COMUNE DI BORMIDA
PROVINCIA DI SAVONA
REGIONE LIGURIA

PROGETTO PER LA COLTIVAZIONE DELLA CAVA DI CALCARE DENOMINATA GIAMBRIGNE

RELAZIONE GEOLOGICA – MINERARIA E DI STABILITA'

IL COMMITTENTE: **Airone S.a.s.**

I TECNICI: **Dott. Geologo Gino Piaggi**
Dott. Geologo Luca Piaggi





- 2008 -

STUDIO GEOLOGICO PIAGGI
Via Genova n. 442 -19123 La Spezia
Tel-Fax: 0187 –716658
www.sgeop.com
E-mail: lucapiaggi@gmail.com
gino.piaggi@fastwebnet.it

Indice:

1. Premessa;
2. Inquadramento geologico- strutturale generale;
3. Geologia, geomorfologia e tettonica di dettaglio;
4. Idrografia, idrogeologia e carsismo;
5. Sondaggi geognostici e penetrometrici
6. Rilievo strutturale e geomeccanico;
7. Verifiche di stabilità del fronte di cava;
8. Stabilità del rilevato di ricomposizione ambientale della cava;
9. Rilevato di sistemazione ambientale in sponda sinistra sostenuto da terre armate. Verifica delle terre armate;
10. Prescrizioni per la realizzazione dei rilevati di ricomposizione ambientale;

Allegati:

- Schemi geologici – tettonici e paleogeografici:
- Cartografia geologica:
  - carta geologica e geomorfologica d'insieme
  - sezione geologica x-x
  - carta geologica di dettaglio
  - carta idrogeologica
  - carta geomorfologica
  - carta ubicazione prove in situ
- Sezioni geologiche A/A- B/B- C/C – D/D – E/E – F/F
- Sezioni geologiche riferite allo stato di progetto
  - sez. 3-3; sez. 4-4; sez. 5-5 ; sez. 7/7 e sez. F/F
- Cartografia drenaggio profondo delle acque di infiltrazione nei rilevati:
  - planimetria dello stato di sistemazione con i drenaggi
  - sezione di sistemazione 3-3 con riportato il drenaggio profondo
  - sezione di sistemazione 7-7 con riportato i drenaggi profondi
  - sezione tipo del drenaggio profondo
- Stratigrafia dei carotaggi S1 – S2 – S3 – S4 e S5
- Prove penetrometriche dinamiche
  - grafici ed elaborazioni delle prove n. A- B e C

1 - PREMESSA

Su incarico della Soc. Airone s.as. di Pastorino Adolfo & C., via Gramsci n. 18 - 17041 Altare (SV), è stata redatta la presente relazione geologica relativa il progetto di coltivazione della cava di calcare denominata Giambrigne sita in località Giambrigne a Bormida.

Il progetto prevede la riapertura di una vecchia cava posta lungo il Rio Cavazzoli, ad ovest del paese di Bormida attraverso la creazione di uno scavo gradonato della superficie di circa 10.000 mq.

La roccia che si intende estrarre è prevalentemente calcare e calcare dolomitico oltre che calcescisti, quarzoscisti e scisti gneissici.

In questa relazione sono riassunti gli elementi geologici – tettonici, geotecnici, geomorfologici e idrogeologici che caratterizzano la zona di cava e dell'areale circostante per poter procedere al miglior sfruttamento delle risorse esistenti senza compromettere l'equilibrio geomorfologico dei versanti, minimizzare l'impatto e contestualmente recuperare ambientalmente l'area.

2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE GENERALE

Per descrivere geologicamente la zona esaminata è necessario ripercorrere le tappe evolutive del territorio prendendo in esame le varie formazioni rocciose ed i loro rapporti, anche in un contesto di più ampia visione che comprende il complesso della catena montuosa.

Ciò perché le spinte tettoniche generarono grandi piegamenti, faglie, fratturazioni e causarono l'accavallamento di varie unità con grandi e piccoli scompaginamenti, disarticolazioni complesse talvolta di difficile interpretazione.

E' noto, infatti, che le Alpi Liguri sono formate da un insieme di unità tettoniche trasportate ed appilate verso l'esterno dell'arco Alpino, successivamente dapprima retroflesse, poi coinvolte nelle deformazioni di età e direzione appenninica.

In esse sono presenti complessi rocciosi derivanti dal continente paleoeuropeo (dall'esterno all'interno: domini delfinese provenzale, sub-brianzonese, brianzonese esterno, intermedio, interno), dal suo margine s.s. (dominio piemontese) e dall'oceano ligure-piemontese (rappresentato da due grandi gruppi: successioni ofiolifere pre-flysch e successioni di flysch); è dubbio che vi siano anche coinvolti anche

elementi di pertinenza insubrica o di un ipotetico continente intraoceanico.

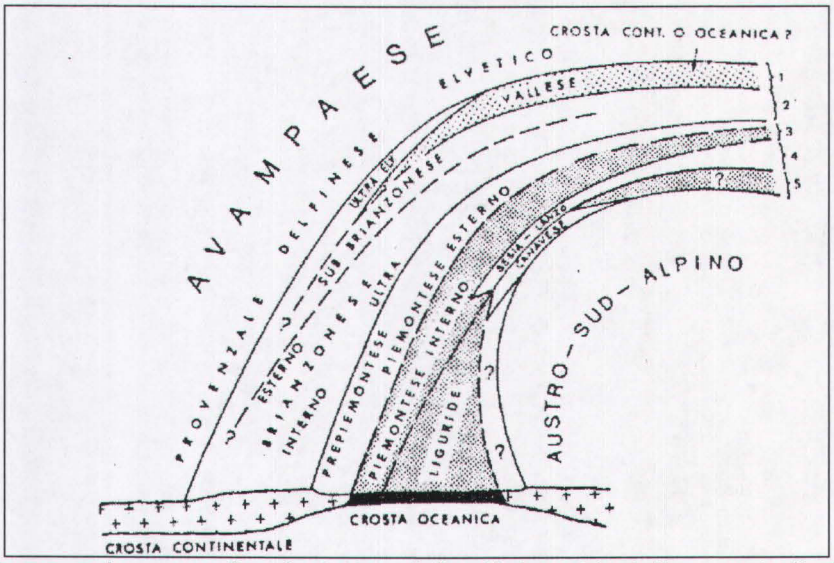


Fig.1 Schema paleogeografico ipotetico delle Alpi occidentali e centrali durante il Giurassico medio superiore dall'esterno (avampaese) all'interno (Austro Sud-Alpino) (da VANOSSI *et alii*, 1983).

Sinteticamente a partire dalle zone più esterne si riconoscono i seguenti domini:

1. *Delfinese-provenzale*: rappresenta le porzioni più esterne del continente europeo interessate dall'orogenesi che ha edificato la catena alpina; consta di un basamento cristallino e di una copertura da carbonifera a eocenica superiore - oligocenica;
2. *Subbrianzonese*: comprende un certo numero di unità tettoniche di copertura, derivate dalla zona di raccordo paleogeografico tra i domini delfinese e brianzonese;
3. *Brianzonese*: rappresenta un dominio particolare, che comporta un basamento cristallino, un tegumento permo-carbonifero ben sviluppato ed è caratterizzato da una copertura meso-cenozoica lacunosa con successioni sempre più ridotti a partire dai settori esterni;
4. *Piemontese s.l.*: è corrispondente al dominio del argine s.s. del continente europeo;
5. *Piemontese-Ligure*: corrisponde al dominio oceanico, vi si collocano varie successioni ofiolitiche, caratterizzate da differenti storie deformativo-metamorfiche alpine.

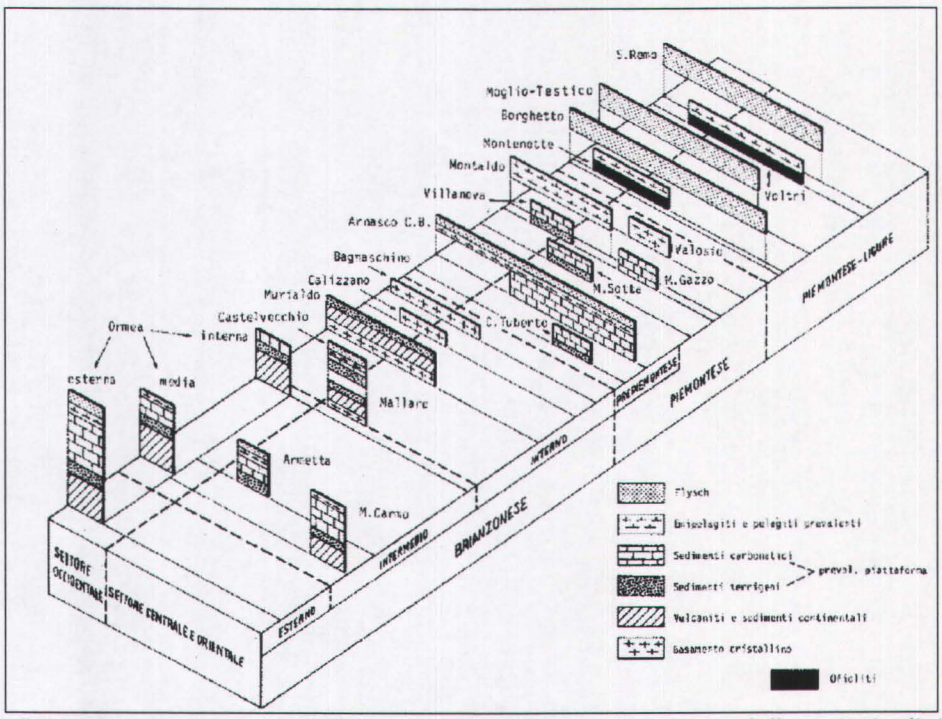


Fig.2 Disposizione paleogeografica reciproca delle successioni delle principali Unità tettoniche delle Alpi Liguri (da VANOSSI *et alii*, 1984).

Sotto il profilo puramente geologico-strutturale e paleogeografico il Brianzonese ligure, il cui dominio inizia a differenziarsi da quello Piemontese nel Trias superiore,costituisce il prolungamento verso SE, dal Colle di Tenda fino al mare, del Brianzonese classico e, come quest'ultimo, rappresenta al tempo stesso parte di un dominio paleogeografico e di un complesso di Unità Tettoniche che si ritiene provengano dalla porzione del paleocontinente europeo più prossima al margine esterno.

Dal punto di vista paleogeografico si suole suddividere il Brianzonese in tre settori, che, procedendo verso l'avampaese, prendono le qualificazioni di interno, intermedio, esterno.

Anche la serie stratigrafica viene generalmente distinta in tre parti: basamento cristallino (interessato da una o più orogenesi prealpine), tegumento permocarbonifero e copertura meso-cenozoica.

- Il **basamento cristallino** (complesso polimetamorfico) è normalmente formato da ortogneiss derivanti da rocce acide essenzialmente intrusive (granitoidi) e subordinatamente effusive (rioliti), e da paragneiss e micascisti derivati da arenarie e da peliti. All'interno del territorio considerato è presente solo in una piccola

finestra tettonica in gneiss in Loc. Manie (vasca acquedotto) appartenente alla Unità cristallina di Calizzano Savona.

- Il **tegumento permo-carbonifero**, di origine in parte vulcanica e in parte sedimentaria continentale, di età compresa tra i 300 e i 250 milioni di anni (MA), si interpone tra il basamento cristallino e le rocce sedimentarie della copertura mesozoica.

Le successioni permocarbonifere presentano grande variabilità di facies e di spessore, sebbene mediamente dell'ordine delle centinaia di metri; la sedimentazione fu accompagnata da un'importante attività tettonica, che generò fosse subsidenti, e da tre episodi vulcanici (precoce, intermedio, principale) caratterizzati da prodotti petrograficamente e chimicamente diversi.

Nel bacino le formazioni metamorfiche di origine sedimentaria sono rappresentate dagli Scisti di Gorra, costituiti essenzialmente da metasedimenti. Esse sono rocce chiare di diversa origine: sedimenti quarzo-micacei, dominanti; tufiti e/o prodotti di rimaneggiamento di vulcaniti acide. Gli spessori, variabili, sono sempre dell'ordine di alcune centinaia di metri. L'età permiana superiore della formazione è solo presunta, poiché non è documentata paleontologicamente.

Le Formazioni metamorfiche di origine vulcanica sono rappresentate dalla Formazione di Eze e dai Porfiroidi del Melogno.

La formazione di Eze è costituita da prasiniti e scisti prasinitici, intercalati ai metasedimenti fini stefano-autuniani. Rappresenta l'episodio vulcanico intermedio, durante il quale vennero messi in posto volumi anche considerevoli di lave e piroclastiti andesitiche.
I Porfiroidi del Melogno rappresentano la fase più importante - dal punto di vista del volume di materiali emessi - e più recente dell'attività vulcanica, considerata di età essenzialmente permiana inferiore. Sono formati essenzialmente da ignimbriti e sono caratterizzati da numerosi membri e litozone.

- La **Copertura meso-cenozoica** (250-150 MA)
La Copertura meso-cenozoica ha inizio nel Trias inferiore (250 MA) con la cessazione dell'attività vulcanica e l'ingressione marina e susseguente deposizione di materiali detritici molto rielaborati (Quarziti di Ponte di Nava).

Queste sono quarziti scistiche, in banchi di spessore variabile, occasionalmente separati da livelli pelitici millimetrici verdi o violacei, depositi di spiaggia molto elaborati ricchissimi di quarzo, con rari

ciottoli feldspatici, passanti transizionalmente a calcari e dolomie grigie di piattaforma del Trias medio (Ladinico, 220 MA).

La successione calcareo - dolomitica (Dolomie di S. Pietro dei Monti) è analoga a quelle delle coeve piattaforme orlanti il paleocontinente euro-asiatico-africano che si affacciava sul golfo della Paleotetide; durante il Trias superiore (220-210 MA) cessa la subsidenza della piattaforma, che torna in condizioni prevalentemente sopratidali.

Nel Giurassico inferiore (210-180 MA) il dominio brianzonese ligure è totalmente emerso e soggetto ad erosione di tipo prevalentemente chimico (carsismo) che localmente porta ad una completa elisione dei termini triassici specie nei settori intermedio interni. Il sollevamento regionale, che verosimilmente si realizza con faglie a gradinata, è massimo nei settori interni, prospicienti il continente paleoeuropeo, cosicché nei settori esterni le dolomie ladiniche vengono preservate dall'erosione.

È soltanto con il Giurassico superiore (Malm, 160-140 MA), in connessione con il progressivo ampliamento dell'oceano piemontese-ligure, che il clima distensivo diviene generalizzato: ne deriva una brusca sommersione, per sprofondamento delle terre emerse, di quasi tutto il dominio brianzonese. Salvo eventuali locali isole, non si hanno interruzioni tra la massa d'acqua dell'oceano e quella epicontinentale che si estende ampiamente verso W, al di sopra dei domini brianzonese, delfinese e provenzale.

I sedimenti del Malm sono rappresentati da successioni di calcari marmorei chiari, ceroidi, ben stratificati (Calcari della Val Tanarello), trasgressivi sulle dolomie mesotriassiche nei settori esterni e trasgressivi sul tegumento in quelle intermedie (Castelvecchio-Cerisola) o interne.

Si ha uno *iatus* (assenza di sedimentazione) per tutto il cretaceo (140-66 MA).

Con le rocce della Formazione di Caprauna (Eocene, 55-35 MA), rese scistose dal metamorfismo alpino, e ormai molto poco diffuse, a causa della loro erodibilità, si chiude la successione brianzonese.

Segue l'orogenesi alpina, che causa la laminazione ed il metamorfismo delle rocce brianzonesi ed il sovrascorrimento del Brianzonese interno su quello esterno.

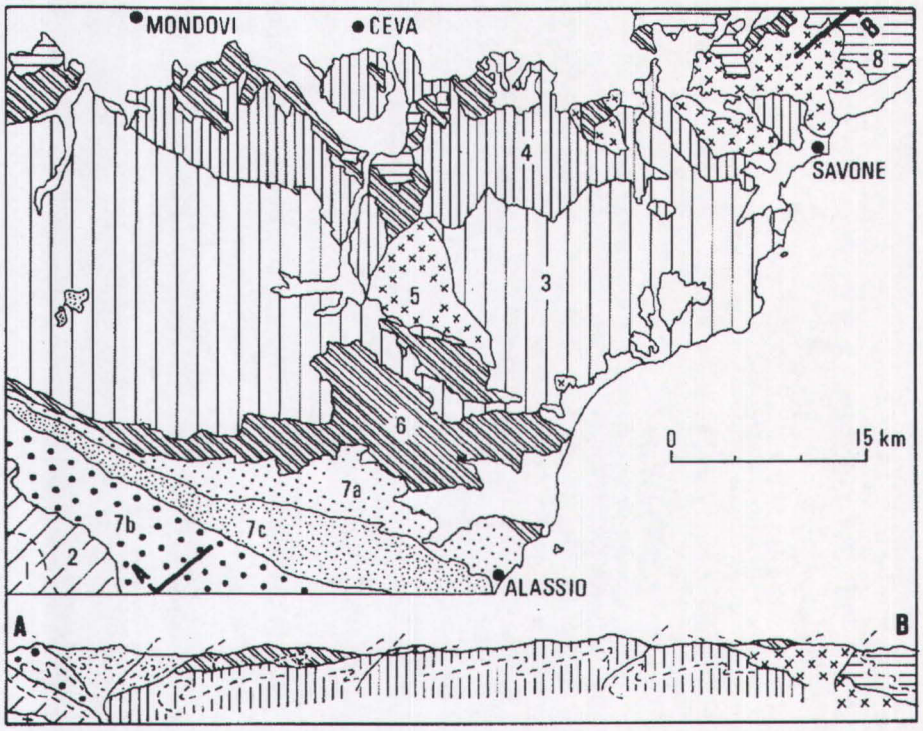


Fig.3 Carta tettonica e sezione schematica delle Alpi Liguri. 1)copertura autoctona dell'Argentera; 2)schistes a blocs; 3)unità del Brianzonese Ligure esterno e intermedio; 4)unità del Brianzonese Ligure interno; 5)massicci cristallini del Brianzonese ligure molto interno; 6)unità prepiemontesi; 7)flysch ad Elmintoidi; 8)unità Piemontesi interne e piemontesi ligure. La copertura (da oligocenica a quaternaria) è lasciata in bianco. (da DURAND DELGA *et alii*, 1981)

Dei terreni sopraccitati, solo gli Scisti di Gorra affiorano vastamente sull'areale con inclusioni più o meno estese della formazione di Eze e dei Calcari di Val Tanarello.

Dal punto di vista tettonico la struttura del Brianzonese ligure è dominata dalla esistenza di alcune grandi falde che determinano estesi ricoprimenti con senso di accavallamento da Nord verso Sud; i sovrascorrimenti minimi comportano distanze superiori ai 10 km.

Nella evoluzione tettonica polifasata di questo segmento della Catena Alpina si distinguono fasi deformative che precedono e fasi che seguono l'impilamento delle falde. Il Brianzonese ligure ha subito l'azione di un metamorfismo alpino polifase i cui effetti sono importanti nelle unità interne, tenuo e difficili da caratterizzare nelle unità esterne.

Fatto di grande rilevanza appare il ripiegamento delle superfici di sovrascorrimento secondo due generazione di pieghe differenti per

stile ed orientazione; nessuna struttura può quindi essere considerata cilindrica.

Nella zona compresa tra gli abitati di Mallare e Bormida è ben visibile una superficie di sovrascorrimento tettonico con la quale gli Scisti di Gorra ricoprono tettonicamente i litotipi sottostanti. Tale situazione è ben evidente in una cava presso Mallare (Noguera, 1981).

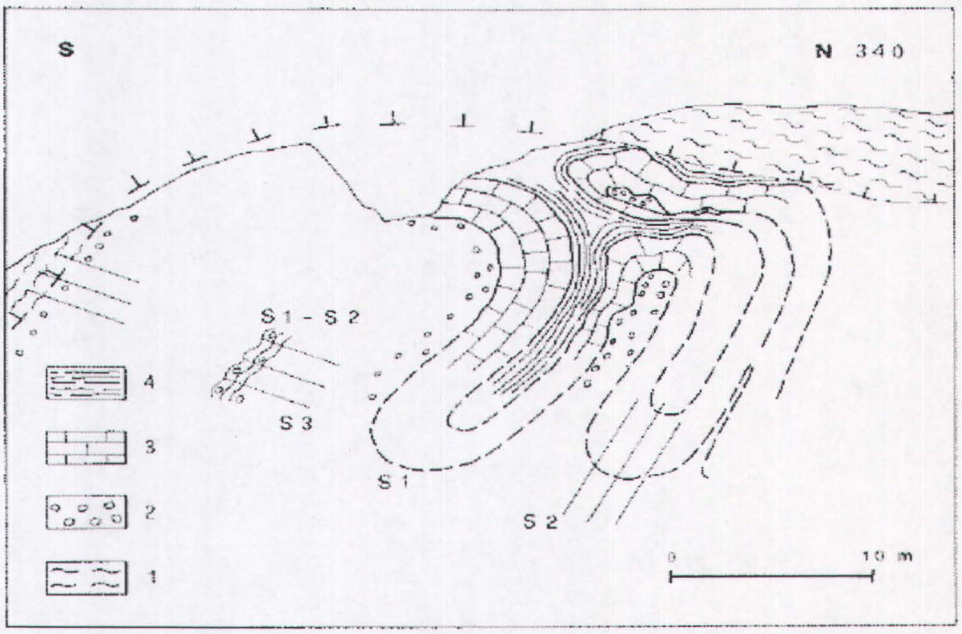


Fig.4 Cava presso Mallare: esempio di struttura polifasata nell'unità Brianzonese interna 1)Scisti di Gorra; 2)quarziti; 3)marmi; 4)scisti calcarei (da MENARDI, 1981).

Qui gli affioramenti, che sono rappresentati da piccole sinformi ed antiformi, emergono dal di sotto di una sottile scaglia di Scisti di Gorra la cui presenza è riconoscibile in tutta la zona.

Questa situazione, aiuta meglio a capire la situazione geologico – strutturale dell'areale di cava in progetto che, per quanto meno complessa di quella sopra evidenziata, presenta alcune similitudini, soprattutto per quanto riguarda le pieghe, la scistosità penetrativa e la laminazione tettonica della prima fase, la scistosità e lineazioni della seconda fase, l'impilamento e sovrascorrimenti degli Scisti di Gorra con ricoprimenti della successione mesozoica (terza fase), ed infine il ripiegamento delle strutture precedenti con clivaggi (quarta fase).

Il metamorfismo alpino nell'unità Brianzonese interna raggiunge la facies degli Scisti Verdi ad anfibolo sodico (Messiga et al. 1978).

3-GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E TETTONICA DI DETTAGLIO

L'area esaminata si colloca circa 500 metri ad Ovest dell'abitato di Bormida, all'interno di una valle incisa entro la quale scorre il Rio Cavazzoli, affluente di sinistra del torrente Bormida di Pallare.

Sul territorio in questione è presente l'Unità Brianzonese di Mallare con la formazione degli Scisti di Gorra caratterizzata da quarzoscisti, scisti quarzo – sericitici, cloritici, micascisti, scisti gneissici con lenti della formazione di Eze (andesiti), con subordinate intercalazioni di Porfiroidi del Melogno.

All'interno di questa complessa formazione vi sono anche delle scaglie e/o lenti di calcare e calcare dolomitico di una certa estensione.

E' proprio quest'ultimo litotipo che rappresenta l'oggetto principale della ricerca e sfruttamento e che si estende prevalentemente in sponda destra del Rio delle Verne e Rio Cavazzoli per circa 20.000 mq, tra le quote 600 e 700 metri circa.

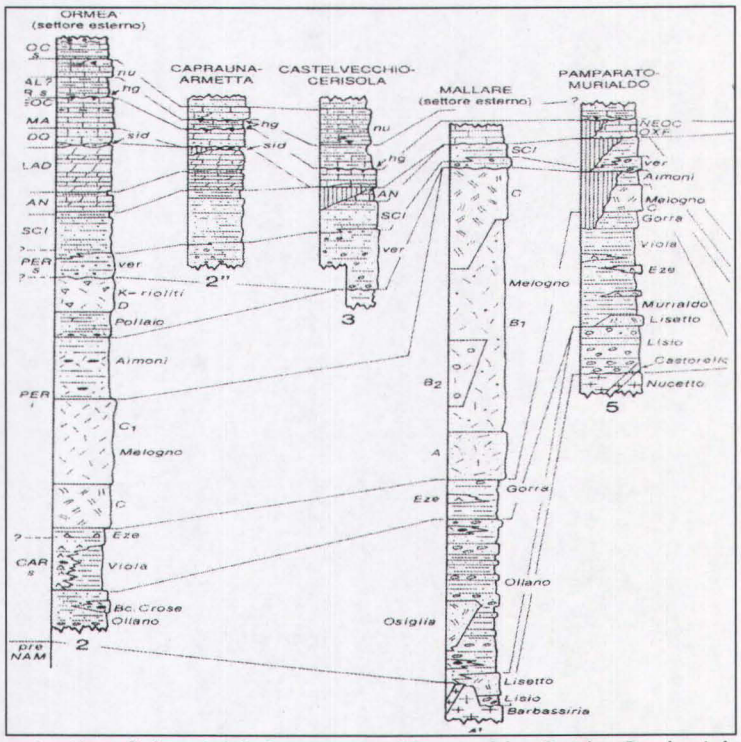


Fig.5 Colonne stratigrafiche del brianzonese Ligure (da Guide Geologiche Regionali – Le Alpi Liguri).

La formazione di Gorra comprende una serie di litologie di età permocarbonifera a facies eminentemente scistosa e origine sedimentaria.

La litologia più frequente presente in zona sono i calcescisti, quarzoscisti e i scisti gneissici originati da sedimenti fini e successivamente interessati da metamorfismo alpino di basso grado.

La formazione contiene spesso delle intercalazioni lentiformi, non cartografabili separatamente, di rocce metamorfiche della formazione di Eze.

Nella cartografia geologica d'insieme allegata, il limite (incerto) tra gli Scisti di Gorra propriamente detti (presenti nella parte sud) e quelli con intercalazioni della formazioni di Eze (nella parte nord) si posiziona in corrispondenza del fosso posto al limite sud del "Ca" e prosegue in direzione Est verso Bormida.

Questa formazione presenta una generale immersione verso est, anche se non mancano anomalie giaciturali a causa dei citati accidenti tettonici di messa in posto dell'Unità.

In affioramento queste rocce appaiono localmente caratterizzate da una forte anisotropia planare (soprattutto le facies di micascisti e sericitoscisti) legata ad una scistosità assai pervasiva ed elevata alterabilità con formazioni di manti detritici eluvio - colluviali a granulometria variabile.

In presenza di prevalenti facies di calcescisti, quarzoscisti e scisti gneissici la roccia risulta ben più compatta e tenace, scarsamente alterabile e con buone caratteristiche geomeccaniche, come quella rinvenuta in profondità nei carotaggi nella zona di cava e nel fronte della vecchia cava nella zona degli impianti in disuso.

La formazione di Eze raggruppa litologie metavulcaniche d'età permocarbonifera a facies eminentemente massiccia e di colore verde scuro o bruno intenso.

E' presente con una grossa lente sulla parte nord dell'areale investigato e si estende sul versante sin oltre la strada provinciale n° 38 del Melogno.

Petrograficamente il litotipo è rappresentato da meta-andesiti sia con giacitura filoniana che effusiva, talvolta trasformate in prasiniti o scisti prasinitici verdi.

Nel complesso il litotipo appare di qualità medio – buona e riconducibile alla classe III della classificazione RMR di Bieniawski.

La formazione calcarea di Val Tanarello affiora con una grossa lente inclusa all'interno degli Scisti di Gorra con uno spessore massimo di 50 metri.

Detta lente, che immerge verso est con un'inclinazione media di 35°, è complicata da alcune pieghe, ed è interessata da una faglia a direzione E – W impostata lungo il Rio Verre.

Il litotipo è rappresentato da calcari cristallini, con stratificazione media ed anche calcari dolomitici con stratificazione più potente, presenti soprattutto verso nord.

Sotto il profilo geomeccanico queste rocce presentano generalmente una buona tenacità e compattezza e riconducibili alla classe II e III della classificazione RMR di Bieniawski.

