Figura *****.

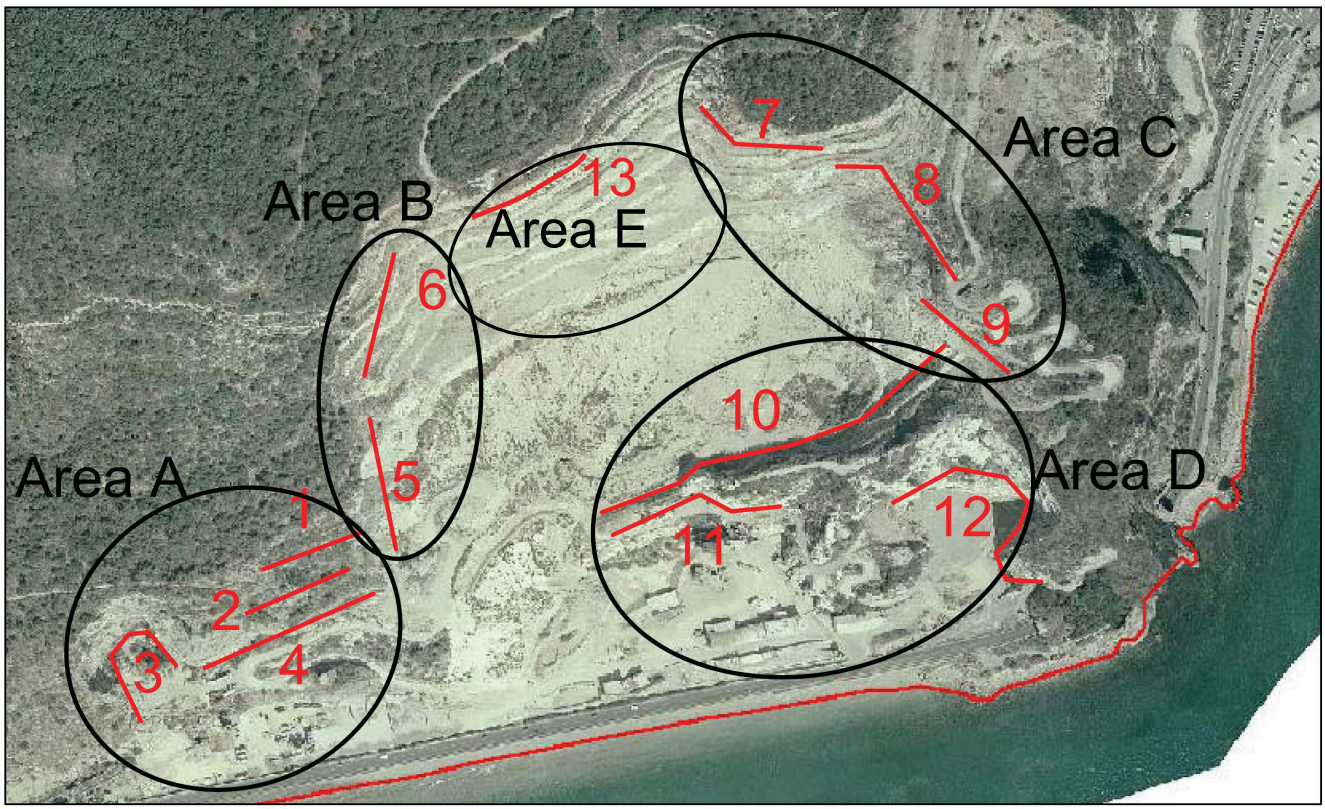


Figura 10: le aree ed i settori studiati; i settori 1 e 2 sono esterni alla cava (zona della grotta delle Arene Candide), ma hanno riflessi sul PUO e sono stati studiati ed in parte messi in sicurezza da parte della Soprintendenza ai beni archeologici con la partecipazione del Proponente. L'area centrale "E" con la riformulazione del progetto richiese una profilatura contenuta della parte più alta.

6.1- CARATTERISTICHE SINTETICHE DEI DIVERSI SETTORI

Si sintetizzano qui le problematiche delle diverse zone esaminate tenendo a disposizione per chi volesse approfondire gli elaborati di dettaglio e commentando invece gli interventi per la messa in sicurezza esposti nella tavole E9.

La sistemazione richiederà ovviamente una fase di progettazione esecutiva degli interventi in particolare in quelle aree dove sarà necessaria una messa in sicurezza attiva. La presente verifica indica comunque una sicura fattibilità dell'intervento previsto dal PUO in queste zone, con l'applicazione di collaudate tecniche di consolidamento.

Studio Associato Maifredi - Prof. Geol Pietro Maifredi - – Via Dei Giustiniani n. 26/1, 16123 GENOVA (GE)
Geostructura - Dott. Geol. Giorgio Conti – Via Ruffini n. 7/7, 18038 SANREMO (IM)

Le tavole facenti parte dell'indagine approfondita riportano i rilievi, lo stato di allentamento e di fratturazione dell'ammasso roccioso in una prima serie di schemi, nonché, in una seconda serie, le cautele da adottare considerando la parete allo stato attuale ma in previsione degli interventi futuri e delle opere di mitigazione possibili al piede del versante, con una sicurezza adatta all'uso previsto del territorio.

Una seconda serie di tavole riporta le simulazioni di rotolamento che sono servite a posizionare i via preliminare i valli.

Gli interventi passivi saranno infatti costituiti, come si è detto, da "valli" delimitati da una argine di modesta altezza, del tutto inseriti nel verde, con il compito di delimitare un'area di possibile rotolamento di eventuali blocchi. Tra le pareti e l'argine sono qui proposte aree di "accesso limitato" riservate alle manutenzioni, (tavola E9), a loro volta divise in due diverse categorie: l'una, al piede di pareti che, per quanto si intervenga, in modo paesisticamente accettabile, avranno sempre il rischio di distacchi che, per quanto modesti, possono raggiungere i valli.

L'altra, che riguarda tutta la parte alta dell'anfiteatro della cava, nel quale, con gli interventi di sistemazione, la copertura dei gradoni, la presenza di ampi valli e di bacini lacustri, grazie anche alla ripresa della vegetazione, le limitazioni di accesso potranno essere "rimodulate" in un futuro relativamente prossimo (una decina di anni dal termine dei lavori).

Le zone che a nostro parere dovrebbero subire limitazioni permanenti sono relativamente ridotte e sono solo tre, delimitate sia in base a considerazioni sulle caratteristiche intrinseche della roccia sia sull'uso che si intende fare a valle.

- La zona al piede della falesia alla sommità della quale si apre la Grotta del Principe, sino all'allargarsi dell'anfiteatro della cava; è una falesia di oltre 80 metri, praticamente verticale.
- Una fascia a monte del Palazzetto dello sport, che comunque sarà piantumata e ben vegetata, e quindi costituirà "arredo" al piede di una parete in roccia di circa 40 metri.
- La zona la piede della piccola falesia che si trova sull'imbocco Ovest della galleria vecchia della S.S. n. 1 Aurelia, che sarà comunque piantumata e vegetata in analogia con la sistemazione della nuova galleria lato ponente già rinaturalizzata.

L'esame delle simulazioni di caduta massi sui profili di progetto consente, come si è detto, attraverso un'attenta profilatura e l'inserimento di valli idonei, gli interventi attivi a poche zone che devono essere utilizzare a breve distanza dalle pareti.

Va ripetuto che gli interventi proposti sono quelli che saranno necessari con gli utilizzi previsti dal PUO, con le opere di mitigazione suggerite e che comunque richiederanno tutti i diversi gradi di progettazione definitiva-esecutiva.
Esaminiamole brevemente da Ovest a Est

6.2 - I SETTORI 1 E 2

I settori 1 e 2 sono quelli che interessano direttamente la parte soprastante alla grotta delle Arene Candide, sono stati già studiati in modo dettagliato pur non rientrando nel PUO con la proposta di alcuni interventi, a seguito di accordi tra la Soprintendenza per i Beni Archeologici ed il Soggetto proponente il PUO. La relazione illustrativa è comunque disponibile.
Le problematiche sono trattate al livello di messa in sicurezza-mitigazione del rischio dell'accesso alla caverna delle Arene Candide (grotta del Principe). Gli interventi più importanti sono già stati eseguiti, con la posa in opera di reti in aderenza su alcune pareti che dominano il sentiero e la stesa di una rete amovibile, di assoluta sicurezza, sul cantiere degli scavi.
Questo intervento, che ormai è stato eseguita da qualche anno, consente, per chi è interessato, di poter apprezzare quanto rapidamente diventino poco percepibili le reti di questo tipo, anche a distanza ravvicinata.

6.3- IL SETTORE 3

Il settore 3 è l'anfiteatro ad ovest dell'ingresso della grotta delle arene candide. In esso si apre la "finestra Solari" che è stata generata dall'intercettazione della "Sala Solari" da parte dell'attività di cava, attorno agli anni '60, nonché numerosi altri rami di grotta prima sconosciuti che facevano sicuramente parte del reticolo carsico delle Arene Candide e che ora sono in studio da parte del Gruppo speleologico Martel per conto della Regione Liguria e della Delegazione speleologica Ligure.

Quest'area verrà rimodellata con terre di riporto a disposizione "mossa", rivegetate, cespugliate e alberate, secondo le indicazioni dei consulenti agronomi e saranno

accessibili solo per manutenzione. Si ritiene pertanto che interventi sulla parete non debbano essere eseguiti in quanto le prove di rotolamento ci dicono che tutti i blocchi che eventualmente dovessero cadere si fermerebbero in quest'area di salvaguardia ai piedi della parete stessa.
La parete ha grande interesse naturalistico per la presenza di numerosi piccoli anfratti ed una serie di microambienti molto particolari.
Le osservazioni e le proposte sono esposte nella tavole allegate allo studio citato di dettaglio e, per quanto concerne il presente documento nella tavola E9.

6.4 – IL SETTORE 4

Questo tratto è quello compreso tra la vecchia nicchia di cava della zona 3 e la cava vera e propria, ed è costituito da una parete di notevole altezza, senza soluzioni di continuità che parte dalla grotta delle Arene candide.
Si propone un disgaggio leggero seguito da uno "pesante" (ossia una "pulizia iniziale per mettere in sicurezza gli operatori e, se necessario, partendo dall'alto, il disgaggi o massi, anche di discrete dimensioni, mediante sistemi idraulici o "cuscini" espandibili, in modo da limitare in futuro i distacchi.
La sistemazione del piede della parete a "vallo con pista a transito limitato", che sfrutta la pista esistente che servirà esclusivamente per le manutenzioni, consentirà di evitare, o comunque limitare molto, la posa in opera di reti in aderenza.
Particolare cura dovrà essere posta nella scelta della sistemazione del "controvallo " e del fondo della strada, poiché dall'orientamento e dalla natura del piano stradale dipende molto il "rimbalzo" critico di eventuali massi.
In questa zona cade l'accesso all'ascensore per la grotta del Principe per il quale andrà comunque eseguito uno studio accurato, privilegiando, per quanto possibile, l'accesso in galleria. Sono soluzioni percorribili e di costo relativamente contenuto, tanto che in un analogo contesto, sul promontorio di Portofino, privati hanno fatto costruire senza problemi ascensori dell'ordine di 80 metri nel conglomerato, roccia ben più difficile di lavorare del Calcare di val Tanarello.

6.5 – LA ZONA 5 E LA ZONA 6

E' costituita dalla parete Est dello sperone della grotta delle Arene Candide.

La zona alla base verrà tutta rinaturalizzata ed è possibile proteggere l'insediamento con un vallo; lo spazio tra vallo e parete accoglierà anche i canali utilizzati per il governo delle acque.

Il quadro di sintesi è dato dalle tavole E7,E8,E9, ed è disponibile nel dettaglio nel lavoro di analisi non allegato.

6.6 – IL SETTORE CENTRALE (AREA E)

Nel progetto per la zona compresa tra il settore 6 ed il settore 7 era prevista una riprofilatura molto importante che però andava ad coinvolgere tangenzialmente un'area di Sito di Interesse Comunitario (SIC).

La scelta, che tra l'altro derivava da proposte di architetti incaricati dalla regione e dal Comune per studiare una riqualificazione delle aree e che consentiva una buona ricomposizione del versante , non è stata approvata dagli Uffici regionali, che hanno ritenuto non poter accettare un coinvolgimento del SIC.

Pertanto, dovendo mantenere in linea di massima le pendenze attuali, resta una parte centrale che non forma anfiteatro ma si protende verso la cava e che grava sul versante. Si è studiata una profilatura ridotta al minimo, nel complesso circa 55.000 m^3 che però toglie un notevole peso dal versante e lo riporta in condizioni di sicurezza. In questa zona vi è una frattura di trazione (tavola E3) che sarebbe stata eliminata con la vecchia soluzione e che, con la formulazione attuale dovrà essere opportunamente studia e consolidata.

Comunque, anche con la soluzione ridotta, nella morfologia definitiva non si hanno più pericoli di caduta massi poiché, ai peidi delle pareti, che non supereranno i s0-s5 metri, via sarà un piccolo vallo, tutta la zona sottostante sarà rinaturalizzata ed avrà una pendenza media attorno ai 45°, tale rendere difficoltoso il rotolamento dei massi.

Al piede del versante, per ulteriore sicurezza è previsto, con la nuova progettazione un ampio vallo, con bacini lacustri, con la funzione sia di regolazione del trasporto solido, di vallo di protezione e di creazione di più "zone umide" di grande interesse naturalistico.

6.7 – I SETTORI 7 E 8

I settori 7 e 8 fanno parte di un'area rimarrà come allo stato attuale. Ai piedi della parete si avrà una rinaturalizzazione con un importante riporto di materiali sciolti, che verrà modellato con un vallo di protezione che metterà al sicuro tutti gli impianti sportivi sottostanti (Tavv. E7, E8, E9) con una soluzione "indolore" e di grande efficacia.

6.8 – IL SETTORE 9

La zona 9 è rappresentata dalla parete Est dell'anfiteatro della cava e, per una quota parte, resterà tal quale anche dopo il riempimento del vallone artificiale della zona del Glory Hole.

Vi è lo spazio alla base per un vallo idoneo a fermare una eventuale caduta massi, senza la necessità di particolari interventi; la zona dovrà prudenzialmente essere interdetta sino a rimodulazione dei divieti, per lo meno a monte di valli di protezione, che, si sottolinea ancora un volta, dovranno essere progettati in forma esecutiva.

