

PUBBLICAZIONE EDITA SOTTO GLI AUSPICI DELLA SOCIETÀ IDROELETTRICA ALPINA  
E DEL CENTRO DI STUDIO PER LA PETROGRAFIA E LA GEOLOGIA DEL C. N. R.

---

GIAMBATTISTA DAL PIAZ - ARVEDO DECIMA

ANTONIO MENECHINI

# UTILIZZAZIONE IDROELETTRICA DEL TORRENTE EGA E DI ALTRI BACINI TRA IL GADERA E L'AVISIO IN PROV. DI BOLZANO

*(Con 1 carta geologica, 3 tavole e 16 figure nel testo)*



PADOVA

SOCIETÀ COOPERATIVA TIPOGRAFICA

1957

---

*Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova*

*Volume XX*

---





## ELEMENTI IDROTECNICI

### PREMESSE

Tra il Gadera e l'Avisio esiste un complesso di bacini di circa 550 kmq, notevole per i valori idrodinamici disponibili. Esso è tuttavia così frazionato in numerosi corsi d'acqua di scarsa entità e di regime particolarmente torrentizio, che fino ad oggi nessuna utilizzazione idroelettrica di una certa consistenza è stata concretata.

La realizzazione dell'unica funzionale e rilevante capacità di invaso della zona (serbatoio di Canopi) che controlli direttamente un sensibile bacino imbrifero comporta infatti un onere finanziario tale che per porla su adeguata base economica non è sufficiente lo sfruttamento dei valori idrodinamici del solo torrente Ega.

Unici impianti già realizzati nella zona sono l'antico impianto di Dodici Ville, che utilizza l'ultima tratta del torrente Ega, prima della sua confluenza con l'Isarco ed un paio di centraline modestissime sugli alti bacini dell'Ega.

Nel 1948 fu preparato, per iniziativa dello Studio Tecnico dell'Ing. Pietro VECELLIO di Milano, un progetto per la utilizzazione del torrente Ega e dei corsi d'acqua limitrofi, studiando questa zona per la prima volta con criteri moderni e razionali. Le elaborazioni idrologiche e idrotecniche connesse con il progetto vennero sviluppate dallo scrivente, mentre il Prof. Giambattista DAL PIAZ curò lo studio geologico preliminare della diga e del serbatoio idraulico di Canopi. Le indagini di carattere geologico furono successivamente riprese ed ampliate dall'Ing. Arvedo DECIMA, sotto la direzione scientifico-tecnica del Prof. Giambattista DAL PIAZ e con il parziale contributo finanziario del Centro studi per la petrografia e la geologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Successivamente le Società *Romana di Elettricità e Selt-Valdarno* si assicurarono i diritti su tali utilizzazioni e sugli ulteriori ampliamenti apportati.

Il complesso di opere e di impianti così progettati riveste caratteristiche di alto interesse generale, sia per la previsione di alcuni serbatoi che intercetteranno le irruenti piene del torrente Ega che tanti danni continuamente causano nella vallata stessa ed in quella del fiume Isarco, sia per la concentrazione di rilevanti potenze e producibilità nella vallata dell'Adige, alla periferia di Bolzano (Figg. 1 e 2).

La centrale principale di S. Giacomo (Laives) unirà l'utilizzazione dei deflussi dell'Ega mediante un impianto ad alto salto ed a serbatoio, con quella dei deflussi dell'Isarco, tra la centrale di Cardano e la confluenza Adige-Isarco; utilizzazione questa progettata dalla *Società Idroelettrica Alpina* del Gruppo « LA CENTRALE ».