Altre piccole lenti di calcare si rinvengono sul versante sud della zona di cava ed in corrispondenza del crinale verso Bormida.

All'interno di questi calcari vi è anche una lente degli Scisti di Gorra che affiora in finestra a quota 650 m circa lungo la pista esistente e che è stata rilevata anche dai carotaggi.

Questa intercalazioni sono probabilmente dovute al sovrascorrimento che ha "intrappolato" i vari litotipi all'interno delle formazioni.

Come riportato nella cartografia allegata, la copertura detritica ricopre vaste aree della zona, soprattutto gli affioramenti degli Scisti di Gorra, ed in particolare nella zona di Cà Giambrigne

Altre zona detritiche si rinvengono anche sui calcari, con "lingue" che si estendono lungo tutto il versante sino al fosso.

Placche detritiche di frana e paleofrana sono rilevabili soprattutto nella parte sud e sud est della zona in esame.

In particolare una frana non ancora del tutto assestata si rileva al margine sud della zona "Ca" , lungo il rio in zona non interessata dalla coltivazione.

Lungo il fosso principale sono presenti alluvioni, generalmente grossolane (ghiaie, ciottoli con massi e trovanti in matrice argillosa – limosa), localmente miste a detrito, e di spessore medio di 3 – 4 metri.

Scarpate morfologiche con dirupi anche di 10 metri di altezza, si rilevano lungo il Rio Verre, sugli affioramenti di calcare, e nelle zone di vecchia escavazione.

Da un punto di vista strutturale l'area interessata dalla coltivazione è dominata da motivi di sovrascorrimento tettonico tra i Calcari della val Tanarello e gli Scisti di Gorra.

La zona di sovrascorrimento è ben visibile a Nord della attuale pista di esbosco presente sul versante in sponda destra del Rio Cavazzoli, ed è allineata in direzione Est-Ovest circa, concorde con le spinte tettoniche di compressione prima e successivamente di bachthrusting essendo le Alpi una catena a doppia vergenza.

Tale sovrascorrimento ha prodotto una zona di contatto tra gli Scisti e i Calcari dominata da scaglie tettoniche scompaginate tra loro che sono attualmente inserite all'interno dei litotipi e complicano notevolmente la geologia dell'area.

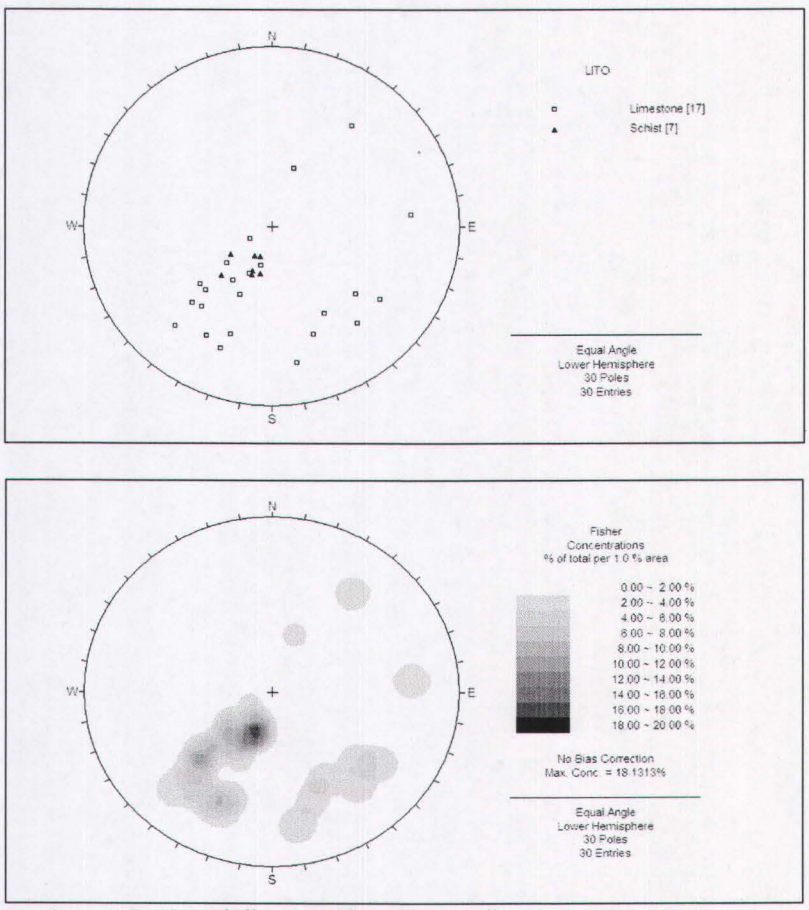


Fig.6 Stereonet e conturing della stratificazione nella zona in esame.

Gli scisti hanno una stratificazione orientata mediamente (in dip direction) N32/30, concorde con quella dei calcari nella parte Est della valle e nella zona di contatto.

Nella parte sommitale del versante è stata rilevata una piega nei calcari avente asse N95/16, e piano assiale quasi verticale; nella parte Nord invece, in prossimità del Rio delle Verne è presente un secondo motivo strutturale, probabile conseguenza del sovrascorrimento tettonico in thrust che ha ruotato e verticalizzato gli stati, disponendoli con una stratificazione di N330/70.

4 – IDROGRAFIA, IDROGEOLOGIA E CARSISMO

La situazione idrografica della zona in oggetto è piuttosto semplice e caratterizzata dal Rio Cavazzoli, al quale giungono alcuni ripidi rii laterali, il principale dei quali è il Rio delle Verne.

Detti corsi d'acqua lambiscono la zona di cava ma non sono interessati dall'attività estrattiva, che resta all'interno di una fascia di rispetto di almeno 10 metri.

Il Rio Cavazzoli, che versa le sue acque al torrente Bormida di Pallare ha un bacino imbrifero (misurato alla chiusura della cava in progetto) di circa 0,6 Kmq, una quota media di 700 m, con una quota massima di 902 m in corrispondenza del Bric della Croce.

Come risulta dai vari sopralluoghi, le portate del corso d'acqua sono molto modeste (alcuni litri al minuti) o assenti e lo scorrimento in alveo è legato esclusivamente agli eventi meteoclimatici.

Nell'areale di escavazione in progetto l'idrografia superficiale è assente e le acque meteoriche che non s'infiltrano scorrono a valle in forma laminare senza ristagni ed erosioni.

In seguito, con i lavori di escavazione le acque meteoriche che non s'infiltrano saranno regimate e convogliate in apposite vasche di sedimentazione e poi avviate al corso d'acqua naturale.

Il territorio esaminato è caratterizzata da vasta copertura arborea, normalmente fitta, entro la quale vi sono alcune aree a prato – pascolo.

Come già trattato, la situazione geologica è molto complessa a seguito dei vari eventi geologici e soprattutto delle spinte tettoniche che hanno

generato grandi piegamenti, fagli e fratturazioni con accavallamento delle varie unità.

Tutto ciò ha condizionato fortemente i successivi processi idrogeologici della regione in quanto, la normale successione Basamento – Tegumento - Coperture venne completamente disarticolata con la conseguenza di trovare rocce più antiche sovrapposte ad altre più recenti.

Come precedentemente riportato, nell'areale investigato i terreni che affiorano sono prevalentemente metamorfici (Scisti di Gorra e matavulcanici Formazione di Eze) entro i quali sono presenti scaglie di terreni sedimentari calcarei della Copertura.

La cava, infatti, comprende proprio una di queste "scaglie calcaree" la cui estensione laterale non supera i 150 metri ed ha uno spessore medio stimato di 30 metri.

In riferimento alla permeabilità dei terreni sulla base delle condizioni geologiche sopra esposte si ha:

- Calcari di Val Tanarello: Si tratta di rocce calcaree cristalline ceroidi, aventi buona permeabilità per fratturazione e limitato carsismo;

- Formazione di Eze: Sono rocce metavulcaniche (andesiti e prasiniti) mediamente permeabili per fratturazione.

- Scisti di Gorra: Sono rocce metamorfiche (calcescisti, quarzoscisti, scisti gneissici e micascisti) prevalentemente impermeabili o scarsamente permeabili per fratturazione;

Lo schema della circolazione è caratterizzato dalla percolazione idrica nelle discontinuità della roccia dei Calcari con drenaggio verso il basso sino agli Scisti.

Tenuto conto di quanto sopra non vi sono falde acquifere nei livelli superficiali raggiunti dalla cava e la circolazione idrica è veloce ed è di tipo anisotropo, prevalentemente lungo la stratificazione.

Nell'ambito della cava e nei dintorni non sono conosciute emergenze idriche, e quelle riportate nella cartografia regionale sono ad oltre 250 metri di distanza dalla zona di scavo ed affiorano dalla formazione di Eze.

Per quanto riguarda il carsismo si deve rilevare la presenza di fenomeni di scarso interesse, ed infatti, l'areale di cava non è inserito nella perimetrazione delle aree carsiche d'interesse regionale, ai sensi della L.R. 14/90.

Aree tutelate di particolare interesse carsico e idrogeologico sono invece rilevabili nella valle Bormida di Millesimo, tra la stessa località e Calizzano, a notevole di stanza dal sito in questione.

In base all'art. 26 delle Norme di Attuazione (aree carsiche), di seguito si illustrano le caratteristiche della zona in rapporto ai fenomeni carsici superficiali e profondi, con particolare riferimento all'individuazione di grotte.

Per quanto riguarda il carsismo, è noto che l'esistenza di caverne e fenomeni carsici in genere, avvengono solo in determinate rocce e più precisamente le rocce calcaree sono quelle che maggiormente si presentano permeate di cavità a seguito dell'azione solvente che l'acqua esercita sul carbonato di calcio.

Nella zona direttamente interessata dallo scavo della cava non sono conosciute e/o censite grotte, mentre a livello del torrente, è probabile l'esistenza di fratture beanti legate ad alcune faglie.

Pertanto l'attività estrattiva non compromette il regime carsico, tuttavia se fossero individuate cavità durante gli scavi, la Ditta esercente s'impegna a tutelare il fenomeno adottando tutte le misure necessarie alla loro salvaguardia, così come previsto dall'art. 13 della l.r. 3/4/90 n. 14 e l.r. 14/12/93 n. 54

5 - SONDAGGI GEOGNOSTICI E PENETROMETRICI

a) Sondaggi geognostici:

In considerazione del tipo di affioramento litologico, della morfologia dei luoghi e dell'accessibilità, sono stati effettuati 5 sondaggi geognostici così da verificare la stratigrafia del materiale oggetto di ricerca, la potenzialità, lo stato di conservazione e definire le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche.

I sondaggi sono stati eseguiti lungo le piste di esbosco già esistenti in modo da evitare movimenti terra e l'apertura di nuove strade, ma solo interventi di pulizia.

Per ottenere il maggior numero di informazioni significative per la ricostruzione dei rapporti tra le diverse formazioni geologiche presenti, tre sondaggi (n° 1 – 2 e 3) sono stati trivellati nella parte medio alta del giacimento, lungo una fascia pressochè orizzontale, e due alla base del versante in prossimità del vecchio fronte di cava (n° 4) e nella zona a nord (n° 5).

Tutti i sondaggi hanno raggiunto la profondità di 20 metri, salvo il n° 3 che è stato fermato a 15 metri.

Detti carotaggi, del diametro di 101 mm, sono stati eseguiti con circolazione d'acqua, a carotaggio continuo, con l'uso di doppio carotiere e l'impiego, dove necessario di corona diamantata.

Tenuto conto del versante, i sondaggi saranno eseguiti con inclinazione di 10° – 20° rispetto alla verticale.

Dette prove sono ubicate come in planimetria allegata ed i risultati ed elaborazioni sono visibili nelle schede allegate.

Sinteticamente la stratigrafia che si ricava dai singoli carotaggi è la seguente; per semplicità gli Scisti di Gorra (calcescisti, quarzoscisti, scisti gneissici, scisti quarzo - sericitici, cloritici, micascisti) sono indicati genericamente "scisti".

Sondaggio n° 1:

- da 0 a 5,5 m = terreno detritico prevalentemente argilloso compatto con sabbia e ghiaia;
- da 5,5 a 13,2 calcare compatto con RQD = 95 %;
- da 13,2 a 20,0 m scisti fratturati RQD = 65 %.

Sondaggio n° 2:

- da 0 a 2,9 m = terreno detritico e cappellaccio d'alterazione;
- da 2,9 a 7,5 scisto, da compatto a fratturato, con RQD = 75 %;
- da 7,5 a 10,4 m calcari, da compatti a fratturati RQD = 80 %;
- da 10,4 a 15,0 m scisti fratturati RQD = 60%;
- da 15,0 a 20,0 m calcare compatto RQD = 100 %.

Sondaggio n° 3:

- da 0 a 9,5 m = terreno detritico prevalentemente argilloso con sabbia e ghiaia e trovanti calcarei;
- da 9,5 a 15,0 calcare da compatto a fratturato, localmente cariato, con RQD = 90 %;

Sondaggio n° 4:

- da 0 a 4,5 m = terreno detritico prevalentemente argilloso con sabbia e ghiaia;
- da 4,5 a 8,5 calcare compatto con RQD = 97 %;
- da 8,5 a 20,0 m scisti compatti RQD = 95 %.

Sondaggio n° 5:

- da 0 a 3,1 m = terreno detritico prevalentemente sabbioso e ghiaioso;
- da 3,1 a 20,0 calcare compatto con RQD = 98 %;

Nel complesso, a parte il detrito superficiale e la lente di scisti alterati, il materiale estratto presenta buone caratteristiche geomeccaniche, compatto e scarsamente fratturato.

Sui campioni prelevati sono state effettuate analisi di tipo ottico e di tipo chimico con acido cloridrico ed inoltre prove sclerometriche, sia perpendicolarmente che secondo la stratificazione che sono state comparate con quelle ricavati nei rilievi geomeccanici in affioramento.

b) Sondaggi penetrometrici:

In seguito ai dati ricavati dai carotaggi, sulle aree di affioramento detritico spesso, sono state effettuate tre prove penetrometriche dinamiche in modo da integrare i dati stratigrafici e valutare i parametri geotecnici.

le prove penetrometriche sono state eseguite con strumento dinamico medio, e i dati geotecnici sono stati ricavati in base alla resistenza offerta dai terreni stessi alla penetrazione della punta conica di dimensioni standard (Ø = 35,7 mm.; area di base = 10 cm^2) con massa battente di 30 kg e altezza di caduta di 20 cm.

Le prove "A" e "B" sono state eseguite sull'areale dei carotaggi n° 1 e 3, mentre la prova "C" nella zona del carotaggio n° 4.

Le prove "A" (soprattutto) e "B" hanno confermato la presenza di terreni prevalentemente argillosi, con numero medio di colpi pari a Nm = 10 , mentre la prova C ha evidenziato la presenza di terreni plurigranulari con numerosi elementi litoidi grossolani, in parte di riporto derivante dagli scavi della vecchia cava.

Le prove sono state spinte sino al rifiuto e le profondità raggiunte sono

rispettivamente S1 = 5,1 m - S2 = 6,2 m e S3 = 3,6 m.

Le caratteristiche geotecniche, definite ogni 10 centimetri di penetrazione dell'attrezzo sono visibili nelle schede allegate, mentre quelle medie principali del detrito sono riportate di seguito:

- angolo di attrito interno φ = 28,6° – 31,6° con media di 30,1°
- densità relativa Dr = 43 - 55 % con media del 48%
- coesione non drenata Cu = 0,8 – 1,2 Kg/cmq - media di 1,0 Kg/cmq
- peso di volume γ = 1,77 – 1,88 t/mc e media di 1,81 t/mc.

6 - RILIEVO STRUTTURALE E GEOMECCANICO

Circa l'attribuzione ai substrati rocciosi dei parametri fisico-meccanici che li contraddistinguono, sono stati utilizzati i dati geomeccanici e geofisici ricavati sul terreno uniti a valori reperibili in bibliografia applicando il metodo di Bieniawski (1979) che, ferma restando l'ipotesi del modello di Mohr-Coulomb, si basa sulla determinazione dell'indice RMR come sommatoria di indici parziali relativi a:

1. resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta;
2. indice RQD (Rock Quality Designation), estrapolato dai valori di spaziatura;
3. spaziatura dei giunti di discontinuità;
4. condizione dei giunti di discontinuità (scabrezza, alterazione delle pareti, apertura, presenza di materiale di riempimento);
5. condizioni idrauliche;

I valori degli indici parziali sono stati determinati sulla base della seguente tabella, scegliendo, parametro per parametro, la classe che meglio rappresenta l'effettiva situazione dell'ammasso roccioso in esame.

A - Classification parameters and their ratings

PARAMETER			RANGES OF VALUES						
1	Streing of intact rock material	Point-load strengt index	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range uniaxial compressive test is preferred		
		Uniassial compressive strengt	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Rating		15	12	7	4	2	1	0
2	Drill core quality RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Rating		20	17	13	8	3		
3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Rating		20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces OR Gouge < 5 mm thinck OR Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge > 5 mm thinck OR Separation > 5 mm Continuous		
	Rating		30	25	20	10	0		
5	Ground water	Inflow per 10 m tunnel lenght	None	< 10 litres/min	10 - 25 litres/min	25 - 125 litres/min	>125 litres/min		
		Ratio joint water pressure / maior principal stress	0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		General condition	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
	Rating		15	10	7	4	0		

Total Rating	100 – 81	80 - 61	60 – 41	40 – 21	< 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Ottimo	Buono	Discreto	Scadente	Pessimo

La sommatoria dei coefficienti numerici dei cinque fattori fornisce un indice globale delle condizioni geomeccaniche della massa (Rock Mass Rating).

In particolare si ha:

1) La resistenza alla compressione uniassiale (R1) è stata misurata in superficie mediante lo sclerometro ed operando la media di almeno 10 valori ottenuti per punto di campionamento.
2) I valori dell'RQD (Rock Quality Designation - R2) sono stati ottenuti dai dati medi ricavati dai carotaggi e confrontati con i dati ricavati attraverso l'espressione di Brown nella forma: RQD=115 - 3,3 jv dove jv rappresenta il numero medio delle discontinuità per metro nelle tre dimensioni.
3) La spaziatura delle discontinuità (R3) è stata misurata considerando la distanza tra discontinuità aventi la stessa direzione. La valutazione risulta dalla media delle spaziature dei diversi sets individuati nell'area di saggio.

4) Le condizioni di discontinuità (R4) sono state valutate misurando 5 parametri descrittivi delle discontinuità in ciascuna area di saggio: persistenza, separazione, ruvidità della superficie, riempimento ed alterazione.
5) Le condizioni idrauliche (R5) dell'ammasso roccioso sono state valutate qualitativamente in quanto in nessuna area campione mostra insorgenze di acqua quantificabili.

La classe di qualità dell'ammasso roccioso risulta dalla somma RMR base = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 attraverso la quale si ottiene la valutazione fisico meccanica dell'ammasso roccioso ed è possibile pervenire ad una valutazione dei valori della Coesione (C), Angolo di attrito (Y) e Modulo di deformabilità (E) secondo la suddivisione dell'autore, come riportato nella tabella sottostante.

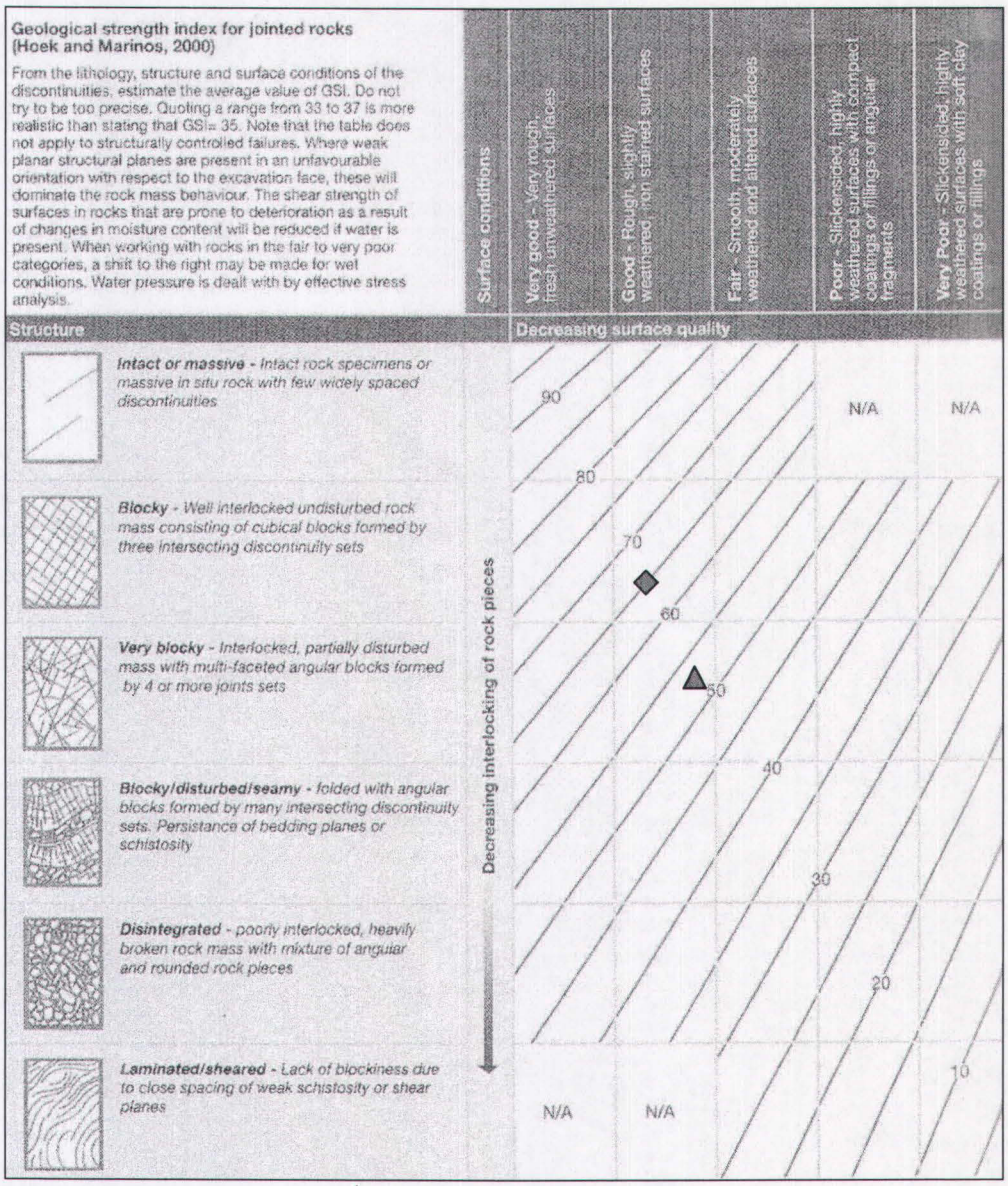
Litotipo	GSI	RMR	Descrizione
Calcari della Val Tanarello	63	68	buono

Angolo di attrito	φ	39,00	°	Bieniawski (1970)
Coesione	c	0,34	MPa	Bieniawski (1970)
Modulo di deformazione	E_d	36,00	GPa	Bieniawski (1970)
Modulo di deformazione	E_d	28,18	GPa	Serafim e Pereira(1983)
Modulo di deformazione	E_d	19,20	GPa	Berardi e Bellingeri (1998)

Litotipo	GSI	RMR	Descrizione
Scisti di Gorra	52	57	discreto

Angolo di attrito	φ	33,50	°	Bieniawski (1970)
Coesione	c	0,29	MPa	Bieniawski (1970)
Modulo di deformazione	E_d	14,00	GPa	Bieniawski (1970)
Modulo di deformazione	E_d	14,96	GPa	Serafim e Pereira(1983)
Modulo di deformazione	E_d	11,64	GPa	Berardi e Bellingeri (1998)

Oltre alla classificazione di Bieniawski, l'ammasso roccioso è stato classificato anche tramite il GSI (Geological Strenght Index), un indice di qualità dell'ammasso roccioso variabile da 5 a 100, funzione delle condizioni geomeccaniche e del grado di alterazione. Per la determinazione di questo parametro esistono relazioni che lo legano all'RMR di Bieniawski o all'indice Q di Burton.



Abaco per la stima del GSI. ▲ Scisti di Gorra; ◆ Calcari della Val Tanarello;

7-VERIFICHE DI STABILITÀ DEI FRONTI IN PROGETTO

Per eseguire le verifiche di stabilità dei fronti rocciosi previsti nella cava sono stati presi in considerazione tre diverse situazioni: calcari con inclinazione della scarpata di 70° con un fronte N73/70°, scisti con scarpata di 70° con fronte di 73/70° e scisti su scarpata di scavo inclinata di 30° con fronte N7/30°.

Le prime 2 ipotesi riflettono la situazione dei fronti principali della cava, ovvero quelli orientati circa Nord/Sud, con la roccia disposta a traverpoggio rispetto al versante; in questo caso si sono ipotizzate due discontinuità, una la stratificazione e l'altra ruotata di circa 90° rispetto alla prima, per formare un cuneo da analizzare con il software Swedge, come riportato in seguito.

Per la 3° situazione ipotizzata, scisti calcarei inclinati di 30°, ovvero i fronti della zona Sud della cava, orientati circa Est/Ovest, con la roccia disposta a franapoggio rispetto al pendio con inclinazione pari alla superficie di scavo, è stato invece previsto uno scivolamento planare, ovvero uno scorrimento di strati, sulla superficie di stratificazione. Per analizzare tale situazione è stato utilizzato il software Plane, come riportato in seguito.

Tutti fronti analizzati hanno altezza di 12 metri c.a, come da progetto.

Oltre ai programmi precedentemente descritti è stato utilizzato il software di geologia strutturale Dips per identificare meglio i motivi strutturali e tettonici che interessano l'ammasso roccioso esaminato.

Tramite detto software è stato possibile produrre lo stereogramma delle linee delle discontinuità, dei poli delle discontinuità, e l'analisi statistica dei dati.

L'elaborazione statistica delle giaciture è stata eseguita tramite i suddetti software, prendendo come campioni di popolazione le giaciture rilevate lungo gli stendimenti effettuati in prossimità del fronte di cava considerato.

Avendo riscontrato una omogeneità nelle giaciture rilevate in sito, le analisi di stabilità sono state effettuate sulla base delle famiglie di discontinuità ottenute elaborando i dati osservati in campagna (i corrispondenti stereogrammi sono riportati in allegato).

L'angolo di attrito delle discontinuità è stato ricavato mediante la relazione empirica di Barton, introducendo i valori di JRC e JCS ottenuti

dalla rugosità e dalle prove con lo sclerometro, queste ultime opportunamente corrette in funzione dell'inclinazione della discontinuità sulla quale sono state eseguite le serie di prove.

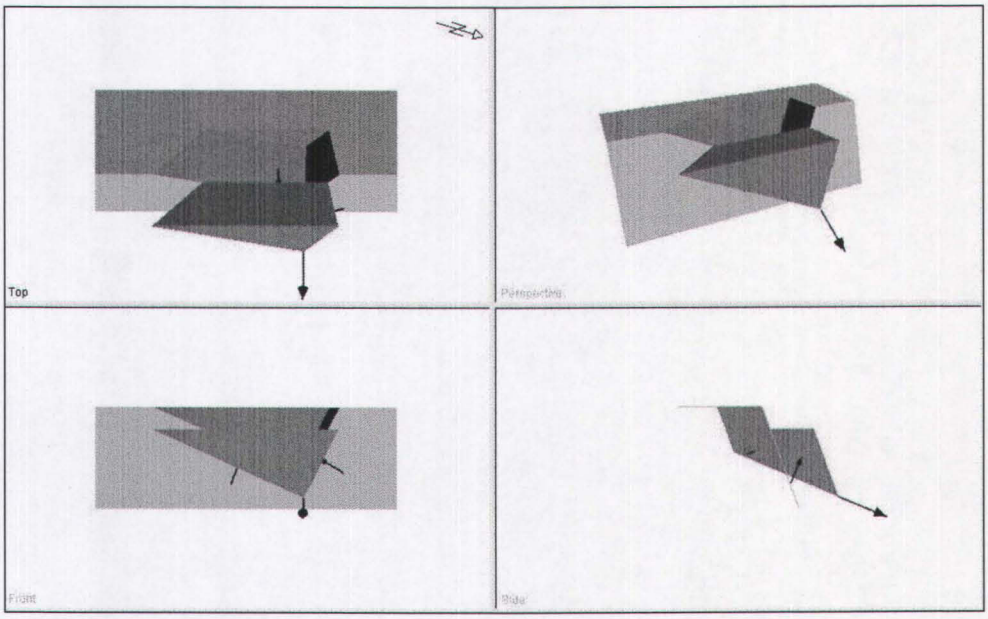
Come indicazione generale s'è osservato che le caratteristiche geomeccaniche della roccia sono abbastanza uniformi nei settori campionati per le prove sclerometriche e non sono individuabili domini spaziali con evidenti differenze.