6.9 – IL SETTORE 10

E' un settore che verrà integralmente quasi completamente contrastato dal riempimento del Glory Hole e quindi non avrà problemi di caduta massi. Lo studio è stato eseguito per le fasi transitorie poiché si dovrà transitare in prossimità per eseguire i lavori di preparazione dell'area. In questo settore si è già intervenuti modificando le piste e realizzando un vallo provvisorio, in accordo con gli Uffici Regionali competenti per le attività estrattive (Tavv. E8, E9)

6.10 – IL SETTORE 11

E' la parete rocciosa che sovrasta i vecchi impianti, che in parte sarà abbassata ma in parte resterà a tergo degli edifici. Questo tratto andrà tutto consolidato con apposito progetto esecutivo e gli interventi dipenderanno dal progetto dei manufatti antistanti. In linea di massima si prevedono, oltre ai due livelli di disgaggio, chiodature profonde e/o iniezioni che rendano monolitica la parete, con rete in aderenza normale, anche se è probabile che di debba utilizzare in alcuni punti pannelli di rete rinforzata, abbinati a chiodatura. Il tutto potrebbe però essere facilmente reso accettabile sotto l'aspetto paesistico, con l'ausilio di essenze rampicanti oramai collaudate (Bergeggi, Torre del

mare insegna, ad esempio) che in tempi relativamente brevi ricoprono la parete (Tavv. E8, E9),

6.11 – IL SETTORE 12

E' la parete che sovrasta ed è retrostante alla zona del "palazzetto dello sport"; nella versione attuale sarà in parte interrato e si potrà comunque realizzare un vallo, mentre la zona che sovrasta aree che resteranno esposte nella parte alta andrà chiodata e protetta con reti in aderenza, successivamente rivegetata con vegetazione rupestre o rampicante, mentre nella parte retrostante al palazzetto, interrato, può essere semplicemente consolidata senza particolari impatti visivi poiché verrà realizzato un piccolo vallo (Tavv. E8,E9).

6.12 – Caso studio: a titolo di esempio viene qui di seguito riportato lo studio del settore 10, uno dei più semplici, per meglio comprendere i criteri sopra espressi che sono stati utilizzati per la formulazione delle tavole E8 ed E9.

Valutazioni geomeccaniche delle pareti: l'esempio del settore 10.

LEGENDA DELLA ZONIZZAZIONE DELLE OSSERVAZIONI					
OSSERVAZIONE			CLASSI		
FRATTURAZIONE INTERNA	Denominazione		Poco fratturato	Mediamente fratturato	Molto fratturato
	Descrizione		Ammasso stratificato, poco fratturato; giunti prevalentemente organizzati in set; l'ammasso roccioso è suddiviso in volumi (blocco medio) superiori a 1 mc.	Ammasso stratificato, mediamente fratturato; giunti prevalentemente organizzati in set; l'ammasso roccioso è suddiviso in volumi (blocco medio) compresi fra 0.125 mc e 1 mc.	Ammasso stratificato, molto fratturato; giunti prevalentemente organizzati in set; l'ammasso roccioso è suddiviso in volumi (blocco medio) inferiori a 0.125 mc.
	Blocco medio	VB: volume del blocco	VB > 1 mc	0.125 mc < VB < 1 mc	VB < 0.125 mc
		LCE: lato del cubo equivalente	LCE > 1 m	0.5 m < LCE < 1 m	LCE < 0.5 m
		Nota	Il **blocco medio** rappresenta una porzione di ammasso roccioso delimitata da giunti aperti, all'interno della quale i giunti sono invece in prevalenza serrati; in caso di collasso, tale blocco si movimenta rimanendo, almeno inizialmente, integro.		
ALLENTAMENTO INTERNO	Denominazione		Molto allentato	Mediamene allentato	Poco allentato
	Descrizione		Un numero rilevante di giunti ha apertura compresa fra 10 mm e 100 mm, localmente anche superiore; generalmente non disarticolato, localmente poco disarticolato.	Giunti con aperture prevalentemente comprese fra 2.5 mm e 10 mm, localmente superiori; generalmente non disarticolato.	Giunti con aperture prevalentemente inferiori a 2.5 mm; non disarticolato.
	AG: apertura dei giunti		AG > 10 mm	2.5 mm < AG < 10 mm	AG < 2.5 mm
Nota: il termine **interno**, utilizzato per definire la fratturazione e l'allentamento, si riferisce allo stato dell'ammasso all'interno dei vari elementi (ambiti e particolari) esaminati nella scheda delle osservazioni di dettaglio.					

fig. 11

LEGENDA DELLA ZONIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITA'

ENTITA' STIMATA DELL'EVENTO

Classe	Nome	Volume (m^3)	Note
1	evento piccolo	< 3	Fenomeno legato a cause scatenanti di "normale" entità (piogge intense, ...), con tempi di ritorno medi.
2	evento medio	3 - 30	
3	evento grande	30 - 300	
4	evento straordinario	> 300	Fenomeno legato a cause scatenanti di notevole entità, con tempi di ritorno lunghi (precipitazioni molto intense, sisma, ...), oltre che al decadimento progressivo delle caratteristiche dell'ammasso roccioso.

PROBABILITA' DI ACCADIMENTO

Classe	Nome	Stato evolutivo del dissesto	Cause predispon.	Cause scatenanti: numero di occorr. (1)	Descrizione
V - Verde	dissesto improbabile	assente	assenti	azione quasi irrilevante	Un eventuale dissesto è poco probabile, data l'assenza di evidenti cause predisponenti e l'apparente stato di stabilità rilevato al momento del sopralluogo.
G - Gialla	dissesto possibile	iniziale	presenti	numero elevato	Il dissesto è possibile per la presenza di cause predisponenti; dato lo stato iniziale del dissesto rilevato al momento del sopralluogo, sono eventualmente necessarie molte occorrenze delle cause scatenanti per giungere al collasso.
A - Arancione	dissesto probabile	mediamente avanzato	sfavorevoli	numero mediamente limitato	Al momento del sopralluogo il dissesto è in uno stato mediamente avanzato per la situazione sfavorevole delle cause predisponenti; è necessario un numero relativamente limitato di occorrenze delle cause scatenanti per giungere al collasso; il collasso può verificarsi in tempi relativamente brevi, pur non avendo il carattere di imminenza della classe successiva.
R - Rossa	dissesto molto probabile	molto avanzato	molto sfavorevoli	numero molto limitato	Al momento del sopralluogolo il dissesto è in uno stato molto avanzato; il collasso può verificarsi al sopraggiungere di cause scatenanti sufficientemente intense.

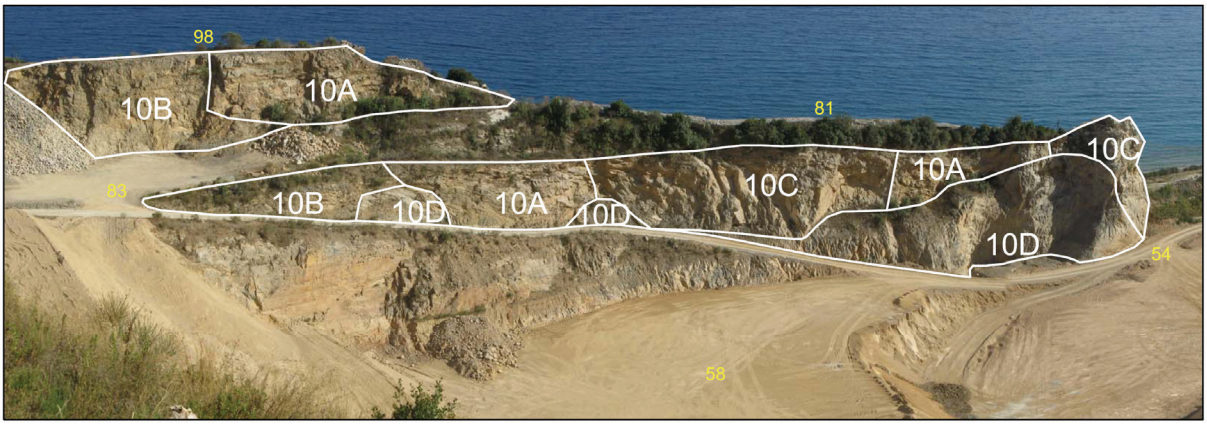
Nota (1): numero di occorrenze necessarie per l'accadimento dell'evento.

fig. 12

Studio Associato Maifredi - Prof. Geol Pietro Maifredi - – Via Dei Giustiniani n. 26/1, 16123 GENOVA (GE)
Geostructura - Dott. Geol. Giorgio Conti – Via Ruffini n. 7/7, 18038 SANREMO (IM)

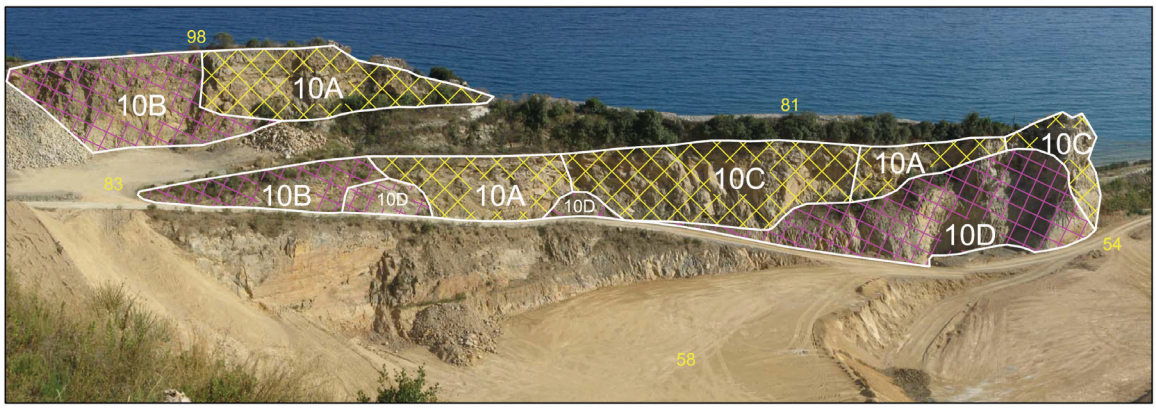
SETTORE 10





Considerazioni geomeccaniche nel settore 10, lato Nord del setto di valle.
Rilievi del gruppo di studio Geologia Verticale geoll. Costi F. - Maifredi A. -Nicosia F.

fig. 13







Stato di fratturazione interno

- Poco fratturato
- Mediamente fratturato
- Molto fratturato

Stato di allentamento interno

- Poco allentato
- Mediamente allentato
- Molto allentato

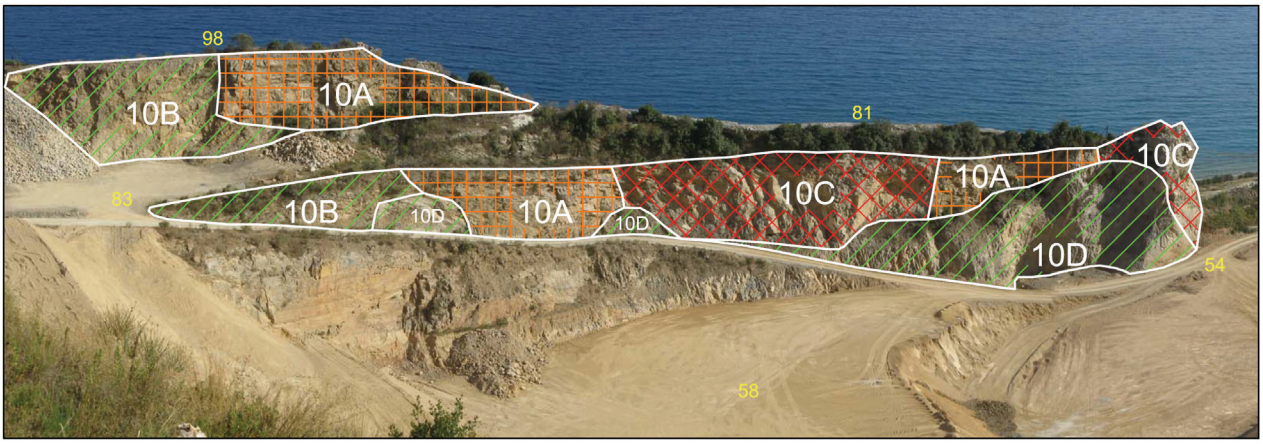
Zonizzazione della pericolosita'

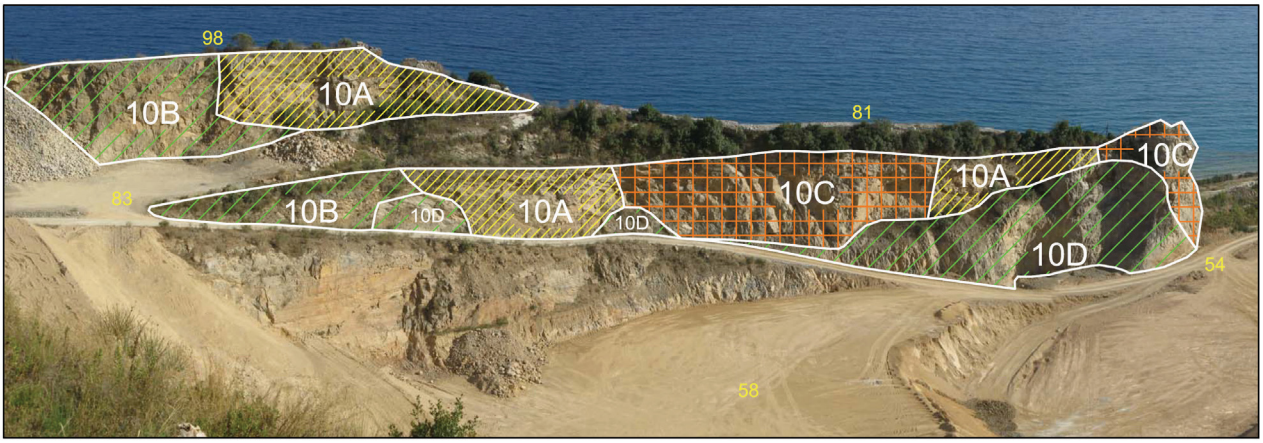
Classe 1

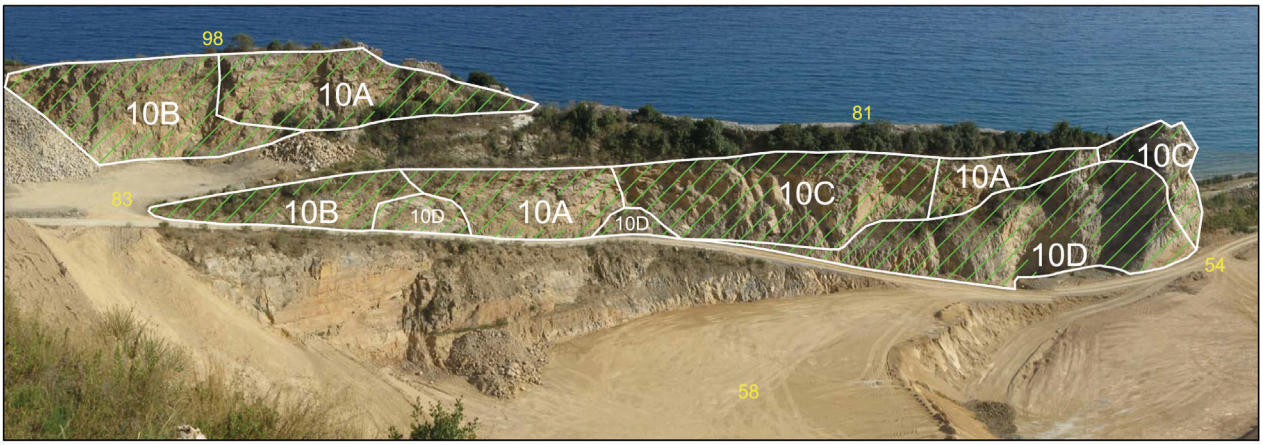
evento piccolo (<3 mc)

- Dissesto improbabile
- Dissesto possibile
- Dissesto probabile
- Dissesto molto probabile

fig. 14







Zonizzazione della pericolosita'
Classe 2
evento medio (3-30 mc)