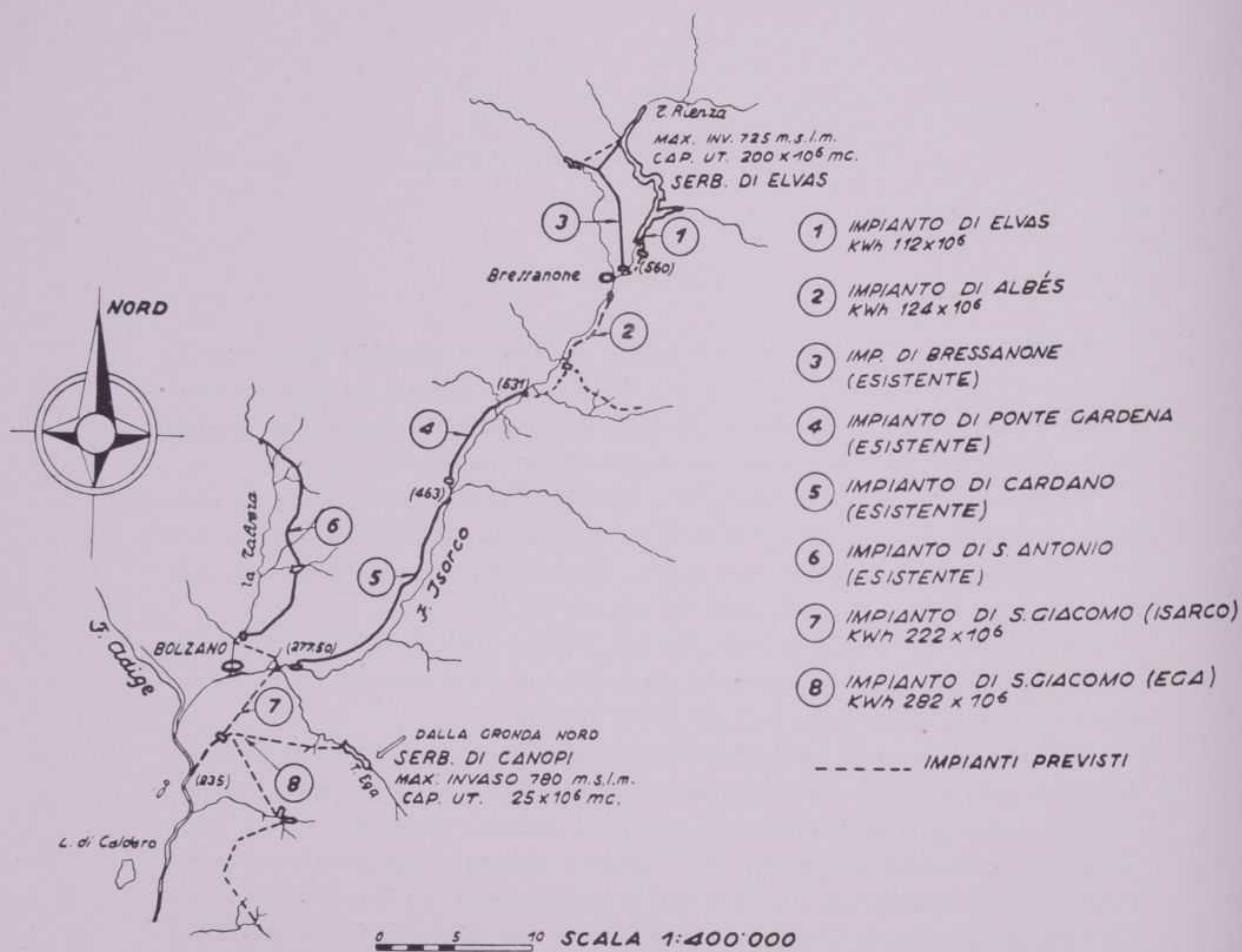


FIG. 1 - Corografia schematica degli impianti dell'Ega e dell'Isarco previsti dalle Società Romana di Eletticità e Selt-Valdarno e dalla Società Idroelettrica Alpina del Gruppo «La Centrale».



In questa centrale potranno essere così prodotti circa mezzo miliardo di kWh annui, con una potenza installata complessiva di 160 mila KVA e con caratteristiche di produzione complementari per le due sezioni, Ega ed Isarco. Quella inferiore, dell'Isarco, beneficerà a sua volta della regolazione del serbatoio di Elvas ( $200 \times 10^6$  mc) previsto dalla Società Idroelettrica Alpina sul F. Rienza.