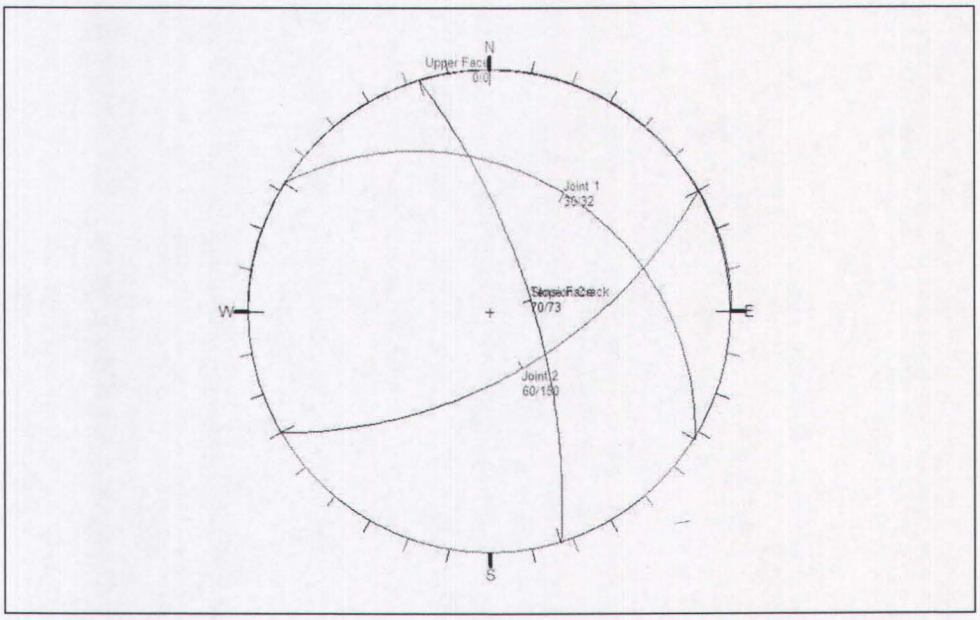
I volumi, espressi in m^3 ed indicati nelle tabelle che riepilogano i risultati delle analisi di stabilità dei vari fronti, si riferiscono al potenziale cuneo isolato dalle due famiglie prese in considerazione.

Il programma sovrastima tali cubature in quanto prende in considerazione solo due sistemi per volta; in questo modo due sistemi sub-ortogonali al fronte e con direzione di immersione opposta possono generare cunei teoricamente molto grandi.

In realtà, nel caso della formazione di cunei, i potenziali blocchi sono isolati da più di due discontinuità; nel nostro caso ad esempio le discontinuità a traverpoggio riducono le dimensioni dei cunei generati da sistemi ortogonali al fronte. Per ovviare a tale inconveniente s'è ipotizzata la presenza di un tension crack parallela al fronte.

A) Calcari con inclinazione del gradone di 70°





Swedge Analysis Information

Analysis type=Deterministic

Safety Factor=2.85901

Wedge height(on slope)=12 m
Wedge width(on upper face)=7.87271 m
Wedge volume=1090.58 m3
Wedge weight=2726.46 tonnes
Wedge area (joint1)=240.2 m2
Wedge area (joint2)=93.3752 m2
Wedge area (slope)=209.166 m2
Wedge area (upper face)=215.095 m2
Wedge area (tension crack)=93.3506 m2
Normal force (joint1)=2161.32 tonnes
Normal force (joint2)=866.231 tonnes
Driving force=1207.55 tonnes
Resisting force=3452.39 tonnes

Water Pressures/Forces:

Average pressure on fissures=0.00267222 tonnes/m2
Water force on joint1=0.641868 tonnes
Water force on joint2=0.249519 tonnes
Water force on tension crack=0.249453 tonnes

Seismic Force:
Seismic force=136.323 tonnes

Failure Mode:
Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=23.1309 deg, trend=74.2781 deg
length=10.14 m

Joint Set 1 Data:

dip=30 deg, dip direction=32 deg
cohesion=3 tonnes/m2, friction angle=39 deg

Joint Set 2 Data:

dip=60 deg, dip direction=150 deg
cohesion=3 tonnes/m2, friction angle=39 deg

Slope Data:

dip=70 deg, dip direction=73 deg
slope height=12 meters
rock unit weight=2.5 tonnes/m3
Water pressures in the slope=YES
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=YES

Tension Crack Data:

dip=70 deg, dip direction=73 deg
trace length=12 meters

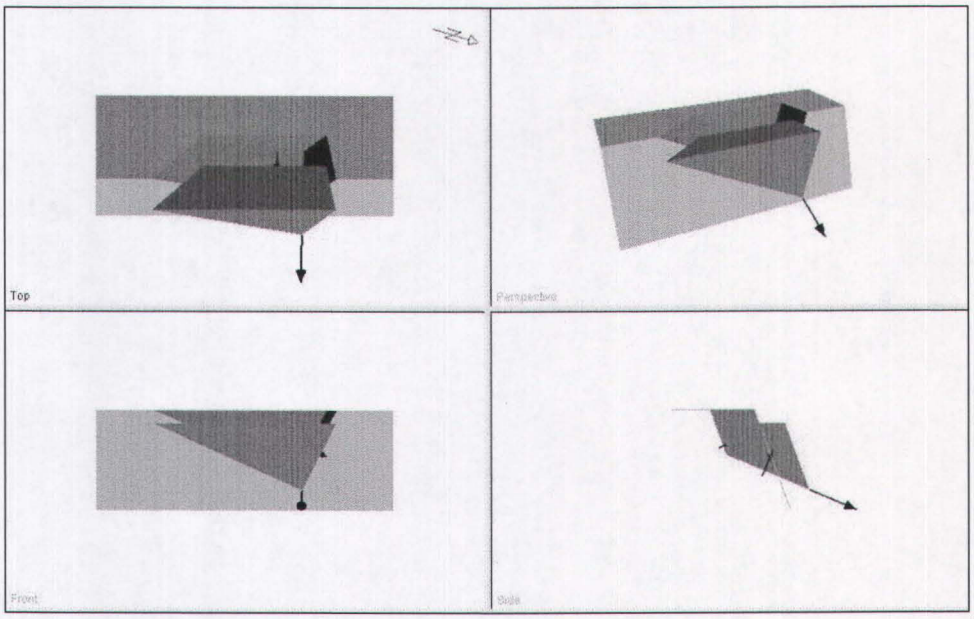
Water Pressure Data:

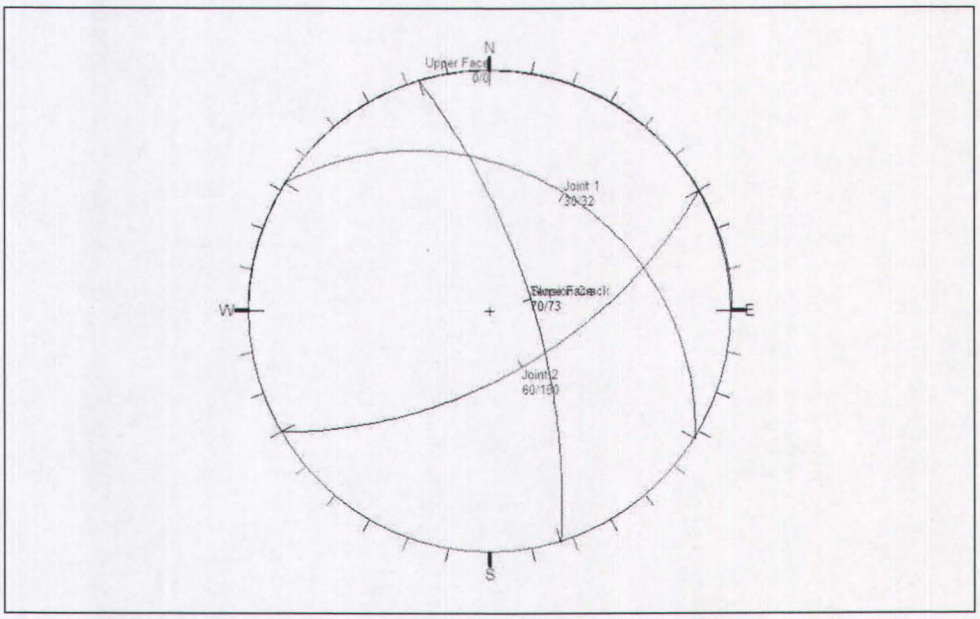
Water unit weight=1 tonnes/m3
Pressure definition method=Percent Filled Fissures
Percent Filled=10 %

Seismic Data:

Seismic coefficient=0.05

B) Scisti di Gorra con inclinazione del gradone di 70°





Swedge Analysis Information

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=2.21196
Wedge height(on slope)=12 m
Wedge width(on upper face)=7.87271 m
Wedge volume=1090.58 m3
Wedge weight=2726.46 tonnes
Wedge area (joint1)=240.2 m2

Wedge area (joint2)=93.3752 m2
Wedge area (slope)=209.166 m2
Wedge area (upper face)=215.095 m2
Wedge area (tension crack)=93.3506 m2
Normal force (joint1)=2161.32 tonnes
Normal force (joint2)=866.231 tonnes
Driving force=1207.55 tonnes
Resisting force=2671.04 tonnes

Water Pressures/Forces:
Average pressure on fissures=0.00267222 tonnes/m2
Water force on joint1=0.641868 tonnes
Water force on joint2=0.249519 tonnes
Water force on tension crack=0.249453 tonnes

Seismic Force:
Seismic force=136.323 tonnes

Failure Mode:
Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=23.1309 deg, trend=74.2781 deg
length=10.14 m

Joint Set 1 Data:

dip=30 deg, dip direction=32 deg
cohesion=2 tonnes/m2, friction angle=33.5 deg

Joint Set 2 Data:

dip=60 deg, dip direction=150 deg
cohesion=2 tonnes/m2, friction angle=33.5 deg

Slope Data:

dip=70 deg, dip direction=73 deg
slope height=12 meters
rock unit weight=2.5 tonnes/m3
Water pressures in the slope=YES
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=YES

Tension Crack Data:

dip=70 deg, dip direction=73 deg
trace length=12 meters

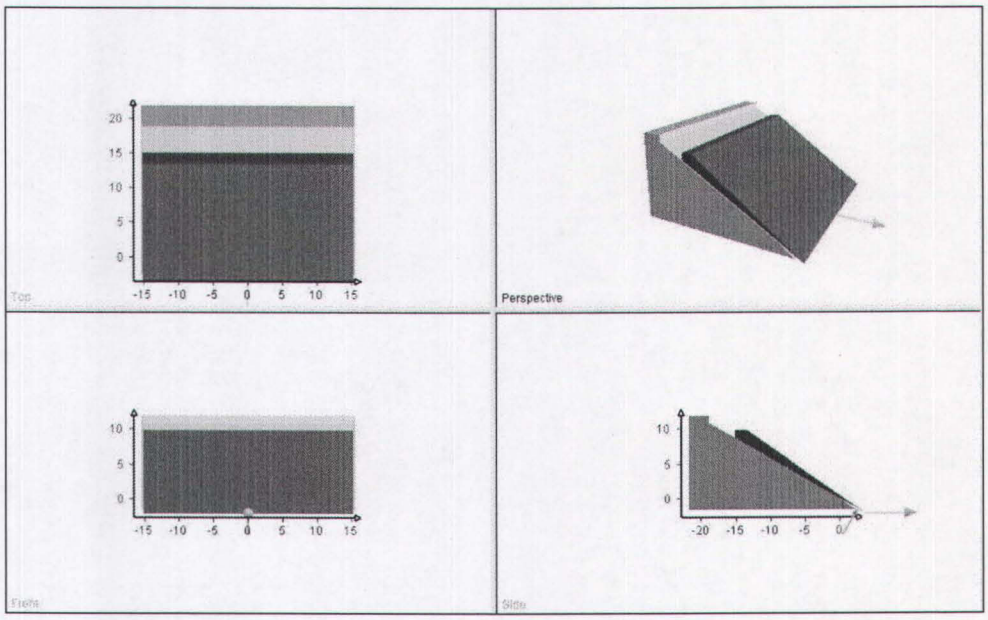
Water Pressure Data:

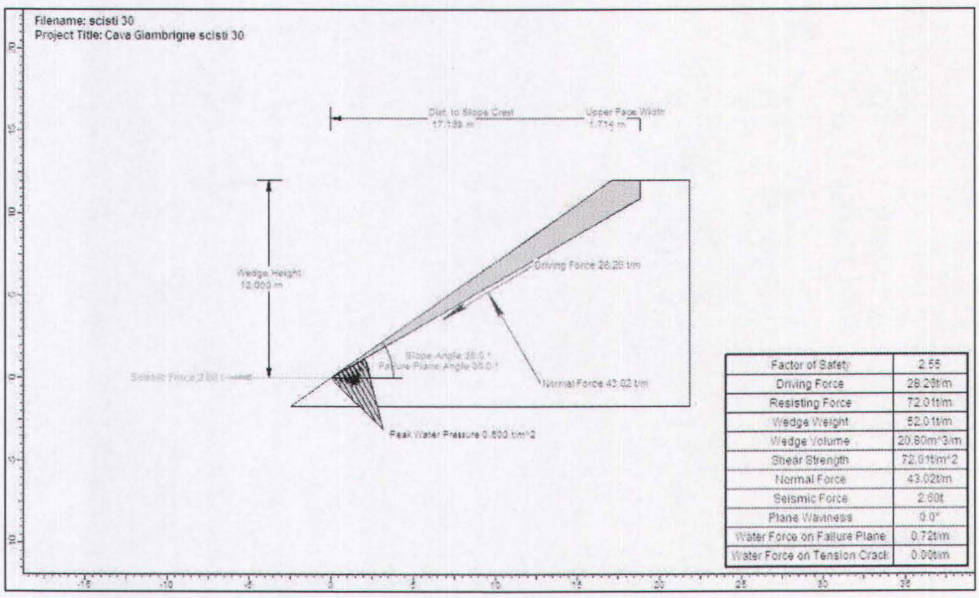
Water unit weight=1 tonnes/m3
Pressure definition method=Percent Filled Fissures
Percent Filled=10 %

Seismic Data:

Seismic coefficient=0.05

C) Scisti di Gorra con inclinazione del gradone di 30°





RocPlane Analysis Information

Analysis type = Deterministic
Normal Force = 43.0196 t/m
Resisting Force = 72.0113 t/m
Driving Force = 28.2557 t/m
Factor of Safety = 2.54855

Geometry:

Slope Height = 12 m
Wedge Weight = 52.0075 t/m
Wedge Volume = 20.803 m^3/m
Rock Unit Weight = 2.5 t/m^3
Slope Angle = 35 °
Failure Plane Angle = 30 °
Upper Face Angle = 0 °
Bench Width = 5 m
Wedge Height = 12 m
Waviness = 0 °

Strength:

Shear Strength Model : Mohr-Coulomb
Friction Angle = 33.5 °
Cohesion = 2 t/m^2
Shear Strength: 72.0113 t/m^2

Water Pressure:

Water Unit Weight = 1 t/m^3
Pressure Distribution Model : Peak Pressure - Mid Height
Percent Filled : 10 %
Water Force on Failure Plane = 0.72 t/m

Seismic Force:

Direction : Horizontal
Seismic Coefficient : 0.05
Seismic Force : 2.60037 t/m

Il fattore di sicurezza minore assume un valore rispettivamente di 2,85, 2,21, e 2,54 ottenuto per i potenziali cunei, isolati da sistemi che hanno una direzione d'immersione che differisce di 45°- 90° rispetto a quella dei fronti o piani di roccia inclinati parallelamente alla stratificazione.

Nelle verifiche è stato utilizzato un coefficiente sismico pari a 0.05 (zona 4, OPCM 3274/03) ed è stata considerata la presenza di acqua nelle fratture, per un riempimento pari al 10%.

Il fattore di sicurezza è sempre risultato superiore a quello minimo, pari a 1.3, stabilito dal D.M 11/03/1988.

In base ai risultati ottenuti, i fronti di scavo in progetto, con il metodo di coltivazione previsto, sono stabili.

8 – STABILITA' DEL RILEVATO DI RICOMPOSIZIONE AMBIENTALE

1) Morfologia del rilevato e caratteristiche del materiale:

Nell'ambito del progetto si prevede la sistemazione definitiva della cava e la riprofilatura del versante con il riempimento della "fossa" creata con lo scavo attraverso il riporto di materiale derivante dal ciclo di lavorazione dell'inerte e quello di sbancamenti di terre e roccia proveniente dall'esterno, secondo quanto previsto dalle vigenti disposizioni.

Detto materiale sarà contenuto all'interno delle pareti rocciose di scavo, e presenta una scarpata che a partire dalla sponda destra del rio Cavazzoli, si erge sino alla quota del gradone 646 m, lasciando a vista solo i due gradoni superiori (quota 659 e 671 m).

Detta scarpata, che ha un gradone intermedio a quota 635 m, ha pendenza variabile tra i 12 e i 20 gradi al massimo, in grado di garantire la più completa stabilità dei terreni che saranno messi a dimora e di effettuare con successo gli interventi di recupero ambientale.

Il materiale sarà disposto in strati compattati, ed in superficie sarà conformato seguendo una morfologia il più possibile simile all'originale versante, come meglio riportato nella cartografia di progetto.

Sulla base di dati sperimentali e di prove effettuate su terreni simili in cave sistemate, e tenuto conto delle caratteristiche granulometriche, è possibile ipotizzare, considerando idonea compattazione del materiale, i seguenti parametri geotecnici:

- angolo di attrito interno φ = 35 °- 38°
- coesione Cu = 0,5 Kg/cmq
- peso di volume ps = 1,8 – 2,0 gr/cmc
- densità relativa Dr = 40 - 50%.

Si tratta di parametri cautelativi poiché è ipotizzabile la presenza di granuli spigolosi degli elementi litoidi, di pezzature di un certo rilievo il cui comportamento può considerarsi intermedio tra quello degli ammassi rocciosi giuntati e dei materiali granulari classici.

Trattandosi di materiale derivante comunque da scavi di terre e rocce, il valore dell'angolo d'attrito interno considerato concorda con i valori desumibili dal grafico di Cooke e Doornkamp in relazione al grado di addensamento, al diametro dei granuli e alle loro caratteristiche di

spigolosità o arrotondamento.

Per ultimo occorre sottolineare che i materiali sopra descritti saranno posti a dimora in strati di limitato spessore in modo da creare un riempimento omogeneo, ben compattato.

2) Verifica di stabilità:

Pur in presenza di una morfologia chiaramente stabile, di seguito viene effettuata la verifica di stabilità della scarpata del riempimento con il metodo dell'equilibrio limite utilizzando la metodologia proposta da "Jambu" secondo il quale la stabilità alla traslazione viene valutata in base alla proiezione di tutte le forze in gioco sull'asse orizzontale, per una superficie di scorrimento qualsiasi.

Il coefficiente di sicurezza è dato in prima approssimazione dalla:
$Fo = \Sigma i\ (\Delta Pi\ .\ tg\varphi i\ + ci\ .\ \Delta x\ i)/\ \Sigma i\ (\Delta Pi\ .\ tg\alpha\ i) + Q =$ dove:

- ΔPi = peso totale di un concio generico, dato, per una striscia di larghezza unitaria, dell'area del concio per il peso specifico apparente
- φi = angolo di attrito interno del materiale relativo al concio generico
- ci = coesione apparente relativa al concio generico
- Δxi = larghezza del concio generico
- αi = angolo tra un tratto generico della superficie di scorrimento e l'orizzontale
- Q = forza esterna mobilizzante (segno +) ovvero resistente (segno -).

Ottenuto il valore F si calcolano successivamente i coefficienti di sicurezza con ulteriori approssimazioni secondo un sistema iterativo finché Fi+1= Fi.

Passando alla fase operativa, la verifica è stata effettuata sulla sezione 3-3 di progetto, che risulta la più critica, dove sono esaminate diverse curve e la più critica delle quali è quella riportata nel profilo di stabilità.

Come caratteristiche di resistenza dei materiali si sono considerati i valori minimi precedentemente riportati, la coesione è stata considerata nulla e, pur in presenza di drenaggio delle acque sotterranee, per sicurezza è stata ipotizzata la presenza di una falda acquifera temporanea inclinata verso valle.

E' stata considerato una accelerazione sismica pari a 0,05 g, come previsto dalla normativa per zona 4, OPCM n° 3274/03.

Le verifiche di cui sopra sono eseguite con programma Slope 2005 della Geostru - Software ed i risultati sono visibili nei grafici e tabelle seguenti.

Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

==========

Numero di strati 2,0
Numero dei conci 10,0
Zona Sismica 4
Categoria profilo stratigrafico A
Coefficiente di amplificazione topografica ST 1
Coefficiente azione sismica orizzontale (Kh) 0,025
Coefficiente azione sismica Verticale (Kv) 0,013
Superficie di forma generica

==========

Vertici profilo

N	X (m)	y (m)
1	0,0	2,0
2	1,0	2,0
3	12,5	6,4
4	13,4	6,4
5	24,4	8,5
6	25,4	8,5
7	26,2	11,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	1,0	2,0
2	22,5	6,1

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	2,0
2	1,0	2,0
3	1,8	0,8
4	19,7	1,2
5	20,7	3,6
6	21,7	3,6
7	22,5	6,1
8	23,5	6,1
9	24,4	8,5
10	25,4	8,5
11	26,2	11,0

Vertici superficie Nr...1

N	X (m)	y (m)
1	1,08	2,07
2	1,17	2,07
3	5,48	2,41
4	7,97	3,01
5	7,97	3,01
6	11,33	3,98
7	12,87	4,62
8	14,23	5,52
9	15,85	6,91

Stratigrafia

==========

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

==========

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (t/m³)	Gs (t/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0,0	35,00	1,80	2,10	0,00		riporto compattato
2	3,5	39	2,5	2,5	0,00		calcare

==========

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

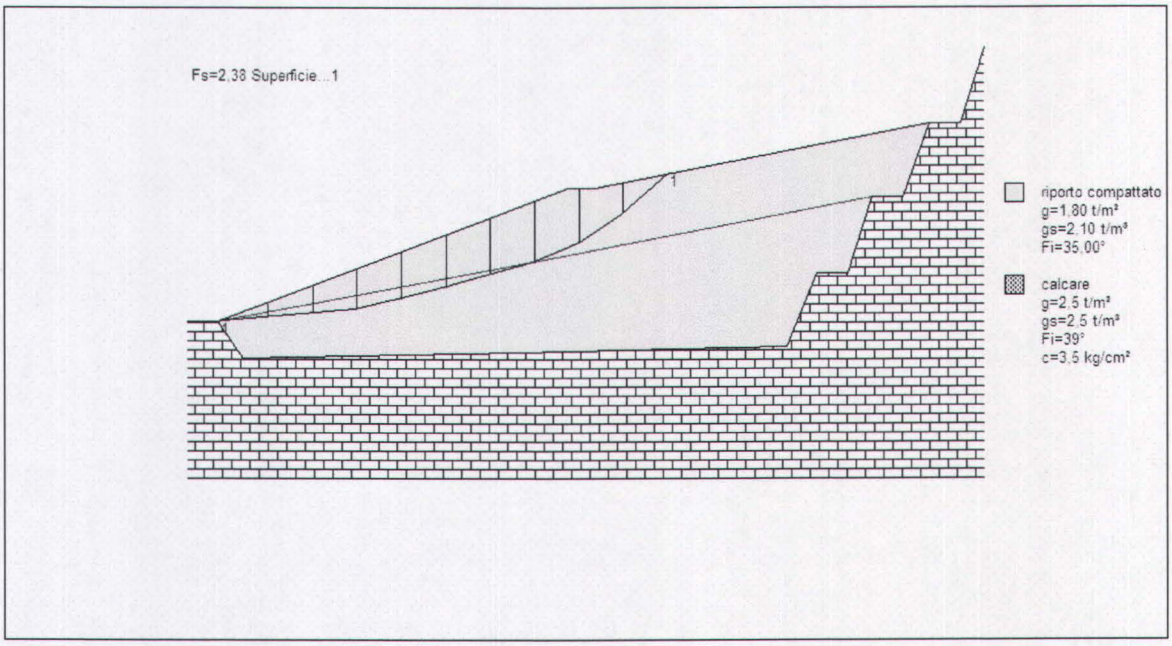
==========

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza = 2,38

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,46	4,5	1,46	582,68	14,57	7,57	0,0	35,0	0,0	568,7	201,0
2	1,46	4,5	1,46	1748,04	43,7	22,72	0,0	35,0	0,0	1706,0	603,1
3	1,46	5,1	1,47	2893,9	72,35	37,62	0,0	35,0	0,0	2816,9	996,6
4	1,46	13,6	1,5	3726,08	93,15	48,44	0,0	35,0	0,0	3532,3	1280,8
5	1,46	14,5	1,51	4233,95	105,85	55,04	0,0	35,0	0,0	4008,1	1458,7
6	1,46	16,0	1,52	4657,21	116,43	60,54	0,0	35,0	0,0	4400,3	1613,0
7	1,46	16,4	1,52	5012,42	125,31	65,16	0,0	35,0	0,0	4734,2	1738,7
8	1,46	22,5	1,58	5121,79	128,04	66,58	0,0	35,0	0,0	4837,8	1845,5
9	1,46	34,1	1,76	3489,87	87,25	45,37	0,0	35,0	0,0	3403,1	1448,7
10	1,46	40,6	1,92	1277,84	31,95	16,61	0,0	35,0	0,0	1292,5	599,8

Dalle elaborazioni visibili in allegato si ottiene un coefficiente di sicurezza minimo pari a Fs = 2,38 >> 1,3 e quindi la stabilità globale della scarpata nei confronti dei fenomeni di scorrimento del terreno è verificata, così come previsto dal D.M. 11/03/88.

I coefficienti di sicurezza assunti sono del tutto coerenti con la situazione della zona, con la tipologia d'intervento prevista anche in rapporto al livello di conoscenza e al grado di affidabilità dei dati disponibili.



9 – RILEVATO DI SISTEMAZIONE AMBIENTALE IN SPONDA SINISTRA CON SOSTEGNO DI TERRE ARMATE - VERIFICA DELLE TERRE ARMATE

1) Morfologia del rilevato e caratteristiche del materiale:

Come riportato in progetto è previsto di intervenire anche sul versante in sponda sinistra del fosso con uno scavo di modeste dimensioni ma tale da consentire sia di estrarre una certa volumetria di roccia di cava che porre a dimora il materiale della scoperchiatura e di scarto roccioso nel fronte di cava vero e proprio sulla sponda opposta.

Questo intervento, tra l'altro, permetterà di riqualificare il versante con la riprofilatura del vecchio fronte di cava mai sistemato, che presenta una scarpata di altezza elevata.

Sul piazzale attuale (quota media 618 m), ampliato con lo scavo in progetto, è prevista la creazione di un rilevato di circa 23 metri di altezza opportunamente gradonato in modo da ricreare una conformazione morfologica simile all'originale e su cui effettuare la piantumazione di essenze vegetali.

Sono previsti quattro gradoni di altezza media di 5 metri (quota media 621 – 626 – 631 e 636 m) di cui i primi tre a partire dal basso realizzati con terre armate e l'ultimo con declivio naturale di 30°, in modo da garantire la completa stabilità.

La quota raggiunta è leggermente superiore al ciglio di scavo esistente e pertanto il recupero morfologico – vegetazionale è praticamente completo, tenuto anche conto che sul terreno sciolto la vegetazione cresce molto rapidamente.

2) Verifiche di stabilità:

In considerazione del materiale che sarà posto a dimora (detrito, cappellaccio di alterazione della roccia di scoperchiatura e roccia non idonea alla vendita) le caratteristiche del riporto sono del tutto simili a quelle già considerate precedentemente per la ricomposizione ambientale della cava in sponda destra.