- Dissesto improbabile
- Dissesto possibile
- Dissesto probabile
- Dissesto molto probabile

Zonizzazione della pericolosita'
Classe 3
evento grande (30-300 mc)

- Dissesto improbabile
- Dissesto possibile
- Dissesto probabile
- Dissesto molto probabile

Zonizzazione della pericolosita'
Classe 4
evento straordinario (>300 mc)

- Dissesto improbabile
- Dissesto possibile
- Dissesto probabile
- Dissesto molto probabile

fig. 15

Fronte 10

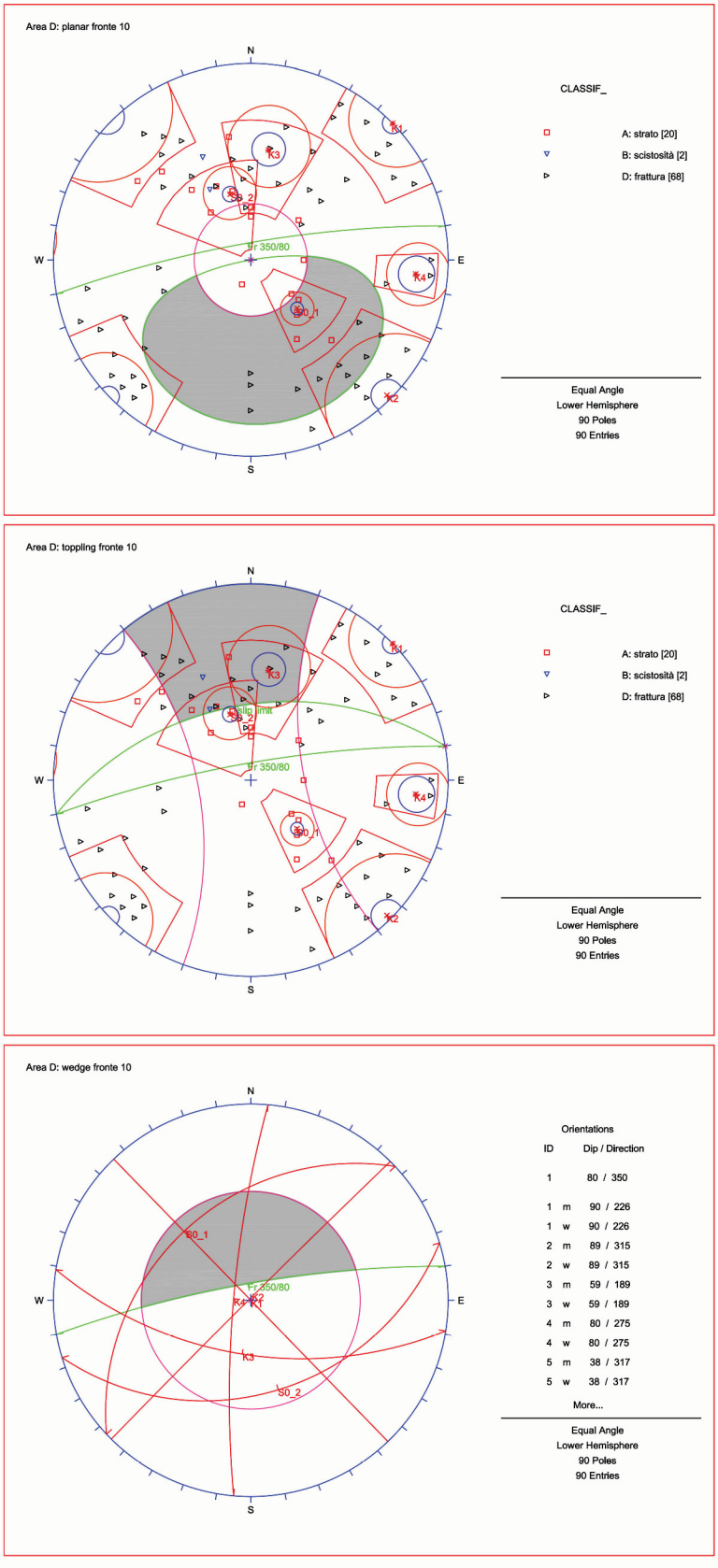


fig. 16

7. CARSISMO

La zona oggetto di indagine fa parte dell'area carsica N. 29-SV individuata con la L.R. n. 14/1990 ed è ora tutelata dalla legge regionale n. 39 del 06-10-2009, che ha abrogato la precedente ma ne ha recepito i contenuti ed ha dato una nuova disciplina alla tutela delle aree carsiche.

Al margine ovest dell'area di cava, esistono ancora due importanti cavità, che sono state parzialmente intaccate dall'escavazione negli '50 dello scorso secolo.

Si tratta della Grotta delle Arene Candide (Sin. Arma dei Frati, Armassa) che porta il n. 34 del Catasto speleologico della Liguria, di interesse eccezionale sotto l'aspetto paletnologico e notevole anche sotto l'aspetto geomorfologico.

L'attività di cava ha aperto un secondo accesso in parete con una "finestra", anche a Ovest (nella sala Solari) e un terzo accesso a Est, nel Ramo Gandolfi, chiuso con grata protettiva.

A quota leggermente più alta, sulla falesia sopra alla grotta si apre la piccola "Grotta superiore delle Arene Candide, che porta il n. 261Li, mentre nella parete a ovest della Cava, si apre il reticolo della Grotta di cava Ghigliazza, n.296 Li di detto catasto speleologico, una cavità molto interessante ma in gran parte distrutta dall'avanzare della cava negli anni '50 del secolo scorso.

Va precisato che, per una imperdonabile svista, poiché uno degli scriventi (P.M.) ha partecipato alle prime esplorazioni della grotta e la ha messa a catasto, era stata indicata sulle tavole del progetto precedente come "grotta superiore delle Arene Candide".

Sui gradoni della cava non risultano esistere attualmente fenomeni carsici significativi, solo due grotticelle non catastate, una su un gradone e l'altra all'estremità est del fronte.

Sia nella Pietra di Finale, dentro e fuori la cava, sia in alcuni punti dei gradoni, esistono però numerose "micro cavità" che, insieme alle notevoli gallerie che esistono nell'ambito della cava, possono avere un rilievo non trascurabile come habitat sotterraneo per numerose specie troglofile.

Dato l'elevato interesse di questo argomento, lo riprenderemo con un elaborato ed una tavola apposita E1.5 ed E10, ma riteniamo utile qui esporre una sintesi dei dati principali.

Sull'altopiano a Nord esistono numerose depressioni carsiche e fenomeni carsici superficiali che non vengono tuttavia interessati dall'area di intervento del presente P.U.O., ma non si conoscono grotte catastate.

Considerato che l'intervento ricade in area carsica tutelata, come abbiamo visto,



Fig. 17: le grotte nella nostra zona: sono tutte all'esterno della zona di intervento.

7.1 Tutela delle grotte (L.R. 39/2009 art.6):

Le osservazioni di superficie ed i sondaggi nella zona di interevento nonché il grado di fratturazione della roccia che non favorisce l'infiltrazione concentrata, fanno ritenere estremamente improbabile che nella zona di rimodellamento, ora modestissima, si possano rinvenire cavità non note; se, contro tutte le previsioni, dovessero venire alla luce a seguito all'arretramento localizzato del versante (che non supera i 12 metri di profondità) si studieranno opportune varianti per tutelarle.

Per quanto riguarda la grotta delle Arene Candide la proprietà ha preso accordi con la Soprintendenza per i beni Archeologici della Liguria ed ha già finanziato, interventi di messa in sicurezza del sentiero di accesso studiati nell'ambito del presente progetto e già realizzati dalla Soprintendenza.

Le grotte note in zona sono le seguenti, in giallo evidenziate quelle più vicine a noi.

34		Grotta delle arene candide
922		Grotta della cabina elettrica
328		Grotta sotto il cancello delle Arene
296		Grotta di cava Ghigliazza
962		Fessura n.1
963		Fessura N. 2
360		Caverna dell'Aurea
1789		F 59 riparo sotto castellaro
1799		F322 riparo sotto fascia
137		Pozzo delle 100 Corde
198		Caverna degli Armorari
1787		F 320 Grotta del fico o della cava dei fossili
1788		F 25 Grotta della Madonnina
1786		Grotta dell'Antenna
239		Crosa
160		Grotta Valdemino
95		Grotta di nverezzi o della ferrovia
196		Caverna della Mandurea, grotta Massanelli
1498		Grotta varicella
136		Grotta Staricco
256		Grotta del Renovo
94		Arma di Galusso
327		Grotta marina della caprazoppa
NC1		Riparo di cava ghigliazza
NC2		Grotticella di cava ghigliazza
261		Grotta superiore delle arene candide

fig. 18

7.2 Tutela degli acquiferi carsici (L.R. 39/2009 art.6):

Per quanto concerne la tutela degli acquiferi carsici, come sarà meglio evidenziato nel capitolo sull'idrogeologia della zona, si precisa che la circolazione idrica sotterranea si sviluppa soprattutto in senso verticale, con una quantità di acqua circolante estremamente ridotta, poiché lo spartiacque sotterraneo corre al contatto tra Pietra di Finale e calcari mesozoici.

L’acqua che supera questo spartiacque sotterraneo raggiunge la base dei calcari, che si spinge sotto il livello del mare, e qui si stratifica con un modesto battente idraulico filtrando poi attraverso le sabbie dove “cementa” la sabbia creando i depositi di beach-rock.
Nei nostri calcari fessurati e/o incarsiti, che scendono sino sotto il livello del mare, la zona satura si stabilizza infatti poco sopra al livello medio mare, e non esiste in questa zona una circolazione concentrata (canalizzata) significativa di acqua nei calcari, sia per i modesti apporti meteorici che non superano i 1500 mm/anno che per l'esiguità del bacino imbrifero.
I piazzali ed i gradoni di cava costituiscono ai sensi della citata L.R. 39/2009 un' "area di infiltrazione diffusa" (art.2 e art.6 lettera a); questa zona di infiltrazione diffusa ha una limitata estensione e le variazioni indotte sulla sua permeabilità saranno dovute alla ricostituzione di una copertura di suolo riportando quindi la superficie ad una permeabilità superficiale più simile a quella delle aree viciniori a Est e a Ovest e a valori molto simili a quella che si ha sopra la Pietra di Finale, con una modesta copertura di suoli vegetati.
Sopra quota 90 circa la permeabilità superficiale ritornerà quindi alla "normalità". Sotto quota 90 dove il calcare era un tempo coperto dall'ampia duna che copriva i calcari, la permeabilità è ormai da oltre un secolo molto cambiata e, anche con le migliori cautele non potrà essere ripristinata.
Sempre ai sensi della citata normativa va precisato che non esistono nell'area di cava aree di infiltrazione concentrata né aree sorgive (queste ultime, come diremo, non sono presenti con forme significative in tutto il complesso carsico di Rocche dell'Orera).
In condizione di piogge "normali" non si hanno scorrimenti importanti. In tutta la cava non sono mai state osservate circolazioni di acqua sotterranea con venuta a giorno di acque significative, nemmeno nelle gallerie che attraversano l’area in tutti i sensi, salvo stillicidi in caso di precipitazioni molto intense e comunque con circolazione molto breve e localizzata. Quando si raggiungono valori istantanei di precipitazione molto elevati, si ha una netta separazione tra ciò che avviene sull’altopiano e ciò che si verifica in cava: sull’altopiano la presenza di Pietra di Finale, permeabile per porosità oltre che per fessurazione, con una copertura di suolo e di “terra rossa” E con un buon manto vegetale fa sì che molto raramente si verifichino ruscellamenti di rilievo.

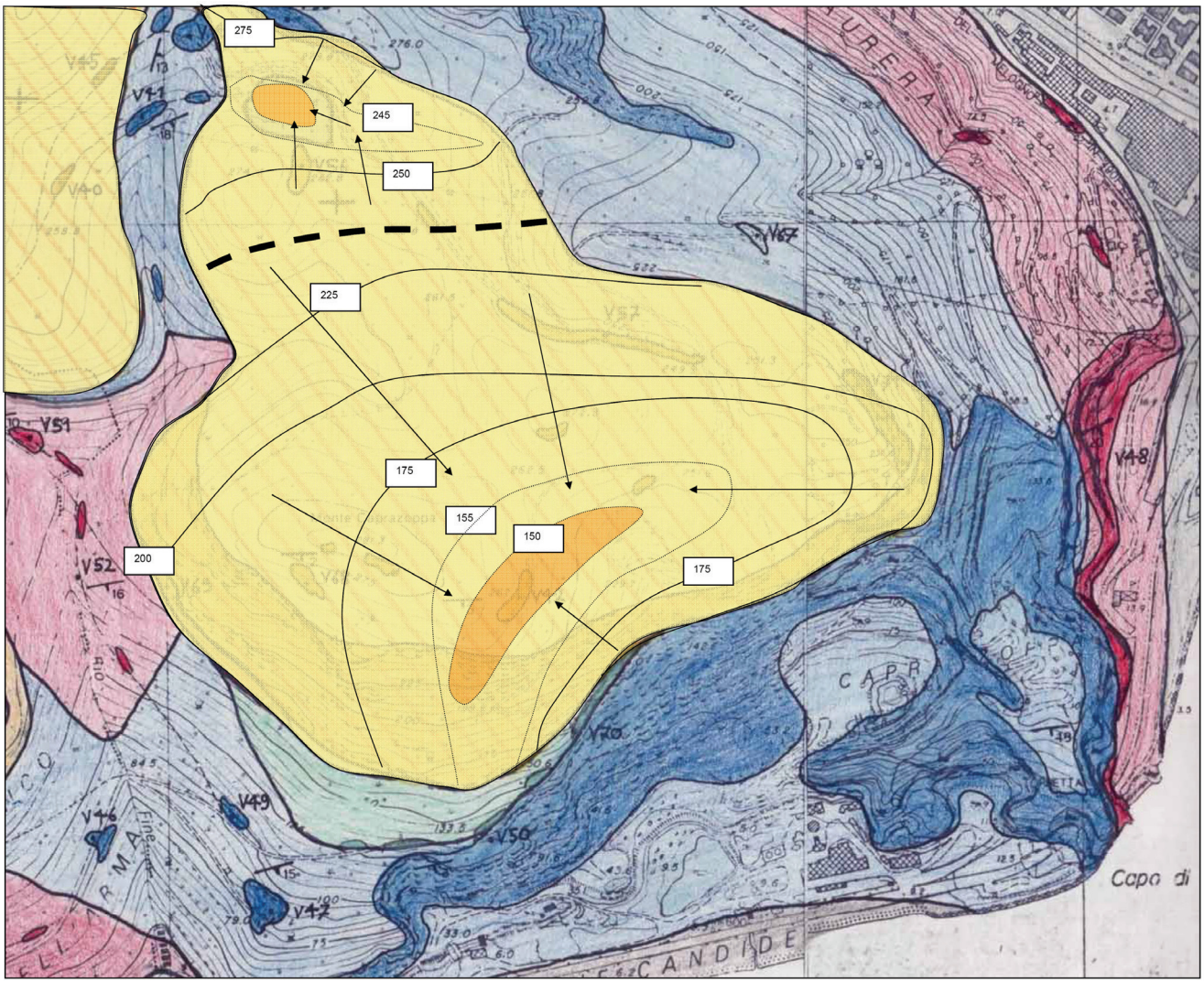


Fig.19: la morfologia sepolta e la circolazione presunta delle acque di infiltrazione diffusa sull'altopiano delle rocche dell'Orera sulla soglia parziale di permeabilità al contatto tra la base della pietra di ed il substrato preterziario.
Le quote riquadrate in bianco si riferiscono alle isoipse di una ricostruzione attendibile dell'andamento della morfologia sepolta ricoperta dall' ingressione miocenica da noi ricostruita estrapolando l'affioramento del contatto tra le due formazioni.
In giallo chiaro al Pietra di Finale, in giallo scuro le probabili zone di infiltrazione concentrata profonda, che nel punto più a nord corrispondono ad una dolina, mentre in quello a sud non si hanno riscontri superficiali. In tratteggiato pesante il presunto spartiacque sotterraneo.