Anche le modalità di messa in opera e di compattazione da dare al materiale sono le stesse del caso precedente e pertanto i parametri geotecnici sono gli stessi e precisamente:

- angolo di attrito interno φ = 35 °- 38°
- coesione Cu = 0,5 Kg/cmq
- peso di volume ps = 1,8 – 2,0 gr/cmc
- densità relativa Dr = 40 - 50%.

Come risulta dal progetto i primi tre gradoni saranno realizzati con terre armate della lunghezza di circa 70 metri, alte 5 metri per ogni gradonatura e con ripiani di almeno tre metri e con inclinazione massima di 65 – 70°

Ciò permetterà di avere un fronte gradonato di 15 metri di altezza con inclinazione media di 42°, pienamente compatibile con l'opera.

Di seguito viene effettuato il calcolo di stabilità dell'opera utilizzando il programma di calcolo MACSTARS, versione 2000, della Soc. Maccaferri, che consente la verifica della stabilità di opere in terra rinforzata, cioè di strutture atte al contenimento o alla stabilizzazione di scarpate, mediante la presenza di elementi di rinforzo capaci di assorbire sforzi di trazione.

Per garantire la massima sicurezza dell'opera, pur in presenza di drenaggi profondi, è stata fatta anche una verifica considerando anche la presenza di una falda acquifera temporanea con scorrimento verso la fronte, ed inoltre la coesione è stata assunta pari a zero.

a) Caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti le terre armate e riporti

Terreno di base: CA Descrizione : **Calcare**
Coesione [kN/m²] : 0.00 (ipotizzata)
Angolo d'attrito [°] : 39.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru) : 0.00
Peso specifico sopra falda [kN/m³] : 25.00
Peso specifico in falda [kN/m³] : 26.00

Modulo elastico [kN/m²] : 0.00
Coefficiente di Poisson : 0.30

Terreno di costruzione della terra armata: GB Descrizione : **Gabbion Filling**
Coesione [kN/m²] : 12.50
Angolo d'attrito [°] : 40.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru) : 0.00
Peso specifico sopra falda [kN/m³] : 17.50
Peso specifico in falda [kN/m³] : 21.00

Modulo elastico [kN/m²] : 0.00
Coefficiente di Poisson : 0.30

Terreno del rilevato: RIP Descrizione : **Riporto**
Coesione [kN/m²] : 0.00 (ipotizzata)
Angolo d'attrito [°] : 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru) : 0.00
Peso specifico sopra falda [kN/m³] : 1.80
Peso specifico in falda [kN/m³] : 2.00

Modulo elastico [kN/m²] : 0.00
Coefficiente di Poisson : 0.30

Terreno tra GB e RIP: SE Descrizione : **Structural embankment**
Coesione [kN/m²] : 0.00
Angolo d'attrito [°] : 33.00
Rapporto di pressione interstiziale (R: 0.00
Peso specifico sopra falda [kN/m³]: 18.00
Peso specifico in falda [kN/m³]: 21.00

Modulo elastico [kN/m²]: 0.00
Coefficiente di Poisson : 0.30

b) Profili stratigrafici

Strato: PROF Descrizione: profilo terreno
Terreno : CA substrato roccioso

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
0.00	0.00	20.00	1.00	29.00	2.00	34.00	2.00
38.00	2.00	60.00	20.00	63.00	24.00	67.00	25.00
70.00	26.00	73.00	29.00	74.00	30.00		

Strato: RIP Descrizione: Riporto
Terreno : RIP

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
20.00	1.00	22.00	5.00	25.00	5.00	27.00	10.00
30.00	10.00	33.00	15.00	36.00	15.00	48.00	22.00
52.00	22.00	62.00	25.00	70.00	26.00		

Blocco : TA1
Dati principali [m] : Larghezza = 4.00 Altezza = 4.00
Coordinate Origine [m] : Ascissa =20.40 Ordinata = 1.00
Inclinazione paramento [°] : 25.00

Terreno riempimento gabbioni : GB
Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia
Rilevato strutturale : SE
Terreno di riempimento a tergo : RIP
Terreno di copertura : RIP
Terreno di fondazione : CA

Rinforzi :
Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 0.50
Lunghezza [m] = 4.00
Gabbione [m]: Altezza = 0.50 Larghezza =1.00

Profilo di ricopertura:

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
4.00		0.50					

Blocco : TA2
Dati principali [m] : Larghezza = 4.00 Altezza = 5.00
Coordinate Origine [m] : Ascissa = 25.30 Ordinata = 5.00
Inclinazione paramento [°] : 24.00

Terreno riempimento gabbioni : GB
Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia
Rilevato strutturale : SE

Terreno di riempimento a tergo : RIP
Terreno di copertura : RIP
Terreno di fondazione : RIP

Rinforzi :
Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 0.50
Lunghezza [m] = 4.00
Gabbione [m] : Altezza = 0.50 Larghezza = 1.00

Profilo di ricopertura:

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
3.50		0.50					

Blocco : TA3
Dati principali [m] : Larghezza =4.00 Altezza = 5.00
Coordinate Origine [m] : Ascissa =30.50 Ordinata =10.00
Inclinazione paramento [°] : 29.00

Terreno riempimento gabbioni : GB
Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia
Rilevato strutturale : SE
Terreno di riempimento a tergo : RIP
Terreno di copertura : RIP
Terreno di fondazione : RIP

Rinforzi :
Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 0.50
Lunghezza [m] = 4.00
Gabbione [m]: Altezza = 0.50 Larghezza = 1.00

Profilo di ricopertura:

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
4.00		0.50					

c) Proprietà dei rinforzi utilizzati

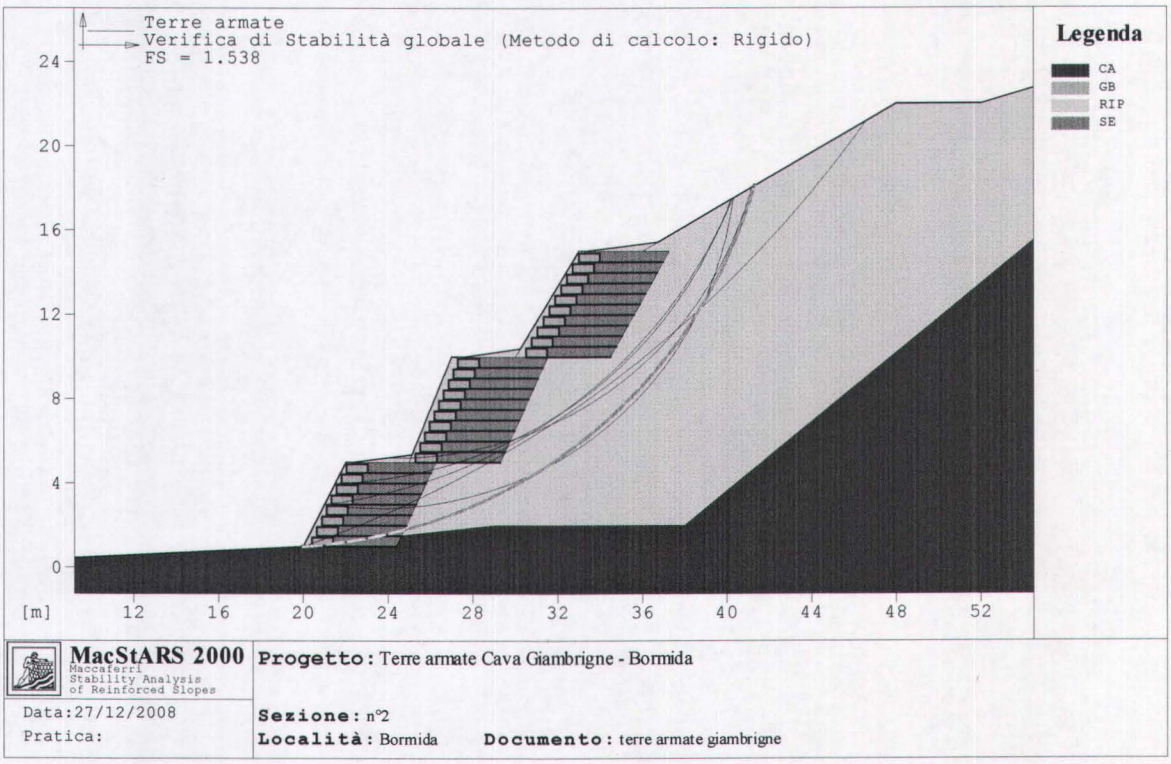
Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 0.50
Carico di rottura Nominale [kN/m]: 50.11
Rapporto di Scorrimento plastico : 2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico [m³/kN]:1.10e-04
Rigidezza estensionale [kN/m] : 500.00
Lunghezza minima di ancoraggio [m]: 0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) : 1.44
Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00

Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia):		1.30
Coefficiente di sicurezza al Pull-out :	1.00	
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) :		1.30
Coefficiente di sicurezza al Pull-out ..... :		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla):		1.30
Coefficiente di sicurezza al Pull-out :	1.00	
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo :		0.30
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia :		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia :		0.65
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo :		0.50
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla :		0.30

d) Esecuzione delle verifiche di stabilità

Sono state fatte due verifiche di stabilità globali, rispettivamente con e senza falda, ed una verifica interna riferita alle terre armate.

1) Verifica di stabilità globale



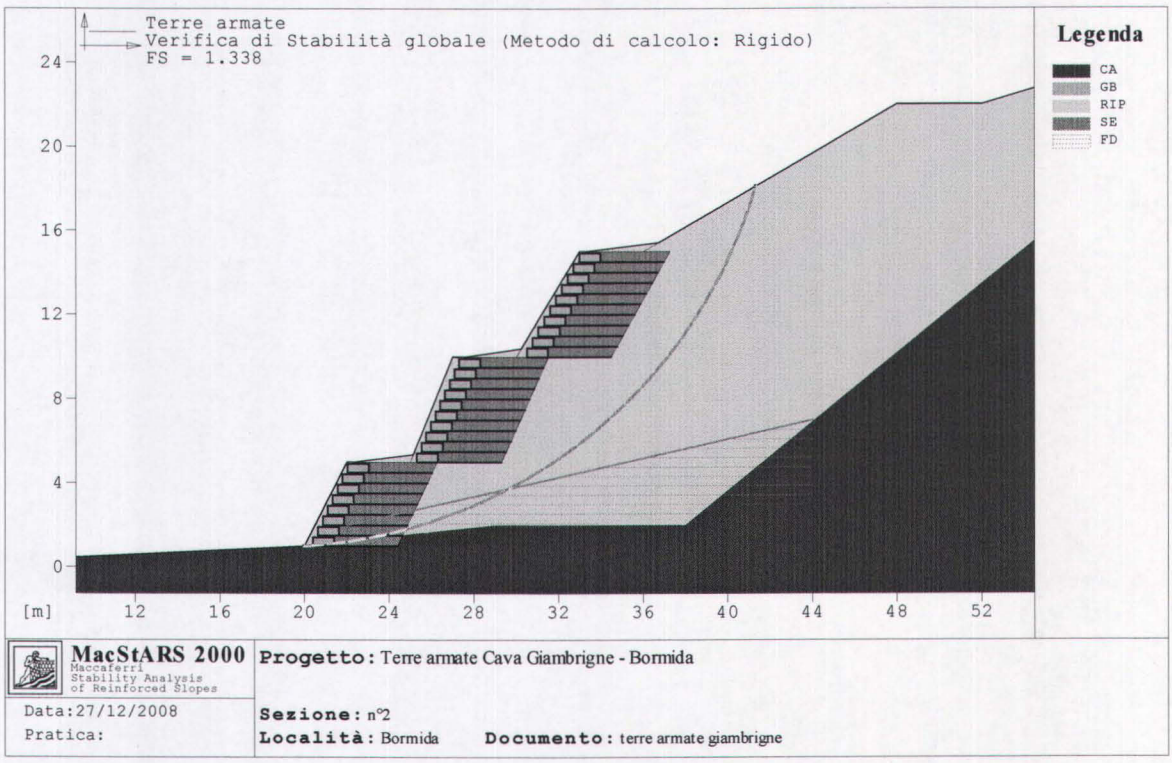
Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop
Coefficiente di sicurezza minimo calcolato: 1.538

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
1° punto	2° punto	1° punto	2°punto
20.00	26.00	40.00	50.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza ..... : 13
Numero totale superfici di prova ..... : 130
Lunghezza segmenti delle superfici ..... [m] ..... : 1.00
Angolo limite orario ..... [°] ..... : 0.00
Angolo limite antiorario ..... [°] ..... : 0.00

2) Verifica di stabilità globale con falda



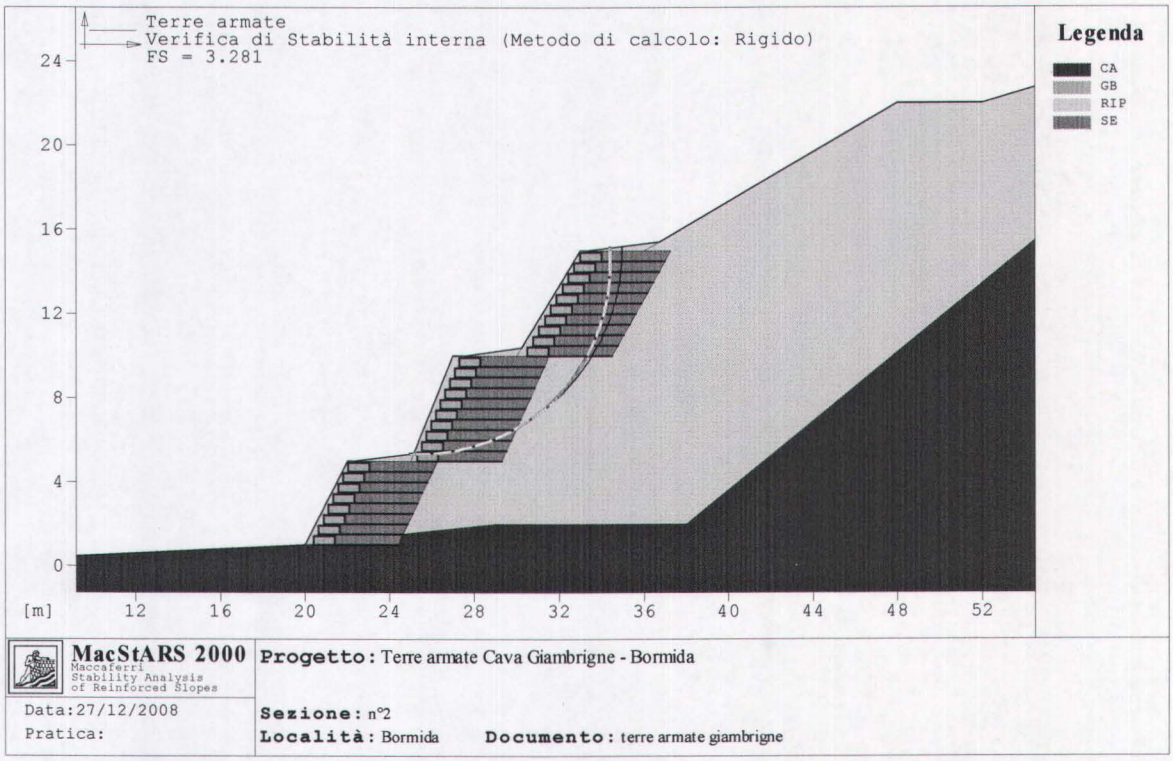
Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop
Coefficiente di sicurezza minimo calcolato: 1.338

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
1° punto	2° punto	1° punto	2°punto
20.00	26.00	40.00	50.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza ....: 13
Numero totale superfici di prova ....: 130
Lunghezza segmenti delle superfici .... [m] ....: 1.00
Angolo limite orario .... [°] ....: 0.00
Angolo limite antiorario .... [°] ....: 0.00

3) Verifica di stabilità interna delle terre armate



Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop
Coefficiente di sicurezza minimo calcolato: 3.281

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco TA2
Segmento di arrivo, ascisse [m]

1° punto	2° punto
25.00	35.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza ....: 1
Numero totale superfici di prova ....: 100
Lunghezza segmenti delle superfici .... [m] ....: 1.00
Angolo limite orario .... [°] ....: 0.00
Angolo limite antiorario .... [°] ....: 0.00

Blocco : TA1

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 0.50

Rapporto forza/resistenza nei rinforzi

Y [m]	Fmax
0.5	0.693

Blocco : TA2

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 0.50

Rapporto forza/resistenza nei rinforzi

Y [m]	Fmax
0.50	0.693
1.00	0.693

Blocco : TA3

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 0.50

Rapporto forza/resistenza nei rinforzi

Y [m]	Fmax
0.00	0.693
0.50	0.693

In conclusione, dalle verifiche fatte sia globali (con e senza falda acquifera) che locali, risulta che i coefficienti di sicurezza sono tutti superiori ai minimi di legge e pertanto il complesso terreno – struttura è stabile.

10 – PRESCRIZIONI PER LA REALIZZAZIONE DEI RILEVATI DI RICOMPOSIZIONE AMBIENTALE

Come risulta dalle verifiche fatte i valori dei coefficienti di sicurezza allo scorrimento dei rilevati di ricomposizione ambientale sono risultati pienamente accettabili.

Chiaramente le condizioni di stabilità esaminate fanno riferimento ad alcuni criteri di posa in opera del materiale e di opere accessorie che sono qui richiamati come prescrizioni da rispettare nella fase di esecuzione dei lavori:

- Il rilevato dovrà essere eseguito sistemando il materiale scaricato in strati di circa 70 – 100 cm di spessore, adeguatamente compattati con mezzo meccanico, in modo che le resistenze più basse, siano compatibili con parametri geotecnici utilizzati nelle verifiche;

- In fase di formazione dei gradoni (almeno ogni 10 metri di spessore riportato) è necessario fare verifiche geotecniche della compattazione del materiale con prove specifiche, tipo proctor e penetrometrie;

- Per evitare che l'acqua d'infiltrazione possa instaurare accumuli idrici, e quindi sovrapressioni, è necessario realizzare un sistema drenante composto da un letto drenante e trincee drenanti come meglio specificato di seguito;

- Al progredire del rilevato dovrà essere curata e mantenuta in efficienza la regimazione idrica delle acque meteoriche come da progetto;

- Man mano che i vari ripiani saranno giunti alle quote di progetto, si dovrà procedere alla semina di essenze erbacee ed arbustive antierosione e successivamente essenze vegetali arboree.

Come sopra accennato, per evitare che l'acqua d'infiltrazione nella massa detritica possa instaurare accumuli idrici, e quindi sovrapressioni, si prevede il suo smaltimento attraverso la realizzazione di un sistema drenante composto da un letti drenanti aventi uno spessore di 15 - 20 cm, convoglianti in trincee drenanti.

Per quanto riguarda il rilevato del fronte di cava vero e proprio si prevede di realizzare un solo letto drenante posto tra le quote 615 m e 620 m circa convogliante in 4 trincee drenanti disposte leggermente a ventaglio e lunghe circa 90 metri, così come riportato in cartografia allegata.

Il tutto sarà basato su di una superficie variamente conformata che sarà realizzata durante il riempimento ed avente inclinazione verso valle di circa il 5 – 6 %, e trasversalmente verso le trincee del 3 %.

Considerando che il materiale per la ricomposizione ambientale ha una permeabilità media stimata Km dell'ordine di 10E-3, una porosità di circa il 30 – 40 % ed una velocità di percolazione valutabile in 0,09 cm/sec, e che la permeabilità del materiale drenante (ghiaie e ghiaietto) può essere considerata pari a Kd =1x10 E-2 cm/sec, l'interasse tra le trincee drenanti risulta dell'ordine di 20 – 25 metri.

Con questi elementi e considerando l'infiltrazione effettiva, la portata massima drenata è dell'ordine di Qmax = 4 l/sec.

Prevedendo una sezione della trincea drenante a forma trapezoidale con 1,0 m. di testa, 0,5 m. di base e spessore 0,3 m, la portata

smaltita risulta dell'ordine di Qt = 11 l/sec, per cui il dreno è ampiamente verificato.

Le acque così drenate saranno raccolte dalla canaletta esistente alla base del rilevato e avviate alla vasca di sedimentazione e poi al fosso.

In merito agli apporti meteorici e all'infiltrazione, si precisa che i valori sono stati desunti dai dati delle stazioni pluviometriche riportati sugli Annali del Servizio Idrologico che coprono una vasta area attorno alla cava.

Dalle elaborazioni, fatte per il periodo 1921 – 1989, hanno permesso di definire una pioggia media annua sulla zona di circa 1300 mm, ed il mese più piovoso è risultato essere quello di Novembre.

Tenuto conto della situazione geologica, morfologica e climatica della zona, la parte di pioggia che s'infiltra può essere considerata circa 1/3 di quella piovana.

Il drenaggio è sovradimensionato e ciò è garanzia di sicurezza del funzionamento dell'opera nel tempo e per impedire il potenziale intasamento si porrà un livello di tessuto non tessuto.

Per quanto riguarda il rilevato con terre armate sulla sponda sinistra zona, sono previsti due letti drenanti, uno a livello del substrato (quota 618 m) e l'altro circa 10 metri più in alto (quota media 628 m).

Mantenendo le stesse indicazioni idrogeologiche e progettuali del rilevato precedente, si prevede la costruzione di due trincee drenanti (ciascuna per ogni livello), anch'esse disposte leggermente a ventaglio, con interasse di 20 – 25 metri e lunghezza di circa 40 metri ciascuna, così come riportato in cartografia.

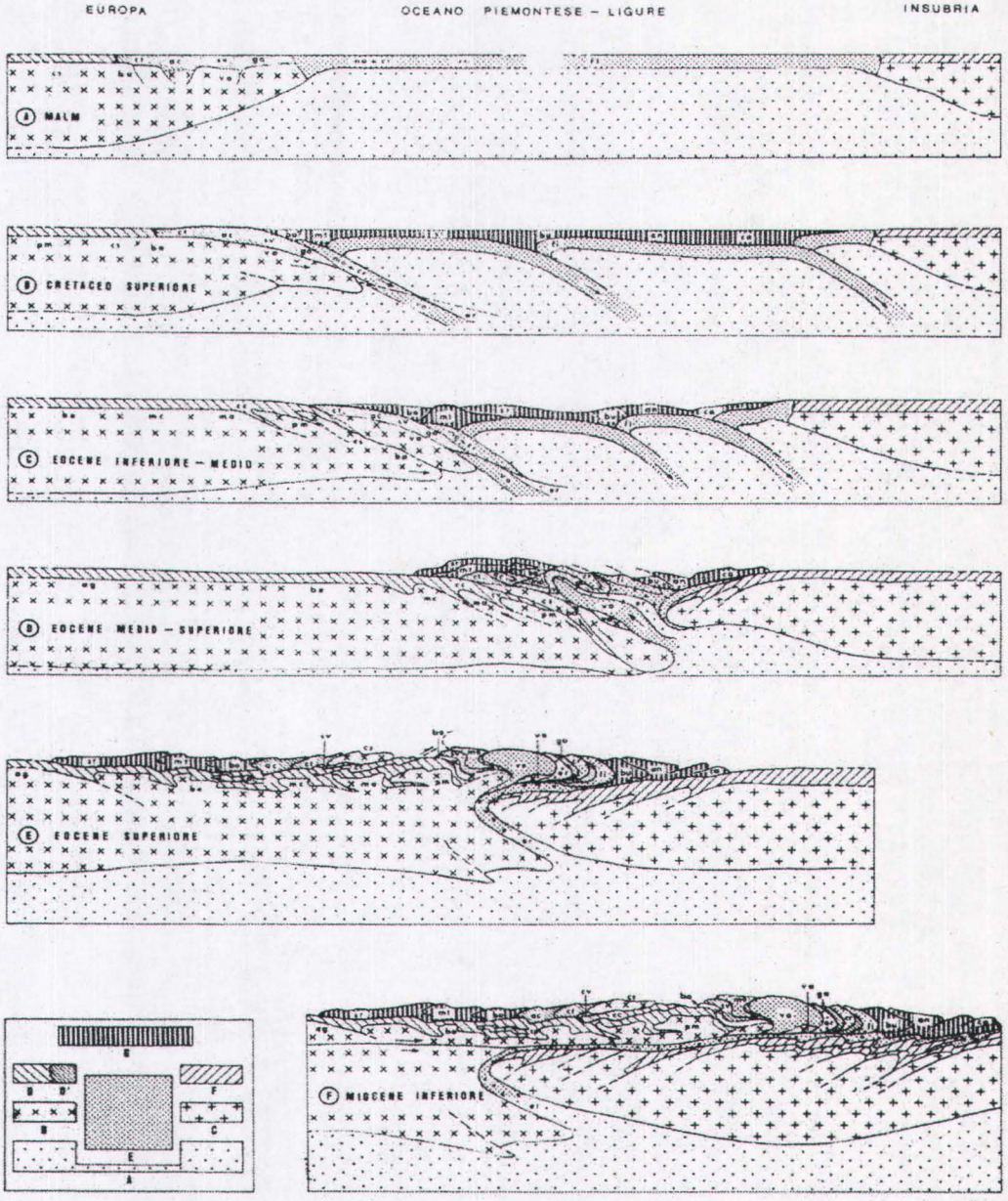
Le acque drenate sono raccolte dalla canaletta di base delle terre armate e addotte alla vasca di decantazione e poi al fosso naturale.

Si precisa che l'esatta disposizione degli impianti degli elementi drenanti sarà curata dalla Direzione Lavori in base all'effettiva situazione dei rilevati, dal periodo di lavorazione e dalle esigenze di cantiere.

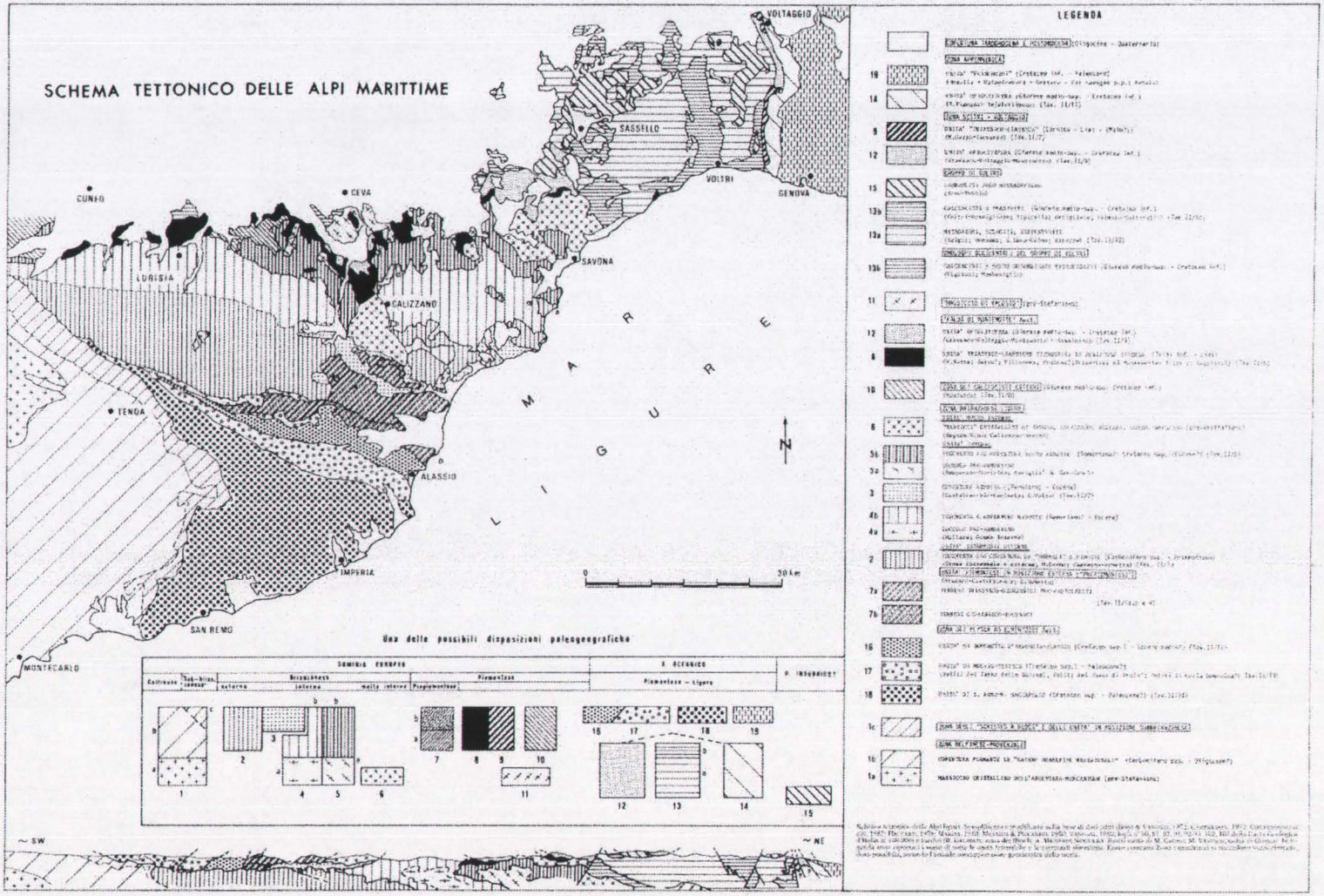
I tecnici incaricati
Dott. Geologo Gino Piaggi
Dott. Geologo Luca Piaggi

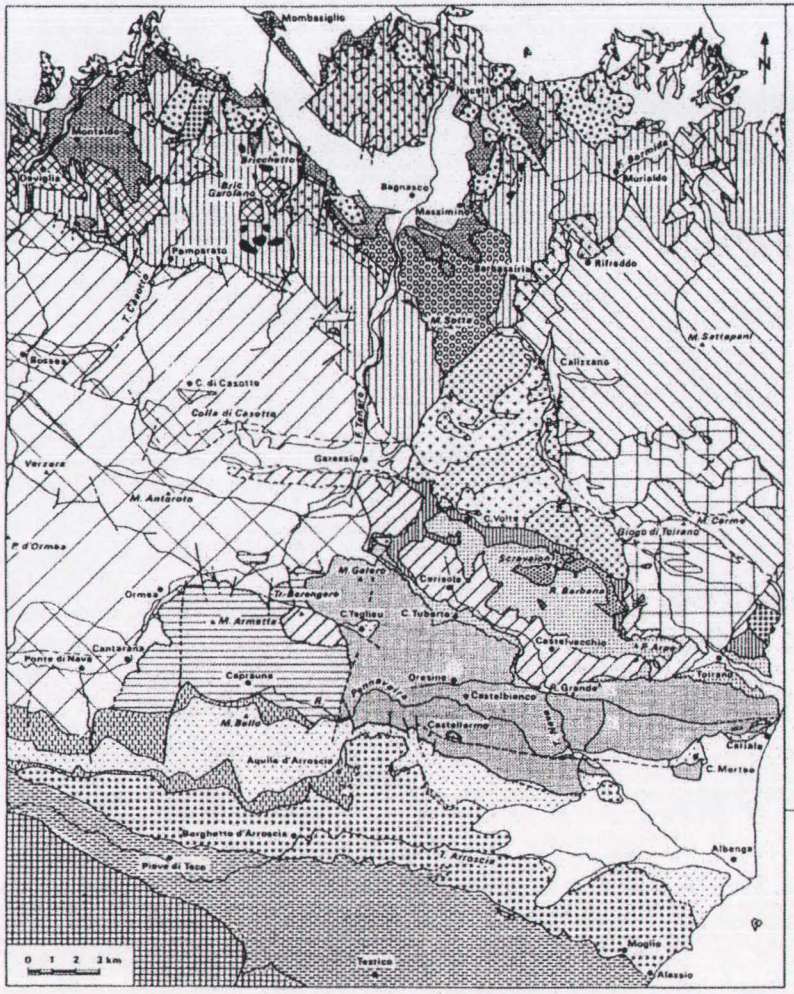
ALLEGATI

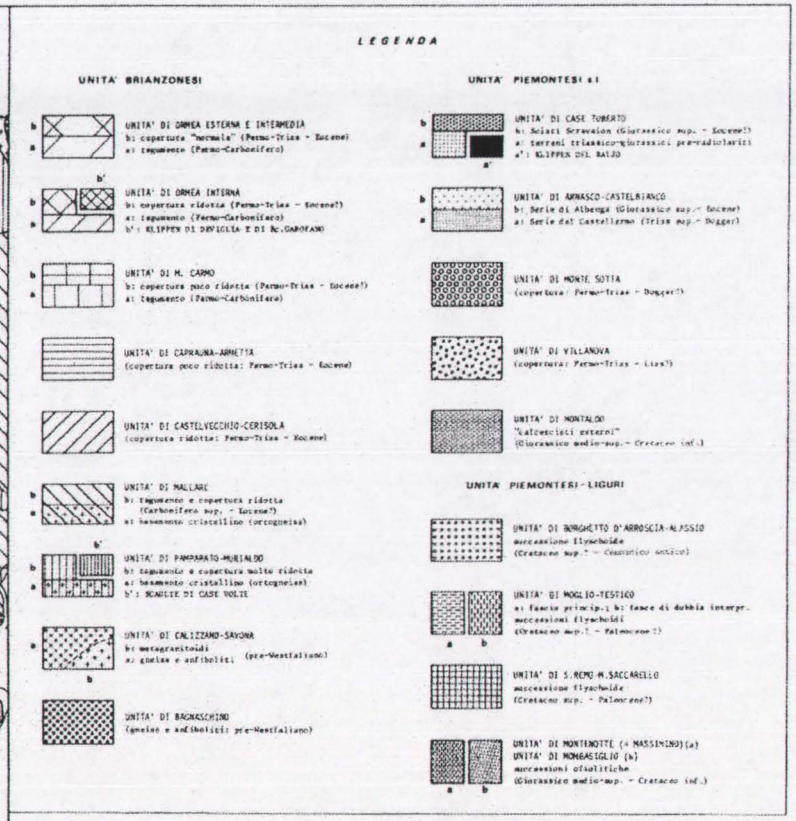
SCHEMI GEOLOGICI - TETTONICI E PALEOGEOGRAFICI



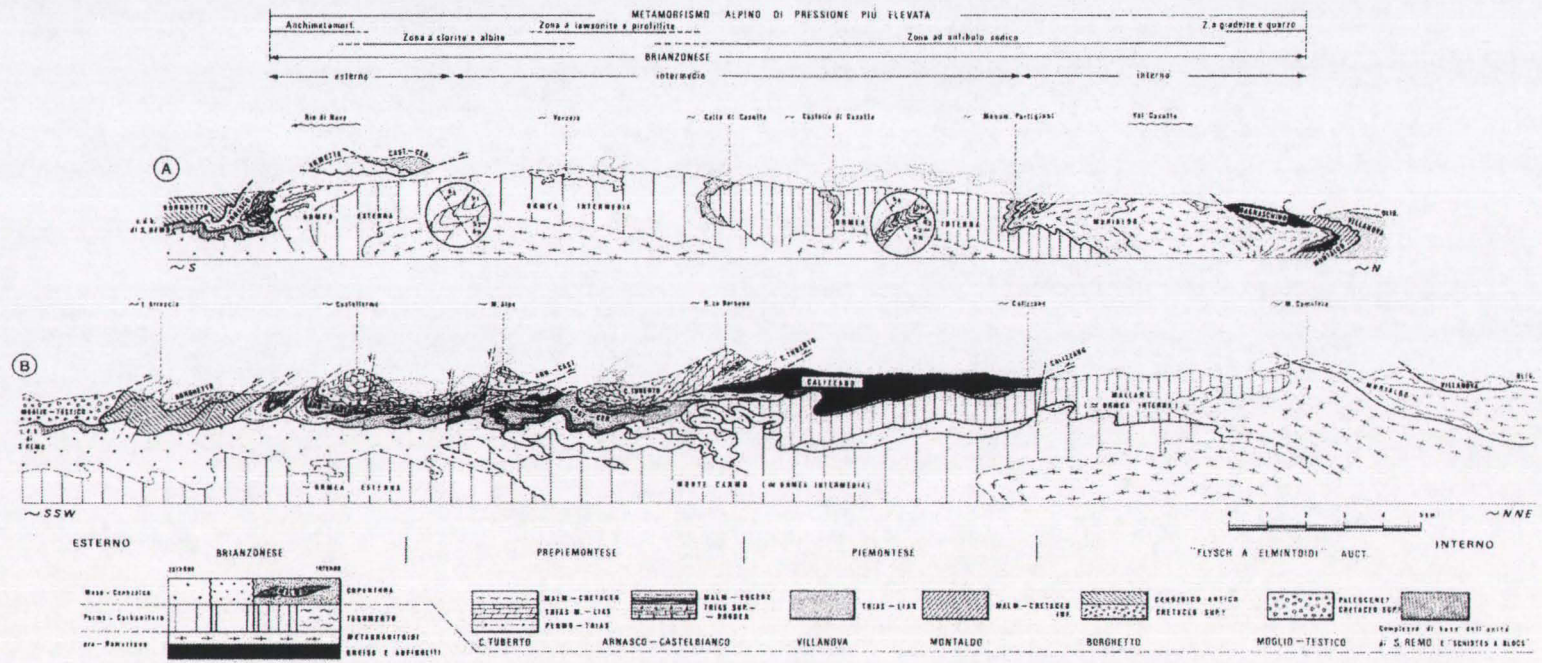
Ipotetica e schematica evoluzione della tettogenesi nelle Alpi liguri. Il settore insubrico è volutamente non dettagliato. Gli spessori delle unità superficiali sono esagerati. Per risparmiare spazio, i vari disegni sono allineati verticalmente, anzichè parzialmente spostati l'uno rispetto all'altro verso destra, a mano a mano che si scende nella figura, così come dovrebbe risultare se, in accordo con l'ipotesi presentata in fig. 11, il margine insubrico apparisse sempre all'incirca sulla stessa verticale. Nel riquadro in basso a sinistra: A=mantello; B,C=basamento continentale, rispettivamente europeo ed insubrico; D,D', F=successioni post-erciniche, rispettivamente delfinesi-brianzonesi, piemontesi *s.l.* ed insubriche; E=crosta oceanica pre-cenomaniana e parti più superficiali del suo mantello; G=successioni flyschoidi post-albiane. In tutte le sezioni le sigle indicano la posizione approssimativa delle unità tettoniche: ac=Arnasco-Castelbianco; ag=massiccio dell'Argentera e sua copertura; an=Antola; ba=Bagnaschino; be=Brianzonese esterno; bo=Borghetto; bu=Busalla; ca=Cassio; cc=Castelvecchio-Cerisola; cp=Caprauna-Armetta; cr=Cravasco-Voltaggio; cs=Calizzano-Savona; ct=Case Tuberto; cv=Case Volte; er=Erro-Tobbio; fi=Monte Figona; ga=M. Gazzo-Isoverde; mc=Monte Carmo; mo=Montenotte (*s.s.*); mt=Moglio-Testico; pm=Pamparato-Murialdo; sr=S. Remo-M. Saccarello; sv=M.Sotta e Villanova; va= Valosio; vo=Voltri.


SCHEMA TETTONICO DELLE ALPI MARITTIME
VOLTAGGIO
SASSELLO
VOLTRI
GENOVA
CUNEO
CEVA
SAVONA
LURISIA
CALIZZANO
TENDA
ALASSIO
IMPERIA
SAN REMO
MONTECARLO
MARE LIGURE
0
30 Km
N
Una delle possibili disposizioni paleogeografiche
~ SW
~ NE
LEGENDA





Carta tettonica del settore centrale delle Alpi liguri. Tratta da VANOSSI, 1980 con integrazioni e modifiche desunte da dati editi (BONI & VANOSSI, 1972; CORTESOGNO *et alii*, 1982) e inediti (G. DALLAGIOVANNA: unità di Arnasco-Castelbianco; B.GALBIATI: unità di Arnasco-Castelbianco, di Borghetto e di Moglio-Testico; A. MENARDI NOGUEIRA: unità di Pamparato-Murialdo, di Mallare, di Castelvecchio-Cerisola e di M. Carmo; M. VANOSSI: unità di Ormea). In bianco: coperture da oligoceniche a quaternarie. Le due sezioni della Tav. IV, benchè largamente idealizzate e composite, possono essere approssimativamente collocate all'incirca lungo le direttrici sub-meridiane di Castello di Casotto-Ponte di Nava (quella superiore) e di Rifreddo-Cerisola (quella inferiore).



Sezioni trasversali delle Alpi liguri, semplificate e, soprattutto per le unità inferiori, idealizzate ed ipotetiche, ottenute proiettando sullo stesso piano strutture ricostruite o immaginate lungo sezioni differenti, grossolanamente parallele a quella utilizzata. La superficie topografica è fittizia. Nei settori brianzonesi interni ed intermedi le superfici che appaiono piegate sono foliazioni «multiple» (Sf = (Sn)+S1+S2) quasi ovunque coincidenti. L'indicazione della distribuzione delle paragenesi metamorfiche alpine di pressione più elevata è riferita alla sola sezione superiore. Ricostruzione eseguita con la collaborazione di B. Gallhaut per i Flysch ad Elmintoidi e di A. Menardi Noguera per l'unità di M. Carmo (strutture interne e limiti). Si veda la Tav. III per l'ubicazione di massima delle sezioni.

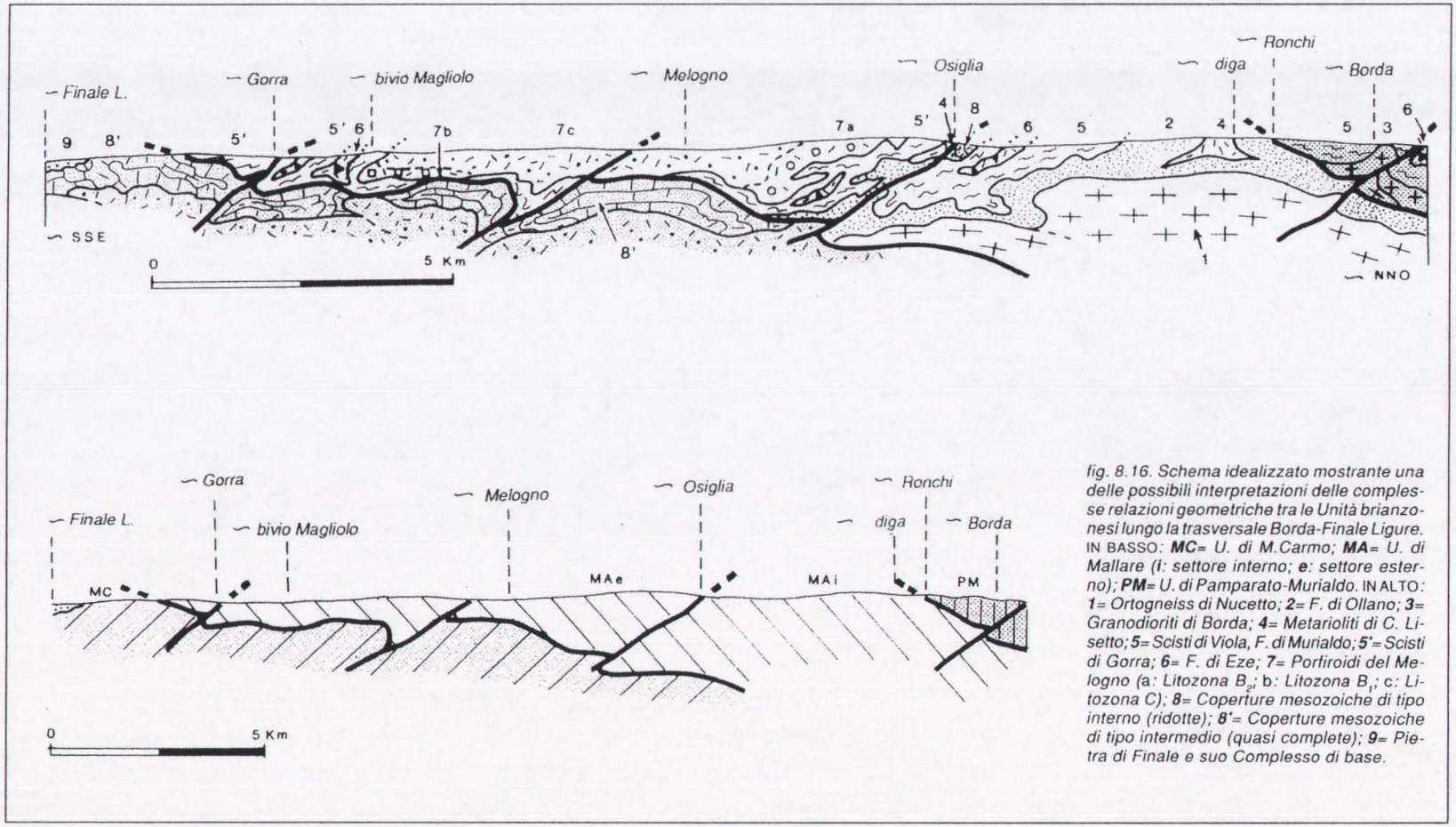
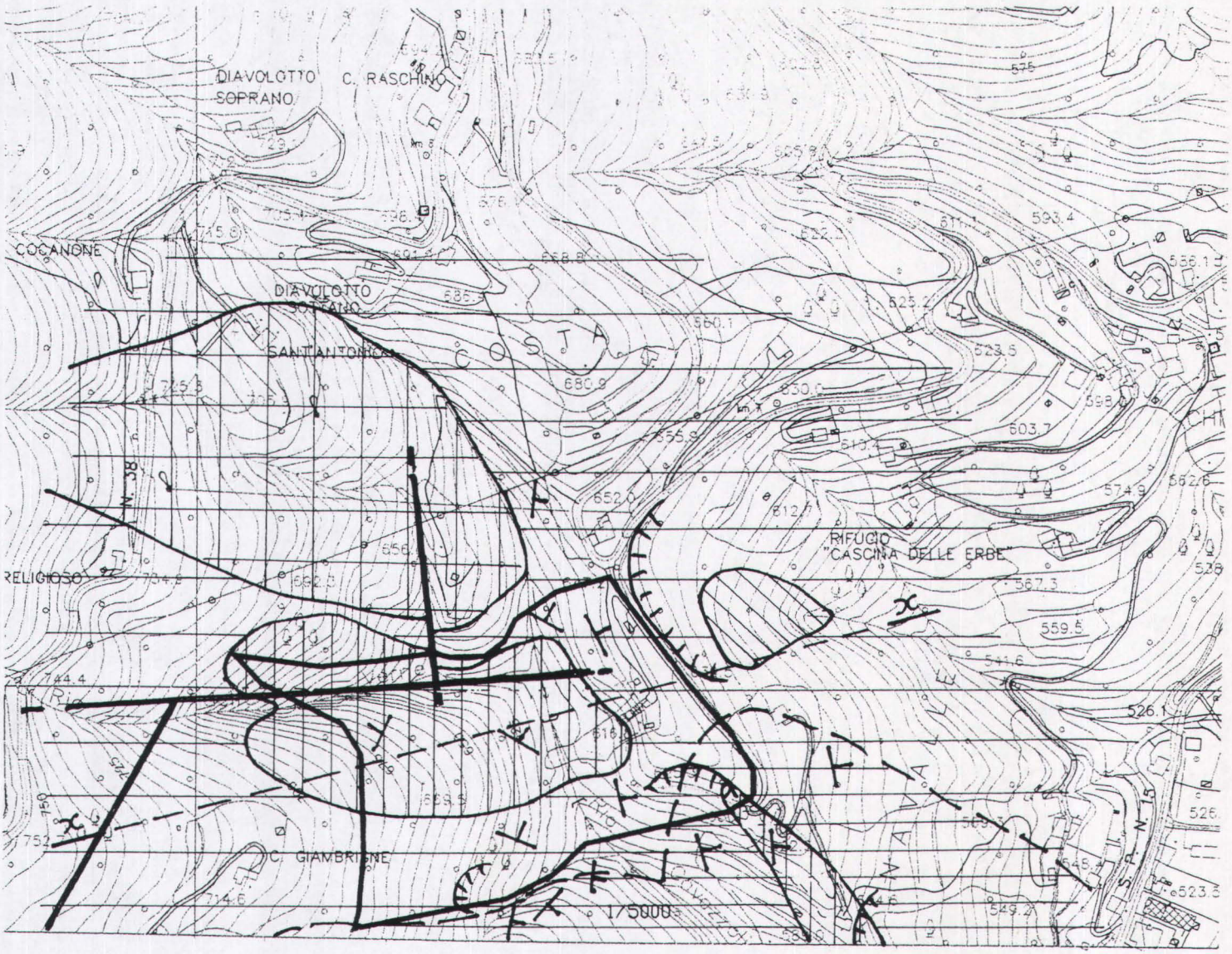


fig. 8.16. Schema idealizzato mostrante una delle possibili interpretazioni delle complesse relazioni geometriche tra le Unità brianzonesi lungo la trasversale Borda-Finale Ligure. IN BASSO: ***MC***= *U. di M.Carmo;* ***MA***= *U. di Mallare (**i**: settore interno; **e**: settore esterno);* ***PM***= *U. di Pamparato-Murialdo.* IN ALTO: ***1***= *Ortogneiss di Nucetto;* ***2***= *F. di Ollano;* ***3***= *Granodioriti di Borda;* ***4***= *Metarioliti di C. Lisetto;* ***5***= *Scisti di Viola, F. di Murialdo;* ***5'***= *Scisti di Gorra;* ***6***= *F. di Eze;* ***7***= *Porfiroidi del Melogno (a: Litozona B_2; b: Litozona B_1; c: Litozona C);* ***8***= *Coperture mesozoiche di tipo interno (ridotte);* ***8'***= *Coperture mesozoiche di tipo intermedio (quasi complete);* ***9***= *Pietra di Finale e suo Complesso di base.*

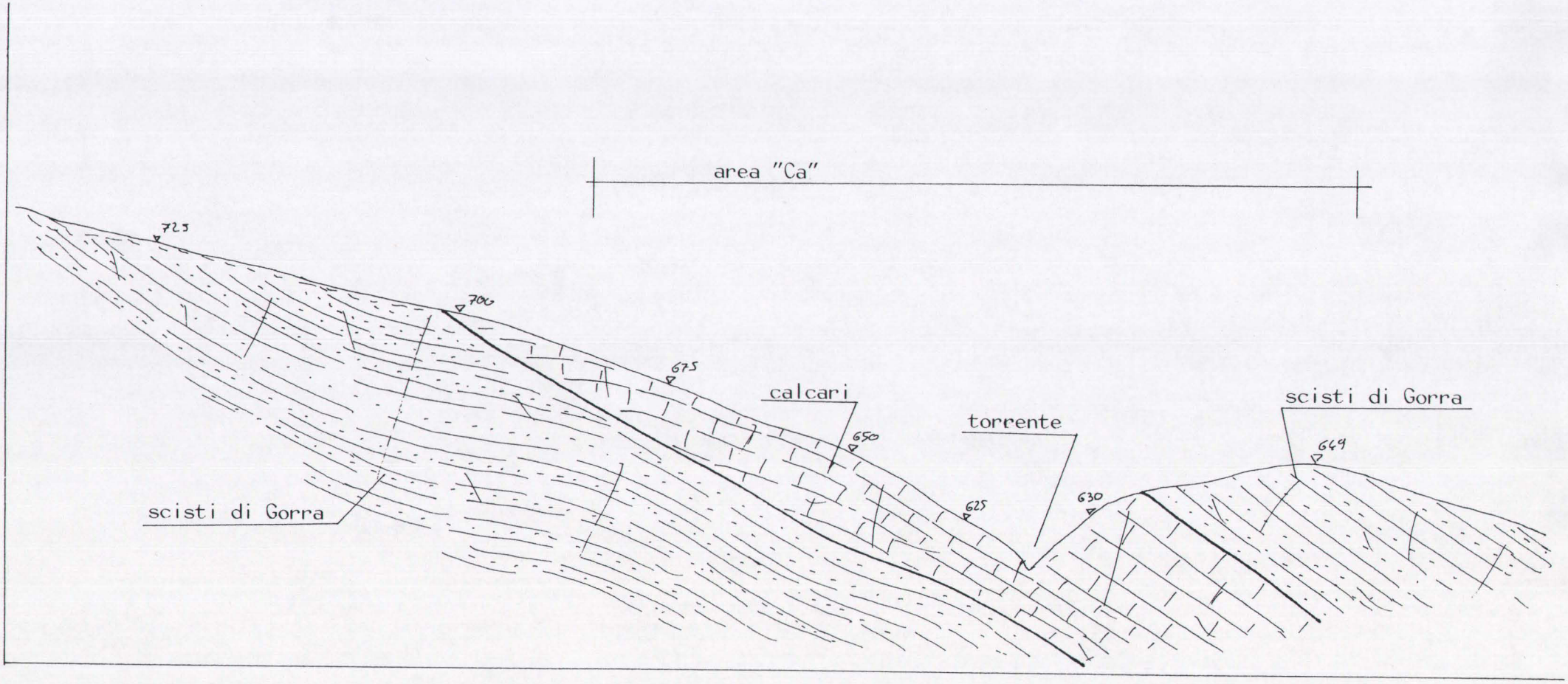
CARTOGRAFIA GEOLOGICA



CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA D'INSIEME

Scala 1:5.000

- Detrito spesso
- Calcari di Val Tanarello
- Formazione di Eze
- Scisti di Gorra (≡) e Scisti di Gorra con lenti della formazione di Eze (⊏)
- Stratificazione
- Faglie e fratture
- Ciglio di distacco quiescente
- Sezione geologica
- Sito di cava "Ca"



SEZIONE GEOLOGICA X/X

Scala 1:2000

CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO

Scala 1:1.000 (da rilievo a scala 1:500)

- Detrito spesso
- Alluvioni miste a detrito
- Riporto di cava
- Calcari
- Calcescisti, quarzoscisti, scisti gneissici e scisti

- Stratificazione
- Faglie e fratture
- Asse di piega
- Sezioni geologiche

progeCAD 2008 Smart! - Private use only

CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:1.000

- Terreni sciolti permeabili per porosità
- Rocce impermeabili o poco permeabili per fratturazione
- Rocce permeabili per fratturazione e carsismo

progeCAD 2008 Smart! - Private use only

progeCAD 2008 Smart! - Private use only

CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:1.000 (da rilievo a scala 1:500)

a	Alluvioni miste a detrito
d	Detrito di versante eluvio – colluvio di spessore > 2 metri
R	Riporto di cava
	Accumuli detritici di frane (F) e paleofrane (P)
	Cigli di distacco
	Orlo di scarpata morfologica e di vecchia cava

progeCAD 2008 Smart! - Private use only

progeCAD 2008 Smart! - Private use only

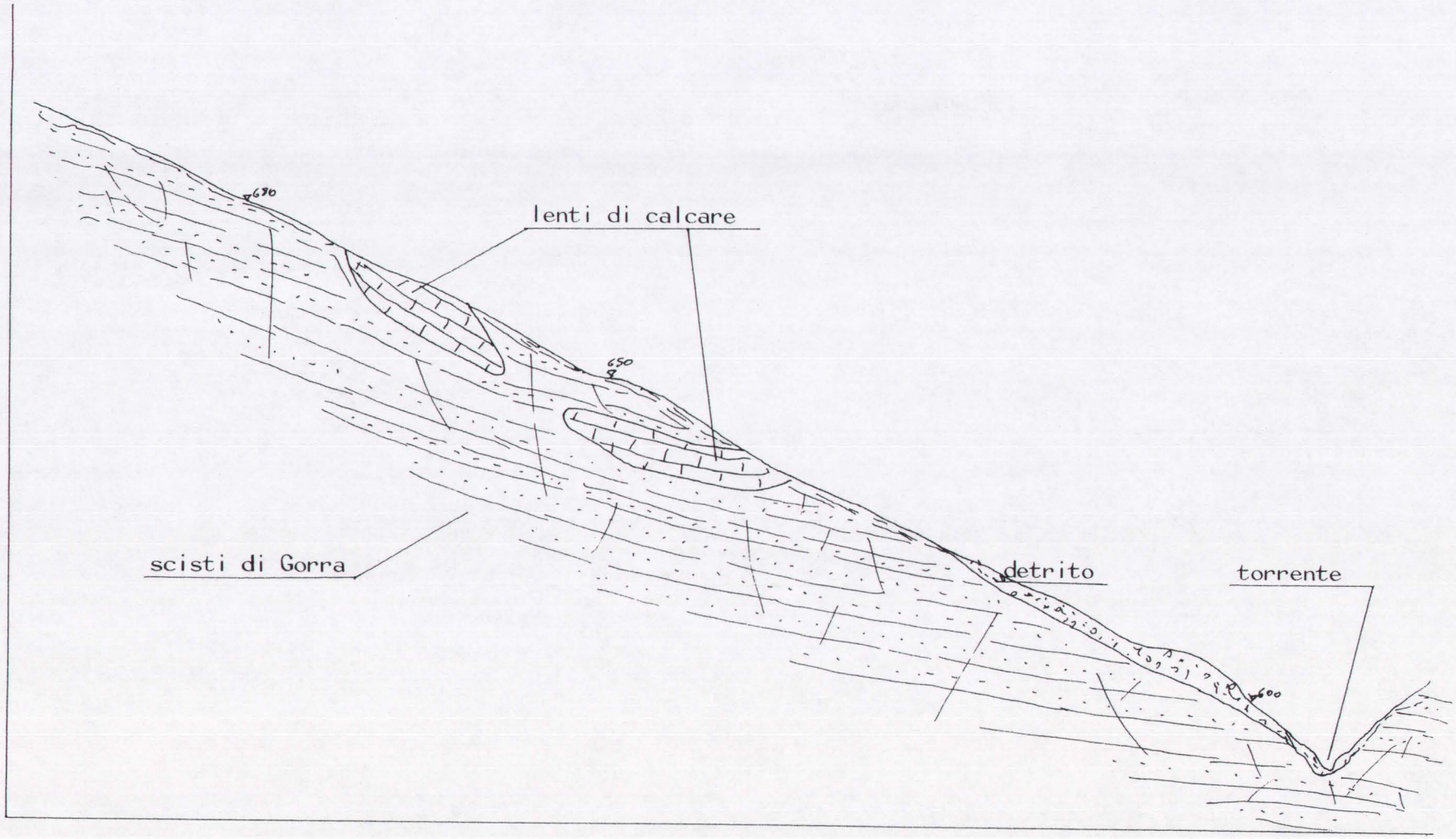
CARTA UBICAZIONE DELLE PROVE IN SITU

Scala 1:1000

- Carotaggi continui con prelievo di campioni
- Prove penetrometriche dinamiche
- Analisi geomeccaniche
- Prove sclerometriche