(Elaborazione originale su rilievo geologico di base tratto dalla tesi inedita di L. Redoano Coppedé sulla Pietra di Finale, ridotto alla scala 1:7.500).

Vi è quindi una netta separazione con uno spartiacque sotterraneo che, come spesso avviene in zona carsica, è nettamente diverso da quello superficiale. Dal ciglio della cava verso Nord le acque si infiltrano in profondità senza ruscellare verso la cava. Dal ciglio

della cava, sulla roccia nuda, non vi è nessun effetto di ritenzione e quindi, mentre di norma tutta l'acqua si infiltra rapidamente, in caso di piogge molto intense l'acqua che non viene assorbita scorre lungo i gradoni: il fenomeno verrà molto mitigato con la copertura vegetale prevista sui gradoni e comunque nella sistemazione finale l'acqua verrà guidata con opportune canalette sino ai piccoli bacini di raccolta previsti e, per l'esubero, guidata al mare insieme alle acque bianche del comparto (appendice E7).

La permeabilità del terreno sotto pioggia battente è strettamente condizionata dalla distribuzione dei materiali fini in superficie sui gradoni e sui piazzali, che in futuro saranno la norma per favorire la rinaturalizzazione.

La roccia sottostante risulta altamente permeabile per fratturazione e, localmente, microforme di carsismo ed è, di norma, allo stato attuale, in grado di assorbire in modo diffuso, come si è detto gli apporti idrici derivanti dalle piogge senza che si attivino scaturigini esterne direttamente osservabili sui fronti di cava.

Tutto il confine dell'area carsica che può essere sottesa dalla cava, e cioè tutto il massiccio Caprazoppa-Rocche dell'Orera è stato da noi investigato alla ricerca di sorgenti carsiche. La zona è stata anche oggetto di approfondite ricerche dai migliori speleologi della zona e della Liguria, che tra l'altro, proprio in quest'area comprendono professionisti, ingegneri e geologi, che ben conoscono anche la cava del presente intervento, e che, ovviamente, sono molto interessati alla circolazione idrica sotterranea quale traccia per la ricerca di cavità sconosciute.

Essi hanno convalidato le nostre osservazioni, e cioè che non vi sono sorgenti carsiche in tutta l'area, e che pertanto la nostra ricostruzione del modello idrogeologico è valida, con acque che percolano sino ad attestarsi sulle acque di fondo poco sopra il livello mare (le acque dolci galleggiano sull'acqua salata), e da qui scendono lentamente in mare (v. capitolo 6, modello idrogeologico del terreno).

Il rimodellamento del versante nella sua parte alta interessa, nella presente versione del progetto, una zona molto limitata dei fronti e non intercetta assolutamente le cavità note.

8. APPROFONDIMENTI IDROGEOLOGICI

Poiché gli Uffici regionali hanno espresso comprensibili preoccupazioni per quanto riguarda l'idrogeologia della zona, si ritiene utile precisare quanto segue.

Dalle indagini pregresse e da quelle espressamente eseguite per la stesura della presente relazione, si possono delineare due punti essenziali già espressi nei capitoli precedenti.

La circolazione idrica sotterranea interessa l'ammasso roccioso nella sua interezza, cioè filtra a partire dalla zona di ricarica che è costituita dalla superficie di cava e, a monte della falesia principale, dall'altopiano l'Altopiano delle Rocche dell'Orera, attraverso le diaclasi e le eventuali cavità carsiche (eventuali in quanto non note e non registrate nel catasto speleologico ligure) nella Pietra di Finale prima e dei Calcari della Val Tanarello. Le acque scendono poi fino alla quota del livello medio marino, dove "galleggiano" sull'acqua salata e si stratificano dando vita ad un cuneo salino. Le opere in progetto, che sono principalmente di scavo e riporto nella parte medio-superiore del comparto e di demolizione/ricostruzione di volumi edilizi nella parte inferiore, non appaiono interferire in alcun modo con il movimento profondo delle acque sotterranee.

Possiamo affermare con certezza che non vi sono pozzi o sorgenti che possano essere influenzati dall'intervento sia di rimodellamento del versante sia dalla realizzazione delle fondazioni dei fabbricati e della piscina.

8.1 piscina

Una delle preoccupazioni degli Uffici Regionali ha riguardato la grande piscina in progetto. Essa è costituita da un bacino di acqua, ovviamente impermeabilizzato, profondo da 1 a 2 m circa All'estradosso, poiché le piscine non olimpioniche, del tipo di quelle al servizio di residenze, non superano di norma 1,2 metri di profondità utile, per motivi di sicurezza. La piscina poggia pertanto, ad una quota di pochi centimetri al di sotto di quella attuale dei piazzali, su sabbie e riporti permeabili, resti dell'antica duna e dei piazzali degli impianti.

Non modifica pertanto assolutamente la circolazione delle acque poiché la zona satura si attesta poco sopra al livello del mare (circa 50 cm con l'alta marea) e quindi circa 7,5-8 metri al di sotto dell'estradosso del fondo della piscina, ad una distanza da 20 a 40 metri dalla battigia.

8.2 Drenaggio delle acque sotterranee

Una delle osservazioni al precedente progetto era legata alla ridotta presenza di piezometri nell'area di studio.

Lo strumento che normalmente si usa in questo tipo di terreni è il piezometro a tubo aperto: consiste in un tubo verticale di piccolo diametro (ma abbastanza grande da evitare il fenomeno della capillarità) inserito nel terreno nel quale si vuole effettuare la misura della quota piezometrica (che equivale alla determinazione della pressione alla quale è sottoposto il liquido nella condotta medesima).

Esistono alcuni piezometri "veri" messi in opera dall'Ing. Ferro (ISAF) per la caratterizzazione dei terreni e non hanno evidenziato problematiche.

Il pozzo industriale sul piazzale di fronte alla Piaggio Aeroindustries, che funziona anche da piezometro ed è dotato anche di tre piezometri allineati per valutare il cono di depressione, misurato ripetutamente dagli scriventi in condizioni statiche, (alla domenica pomeriggio, a cantieri chiusi) conferma che nelle sabbie costiere il livello statico si stabilizza poco sopra al livello del mare (0,4 metri, oscillanti con la marea).

Per la parte rocciosa della cava i 227 metri di sondaggi a carotaggio continuo di cui il più profondo è di 67m, non sono stati attrezzati con piezometro per il semplice motivo che sono sempre risultati asciutti e si è ritenuto del tutto inutile monitorare con costose apparecchiature registratrici un'improbabile accumulo di acqua in roccia fessurata in attesa di un evento eccezionale che potrebbe benissimo, statisticamente parlando, non verificarsi in tempo utile per le indagini, o, come sosteniamo noi, non verificarsi mai.

I motivi della nostra certezza su questo punto sono due: i tentativi di prove Lefranc nei sondaggi lungo i gradoni da noi eseguiti hanno solo dimostrato un assorbimento molto elevato del foro, e quindi una permeabilità elevata, poiché non siamo riusciti a riempirli per eseguire al prova con l'acqua della manichetta a nostra disposizione.

Non dovendo costruire manufatti a tenuta d'acqua (all'epoca si sono eseguiti i sondaggi per valutare le caratteristiche dei materiali che ci proponevamo di riprofilare) non ci è sembrato il caso di eseguire delle prove Lugeon (che sono prove in pressione su brevi tratti di foro).

In molti casi, nel tratto iniziale, il foro ha dovuto addirittura essere rivestito per ovviare alle perdite di acqua di perforazione, talmente elevate da non consentire un regolare raffreddamento dell'attrezzo, ad ulteriore conferma dell'assoluta mancanza di circolazione idrica naturale.

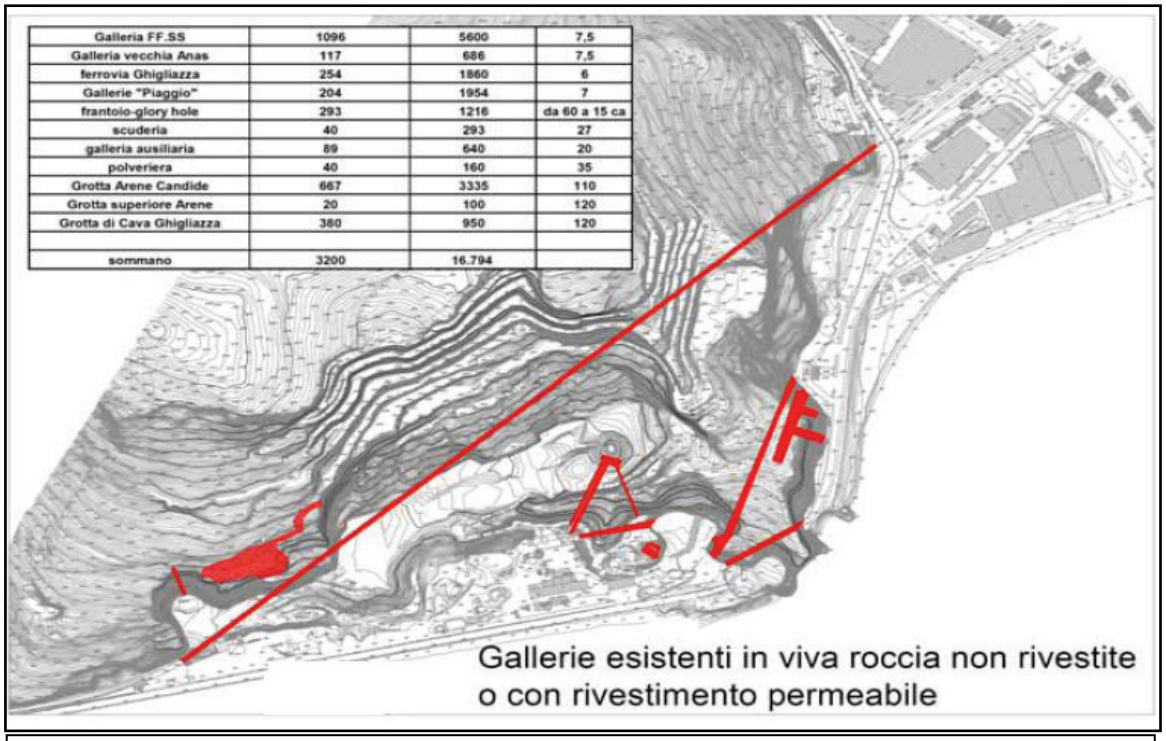
La dicitura “acqua limpida” che compare nella parte terminale dei log di ogni sondaggio, corrisponde alla voce “fluido di perforazione", ad indicare che su nostra richiesta per il foro non sono stati usati fanghi di perforazione; la stessa dicitura compare sui piezometri fatti installare dall'ing. Ferro per lo studio dei terreni ai fini di una eventuale bonifica; quindi non si deve confondere in nessun caso questo dato come indicatore di presenza di acqua di falda.

Gli scriventi sono assolutamente certi che le acque sotterranee di tutta la zona di intervento si limitano alla "acqua di fondo", (nei terreni carsici gli idrogeologi preferiscono non usare il termine "falda" che come si è visto, satura il terreno poco sopra il livello del mare sia nei calcari fratturati e talora incarsiti che nelle sabbie. Questa tranquillità ci viene data dalla rete di gallerie naturali e artificiali che attraversa tutta la zona, è esposta nella figura allegata e che, ovviamente funzionano da piezometri "immensi", con una superficie drenante di tre ordini di grandezza superiore a quella di un normale piezometro..

Sono infatti presenti nell’ammasso roccioso non meno di 3.200 metri di gallerie di grande diametro, diametro addirittura da due a tre ordini di grandezza superiore a quello di un normale piezometro, tutte da noi ispezionate, a quote molto diverse, per una superficie in proiezione piana di oltre 17.000 m^2 che, se considerati come superficie drenante e quindi come sviluppo delle pareti, si aggira approssimativamente sui 60.000 m^2 complessivi.

Se vi fosse dell’acqua in pressione ce ne saremmo da tempo accorti, mentre tutte le gallerie e le grotte da noi ripetutamente ispezionate sin dal 1955, sono asciutte, se si eccettua qualche pozzanghera che si può accumulare sui fanghi a pavimento in alcune di esse.

Ci sembra decisamente che come ”superficie di piezometro” sia estesa e che come elemento di valutazione sulla circolazione dell’acqua nel massiccio, a livello di fattibilità dell’opera, possa essere più che sufficiente.



Galleria FF.SS	1096	5600	7,5
Galleria vecchia Anas	117	686	7,5
ferrovia Ghigliazza	254	1860	6
Gallerie "Piaggio"	204	1954	7
frantoio-glory hole	293	1216	da 60 a 15 ca
scuderia	40	293	27
galleria ausiliaria	89	640	20
polveriera	40	160	35
Grotta Arene Candide	667	3335	110
Grotta superiore Arene	20	100	120
Grotta di Cava Ghigliazza	380	950	120
sommano	3200	16.794	

Fig. 20: Gallerie non impermeabilizzate esistenti nella zona interessata dagli studi

8.3 Modello idrogeologico del comparto

Il modello idrogeologico è molto semplice, con uno spartiacque superficiale posto poco sopra il ciglio di cava ed uno spartiacque sotterraneo “ordinario” posto al contatto Terziario-Preterziario, poiché il contatto immerge verso Nord.

Le acque che penetrano nella "pietra di Finale", porosa e variamente fessurata, incontrano un limite di permeabilità relativa quando giungono sui litotipi terziari, permeabili solo per fessurazione, e pertanto si allontanano verso l’asse dell’antica depressione sottomarina (una valle diretta est-ovest sommersa nel Miocene) nella quale si è sedimentata la Pietra di Finale, asse di drenaggio ubicato a Nord della nostra cava e da qui si infiltrano nei sottostanti calcari fessurati.

E’ la situazione classica, già studiata e pubblicata dallo scrivente in altre valli del Finalese dove sono noti punti idrovori e le relative sorgenti.

Nel nostro caso, e comunque ininfluente ai fini dell’insediamento, non sono noti punti idrovori nelle vicinanze dei terreni di proprietà Cava Arene Candide s.r.l. (una grande dolina è presente a Est della chiesa di Verezzi, ed un’altra sull’altopiano delle rocche dell’Orera, ma quindi in posizione molto distante), né, come si è già detto, esistono

sorgenti correlate, malgrado le assidue e reiterate ricerche carsologiche di tutti i gruppi speleologici del Nord Italia.

Il bacino di alimentazione in acque sotterranee del nostro sito è pertanto coincidente con la parte di cava a mare degli affioramenti terziari e riceve solo le acque di precipitazione diretta.