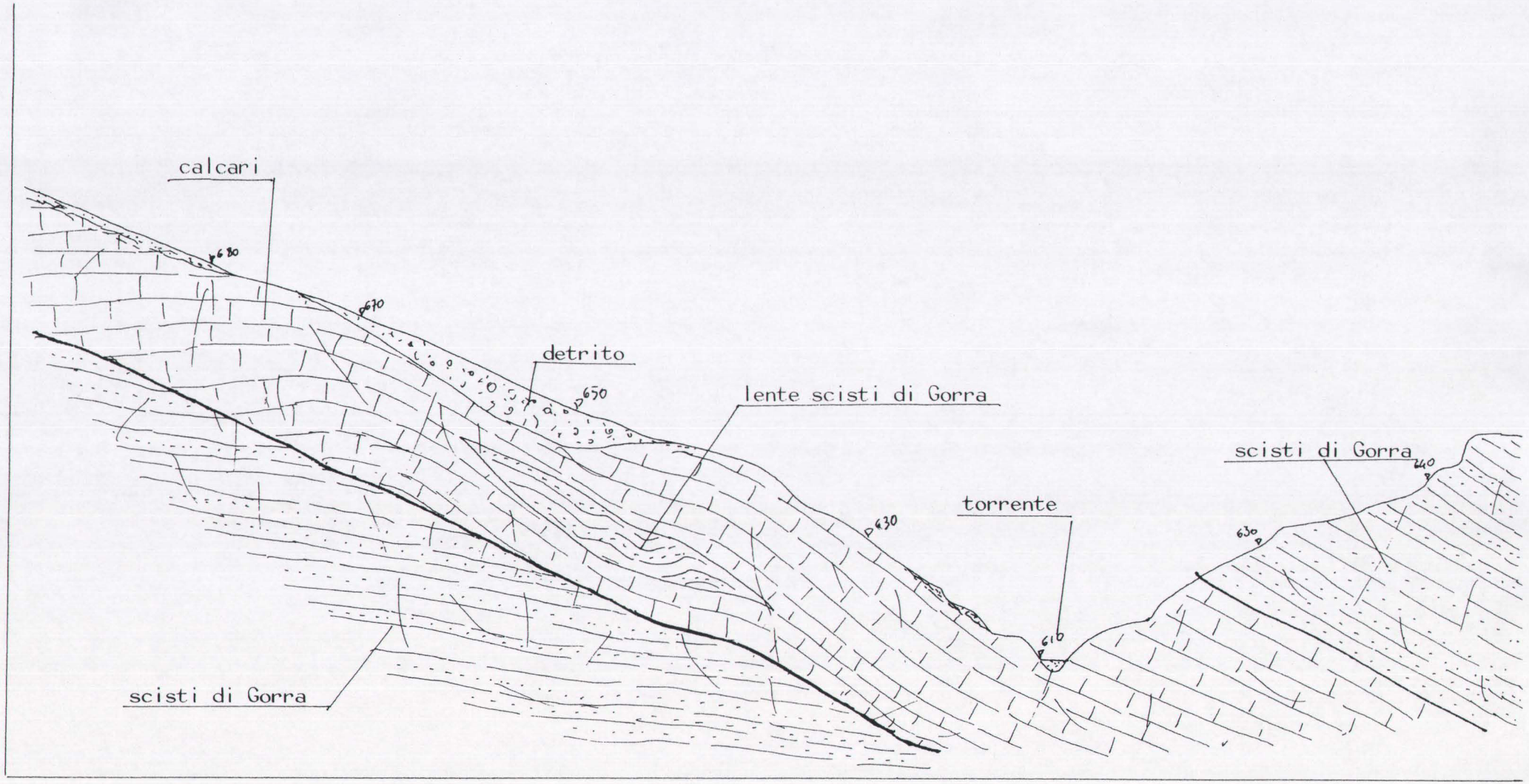
progeCAD 2008 Smart! - Private use only

SEZIONI GEOLOGICHE



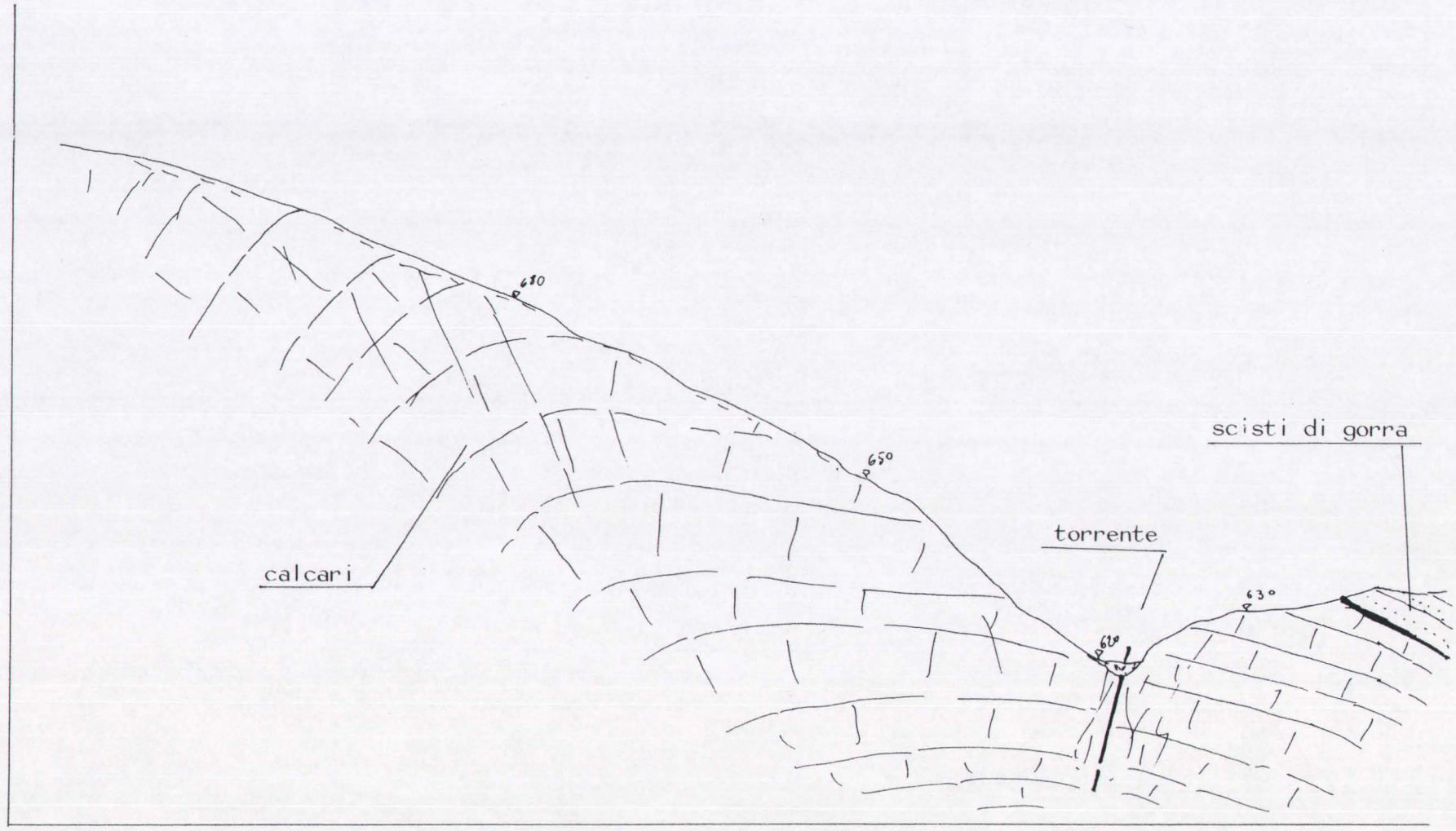
SEZIONE GEOLOGICA A - A

Scala 1:1000



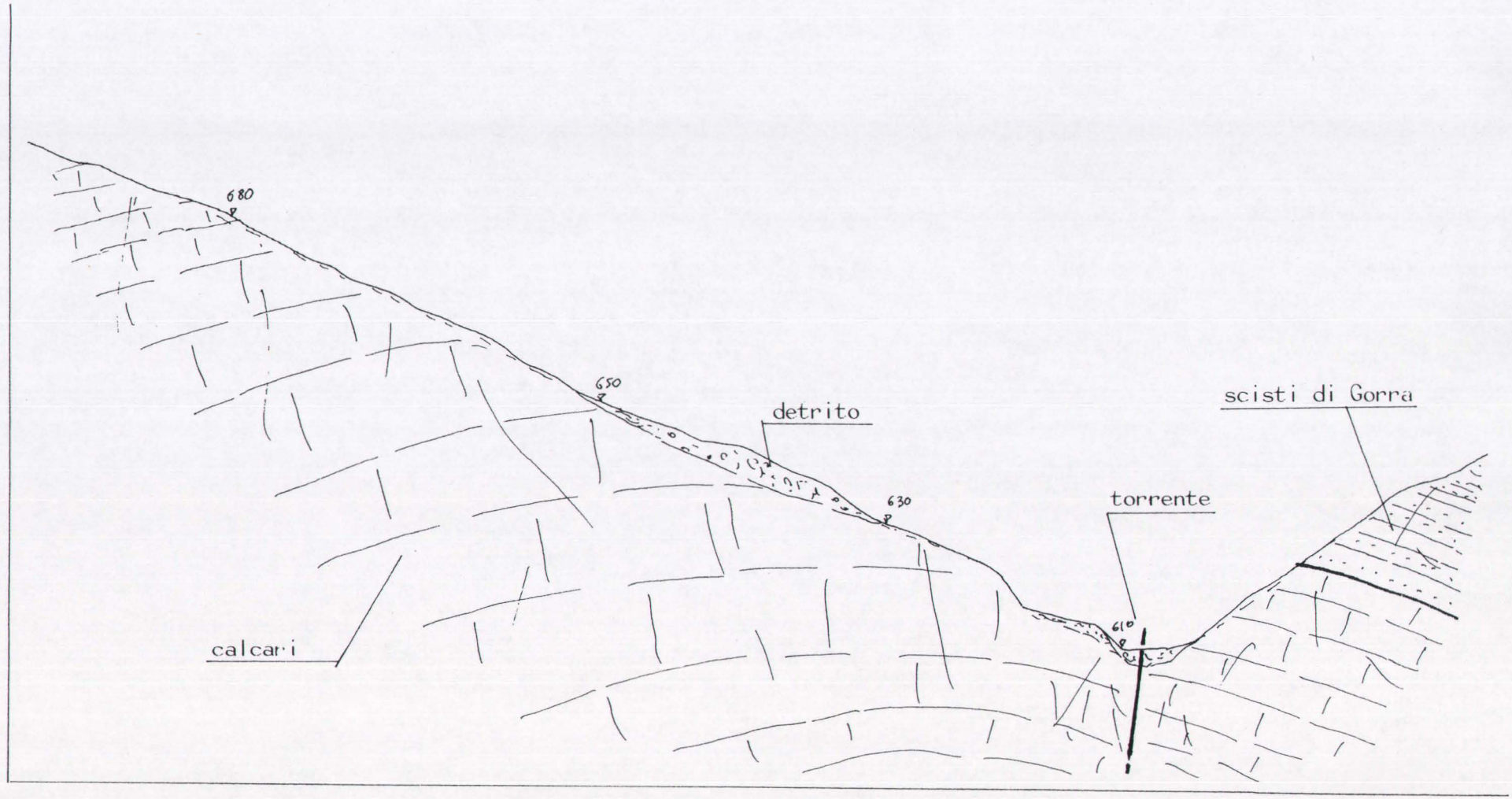
SEZIONE GEOLOGICA B - B

Scala 1:1000



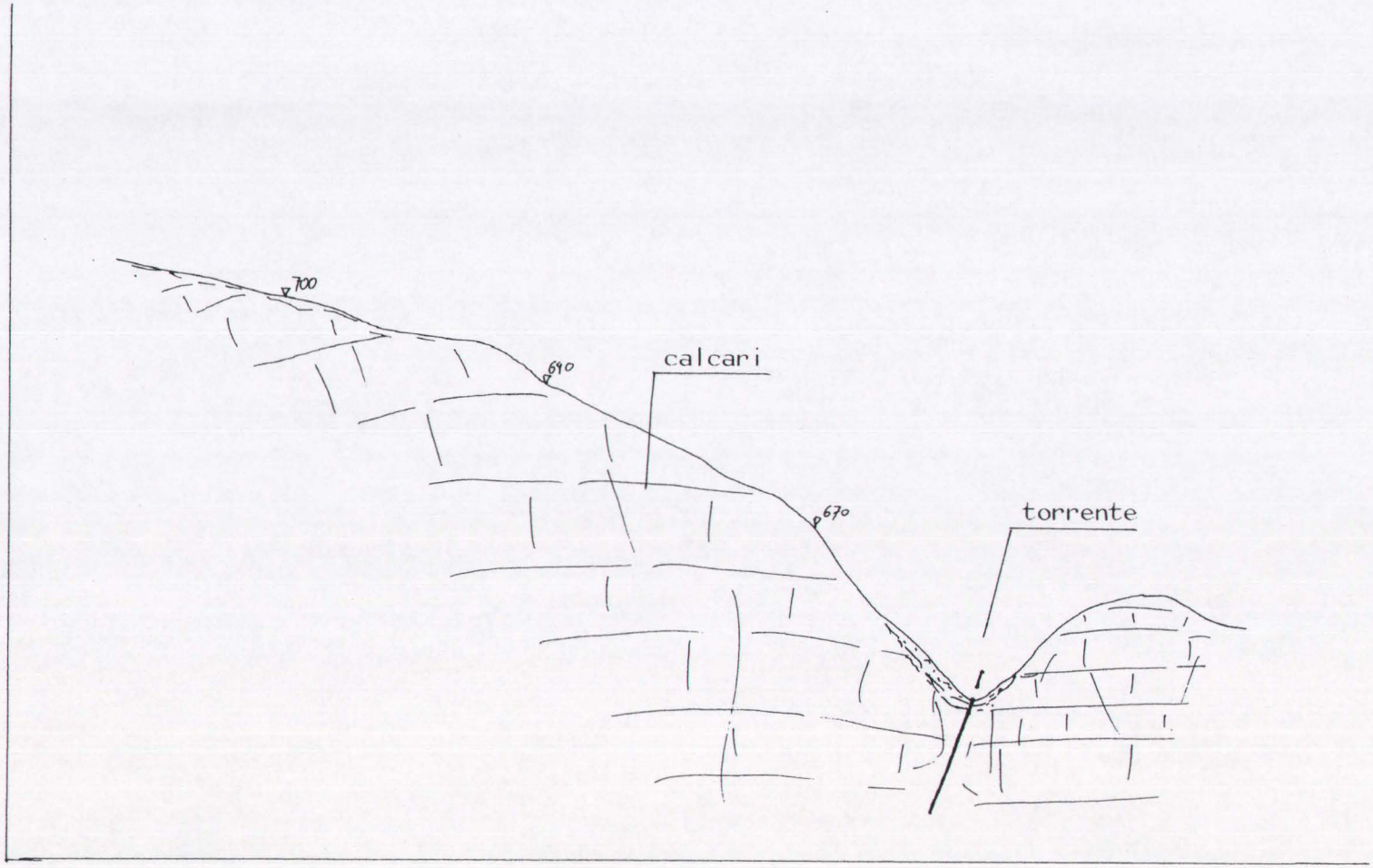
SEZIONE GEOLOGICA C - C

Scala 1:1000



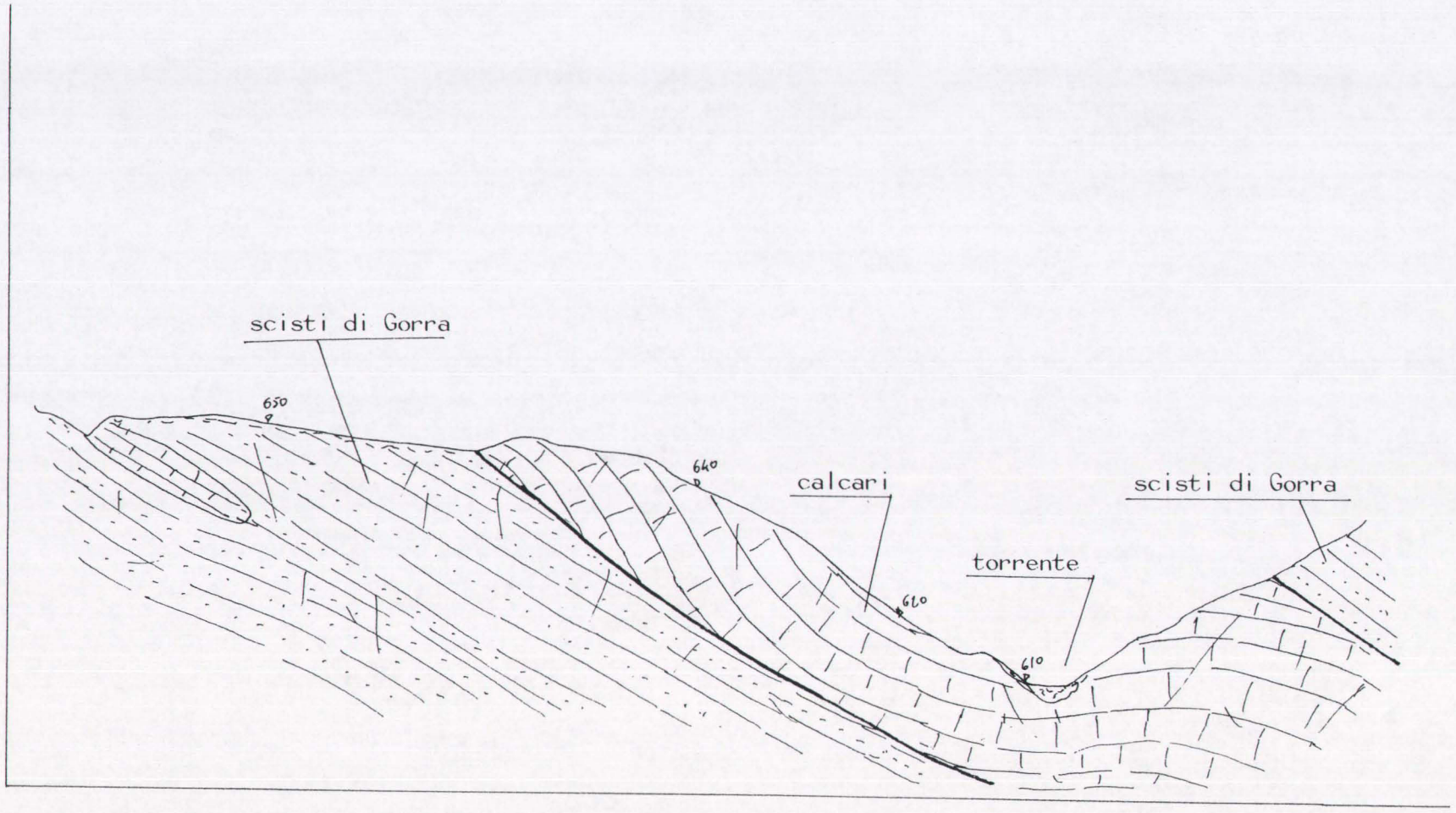
SEZIONE GEOLOGICA D - D

Scala 1:1000



SEZIONE GEOLOGICA E - E

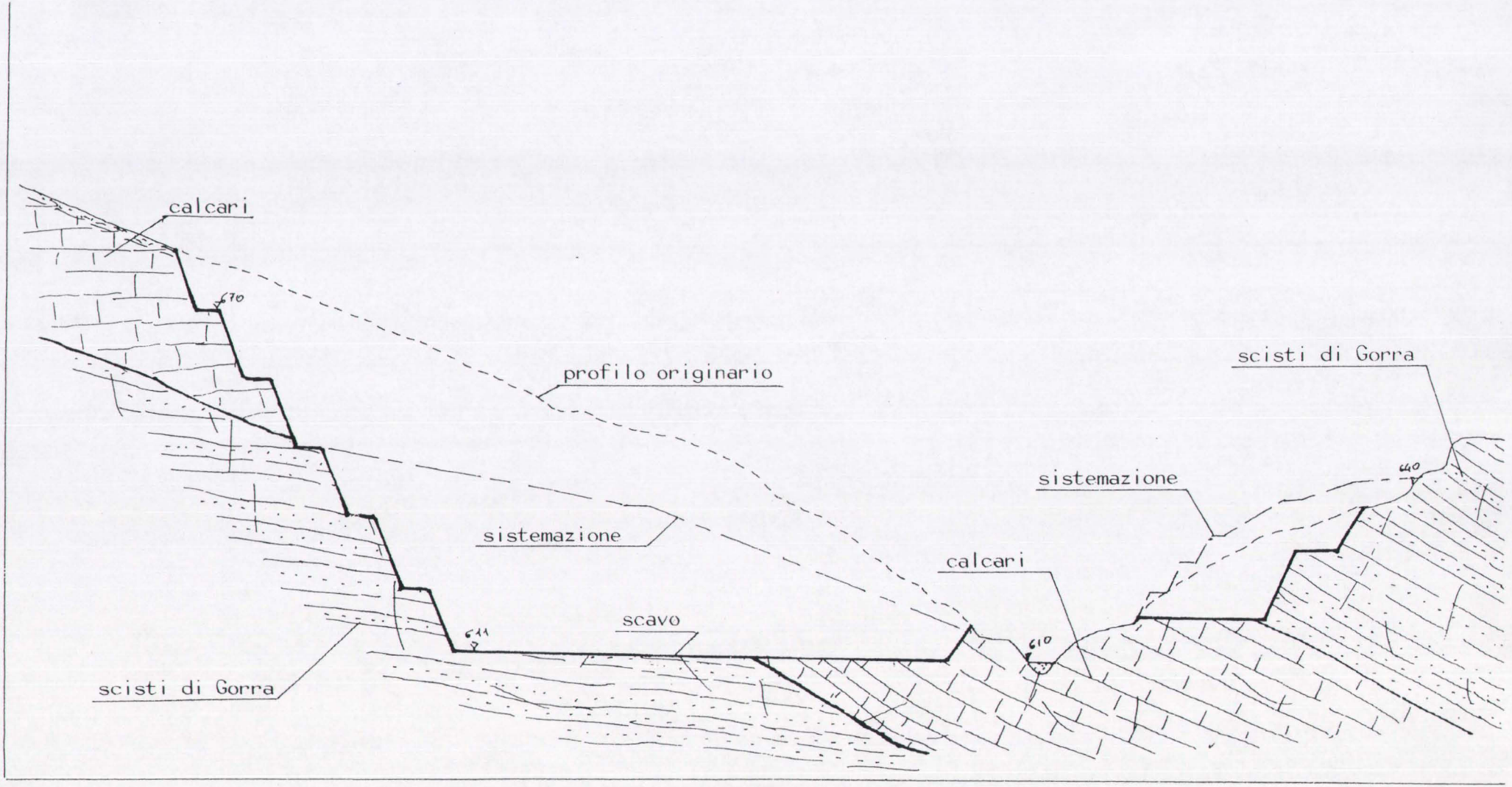
Scala 1:1000



SEZIONE GEOLOGICA F - F

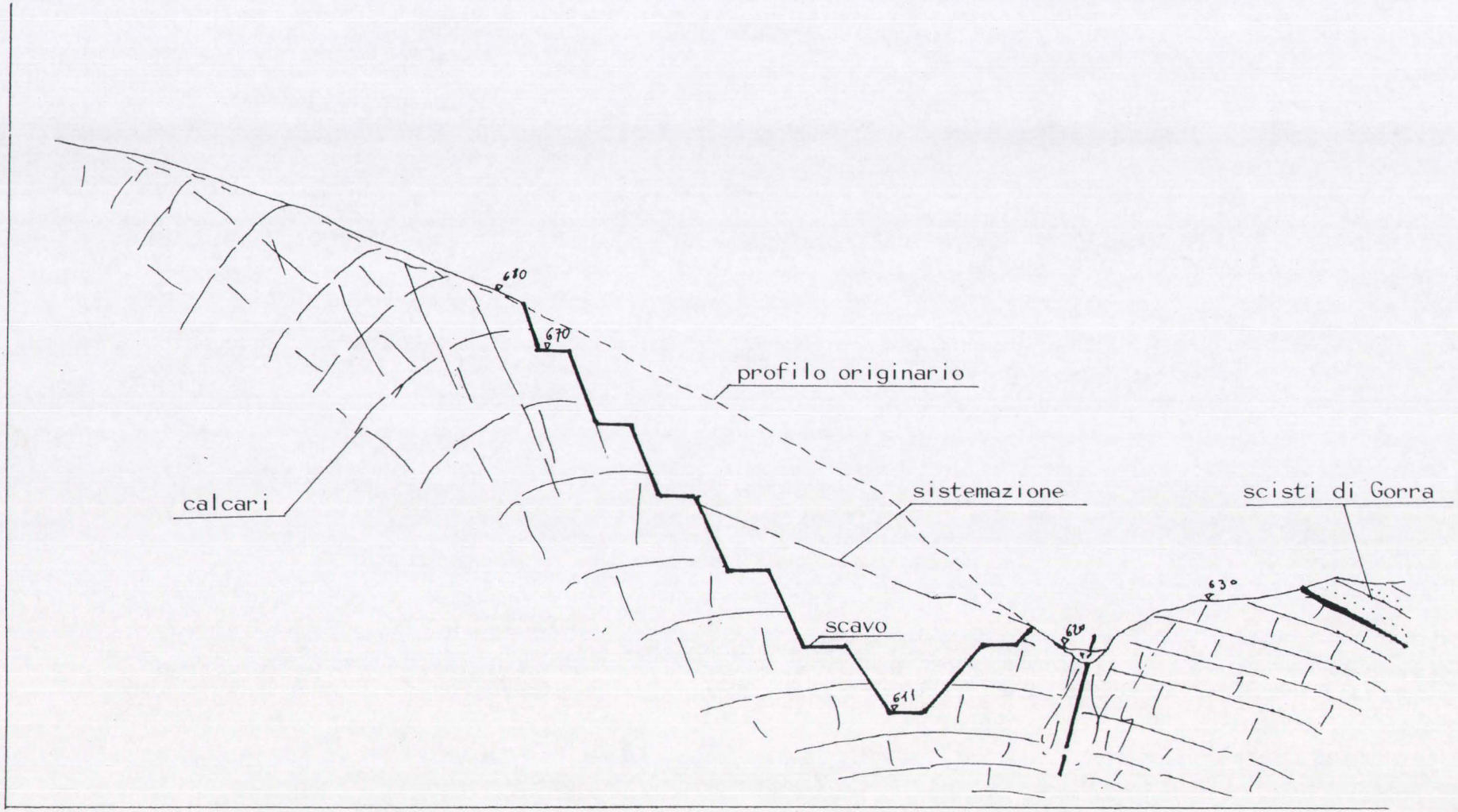
Scala 1:1000

SEZIONI GEOLOGICHE RIFERITE ALLO STATO DI PROGETTO



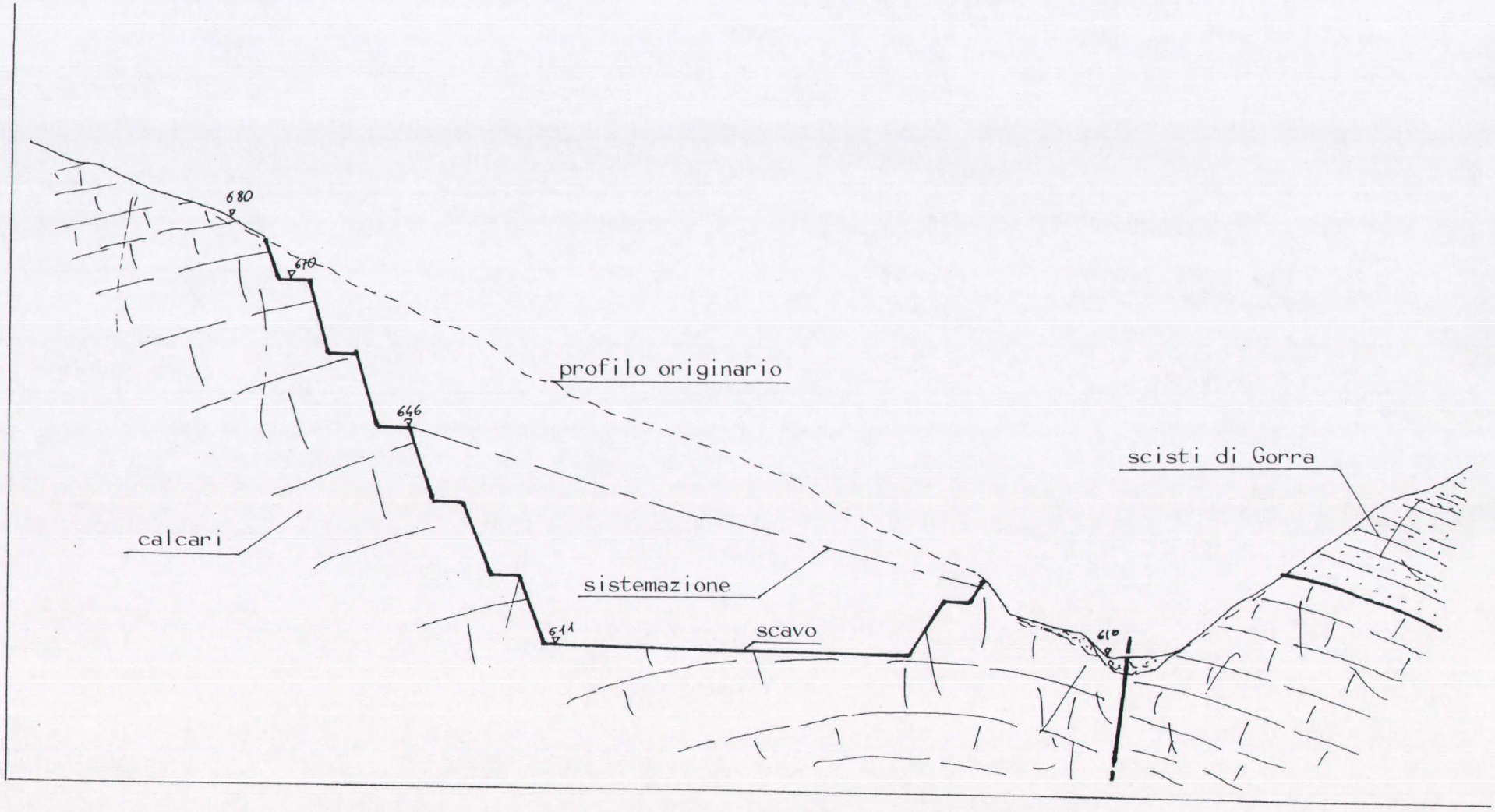
SEZIONE GEOLOGICA RIFERITA ALLA SEZIONE DI PROGETTO 3 - 3

Scala 1:1000



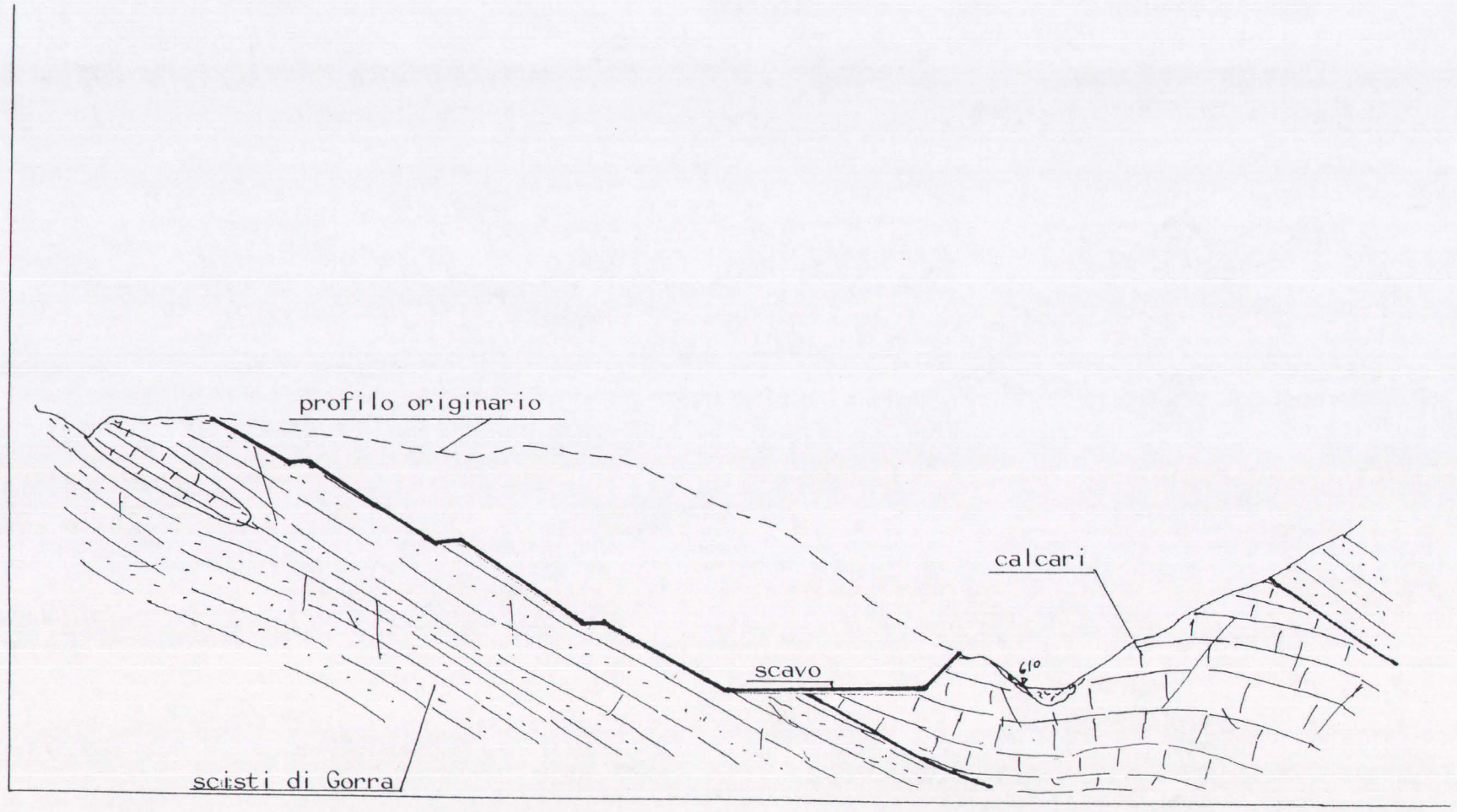
SEZIONE GEOLOGICA RIFERITA ALLA SEZIONE DI PROGETTO 4 - 4

Scala 1:1000



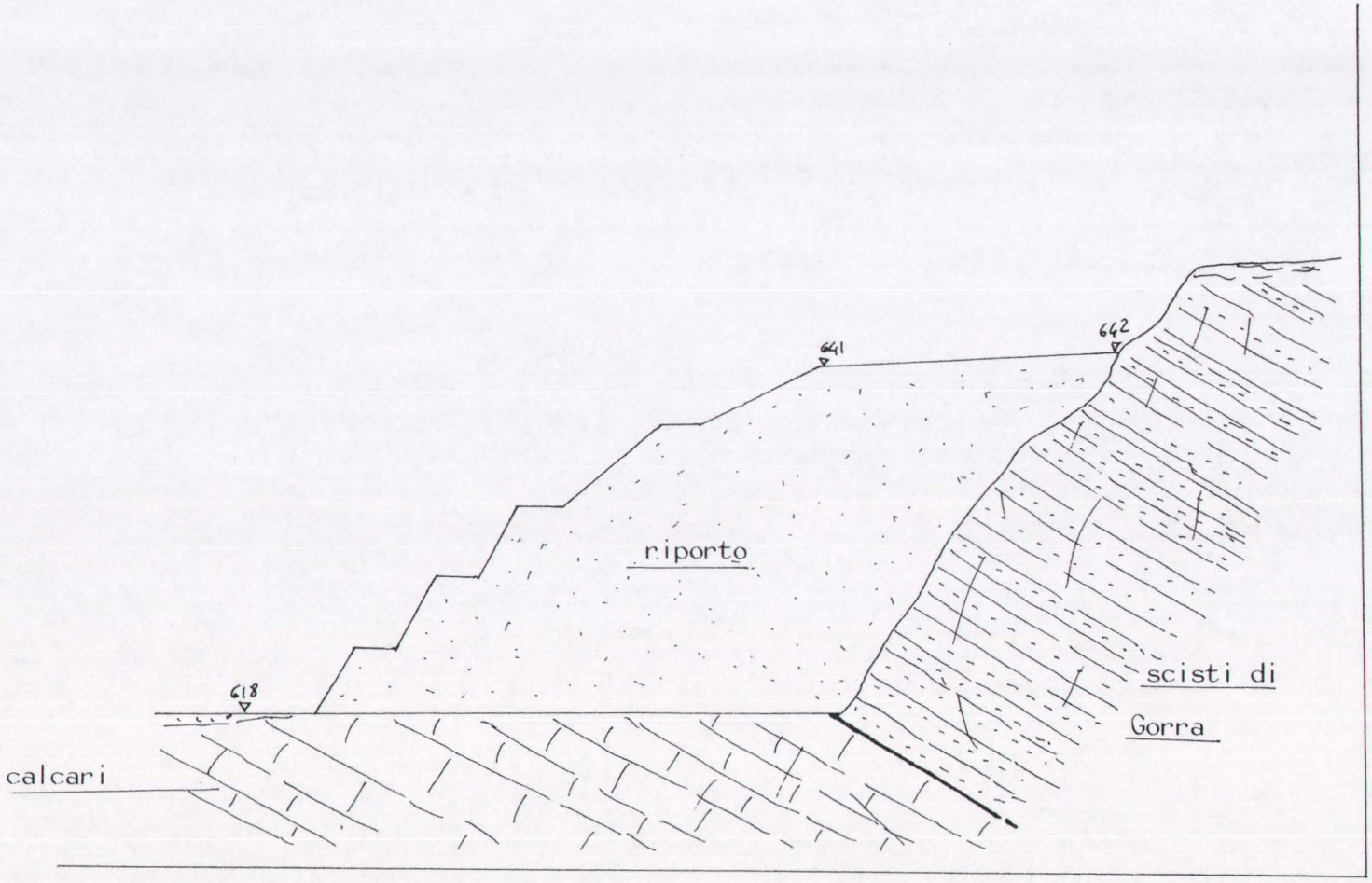
SEZIONE GEOLOGICA RIFERITA ALLA SEZIONE DI PROGETTO 5 - 5

Scala 1:1000



SEZIONE GEOLOGICA F – F RIFERITA ALLO STATO DI PROGETTO

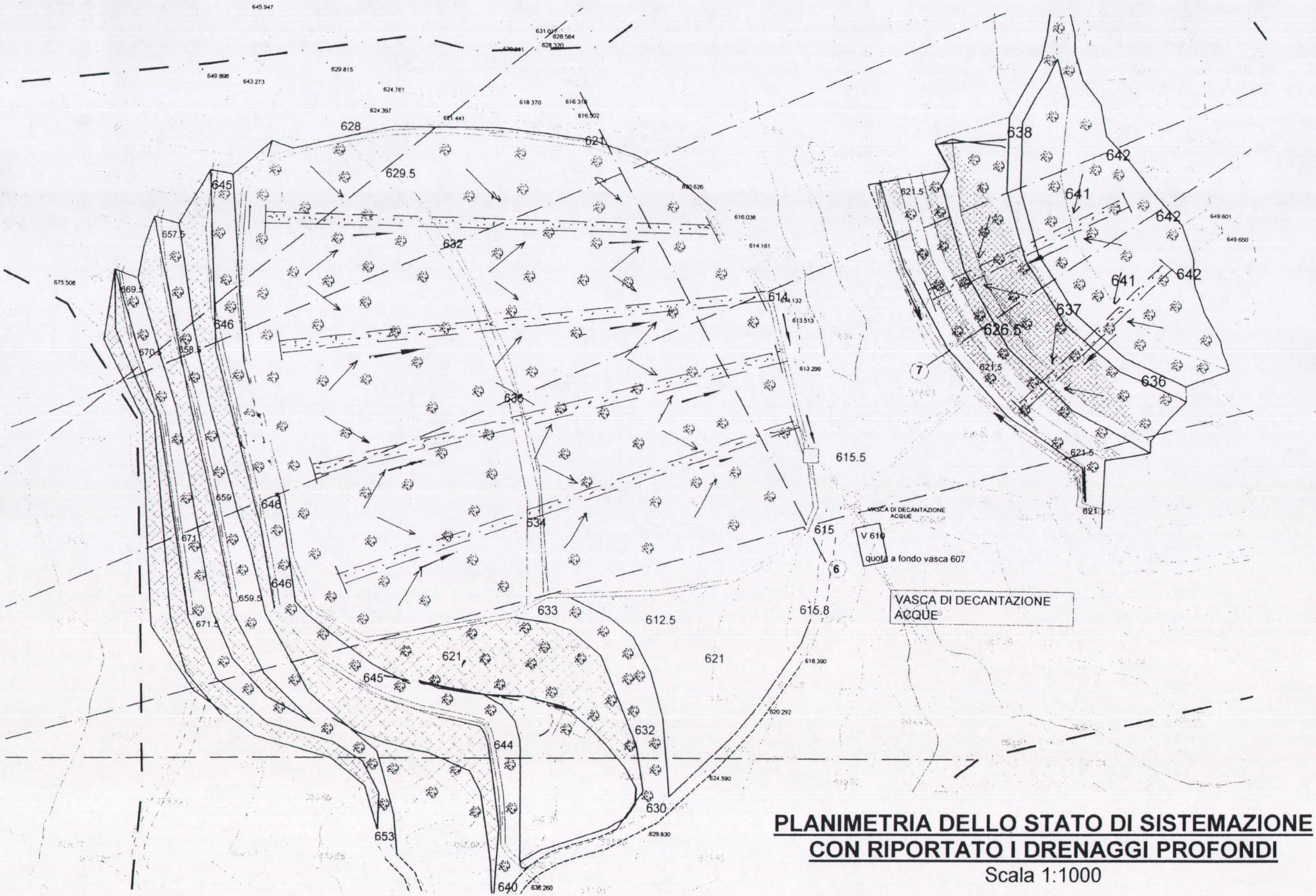
Scala 1:1000



SEZIONE GEOLOGICA RIFERITA ALLA SEZIONE DI PROGETTO 7 - 7

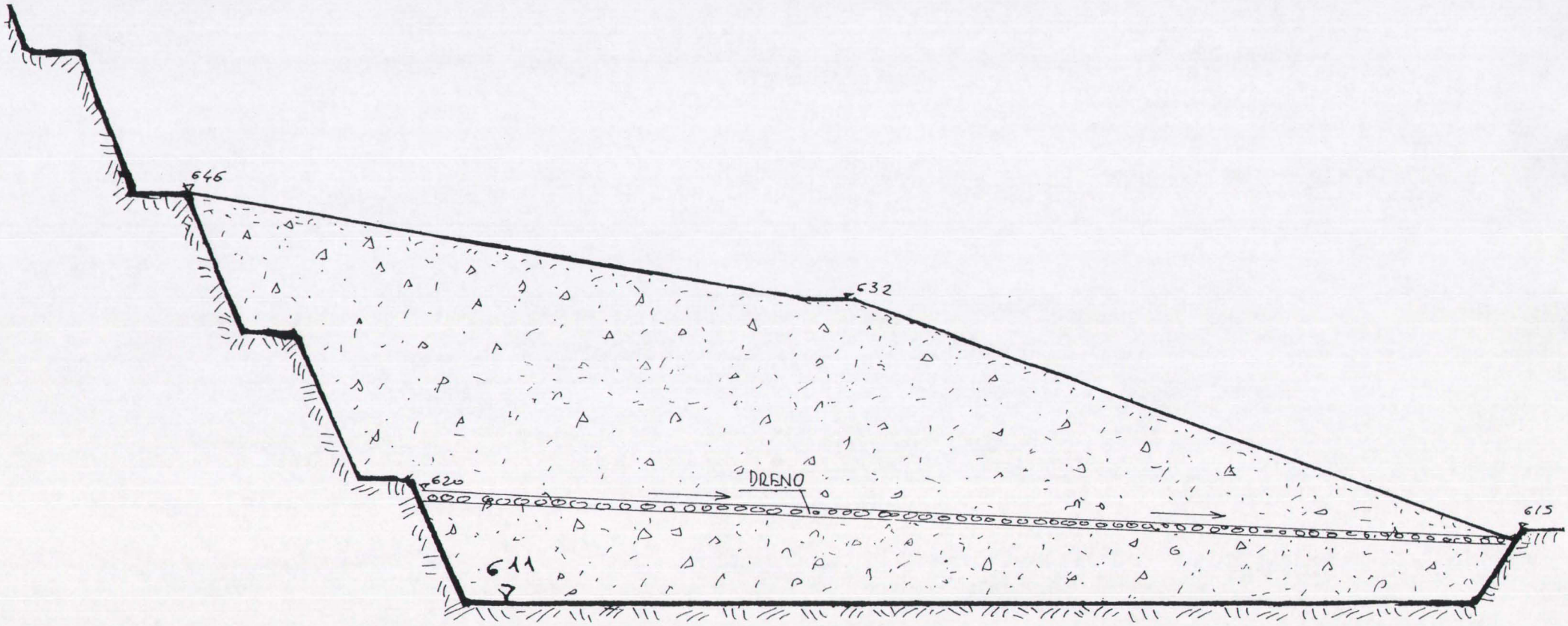
Scala 1:500

DRENAGGIO PROFONDO DELLE ACQUE DI INFILTRAZIONE NEI RILEVATI

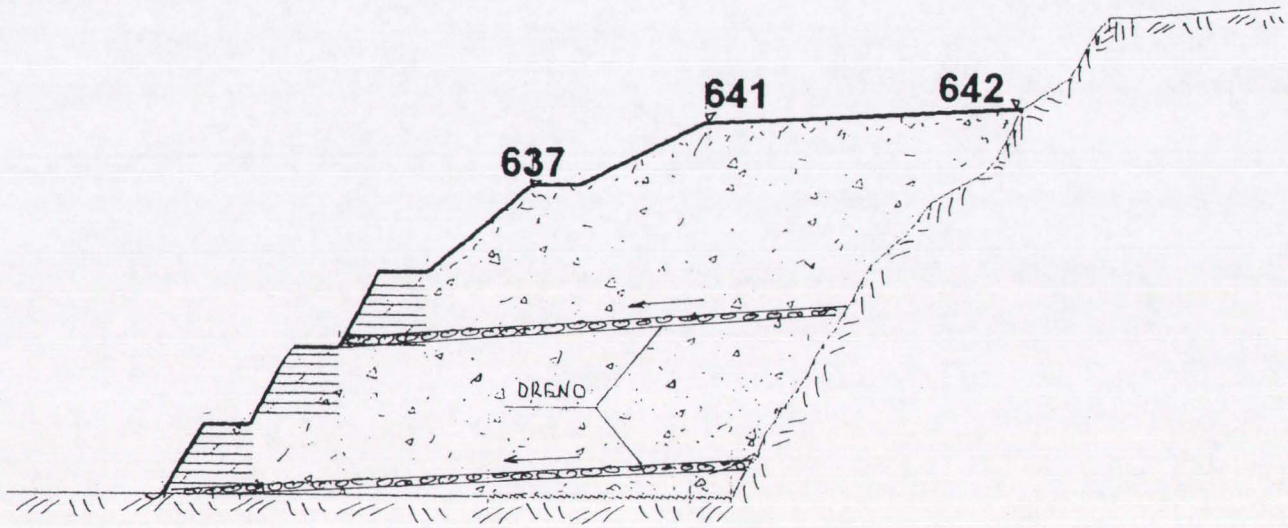


PLANIMETRIA DELLO STATO DI SISTEMAZIONE CON RIPORTATO I DRENAGGI PROFONDI

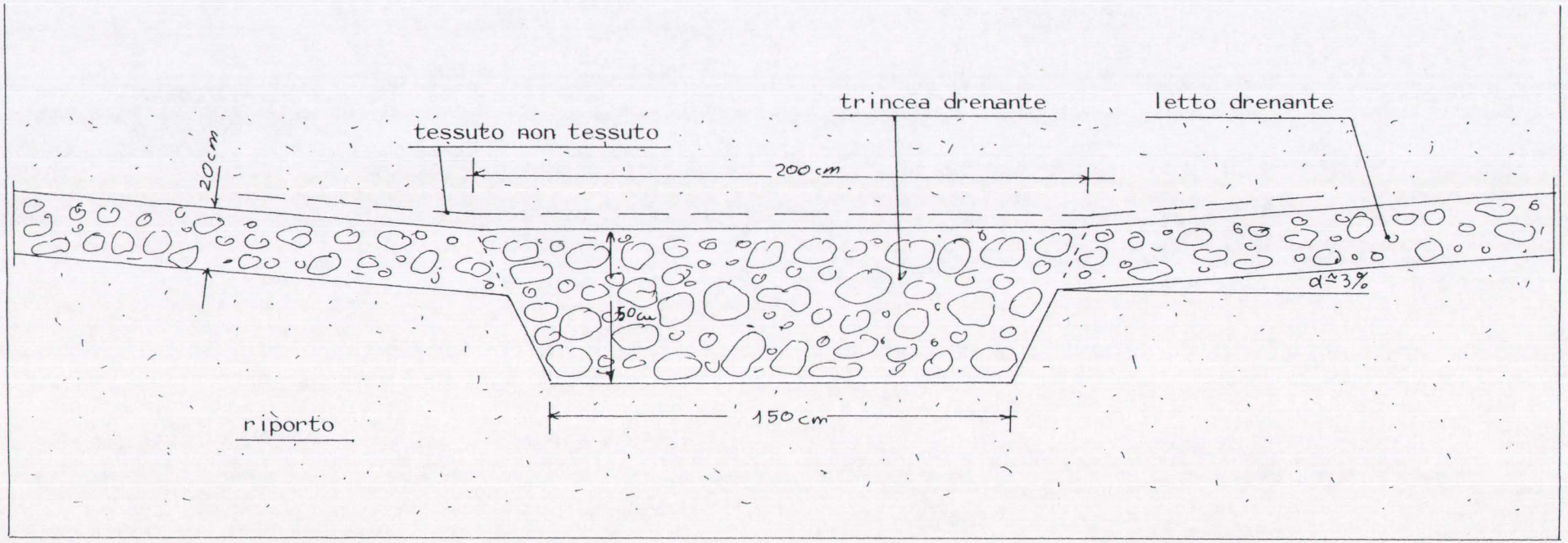
Scala 1:1000



SEZIONE DI SISTEMAZIONE 3 - 3
CON RIPORTATO IL DRENAGGIO PROFONDO NEL RILEVATO
Scala 1:500



SEZIONE DI SISTEMAZIONE 7 - 7
CON RIPORTATO I DRENAGGI PROFONDI NEL RILEVATO
Scala 1:500



SEZIONE TIPO DEL DRENAGGIO PROFONDO

Scala 1:20

STRATIGRAFIA DEI CAROTAGGI

MODULO SONDAGGI PENETROMETRICI

Studio Geologico Piaggi

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine	Note1		Inizio/Fine Esecuzione
Responsabile	Sondaggio S1	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D. (0 20 40 60 80 100)	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1		Terreno detritico di copertura													
2															
3															
4															
5			5.50												
6		Calcare Compatto (raramente fratturato)													
7															
8															
9				C											
10															
11															
12															
13			13.20												
14		Scisto fratturato		C											
15			15.00												
16		Scisto localmente da fratturato a molto fratturato ed alterato													
17				C											
18															
19															
20			20.00												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Sperimentatore

Responsabile

MODULO SONDAGGI PENETROMETRICI

Studio Geologico Piaggi

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine	Note1		Inizio/Fine Esecuzione
Responsabile	Sondaggio S2	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D. (0 20 40 60 80 100)	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1		Terreno limoso-sabbioso con ghiaie													
2		Scisto fratturato e alterato	1.80												
3		Scisto e quarzoscisto da compatto a fratturato	2.90												
4															
5				C											
6															
7			7.50												
8		Calcari da compatti a fratturati													
9				C											
10			10.40												
11		Scisto e quarzoscisto fratturato													
12															
13				C											
14															
15			15.00												
16		Calcare compatto localmente cariato													
17															
18				C											
19															
20			20.00												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Sperimentatore

Responsabile

MODULO SONDAGGI PENETROMETRICI

Studio Geologico Piaggi

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine	Note1		Inizio/Fine Esecuzione
Responsabile	Sondaggio S3	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D. (0 20 40 60 80 100)	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Casa. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1–5		Terreno di copertura (argilla da plastica a molle)	5.00												
5–6		Tovante calcareo	6.40												
6–9		Argilla (da plastica a molle) con ghiaia	9.50												
9–12		Calcare da compatto a fratturato e cariato	12.40	C											
12–13		Sabbia, ghiaia e argilla	13.00												
13–15		Calcare da compatto a fratturato a cariato	15.00	C											
15–20															

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Sperimentatore

Responsabile

MODULO SONDAGGI PENETROMETRICI

Studio Geologico Piaggi

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine	Note1		Inizio/Fine Esecuzione
Responsabile	Sondaggio S4	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D. (0 20 40 60 80 100)	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1		Terreno detritico argilloso-ghiaioso													
2															
3															
4															
			4.50												
5		Calcare compatto localmente fratturato													
6				C											
7															
8															
			8.50												
9		Scisto da compatto a fratturato													
10															
11															
12															
13															
14				C											
15															
16															
17															
18															
19															
			20.00												
20															

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Sperimentatore

Responsabile

MODULO SONDAGGI PENETROMETRICI

Studio Geologico Piaggi

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine	Note1		Inizio/Fine Esecuzione
Responsabile	Sondaggio S5	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D. (0 20 40 60 80 100)	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1–3		Terreno detritico sabbioso-argilloso													
			3.10												
3–20		Calcare compatto o poco fratturato		C											
			20.00												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Sperimentatore

Responsabile

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Airone
Cantiere: cava Giambrigne
Località: Bormida

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL 030 SUNDA)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	18 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,761
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