Dalle figure che seguono si nota che, pur facendo ufficialmente riferimento alla stazione di Calice Ligure, dove notoriamente piove di più che sul promontorio della Caprazoppa, le precipitazioni annue massime attese sono di 1400 mm, si sottolinea a Calice Ligure, e quindi con ogni probabilità dell'ordine di 1000 mm alla Caprazoppa.

Se poi consideriamo le piogge di massima intensità, e su queste possiamo ragionevolmente riferirci all'evento più recente, del 2011, che, del tutto casualmente, ha avuto un suo massimo proprio a Finale, anche se senza effetti rovinosi, possiamo utilizzare i dati dell'ottima sintesi di ARPAL, redatta come rapporto di evento meteoidrologico del 4-5/09/2011 da B. Turato, G. Galvani, che evidenzia la seguente situazione:

Il massimo mensile raggiunto è dell'ordine, ma con tempi di ritorno lunghissimi, di 360 mm/mese, mentre la massima precipitazione nelle 24 ore è di poco superiore ai 165 mm.

Se prendiamo in considerazione l'evapotraspirazione ed il ruscellamento i dati scendono di molto: per l'evapotraspirazione a questo livello di approssimazione basta la ben nota Formula di Turc, considerata attendibile da un Maestro dell'idrogeologia come Gilbert Castany che così si esprime:

$$E_r = \frac{P}{\sqrt{0{,}9 + P^2/L^2}} \qquad (3.13)$$

E_r, est l'évapotranspiration réelle annuelle en millimètres ;
P, la hauteur de précipitation annuelle en millimètres ;

$$L = 300 + 25\,T + 0{,}05\,T^3 \qquad (3.14)$$

Cette formule, où T est la température annuelle moyenne de l'air en degrés celcius, exprime le pouvoir évaporant de l'atmosphère.

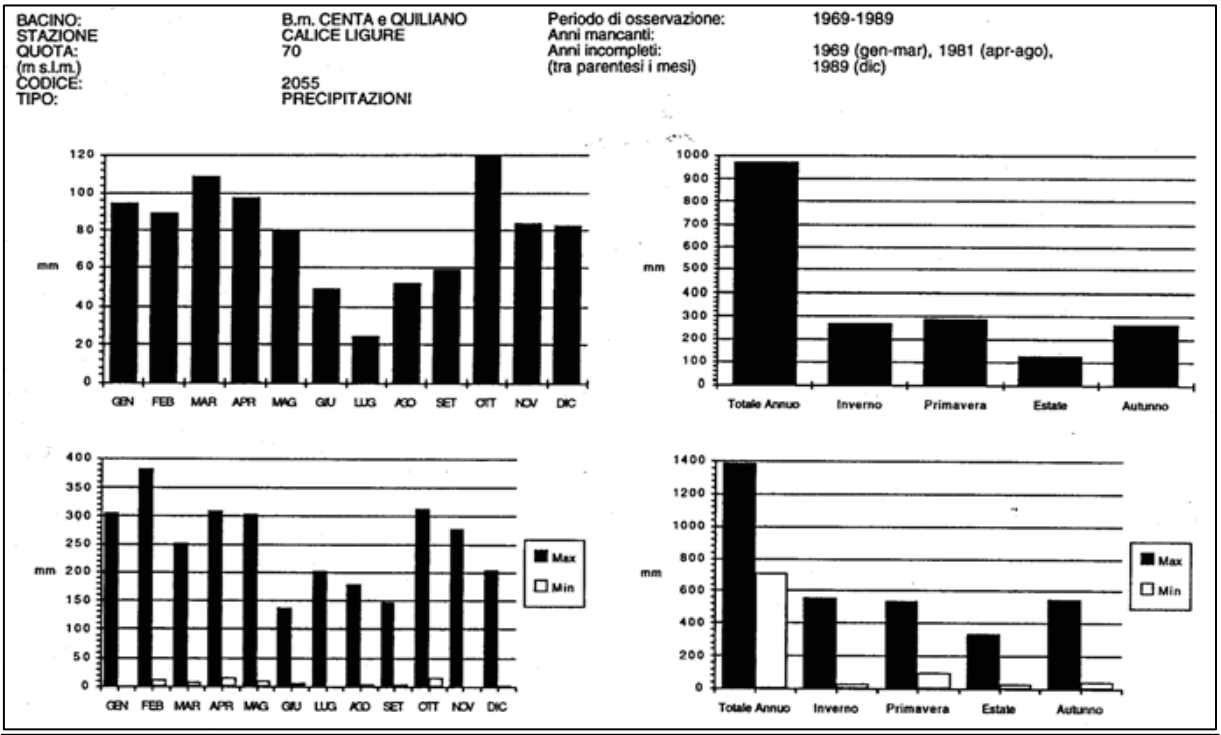


Fig. 21: gli apporti meteorici al pluviometro di Calice Ligure.
(Dati ufficiali rielaborati da Brancucci G. 1994).

L'andamento delle temperature medie annue a Calice, sempre da Brancucci 1994, è dell'ordine di 18° Centigradi.

Fatti i dovuti calcoli, sempre prudenzialmente, prendendo a riferimento i massimi valori misurati a Calice Ligure, l'evaporazione reale media annua prevedibile sulla Caprazoppa, per l'annata idrologica peggiore, è dell'ordine di 720 mm, con i dati cautelativi di Calice Ligure.

Bisogna ovviamente considerare anche il ruscellamento, che già allo stato attuale, per l'ovvia presenza di materiali fini in superficie, è stimato dell'ordine almeno del 25% e che aumenterà con la sistemazione finale a verde per la minor permeabilità complessiva del terreno superficiale rispetto a quella della roccia fessurata nuda (stiamo parlando ovviamente del ruscellamento complessivo cumulato non di quello istantaneo, che è naturalmente maggiore sulla roccia nuda perché non vi è l'effetto "volano-laminazione" del terreno ben vegetato.

Questo significa che in un anno, il peggiore sotto questo profilo, restano disponibili per ogni metro quadrato di superficie del progetto, 540 mm al massimo di acqua, (mezzo metro) che devono attraversare in un anno una media di 140 metri di roccia fessurata sino

a sotto il livello del mare e confinante con una distesa praticamente illimitata di sabbia permeabile immersa nel mare.

Ben si comprende come si sia formata una grande lama di beach-rock, che, si ricorda, ha la sua origine nella deposizione di sali di Calcio al contatto tra acque dolci ed acque salate nel loro permeare da monte a valle. Una beach-rock "viva" è infatti sepolta nella sabbia, anche se per noi naturalisti ha più importanza da morta, quando crea microambienti del tutto peculiari.

Non si ritiene una criticità un così ridotto quantitativo di acqua da smaltire in un anno in ambiente carsico, come sono assolutamente compatibili 160 mm. di acqua nelle 24 ore.

Nella Figura 7 è stata evidenziata la distribuzione delle gallerie non rivestite nell'ambito del progetto, che in fase esecutiva potrebbero essere utilizzate come recapito terminale di traccianti idrici.

Per quanto concerne le prove per traccianti, che lo scrivente ben conosce in ambiente carsico, si sottolinea ancora una volta che per poterle eseguire occorre avere un punto di immissione idrovoro nel quale poter immettere molte centinaia metri cubi di acqua in assenza di una circolazione spontanea e, soprattutto, occorre avere un punto concentrato di risorgenza nel quale effettuare i controlli.

Nel nostro caso non abbiamo nessuno dei due e risulta pertanto molto difficile organizzare una prova.

Si rileva anche che di norma queste prove vengono eseguite quando si ha il timore che inquinanti pericolosi possano ritornare in superficie (discariche o grandi industrie con pericolo di inquinamento, ad esempio).

Nel nostro caso il modello idrogeologico è chiaro e non si prevede nessuno scarico inquinante e, se sono stati recepiti i consigli dello scrivente, anche gli scarichi fognari saranno "blindati". Si ritiene pertanto non indispensabile, oltre che di realizzazione tecnicamente molto complessa, un'indagine con traccianti.



Fig. 22: la galleria ferroviaria da noi ispezionata, entrata in esercizio nel 1870, ancora in perfette condizioni e senza indizi di venute d'acqua significative. Attraversa tutto il comparto ad una quota di circa 8 m s.l.m. per una lunghezza complessiva di oltre 1.000 m dei quali 725 interni al PUO.

8.4 Il pozzo industriale Ghigliazza

Nella relazione della precedente istanza non era stata approfondita la descrizione del pozzo utilizzato “da sempre” dalla ditta Ghigliazza per l’impianto di produzione di calce, prima, e di calcestruzzo poi, in quanto l’approvvigionamento necessario è previsto da una risorsa acquedottistica che il Piano d’Ambito per la gestione del servizio idrico integrato dell’A.T.O. Savonese ritiene, fondatamente, ancora abbondantemente disponibile.

Va detto per inciso che sono sversati ancor oggi in alveo dei torrenti le risorse di tre importanti sorgenti che, con una stima per difetto si può affermare che superino un totale di circa di 75 litri/secondo, meglio indicati bell'appendice dedicata E1.4. Qui si riassumono i dati salienti.

Il Pozzo Ghigliazza: è un pozzo terebrato nella parte terminale ovest della pianura alluvionale del Torrente Pora, nel piazzale a ridosso del bivio dal quale si diparte la Statale per il Melogno.

Il suo utilizzo risale molto indietro nel tempo poiché abbiamo documentazione di un rinnovo della concessione per l'uso del suolo pubblico (il pozzo insiste su di un terreno di proprietà comunale) datato del 1965 ed esiste la richiesta del 1981 di costruzione un nuovo pozzo, (quello attuale) a brevissima distanza dal precedente, nel frattempo reso inservibile dalla corrosione.

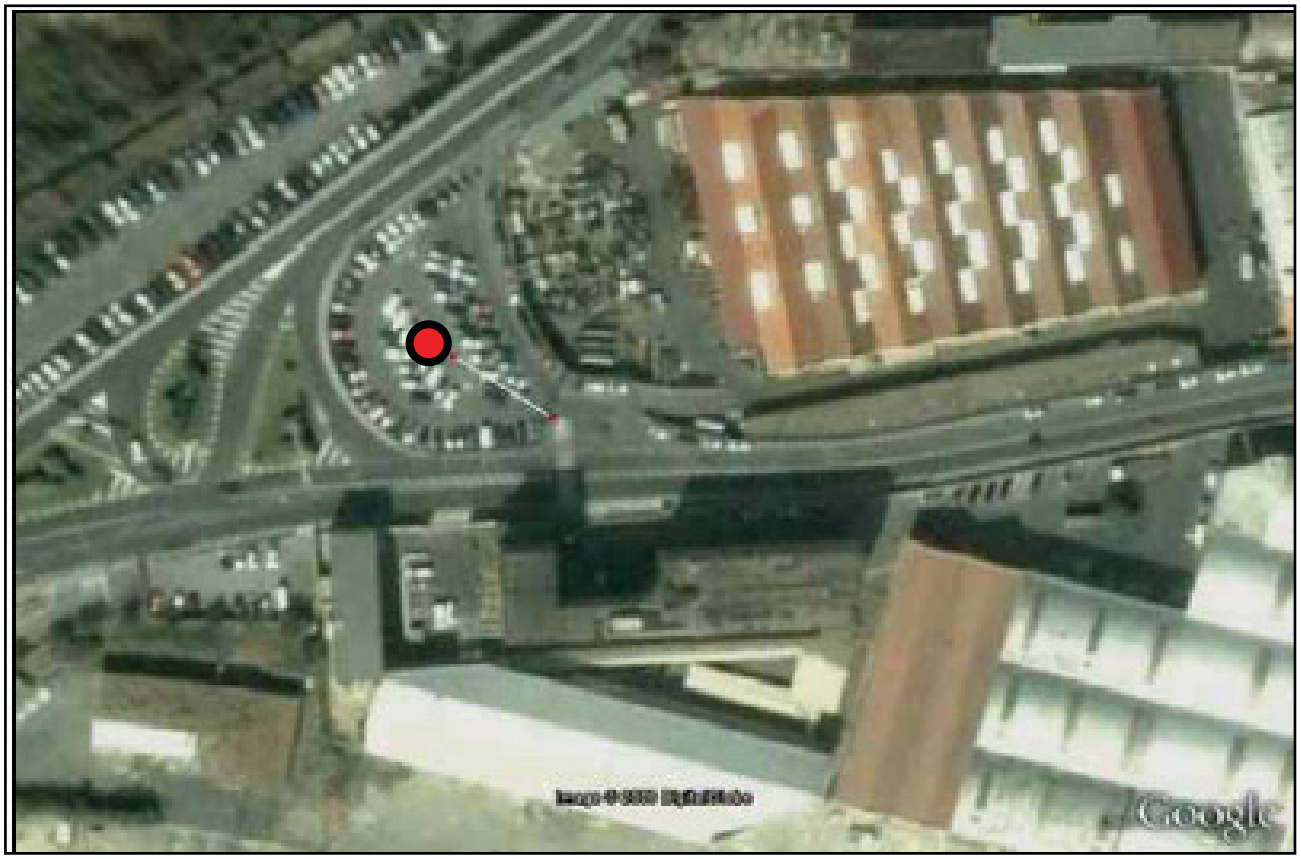


Fig. 23: localizzazione del Pozzo Ghigliazza e della linea dei piezometri.

Il pozzo attuale ha un diametro di 300 mm, profondo 12 m, in sabbie ghiaiose, è un pozzo incompleto in falda libera, in quanto durante la terebrazione del pozzo non si è raggiunto il substrato e il tubo filtro si ferma a 12 metri di profondità. Sondaggi eseguiti nell'area Piaggio adiacente ci fanno ritenere attendibile una profondità del substrato lapideo dell'ordine di 20-22 metri.

La sua localizzazione precisa è riportata nella figura 9, in cui viene pure indicato l'allineamento dei tre piezometri fatti costruire per le prove di pompaggio.

Come si è detto il Pozzo industriale Ghigliazza è attrezzato con tre piezometri i quali sono distanti circa 5 metri tra di loro (nella loro esecuzione ci si è dovuti adattare alla presenza di un parcheggio) ed anche il pozzo può essere facilmente utilizzato come

piezometro, poiché in esso è stato inserito un tubo raggiungibile da un foro senza la necessità di sollevare il pesantissimo chiusino.
Il chiusino del pozzo è ubicato a quota di 5,85 sul livello medio mare, basandosi sui dati della carta tecnica regionale.
La quota di riferimento dei piezometri è stata misurata con livella rispetto al chiusino ed riportata nella tabella seguente, con le distanze reciproche.