OPERATORE **RESPONSABILE**

PROVA ... Nr.A

Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)
Prova eseguita in data 29/08/2008
Profondità prova 5,10 mt
Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	2	0,857	6,12	7,14	0,31	0,36
0,20	2	0,855	6,10	7,14	0,31	0,36
0,30	6	0,853	18,27	21,43	0,91	1,07
0,40	3	0,851	9,12	10,71	0,46	0,54
0,50	11	0,849	31,83	37,50	1,59	1,88
0,60	12	0,847	34,65	40,91	1,73	2,05
0,70	15	0,795	40,66	51,14	2,03	2,56
0,80	9	0,843	25,88	30,68	1,29	1,53
0,90	8	0,842	22,95	27,27	1,15	1,36
1,00	10	0,840	28,63	34,09	1,43	1,70
1,10	11	0,838	31,42	37,50	1,57	1,88
1,20	11	0,836	31,36	37,50	1,57	1,88
1,30	11	0,835	31,30	37,50	1,56	1,88
1,40	12	0,833	34,07	40,91	1,70	2,05
1,50	12	0,831	32,53	39,13	1,63	1,96
1,60	13	0,780	33,05	42,39	1,65	2,12
1,70	12	0,828	32,40	39,13	1,62	1,96
1,80	12	0,826	32,33	39,13	1,62	1,96
1,90	8	0,825	21,52	26,09	1,08	1,30
2,00	9	0,823	24,16	29,35	1,21	1,47
2,10	7	0,822	18,75	22,83	0,94	1,14
2,20	9	0,820	24,07	29,35	1,20	1,47
2,30	10	0,819	26,69	32,61	1,33	1,63
2,40	10	0,817	26,65	32,61	1,33	1,63
2,50	12	0,816	30,59	37,50	1,53	1,88
2,60	12	0,814	30,53	37,50	1,53	1,88
2,70	12	0,813	30,48	37,50	1,52	1,88
2,80	13	0,761	30,93	40,63	1,55	2,03
2,90	13	0,760	30,88	40,63	1,54	2,03
3,00	11	0,809	27,80	34,38	1,39	1,72
3,10	16	0,757	37,87	50,00	1,89	2,50
3,20	16	0,756	37,80	50,00	1,89	2,50
3,30	16	0,755	37,73	50,00	1,89	2,50
3,40	13	0,753	30,61	40,63	1,53	2,03
3,50	19	0,752	42,87	57,00	2,14	2,85
3,60	16	0,751	36,04	48,00	1,80	2,40
3,70	11	0,800	26,39	33,00	1,32	1,65
3,80	9	0,798	21,56	27,00	1,08	1,35
3,90	21	0,697	43,92	63,00	2,20	3,15
4,00	22	0,696	45,94	66,00	2,30	3,30
4,10	11	0,795	26,23	33,00	1,31	1,65
4,20	9	0,794	21,43	27,00	1,07	1,35
4,30	7	0,793	16,64	21,00	0,83	1,05
4,40	7	0,791	16,62	21,00	0,83	1,05
4,50	7	0,790	15,96	20,19	0,80	1,01
4,60	7	0,789	15,94	20,19	0,80	1,01
4,70	9	0,788	20,46	25,96	1,02	1,30
4,80	12	0,787	27,25	34,62	1,36	1,73
4,90	13	0,736	27,60	37,50	1,38	1,88
5,00	13	0,735	27,56	37,50	1,38	1,88
5,10	70	0,584	117,92	201,92	5,90	10,10

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.A

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
Strato 1	9,28	5,10	0,63	1,16	0,50	0,37	0,91	1,15	0,82	1,14	0,46	0,95	1,16

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)	
Strato 1	9,28	5,10	Robertson (1983)	18,56

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
Strato 1	9,28	5,10	42,58	--	96,44	116,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
Strato 1	9,28	5,10	86,32	92,80

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	9,28	5,10	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	9,28	5,10	Meyerhof ed altri	1,95

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	9,28	5,10	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 1	9,28	5,10	29,88	58,47	54,22	31,38

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 1	9,28	5,10	9,28	29,65	22,65	30,6	30,13	33,39	0	<30	26,8	29,78	27,26	28,62

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
Strato 1	9,28	5,10	9,28	---	74,24	110,20	---	---

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 1	9,28	5,10	9,28	---	46,53	65,89	79,39

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	9,28	5,10	9,28	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	9,28	5,10	9,28	Meyerhof ed altri	1,71

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	9,28	5,10	9,28	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	9,28	5,10	9,28	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
Strato 1	9,28	5,10	9,28	527,73	487,62

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità (m/s)
Strato 1	9,28	5,10	9,28	Ohta & Goto (1978) Limi	120,495

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	9,28	5,10	9,28		

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	9,28	5,10	9,28		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	9,28	5,10	9,28		---

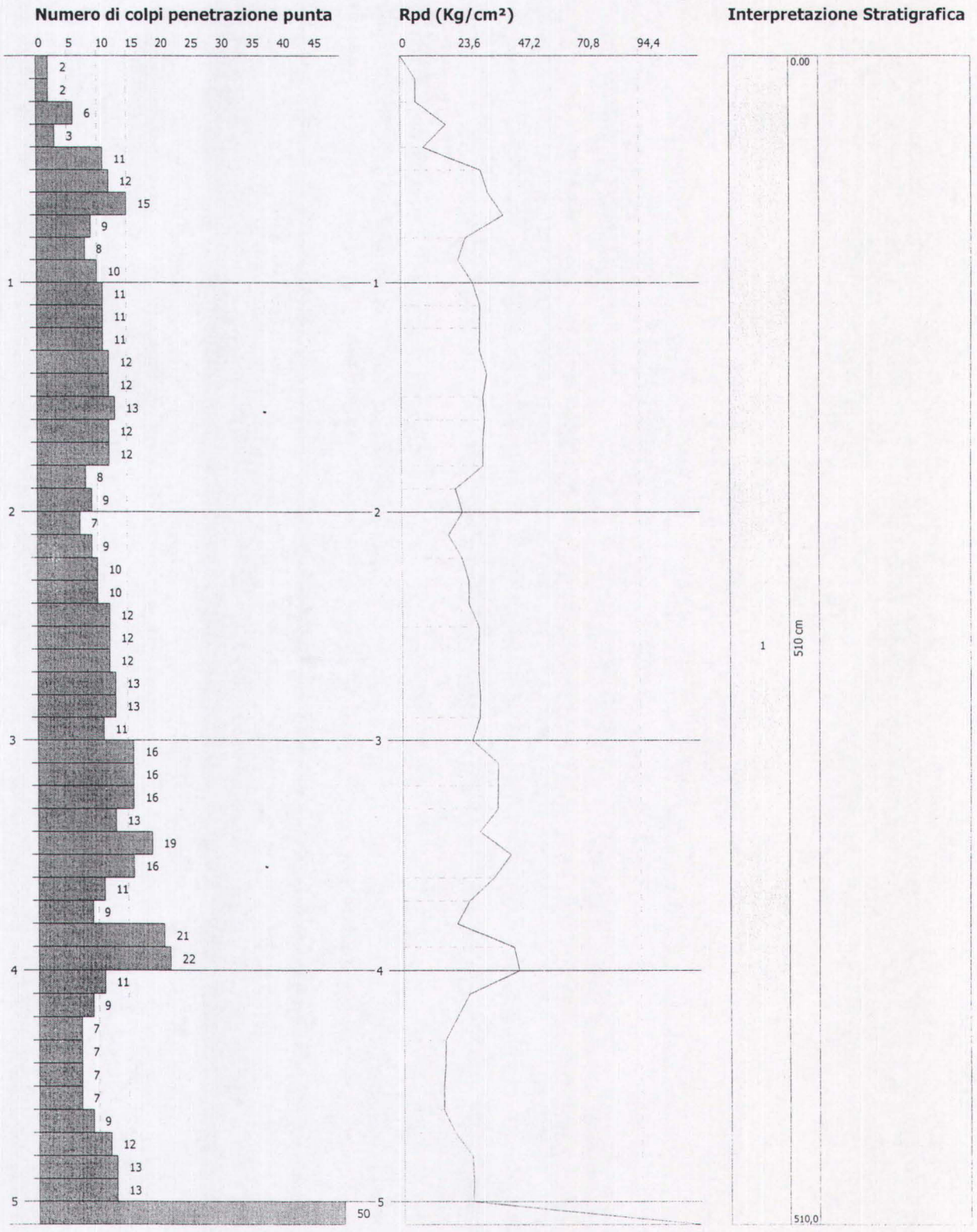
Geostru Software
www.geostru.com
geostru@geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.A
Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Airone
Cantiere : cava Giambrigne
Località : Bormida

Data :29/08/2008

Scala 1:26



PROVA ... Nr.B

Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)
Prova eseguita in data 28/08/2008
Profondità prova 6,20 mt
Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	2	0,857	6,12	7,14	0,31	0,36
0,20	2	0,855	6,10	7,14	0,31	0,36
0,30	2	0,853	6,09	7,14	0,30	0,36
0,40	2	0,851	6,08	7,14	0,30	0,36
0,50	3	0,849	8,68	10,23	0,43	0,51
0,60	3	0,847	8,66	10,23	0,43	0,51
0,70	9	0,845	25,93	30,68	1,30	1,53
0,80	11	0,843	31,63	37,50	1,58	1,88
0,90	11	0,842	31,56	37,50	1,58	1,88
1,00	11	0,840	31,49	37,50	1,57	1,88
1,10	8	0,838	22,85	27,27	1,14	1,36
1,20	8	0,836	22,81	27,27	1,14	1,36
1,30	6	0,835	17,07	20,45	0,85	1,02
1,40	6	0,833	17,04	20,45	0,85	1,02
1,50	5	0,831	13,55	16,30	0,68	0,82
1,60	4	0,830	10,82	13,04	0,54	0,65
1,70	4	0,828	10,80	13,04	0,54	0,65
1,80	4	0,826	10,78	13,04	0,54	0,65
1,90	21	0,725	49,63	68,48	2,48	3,42
2,00	20	0,773	50,43	65,22	2,52	3,26
2,10	12	0,822	32,15	39,13	1,61	1,96
2,20	10	0,820	26,74	32,61	1,34	1,63
2,30	8	0,819	21,36	26,09	1,07	1,30
2,40	8	0,817	21,32	26,09	1,07	1,30
2,50	14	0,766	33,50	43,75	1,67	2,19
2,60	15	0,764	35,82	46,88	1,79	2,34
2,70	12	0,813	30,48	37,50	1,52	1,88
2,80	9	0,811	22,82	28,13	1,14	1,41
2,90	20	0,760	47,50	62,50	2,38	3,13
3,00	32	0,659	65,87	100,00	3,29	5,00
3,10	34	0,657	69,84	106,25	3,49	5,31
3,20	15	0,756	35,44	46,88	1,77	2,34
3,30	10	0,805	25,15	31,25	1,26	1,56
3,40	6	0,803	15,06	18,75	0,75	0,94
3,50	6	0,802	14,44	18,00	0,72	0,90
3,60	3	0,801	7,21	9,00	0,36	0,45
3,70	3	0,800	7,20	9,00	0,36	0,45
3,80	7	0,798	16,77	21,00	0,84	1,05
3,90	9	0,797	21,52	27,00	1,08	1,35
4,00	19	0,746	42,52	57,00	2,13	2,85
4,10	22	0,695	45,86	66,00	2,29	3,30
4,20	9	0,794	21,43	27,00	1,07	1,35
4,30	27	0,693	56,10	81,00	2,80	4,05
4,40	39	0,591	69,20	117,00	3,46	5,85
4,50	21	0,690	41,82	60,58	2,09	3,03
4,60	13	0,739	27,72	37,50	1,39	1,88
4,70	13	0,738	27,68	37,50	1,38	1,88
4,80	24	0,687	47,57	69,23	2,38	3,46
4,90	26	0,686	51,45	75,00	2,57	3,75
5,00	25	0,685	49,40	72,12	2,47	3,61
5,10	18	0,734	38,11	51,92	1,91	2,60
5,20	19	0,733	40,17	54,81	2,01	2,74
5,30	16	0,732	33,79	46,15	1,69	2,31
5,40	18	0,731	37,96	51,92	1,90	2,60
5,50	19	0,730	38,53	52,78	1,93	2,64
5,60	18	0,729	36,46	50,00	1,82	2,50
5,70	23	0,678	43,33	63,89	2,17	3,19
5,80	25	0,677	47,03	69,44	2,35	3,47

5,90	22	0,676	41,33	61,11	2,07	3,06
6,00	33	0,625	57,34	91,67	2,87	4,58
6,10	45	0,575	71,82	125,00	3,59	6,25
6,20	70	0,574	111,56	194,44	5,58	9,72

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.B

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
Strato 1	11,53	6,20	0,78	1,44	0,50	0,46	1,13	1,36	1,01	1,33	0,58	1,17	1,44

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)	
Strato 1	11,53	6,20	Robertson (1983)	23,06

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
Strato 1	11,53	6,20	52,90	--	119,39	115,30

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
Strato 1	11,53	6,20	112,20	115,30

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	11,53	6,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	11,53	6,20	Meyerhof ed altri	2,01

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	11,53	6,20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 1	11,53	6,20	32,38	61,99	54,77	36,27

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 1	11,53	6,20	11,53	30,29	23,29	31,23	29,99	34,24	36,68	<30	28,15	30,46	28,03	30,19

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
Strato 1	11,53	6,20	11,53	242,37	92,24	136,75	266,48	132,65

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 1	11,53	6,20	11,53	69,18	51,15	81,86	89,42

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	11,53	6,20	11,53	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	11,53	6,20	11,53	Meyerhof ed altri	1,78

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	11,53	6,20	11,53	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	11,53	6,20	11,53	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
Strato 1	11,53	6,20	11,53	647,19	556,79

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità (m/s)
Strato 1	11,53	6,20	11,53	Ohta & Goto (1978) Limi	129,912

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	11,53	6,20	11,53		

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	11,53	6,20	11,53		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	11,53	6,20	11,53		---

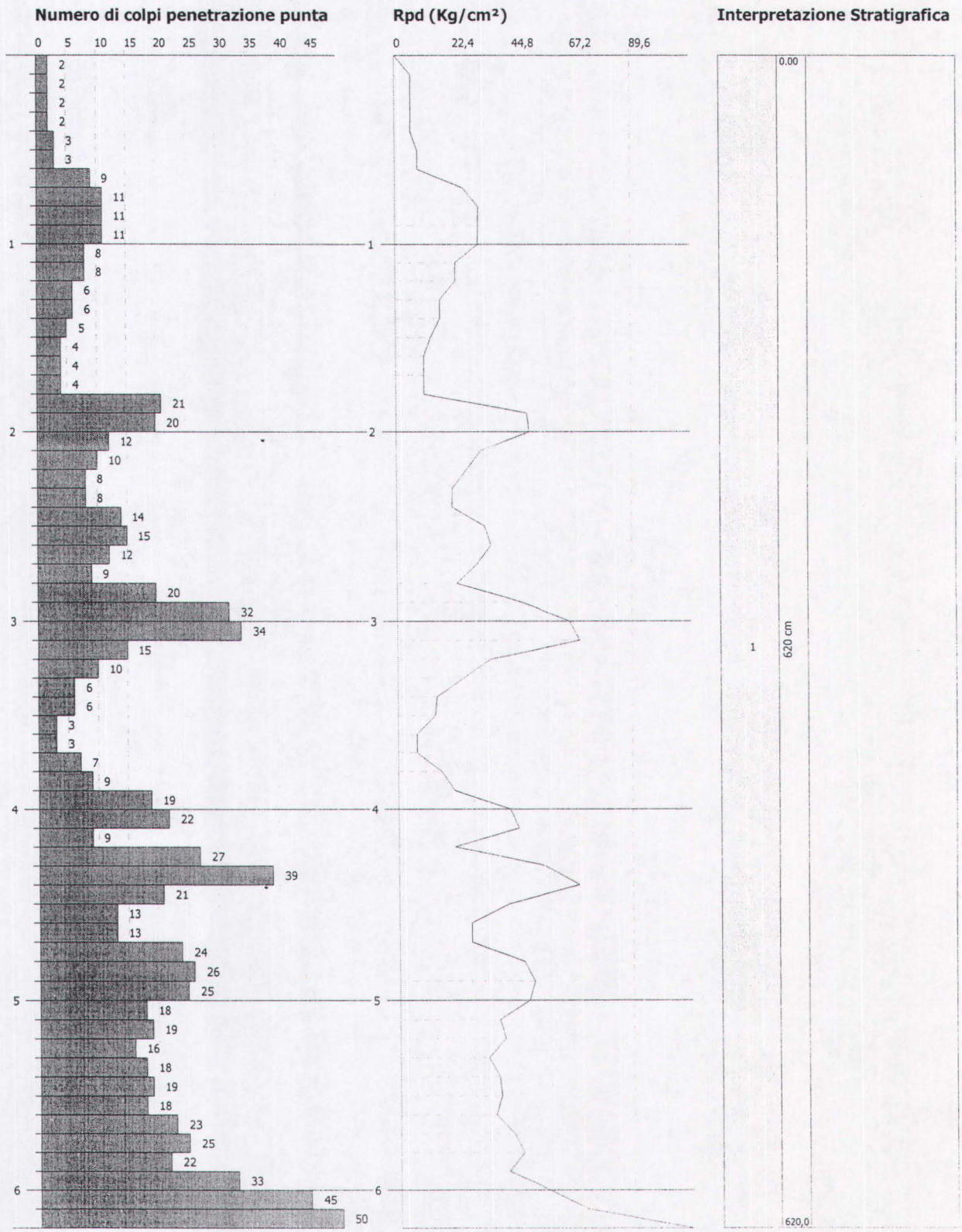
Geostru Software
www.geostru.com
geostru@geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.B
Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Airone
Cantiere : cava Giambrigne
Località : Bormida

Data :28/08/2008

Scala 1:31



PROVA ... Nr.C

Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)
Prova eseguita in data 28/08/2008
Profondità prova 3,60 mt
Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - (Kg/cm²)
0,10	3	0,857	9,18	10,71	0,46	0,54
0,20	5	0,855	15,26	17,86	0,76	0,89
0,30	3	0,853	9,14	10,71	0,46	0,54
0,40	3	0,851	9,12	10,71	0,46	0,54
0,50	13	0,799	35,40	44,32	1,77	2,22
0,60	11	0,847	31,76	37,50	1,59	1,88
0,70	8	0,845	23,05	27,27	1,15	1,36
0,80	8	0,843	23,00	27,27	1,15	1,36
0,90	7	0,842	20,08	23,86	1,00	1,19
1,00	5	0,840	14,31	17,05	0,72	0,85
1,10	5	0,838	14,28	17,05	0,71	0,85
1,20	9	0,836	25,66	30,68	1,28	1,53
1,30	19	0,785	50,82	64,77	2,54	3,24
1,40	24	0,733	59,96	81,82	3,00	4,09
1,50	38	0,681	84,41	123,91	4,22	6,20
1,60	34	0,680	75,34	110,87	3,77	5,54
1,70	20	0,778	50,73	65,22	2,54	3,26
1,80	14	0,776	35,44	45,65	1,77	2,28
1,90	9	0,825	24,20	29,35	1,21	1,47
2,00	20	0,773	50,43	65,22	2,52	3,26
2,10	25	0,722	58,83	81,52	2,94	4,08
2,20	22	0,720	51,66	71,74	2,58	3,59
2,30	48	0,619	96,83	156,52	4,84	7,83
2,40	50	0,617	100,62	163,04	5,03	8,15
2,50	34	0,666	70,73	106,25	3,54	5,31
2,60	30	0,714	66,96	93,75	3,35	4,69
2,70	26	0,713	57,92	81,25	2,90	4,06
2,80	22	0,711	48,91	68,75	2,45	3,44
2,90	17	0,760	40,38	53,13	2,02	2,66
3,00	18	0,759	42,68	56,25	2,13	2,81
3,10	22	0,707	48,63	68,75	2,43	3,44
3,20	14	0,756	33,08	43,75	1,65	2,19
3,30	16	0,755	37,73	50,00	1,89	2,50
3,40	17	0,753	40,02	53,13	2,00	2,66
3,50	18	0,752	40,61	54,00	2,03	2,70
3,60	70	0,601	126,18	210,00	6,31	10,50

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.C

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
Strato 1	14,95	3,60	1,01	1,87	0,50	0,59	1,47	1,90	1,30	1,62	0,75	2,14	1,87

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)	
Strato 1	14,95	3,60	Robertson (1983)	29,90

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
Strato 1	14,95	3,60	68,59	--	134,31	149,50

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia

Strato 1	14,95	3,60	151,53	149,50

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	14,95	3,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	14,95	3,60	Meyerhof ed altri	2,07

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	14,95	3,60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 1	14,95	3,60	42,18	78,4	57,84	42,93

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATIO	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 1	14,95	3,60	14,95	31,27	24,27	32,19	31,53	35,45	38,98	30-32	29,97	31,49	29,11	32,29

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
Strato 1	14,95	3,60	14,95	275,99	119,60	177,11	292,12	149,75

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 1	14,95	3,60	14,95	89,70	58,17	106,14	104,68

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	14,95	3,60	14,95	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	14,95	3,60	14,95	Meyerhof ed altri	1,88

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	14,95	3,60	14,95	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	14,95	3,60	14,95	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi
Strato 1	14,95	3,60	14,95	826,18	652,55

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità (m/s)
Strato 1	14,95	3,60	14,95	Ohta & Goto (1978) Limi	122,349

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	14,95	3,60	14,95		

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	14,95	3,60	14,95		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	14,95	3,60	14,95		---

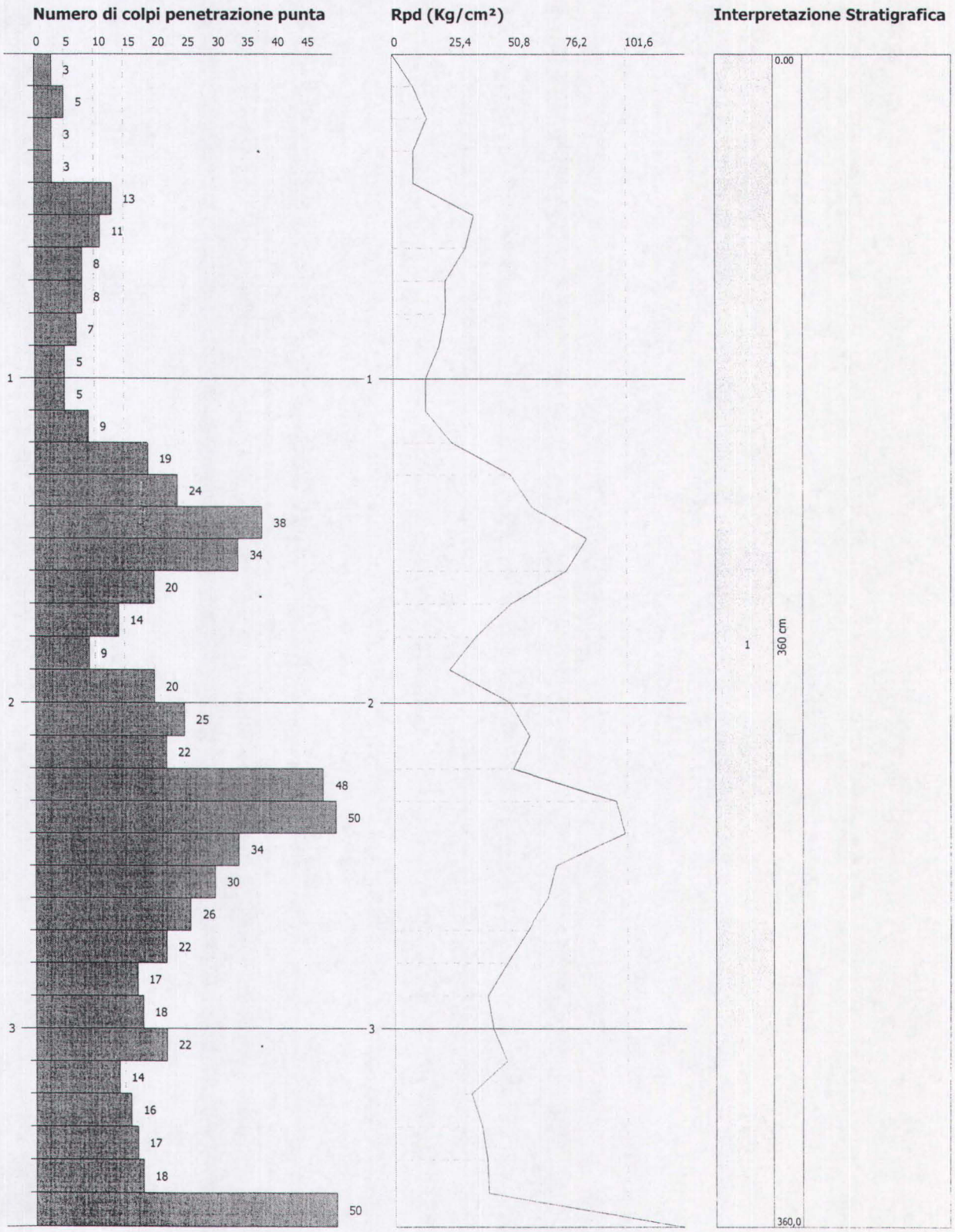
Geostru Software
www.geostru.com
geostru@geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.C
Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Airone
Cantiere : cava Giambrigne
Località : Bormida

Data :28/08/2008

Scala 1:18



BIBLIOGRAFIA

AIROLDI-M.
RILEVAMENTI GEOLOGICI NELLE ALPI LIGURI, BOLLETTINO DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1936, vol. 55, fasc. 2, pp. 221-258.

CAPPONI-G., GOSSO-G., SCAMBELLURI-M., SILETTO-G.B., TALLONE-S.
CARTA GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL SETTORE CENTRO-MERIDIONALE DEL GRUPPO DI VOLTRI (ALPI LIGURI) E NOTE ILLUSTRATIVE, BOLLETTINO DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1994, vol. 113, fasc. 2, pp. 383-394.

D'ATRI-A.
OSSERVAZIONI PRELIMINARI SULLA SUCCESSIONE DEL MIOCENE INFERIORE TRA LE VALLI BORMIDA E LEMME (AL), RENDICONTI DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1988, vol. 11, fasc. 2, pp. 297-300.

DALLAGIOVANNA-G.
TESTIMONIANZE E SIGNIFICATO DI UNA TRASGRESSIONE PERMO-TRIASSICA SUL BASAMENTO CRISTALLINO DEL BRIANZONESE LIGURE INTERNO, BOLLETTINO SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1988, vol. 107, fasc. 3-4, pp. 445-451.

LUALDI-A.
AGGIORNAMENTI ALLA STRATIGRAFIA TRIASSICA NELLE ALPI LIGURI (BRIANZONESE E PREPIEMONTESE), RENDICONTI DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1991, vol. 14, fasc. 1, pp. 75-78.

MENARDI-NOGUERA-A.
TETTONICA POLIFASATA NEL SETTORE CENTRO-ORIENTALE DEL BRIANZONESE LIGURE, BOLL. SOC. GEOLOGICA IT., 81, vol. 100- 4, pp. 527-540.

MESSIGA-B.
IL METAMORFISMO ALPINO NELLE ALPI LIGURI: ALCUNI ASPETTI PETROLOGICI, MEMORIE DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA IT, 1984, vol. 28, p 151-179.

PASSERI-L.
LE SUCCESSIONI TRIASSICO-GIURASSICHE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE E DELLE ALPI LIGURI NEL QUADRO DELL'EVOLUZIONE PREOCEANICA DELLA TETIDE OCCIDENTALE, MEMORIE DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1984, vol. 28, pp. 353-369.

SENO-S.
STRUTTURE INTERNE E MECCANISMI DI DEFORMAZIONE IN UNA FALDA BRIANZONESE: L'ESEMPIO DELL'UNITÀ CASTELVECCHIO-CERISOLA (ALPI LIGURI), BOLL. SOCIETÀ GEOLOGICA IT, 1988, vol. 107, fasc. 3-4, pp. 453-470.

VANOSSI-M.
IPOTESI SULL'EVOLUZIONE ERCINICA DELLE ALPI LIGURI TRA SAVONA E L'ELLERO, MEMORIE SOC. GEOLOGICA IT., 1974, vol. 13, fasc. SUPP. 1, pp. 39-48.

VANOSSI-M., CORTESOGNO-L., GALBIATI-B., MESSIGA-B., PICCARDO-G.B., VANNUCCI-R.
GEOLOGIA DELLE ALPI LIGURI: DATI, PROBLEMI, IPOTESI, MEMORIE DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1984, vol. 28, pp. 5-75.