Quota (m.	s.l.m.	distanza relativa	distanza cumulativa dal pozzo
Pozzo	5,85	-	-
P1	5,76	5,00	5,00
P2	5,67	5,55	10,55
P3	5,48	4,70	15,25

Sono state eseguite diverse prove, rese complesse dal fatto che la pompa è molto potente ed è difficile la sua regolazione; il pozzo a pieno regime supera i 20 litri al secondo di concessione e la saracinesca non è stata mai usata ed andrebbe sostituita.
Un primo ciclo di misure di prova ha dimostrato che la vasca di accumulo di 254 metri cubi viene riempita in due ore e 15 minuti.
L'operazione è stata ripetuta ad intervalli, (è necessario svuotare la vasca) sempre con lo stesso risultato. L'abbassamento del piezometro più vicino non ha superato gli 80 cm e nel pozzo, non essendo misurabile la profondità del livello dinamico con il pozzo in funzione, è stata misurato a 10 minuti dalla fermata, in 1,3 metri.
Si è poi eseguita una misura a gradini, accendendo e spegnendo l'alimentazione in modo da ottenere l'equivalente di una portata media di 8-20-40 m^3/h dal venerdì 19 Settembre 2009 alle 17 sino al lunedì 21 alle 7 di mattina, in tre tappe poiché abbiamo il problema di svuotare la vasca di accumulo.
Si è potuto così stimare la portata critica e la portata ottimale per non scendere al di sotto del livello del mare con il livello dinamico, fissando la quota detto livello a circa 15 cm sul livello medio mare ed ottenendo pertanto una portata critica di 9.500 litri/h e duna portata ottimale di di poco meno di 9.000l/ora, pari a circa 2,5 l/s, a quanto consta sufficienti per il nostro comparto. L'interfaccia acqua dolce-acqua salata si posiziona così anche dopo lunghi periodi, a circa 12 metri di profondità dal piano campagna, poiché, per la nota

formula di Ghyben-Herzberg l'interfaccia si posiziona ad una profondità di circa 40 volte il battente idraulico sopra il livello medio marino.
Va ricordato che si tratta di un pozzo incompleto, che in caso di utilizzo a fini potabili della falda andrebbe riverberato, sottoposto a regolari prove di emungimento, provvisto di regolamentari aree di protezione prossima ed intermedia.
Si sottolinea che tutti i pozzi dell'acquedotto di Finale Ligure sono sotto strada, e, stando alle analisi messe in rete dall'ente gestore, non hanno dato mai problemi significativi.
L'analisi del pozzo da noi fatta eseguire, ed allegata in appendice, mostra che l'acqua ha buone caratteristiche chimiche, affine a quella dei pozzi della piana del Pora dalla quale evidentemente dipende. Il contenuto salino mal si accorda con un'alimentazione dalla zona carsica, come in un primo tempo si era sospettato.

Uno degli scriventi (P.M.) ha seguito le prove e le misure sui pozzi della vicina area Piaggio, prove che lo scrivente ovviamente non può riportare nel dettaglio ma che gli Enti hanno a disposizione in quanto riportate nell'indagine per la bonifica di detto stabilimento, depositata.
In sintesi, senza violare nessun segreto, prove regolamentari eseguite da ditta specializzata hanno dato valori di portata ben superiori a 5l/s con abbassamenti accettabili, con permeabilità oscillanti tra 5*10-2 e 2*10-3 m/s, che è una permeabilità buona. Entro lo stesso range sono i valori misurati su piezometri che sono vicinissimi al nostro pozzo, entro l'area Piaggio.

Si è comunque eseguita in data 18 agosto 2012 in una giornata non interessata dalle normali attività per la produzione e quindi in regime stazionario iniziale da parte di uno degli scriventi (G. Conti) una nuova prova di emungimento che ha confermato sostanzialmente i dati precedenti.

Allo stato attuale appare comunque del tutto verificata la fattibilità idrogeologica e chimico-fisica dello sfruttamento del Pozzo Ghigliazza, con le opportune implemetazioni di legge, per soddisfare appieno il fabbisogno di acqua potabile dell’intero comparto di nuova urbanizzazione previsto nel progetto di P.U.O.

9. ACCERTAMENTI SULLE GALLERIE PER LA VIABILITA'

Un punto importante è la preoccupazione legata alla viabilità di accesso, (pag. 6 del parere Regionale più volte citato); a seguito di un costruttivo scambio di opinioni con la Regione Liguria, la viabilità è stata rivista proponendo di riutilizzare la vecchia galleria ANAS in direzione ponente e liberando quindi parte dell'attuale galleria della S.P. n.1 Aurelia bidirezionale utilizzandola solo in direzione levante per affiancare la pista ciclabile alla corsia di marcia con continuità, senza complesse deviazioni.

Per l'accesso al comparto inoltre sarà utilizzata solo a senso unico da levante a ponente la vecchia galleria ferroviaria al servizio della cava, eliminando così la necessità di riprofilature significative. Tenuto conto delle caratteristiche della roccia e delle loro dimensioni le gallerie non avranno bisogno di manutenzione straordinaria dopo una loro messa a punto.

9.1 Galleria della vecchia Aurelia

La vecchia Galleria della S.P. Aurelia, in uso nelle stesse condizioni attuali a senso doppio sino a metà degli anni '70 è stata ripresa dallo scrivente nel 1961 (fig. 14).

La galleria attualmente usata ne ha intercettato il tratto terminale verso levante, che è stato chiuso con un pilastro e con la spalla di monte della galleria nuova.

La galleria è scavata nel Calcare di Val Tanarello, con buona resistenza meccanica, che in una classificazione dell'ammasso roccioso risulta in classe II.

Ripetuti sopralluoghi da parte di uno degli scriventi (P.M), a partire dal lontano 1955 fino allo stato attuale, hanno confermato che la galleria è in ottime condizioni e che, per i criteri attuali di sicurezza, necessiterebbe solo, come si è detto di un leggero rivestimento in betoncino spruzzato armato con rete. Gallerie analoghe vengono ancor oggi utilizzate "tal quali" anche in Liguria, ma si consiglia di adottare un leggero rivestimento in con spritz-beton ed eventuale rete a salvaguardia da distacchi puntuali di clasti, sempre possibile.

La galleria è lunga un centinaio di metri e la sua larghezza, al piano di calpestio, è di sette metri, con un'altezza al colmo di poco più di sei metri. Non ha pertanto bisogno di riprofilatura, soprattutto se usata a senso unico, salvo all'estremità Est.

Va infatti riaperto l'imbocco Est, con una leggera curva per allinearsi con la viabilità attuale. Le sue problematiche geologiche sono molto semplici stante la buona qualità della roccia, ed a livello preliminare bisogna prevedere al formazione prima di tutto di un fornice in galleria artificiale che si spinga sino al collegamento con l'attuale S.S. Aurelia,

non solo per protezione degli utenti, ma anche, strutturalmente, per consentire attraverso opportuni "infilaggi" di dare continuità alla parete in modo da poter riaprire la galleria al piede dello sperone in calcestruzzo posto a consolidamento dell'attuale galleria e della strada Aurelia.

All'imbocco Ovest è necessario prolungare la galleria con un tratto artificiale per portarsi in zona di sicurezza, come per l'attuale galleria, rinaturalizzato con le stesse tecniche usate in precedenza e molto apprezzate da tutti per gli ottimi risultati e per la semplicità di attuazione.

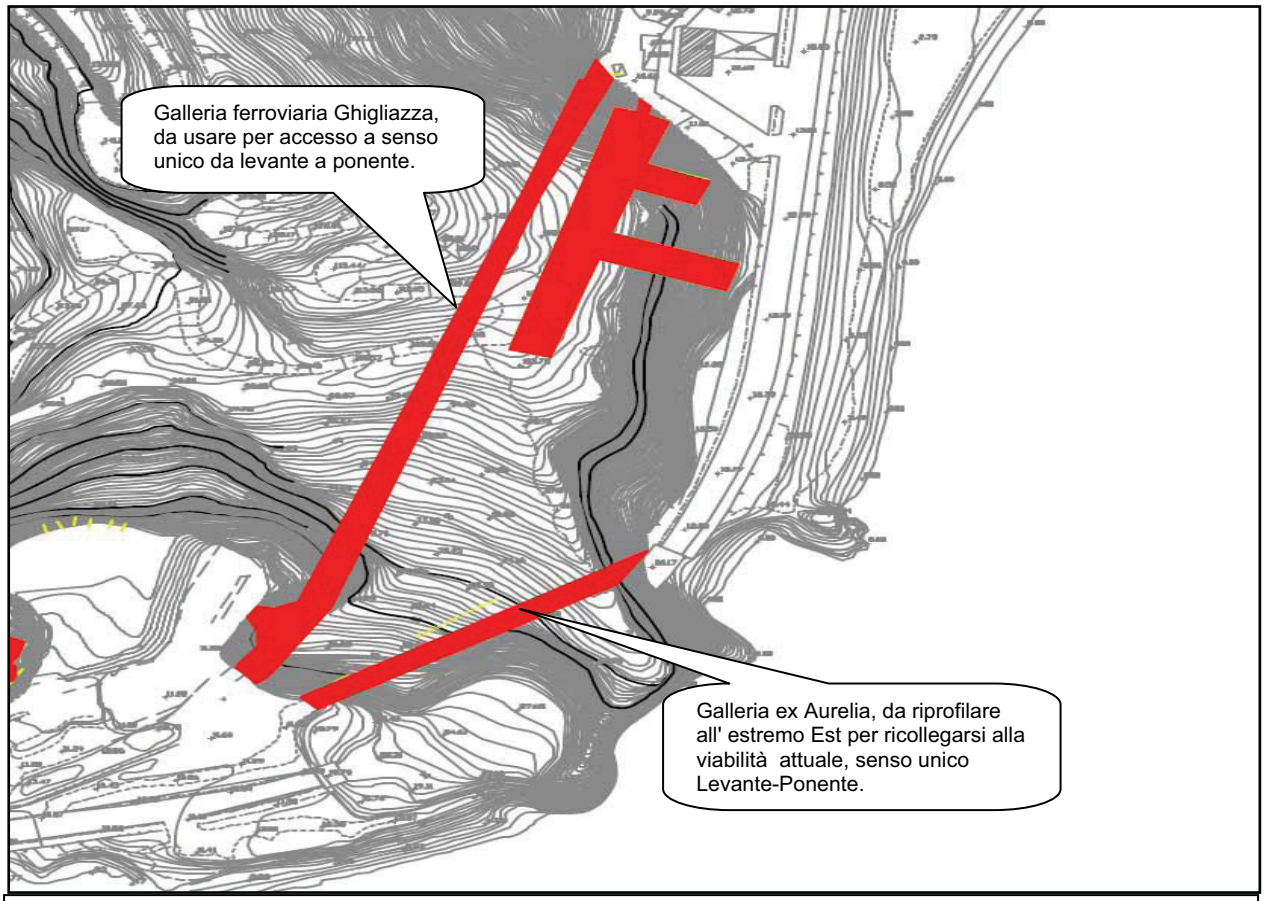


Fig. 24: localizzazione delle gallerie per la variante concordata sulla Via Aurelia con gallerie separate per ogni senso di marcia e per l'accesso a senso unico (da levante a ponente) al comparto.

9.2 Galleria ex ferrovia Ghigliazza

E' una classica galleria ferroviaria perfettamente rettilinea prevalentemente "monobinario" (nella parte ovest era stata allargata per prolungare un binario morto) lunga circa 250 metri, con una sezione variabile con larghezza di 4 metri minimi al piano di calpestio per

la metà di levante e una larghezza doppia nella parte terminale di ponente. Per un transito a senso unico, eventualmente interdetto ai pedoni, non necessita di riprofilatura (tra Riva Ligure e Moneglia, sino a qualche anno fa la stessa sezione veniva usata, con indubbie difficoltà, a senso doppio per oltre tre chilometri).

Anche questa galleria si apre nel calcare di val Tanarello, in condizioni geomeccaniche analoghe alla precedente e richiede solo, per le stesse ragioni, un rivestimento leggero con betoncino spruzzato e rete di armatura.

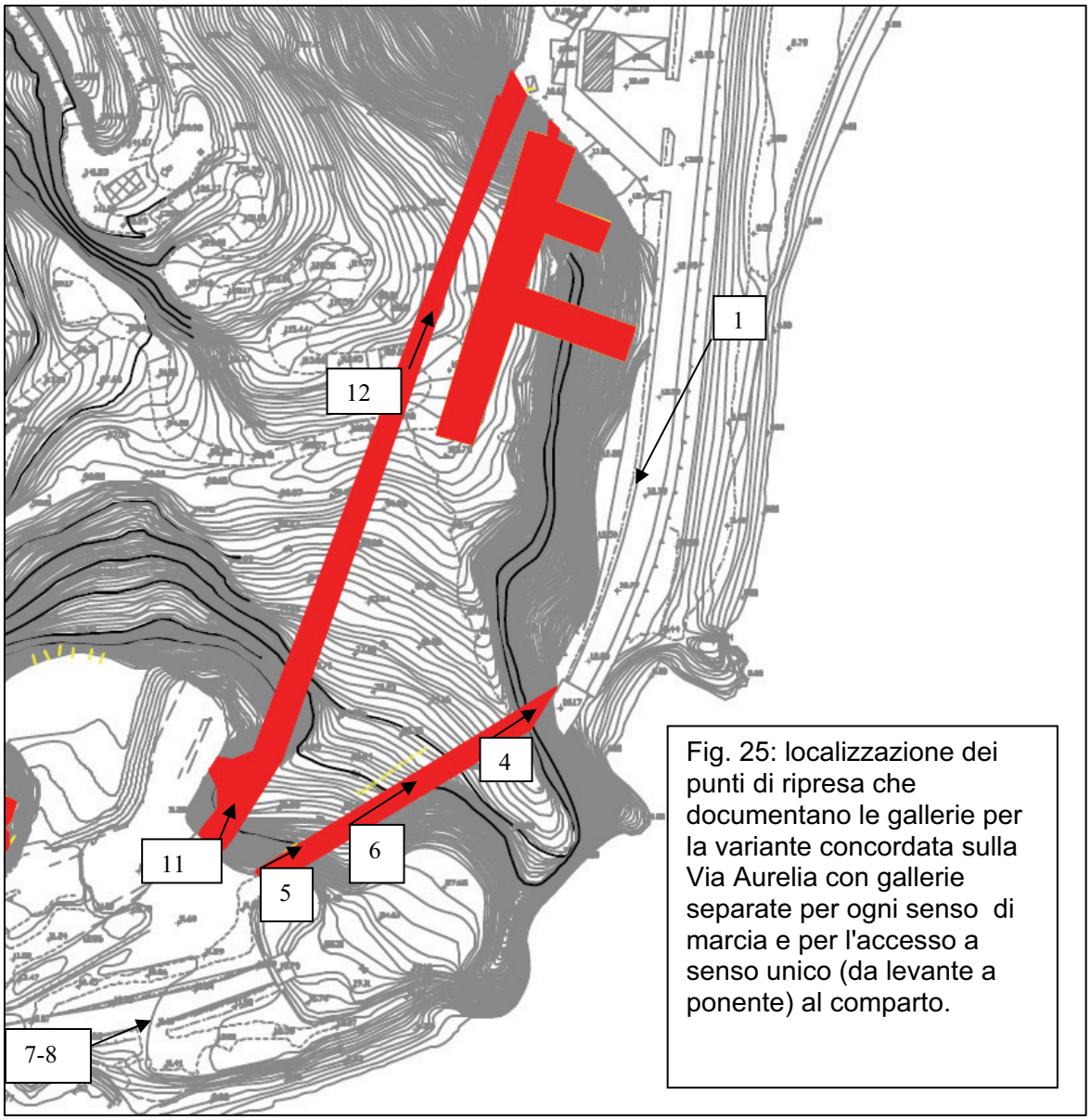


Fig. 25: localizzazione dei punti di ripresa che documentano le gallerie per la variante concordata sulla Via Aurelia con gallerie separate per ogni senso di marcia e per l'accesso a senso unico (da levante a ponente) al comparto.



Fig. 26: La galleria Aurelia vista da Est (punto di ripresa 1) allo stato attuale Il nuovo ingresso alla vecchia galleria dovrebbe essere prolungato sino al primo aggetto roccioso per proteggerla da potenziale caduta massi. La freccia indica la parte terminale della galleria vecchia con lo sfiato del punto di ripresa 4, a fig. 21.



Fig. 27: La galleria Aurelia nuova vista da Ovest allo stato attuale e l'imbocco Ovest della vecchia galleria (freccia gialla). Anche su questo imbocco della vecchia galleria un maggior prolungamento della parte artificiale previsto migliorerà l'inserimento e la sicurezza. (punto 7 di ripresa).



Fig. 28: il tamponamento della terminazione est della galleria vecchia Aurelia, con lo sfiato visto nella figura precedente. in destra la spalla Nord della galleria nuova. Da qui dovrebbe partire la riprofilatura per riaprire il fornice verso Est (Punto 4 di ripresa).





Figg. 29-30: la parte terminale della galleria vecchia Aurelia vista da metà galleria. In fondo si intravvede il tamponamento di cui al punto di ripresa 4; non vi sono sfornellamenti né cedimenti di sorta, malgrado il quarantennale abbandono (p. 5 e 6).





Figg. 31-32 La galleria ex ferrovia vista da Ovest, nel tratto iniziale e a metà percorso. Anche questa galleria è perfettamente sana, rettilinea e non scende mai al di sotto dei quattro metri di larghezza utile per circa 5 di altezza (punti di ripresa 11 e 12).

10 - RAPPORTI CON LA NORMATIVA SISMICA

Il Comune di Finale Ligure (area 29) ricade in zona 3 della nuova mappa sismica della Regione Liguria (DGR 1308 del 24/10/2008, aggiornata con DGR 1362/2010), con una accelerazione massima prevista Ag inferiore a 0,15 g.

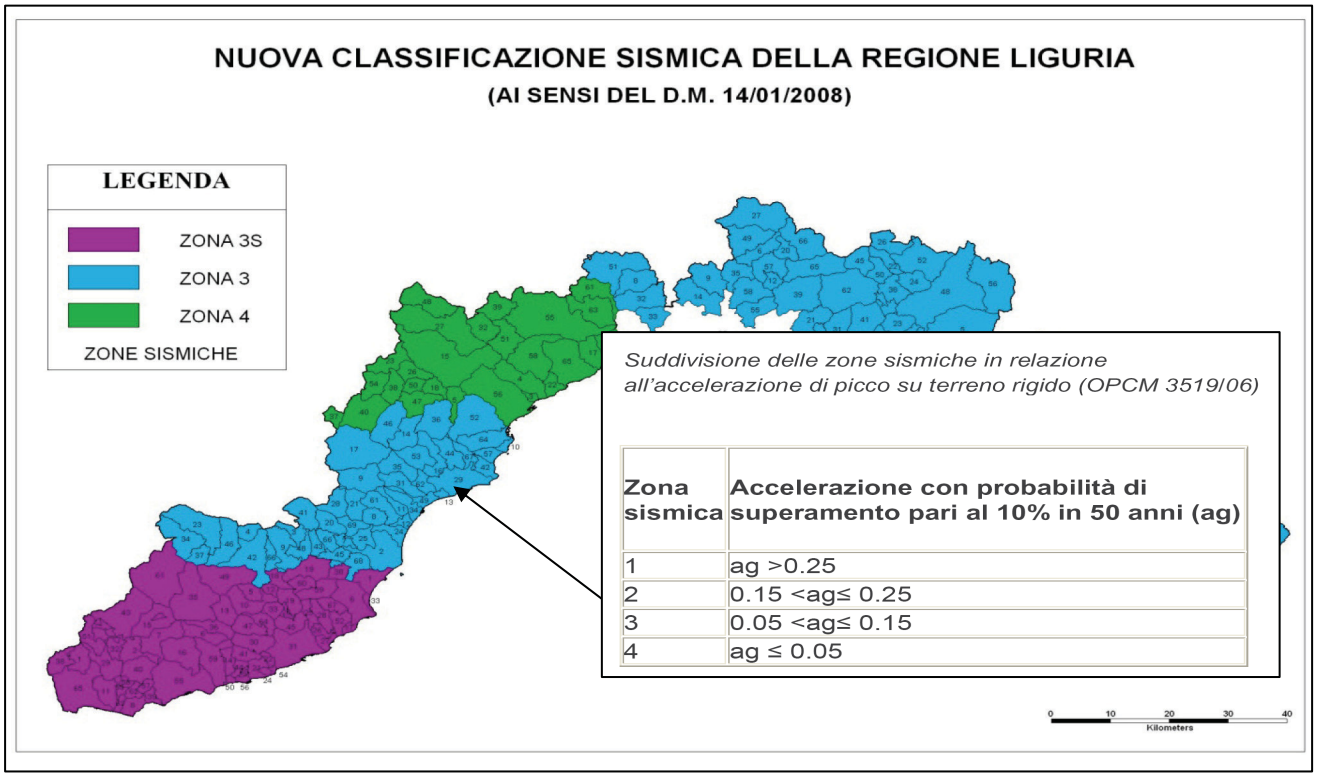


Fig. 33: Localizzazione del comune di Finale Ligure nella carta sismica della Regione Liguria D.G.R. 19.11.2010 N. 1362: D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria (B.U.R.L. Parte II 15.12.2010).

I terreni interessati dall'intervento rientrano nella categoria A per le fondazioni in roccia e nella categoria E per la parte sui piazzali, quando non raggiungano la roccia con fondazioni indirette.

Le specifiche tecniche relative ai criteri e linee guida regionali, ai sensi dell'art.1, comma 1 della l.r. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale, ad integrazione della DGR n. 471/2010 sono state emanate nel 2011 dalla regione Liguria.

Seguendo tali indicazioni si propone in allegato F1 ed F2 una carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1) ed una carta di massima di microzonazione

sismica (livello 2) con indicazione degli approfondimenti da eseguire per ottenere la carta di livello 3 per la parte esecutiva del progetto.

AZIONE SISMICA
Categorie di suolo di fondazione
A – Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi. Caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/sec, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B –Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti. Con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità a da valori di Vs30 compresi fra 360 m/sec ed 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica Nspt > 50 , o coesione non drenata Cu > 250 kPa.
C – Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza. Con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi fra 180 e 360 m/asec (ovvero 15 < Nspt < 50 oppure 70 < Cu < 250 kPa)
D – Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti. Caratterizzati da valori Vs30 < 180 m/sec (Nspt < 15 oppure Cu < 70 kPa)
E – Profili di terreni costituiti da strati superficiali alluvionali. Con valori Vs30 simili a quelli dei tipi C e D e spessori compresi fra i 5 ed i 20 metri, giacenti su un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/sec.

fig. 34

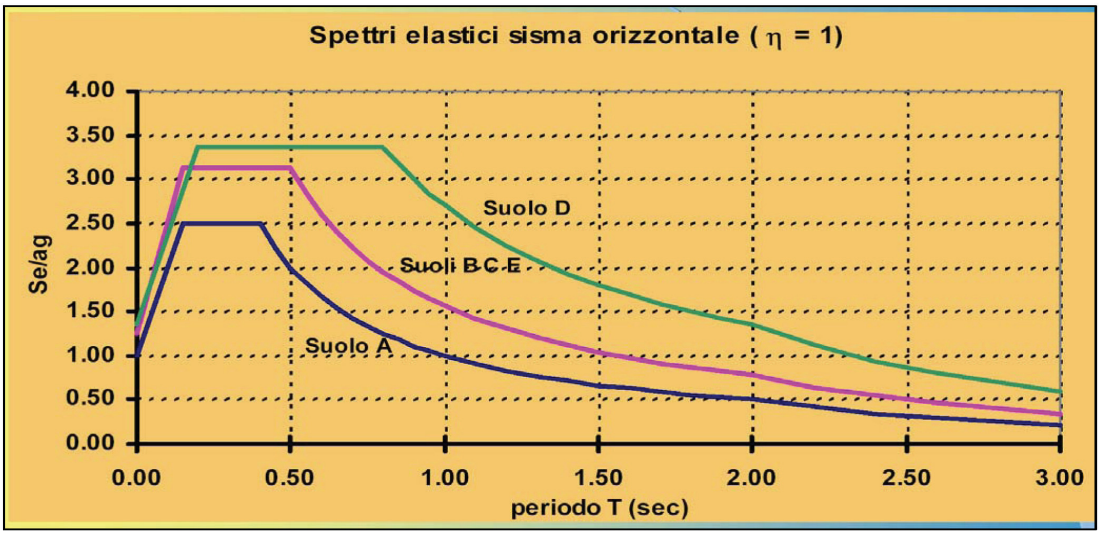


fig. 35

Cerca Posizione

Via	Via Caprazoppa	n°	
Comune	Finale Ligure	Cap	
Provincia	SV		Cerca

Coordinate WGS84

Latitudine		°
Longitudine		° Cerca

Determinazione dei parametri sismici

(1)* Coordinate WGS84

Lat. 44.163243 ° Long. 8.331756 °

(1)* Coordinate ED50

Lat. 44,164217 ° Long. 8,332811 °

Classe dell'edificio: II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubblich · Cu = 1

Vita nominale: 50

(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Interpolazione: Media ponderata

Calcola



44.163243, 8.331756

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,019	2,615	0,156
Danno (SLD)	50	0,027	2,522	0,198
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,082	2,521	0,290
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,112	2,516	0,305
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Calcolo dei coefficienti sismici

Muri di sostegno — Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1

us (m): 0.1

Categoria sottosuolo: A

Categoria topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
Cc * Coeff. funz categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
St * Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,004	0,005	0,016	0,030
kv	0,002	0,003	0,008	0,015
Amax [m/s²]	0,190	0,269	0,801	1,100
Beta	0,200	0,200	0,200	0,270

Calcola

* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.

(1)* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.
(2)* Il file creato con *"Salva file"* può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

fig. 36

11- RAPPORTI CON LA NORMATIVA DEI PIANI DI BACINO

La nostra zona ricade nel Piano di bacino del Torrente Bottassano, ambito 8 della Provincia di Savona con cartografia approvata con il 14.04.2008

L'ultimo aggiornamento normativo è stato adottato con Decreto della Giunta Provinciale di Savona n. 74 del 21.05.2012.

La nostra zona è stata cartografata tutta come "cava" ed indicata come cava attiva.

La normativa specifica in questo caso è la seguente:

"Ai fini del rischio geomorfologico viene comunque attribuita alle aree di cava una classe di suscettività alta, soprattutto perché attualmente non è previsto alcun controllo qualificato sullo stato dei luoghi, contrariamente a quanto avviene per i complessi estrattivi in esercizio, per i quali i gestori devono ottemperare alle norme vigenti in materia di coltivazione e sicurezza. Il controllo sui relativi adempimenti è esercitato dalla Regione Liguria."

Il nostro intervento tende a risolvere le problematiche relative alla stabilità e alla rinaturalizzazione della cava e quindi è ammesso come tipologia di intervento.

Come normativa generale dei Piani di bacino, la Provincia di Savona prevede:

" Sezione I - Norme generali di carattere idrogeologico"

Art. 5 - Indirizzi tecnici vincolanti

***1**. Nell'ambito dei bacini individuati nel Titolo 1 capo 1 art. 2 comma 1 della presente normativa valgono i seguenti indirizzi vincolanti:*

***a)** non sono consentiti gli interventi che richiedano sbancamenti e riporti, che modifichino negativamente la configurazione morfologica esistente o compromettano la stabilità dei versanti;*

Tutti gli interventi previsti tendono a migliorare l'asseto dei fronti di cava, gli sbancamenti sono limitati e volti alla messa in sicurezza di alcuni fronti.

***b)** devono essere impiegate modalità esecutive tali da limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo, consentendo la ritenzione temporanea delle acque attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;*

La copertura con terreno rivegetato favorisce un'ordinata infiltrazione e riporta il terreno a condizioni più vicine a quelle antecedenti lo sbancamento per l'attività di cava.

I riempimenti stabilizzano il piede del versante e saranno eseguiti con materiale proveniente dalla cava o con terre e rocce da scavo debitamente autorizzate.

Tutte le superfici verranno dotate di adeguate canalette per la regimazione delle acque delimitate con ingegneria naturalistica o con scogliere in massi reinverdite con essenze autoctone.

c) *nelle aree percorse da incendi boschivi .....omissis.....*

Non è il nostro caso.

d) *la realizzazione degli interventi di sistemazione è subordinata, per quanto possibile, all'impiego di tecniche naturalistiche, della rinaturalizzazione degli alvei dei corsi d'acqua e di opere di ingegneria ambientale volte alla sistemazione dei versanti al fine di garantire un corretto utilizzo del territorio.*

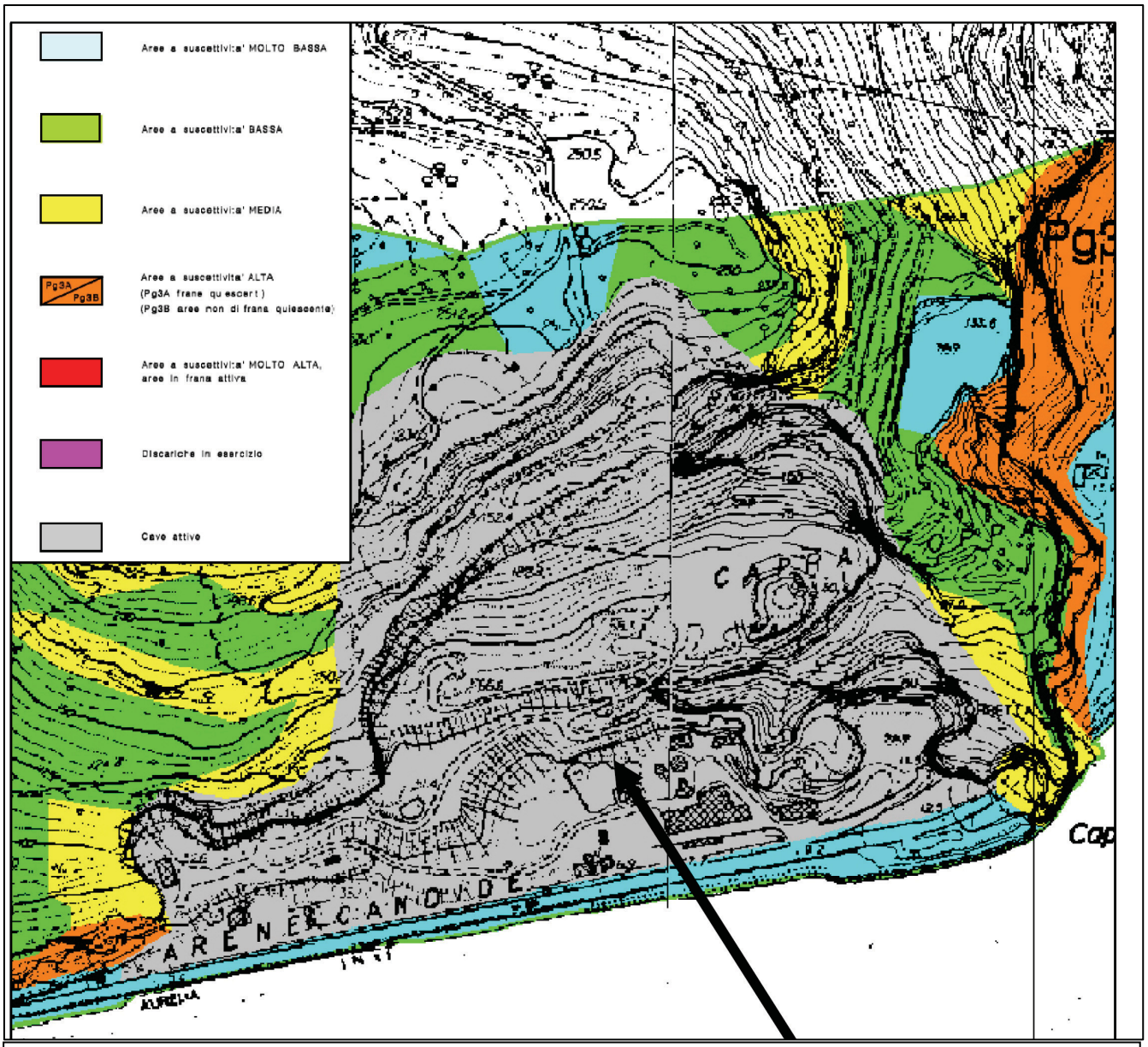


Fig. 37: localizzazione del sito nella carta della suscettività al dissesto del Piano di bacino della Provincia di Savona, ambito 8, ingrandito alla scala 1:5.000.

Come si è detto i gradoni e tutte le superfici che lo consentono verranno coperti con terre adeguatamente ammendate e rivegetate secondo le indicazioni dei consulenti agronomi e

naturalisti. Le canalette saranno adeguatamente protette e anch'esse rivegetate, evitando nel modo più assoluto, nella zona non urbanizzata l'uso di canali calcestruzzo e/o lamiera. Con l'applicazione di queste cautele si ritiene che l'intervento sia compatibile con la normativa in materia di piani di bacino.

12 - RAPPORTI CON LA NORMATIVA SULLE TERRE E ROCCE DA SCAVO.

In fase esecutiva dovrà essere prodotto un progetto di gestione delle terre e rocce da scavo ai sensi del comma 2 dell'art. 186 del d.lgs. 52/06 e della normativa regionale in materia in continuo aggiornamento, e si dovrà, in fase esecutiva fare riferimento al recentissimo DM 161/2012 in via di pubblicazione.

Già sin da ora tuttavia si può affermare che le terre provenienti dalla movimentazione dei materiali andranno riutilizzate in loco, anzi, occorrerà approvvigionarsi di materiali provenienti dall'esterno per ottenere le quote previste dal progetto.

Per quanto riguarda i quesiti ai quali rispondere per definire il sito di produzione, per la parte che riguarda l'ambito della ex cava Ghigliazza oggetto del presente PUO si può rispondere come segue:

12.1- caratteristiche del sito di produzione: la destinazione urbanistica è insediativa a vari livelli con servizi pubblici e viene definita dal presente PUO, con dettagliata documentazione.

- L'uso pregresso è stato quello di una cava di calcare con impianti per la produzione di calce e successivamente con impianto di betonaggio.

E' stato eseguito dall'ing. G. Ferro uno studio per la caratterizzazione dei terreni trattandosi pertanto, per la parte più bassa, di un'area industriale.

- Sotto l'aspetto geologico si può distinguere una fascia alta, di produzione delle terre, costituita da Calcare di Val Tanarello e Pietra di Finale, una fascia intermedia costituita prevalentemente da limi di lavaggio degli inerti ottenuti per sedimentazione naturale, una fascia bassa costituita da materiali di riporto e sabbie costiere che verrà escavata per le fondamenta degli edifici e sulla quale verrà semplicemente "impostata" la piscina.
- Sotto l'aspetto geomorfologico si tratta di un areale di cava ad anfiteatro, con una breve pianura al piede retrostante alla SP N1 Aurelia e alla spiaggia.
- Sotto l'aspetto cartografico in questa fase si rimanda alla carta geologica, geomorfologica ed idrogeologica in scala 1:1.000 allegata al progetto di PUO.

12.2 -. tecniche di scavo utilizzabili e motivazione delle scelte effettuate:

Le tecniche di scavo previste per il rimodellamento del terreno destinato alla realizzazione del PUO sono così sintetizzabili:

- per la riprofilatura di una piccola porzione dei gradoni alti si utilizzeranno mine in volate con microritardi, che sono già state lungamente sperimentate durante l'attività di cava.
- per gli scavi in terreni sciolti, escavatori di grande potenza
- per la riprofilatura delle pareti e lo scavo di fondazione in terreni rocciosi, preferibilmente martello idraulico ed eccezionalmente mine di bassa potenza.

12.3-. caratteri petrografici, geotecnici, geochimici e geomeccanici dei materiali scavati,

Fermo restando che dovrà essere redatto un piano di produzione, i caratteri petrografici dei tre litotipi principali sono i seguenti:

- Pietra di finale: che può variare da una biocalcirudite, arenaria arcosica, conglomerato con elementi di modeste dimensioni, intramicrite. Con un contenuto in carbonato di calcio che va mediamente dal 98% al 60% in funzione del contenuto in silice dei granuli.

Peso di volume tra 25,2 e 27,1 kN/m^3 in funzione della porosità.

- Calcare di val Tanarello, azzurro o nocciola, microcirstallino, con un contenuto in carbonato di calcio che dal 98-99% può scendere al 85%.

Peso di volume 26,3-27,1 kN/m^3 .

- Limi e materiali fini derivanti dalla lavorazione per frantumazione dei materiali precedenti; si tratta in genere di limi inorganici di bassa plasticità.

Peso di volume secco attorno 18-21 kN/m^3 in funzione del grado di compattazione.

12.4 -. volumetrie di scavo previste

Gli scavi previsti sono: circa 55.000 m^3 in pietra di finale ed in calcare di val Tanarello per la riprofilatura dei gradoni più alti nella parte centrale, circa 85.000 m^3 per la preparazione del sedime dell'insediamento nella parte più bassa dell'intervento, prevalentemente in calcari di val Tanarello o in scisti, circa 200.000 m^3 di limi stoccati e sabbie sotto i piazzali per la realizzazione della nuova morfologia, per complessivi 340.000 m^3 in banco.

In cumulo, in genere questi litotipi aumentano di circa un terzo il loro volume, ma il loro stoccaggio definitivo non avverrà in cumulo ma verrà riutilizzato:

- il materiale lapideo di buona dimensione verrà accantonato per la predisposizione di muri a secco e a vista o per i blocchi da scogliera per la regimazione delle acque, circa il 10%, 35.000 m^3 .
- una parte verrà passata al frantoio mobile per essere riutilizzata in cantiere come inerte si stima circa 30.000 m^3 .
- una parte del resto, valutato in circa 260.000 m^3 in banco verrà usato per il rimodellamento della parte centrale della cava (detta vallecola del "Glory Hole") sulla quale verranno predisposti gli impianti sportivi, compattato a regola d'arte, con apposito progetto dedicato preceduto da prove di compattazione in cantiere sino alla massima densità ottenibile e con un preciso disciplinare e uno standard di verifiche al quale i costruttori dovranno attenersi.
- una parte di materiale fine selezionato, opportunamente ammendata verrà stesa sui gradoni sagomata in modo da formare un'ampia canaletta o nei valli di sicurezza e ripiantumata, circa 45.000 m^3.
- infine una modesta parte del materiale più fine verrà utilizzato per predisporre il fondo dei bacini lacustri.

La somma, 370.000 m^3 , ovviamente è superiore al dato di partenza in banco, perché la compattazione non raggiunge mai il valore originario, a causa dell'aumento dei vuoti.

I riporti totali però ammontano a circa 703.000 m^3 in sito, di cui circa 657.000 nel riempimento della vallecola del "Glory Hole" ed il resto sui gradoni e giardini.

A seconda del grado di compattazione raggiunto mancano pertanto circa 360.000 m^3 in cumulo da reperire all'esterno attraverso apposito piano che non può tuttavia esser formulato nei dettagli in anticipo perché occorre coincidenza temporale tra sito di produzione e sito di abbancamento.

12.5- illustrazione delle opere che prevedono l'utilizzo dei materiali di scavo.

Le opere sono quelle illustrate nel PUO ed in particolare, rinaturalizzazione di tutte le superfici non insediate, per quanto possibile e "tombamento" della parte centrale, la cosiddetta valletta del "Glory Hole".

12.6 - verifica di idoneità del materiale di scavo in base ai requisiti del progetto di utilizzo

Il materiale di scavo è quello in posto, e quindi è perfettamente idoneo a ricomporre il sito.
Quello proveniente dall'esterno dovrà essere analogo e ambientalmente compatibile con quello in situ.

12.7 -. il piano di gestione dei materiali che assicuri la rintracciabilità degli stessi

Per la parte riutilizzata in cava il problema non si pone, per quella proveniente dall'esterno, si ripete che sarà redatto apposito piano da approvarsi prima dell'inizio dei lavori sia del cantiere del presente PUO si del cantiere che fornirà i materiali.

12.8 .-modalità di trasporto delle terre e rocce da scavo

Per la parte in cava, lo spostamento del materiale grezzo verrà eseguito con mezzi d'opera su gomma, con pale cingolate e gommate, con escavatori di diversa potenza.
alcuni anni or sono era stato progettato un attracco provvisorio a mare per un trasporto del materiale da utilizzare per ripascimento, con pontoni, poiszionato contro il rilevato abbandonato all'uscita Ovest della galleria Aurelia. E' stato bocciato dalla Regione e quindi il trasporto dall'esterno dovrà avvenire necessariamente su gomma.

12.9 - l'eventuale progetto di scavo test

Non è previsto uno scavo test per la parte che concerne la cava, eventualmente sarà predisposto per i cantieri esterni che conferiranno il materiale, nell'ambito del piano esecutivo di movimentazione delle terre.
E' invece previsto un cantiere test per la compattazione del materiale di riempimento della vallecola del "Glory Hole".

Si sottolinea ancora una volta che per gli altri siti di produzione che dovranno essere utilizzati per raggiungere le quote di progetto, si dovrà attendere che il progetto sia approvato nelle sue forme urbanistiche e che sia cantierabile, in modo da poter prendere accordi con i siti di produzione in essere al momento dell'inizio lavori. Solo in quel momento si potrà produrre la documentazione richiesta. Tra i siti di produzione che potrebbero avere anche un interesse notevole a poter disporre di un luogo di stoccaggio definitivo va annoverato il raddoppio della linea ferroviaria del ponente, ma per ora non si hanno dati certi sulla sua definitiva messa in cantiere.

13. CAUTELE DA ADOTTARE

Vi sono alcune problematiche geologiche che vanno attentamente studiate durante la progettazione definitiva/esecutiva dell'intervento ed in particolare:

13.1 scavi per il sedime dei fabbricati

Una parte dei fabbricati richiede scavi di una certa altezza in roccia lapidea. E' evidente che gli scavi dovranno essere pre-contenuti e che pertanto sull'allineamento previsto si dovranno eseguire sondaggi di approfondimento per dimensionare le opere di contenimento. La scelta se operare con diaframmi di tipo "berlinese" opportunamente tirantati o di contenere progressivamente lo scavo solo con tiranti dipenderà dal Progettista, che dovrà tenere in debito conto le caratteristiche meccaniche e e di giacitura della roccia.

A maggior ragione, se gli scavi saranno in rocce sciolte, dovranno sempre essere pre-contenuti.

13.2 rilevati

I rilevati vanno distinti tra semplici riporti per la rinaturalizzazione del versante, che saranno abbancati senza ulteriori problemi una volta stabilite le caratteristiche geotecniche dettagliate del materiale da sistemare, con un angolo di scarpata che ne garantisca la stabilità in qualsiasi condizione e riporti con funzioni strutturali.

Questi ultimi, come si è già accennato, dovranno seguire un ben preciso processo di compattazione e/o stabilizzazione, derivato da prove sul campo che consentano di conoscere quale sia la densità da raggiungere e gli eventuali ammendamenti (trattamento con calce, aggiunta di acqua per ottenere il valore ottimale di compattazione ecc..

13.3 fondazioni

Per il substrato lapideo non si paventano problemi per le fondazioni dirette poiché, se il carico è ben distribuito, i carichi ammissibili sono dello stesso mordine del calcestruzzo. Se si eseguiranno fondazioni su pali si raccomanda di testarne un numero congruo, anche se raggiungono la roccia.

Per le fondazioni su terreni rimaneggiati o comunque sciolti, si raccomanda di eseguire tutte le prove geotecniche necessarie per stabilire puntualmente le caratteristiche del terreno nell'ambito di un volume significativo.

14. CONCLUSIONI

Lo studio presente, sintesi delle molte indagini e relazioni prodotte la progettazione del PUO per la riconversione dell'area delle ex cava Ghigliazza in Finale Ligure si è soffermato sulle criticità evidenziate nella citata nota regionale e sulle soluzioni condivise positivamente con la nuova istanza di pre-fattibilità del 2012.

Si è quindi evidenziato che non sussistono problematiche relative alla circolazione idrica di natura carsica delle rocce costituenti l'ossatura geologica su cui si deve intervenire solo con limitate operazioni di disaggio e riprofilatura la possibilità di riutilizzo di gallerie esistenti per il miglioramento viario riutilizzando integralmente il tracciato di un tunnel ferroviario dismesso, ma in ottime condizioni, e sfruttando la vecchia galleria della S.S. Aurelia, obliterata solo nel fornice di accesso dalla galleria attuale, riapribile senza soverchi problemi.

In ordine all'approvvigionamento idrico si sono esperite prove di pompaggio e di analisi acque di natura preliminare sul pozzo da molti lustri utilizzato per gli impianti della cava. Gli accertamenti hanno confermato la fattibilità di un eventuale utilizzo del pozzo per fini idropotabili, assicurando la possibilità di fornire eventualmente i volumi massimi attesi di emungimento per usi umani nel nuovo borgo che sorgerà nell'area della cava che si intende riconvertire.

Tutti gli interventi indicati e prospettati saranno comunque ovviamente affinati con migliore definizione al momento della redazione dei progetti di fase definitiva-esecutiva.

Dott. Geol. Giorgio Conti Prof. Geol. Pietro Maifredi

Studio Associato Maifredi - Prof. Geol Pietro Maifredi - – Via Dei Giustiniani n. 26/1, 16123 GENOVA (GE)
Geostructura - Dott. Geol. Giorgio Conti – Via Ruffini n. 7/7, 18038 SANREMO (IM)

Elenco elaborati geologici

E1 relazione geologica con:
- appendice E1.1sondaggi sul pendio
- appendice E1.2 sondaggi per caratterizzazione
- appendice E1.3 dimensionamento vie di drenaggio superficiale
- appendice E1.4 caratteristiche pozzo industriale
- appendice E1.5 carsismo

E 2 norme geologiche di attuazione
E 3 carta geologica
E 4 sezioni geologiche
E 5 carta geomorfologica (A0).
E 6 carta idrogeologica (A0).
E 7 carta dell'organizzazione del reticolo idrografico (A0).
E 8 carta della suscettività d'uso del suolo e delle problematiche geologiche (A0).
E 9 carta degli interventi per la messa in sicurezza dell'area (A0).
E 10 verifica al rotolamento stato attuale (A0).
E 11 verifica al rotolamento stato di progetto (A0).

F1 Sismicità dell'area