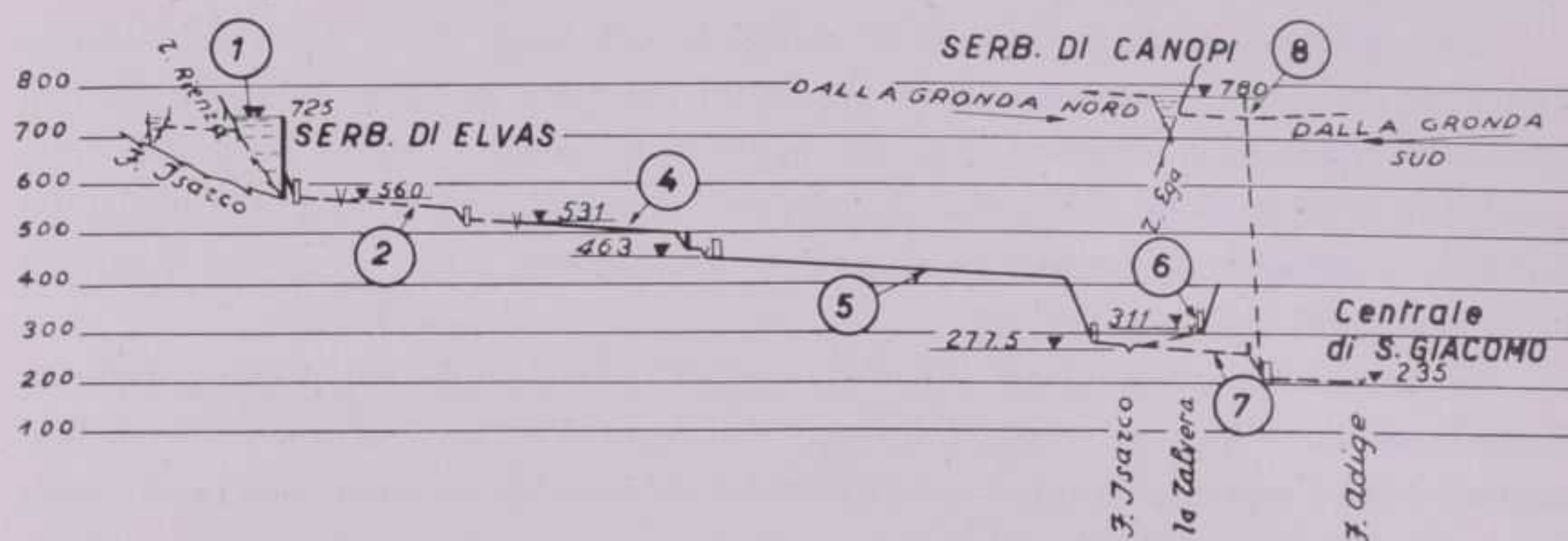


FIG. 2 - Profilo schematico degli impianti dell'Ega e dell'Isarco.  
Scala lunghezze 1:500.000, scala altezze 1:20.000.

### DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI (Fig. 3).

Gli impianti che costituiscono lo schema di utilizzazione dell'Ega, delle Società Idroelettriche del Gruppo « LA CENTRALE », hanno tre differenti funzioni:

- l'utilizzazione degli alti bacini dell'Ega che verranno regolati in un serbatoio stagionale ad alta quota;
- la captazione dei deflussi dei torrenti minori affluenti nell'Isarco, mediante il canale di gronda del secondo impianto;
- la terza funzione è demandata al principale impianto che regolerà tali deflussi, unitamente a quelli dei minori torrenti affluenti dell'Adige, nel serbatoio di Canopi e li utilizzerà nella centrale anzidetta, prevista alla periferia di Bolzano, con restituzione in Adige.

#### A) Utilizzazione alti bacini dell'Ega.

Gli alti bacini dell'Ega convergono a ventaglio riunendosi a monte di Pontenova, circa alla quota 950 m s. m. Alla confluenza il loro bacino imbrifero è di circa 115 kmq.

L'impianto di Pontenova ne utilizzerà 68 kmq adducendo i deflussi, mediante un canale di gronda lungo circa 13.500 m, in un grande serbatoio di regolazione stagionale ( $10 \times 10^6$  mc) previsto in località Selva di Carezza. Detto serbatoio è realizzabile con uno



sbarramento in terra del volume complessivo di 1.300.000 mc, con particolare opportunità di approvvigionamento dei materiali occorrenti.

Il serbatoio dovrebbe occupare un'ampia conca dal fondo piatto ed acquitrinoso che si estende sotto le pendici nord-occidentali del Latemar rivestite da una grande foresta di abeti; è inoltre delimitata ad Ovest da una sella a quota 1466 che la separa dalla Valle dei Faggi e verso Nord da un costone porfirico che raggiunge, al suo estremo Ovest, i 1650 m degradando dolcemente verso Est e la divide dalla Val d'Ega.

Uno studio geologico preliminare fu compiuto nel luglio 1952 dal Prof. Giorgio DAL PIAZ che, avendo constatato l'esistenza di un substrato porfirico ricoperto da una morena di fondo molto argillosa, espresse, in linea di massima, parere favorevole sulle possibilità di costruzione d'una diga in terra dell'altezza di circa 40 m e sulla tenuta del serbatoio e consigliò di eseguire degli scavi di accertamento lungo la sezione d'imposta ed in altri punti dell'area d'invaso.

Gli scavi furono eseguiti nel settembre del 1953 sotto la direzione dell'Ing. DECIMA lungo la sezione d'imposta prevista, al centro della zona d'invaso e sulla sella Ovest. Essi confermarono l'esistenza su quasi tutta l'area del serbatoio d'una morena di fondo argillosa e ne rivelarono anche la continuazione, almeno per un certo tratto, sotto le più recenti morene a blocchi dolomitici dei ghiacciai di circo del Latemar che occupano il fianco destro della sezione d'imposta e risultarono permeabili. I pozzetti della sella Ovest incontrarono a piccola profondità le arenarie di Val Gardena del Permiano medio, sempre ricoperte da materiali argillosi impermeabili. Sul fianco sinistro infine, pur non essendo stata raggiunta la roccia in posto, si poteva supporre che la coltre detritica di copertura dei porfidi fosse molto sottile.

Il Prof. Giorgio DAL PIAZ nella sua relazione conclusiva della campagna di accertamenti confermò quindi il suo precedente parere favorevole, pur prospettando la necessità di esplorazioni più profonde sul fianco destro da eseguirsi nella fase esecutiva.

La quota di massimo invaso è 1445 m s. m. L'utilizzazione avverrà in una centrale all'aperto, ubicata presso Pontenova sulla strada Bolzano-Passo di Costalunga, in fregio al serbatoio di Pontenova, che fa parte del secondo impianto.

E' prevista l'installazione di 30.000 kVA di macchinario ed una producibilità di circa 55 GWh medi annui.

I dati caratteristici dell'impianto di Pontenova sono qui riassunti:

— bacino imbrifero sotteso	68 kmq
— portata media derivata	1.63 mc/sec (circa 24 lt/sec kmq)
— portata massima derivata	6 mc/sec
— quota medio invaso	1.435 m s. m.
— quota di scarico	957,90 m s. m.
— salto nominale medio	480 m
— salto netto medio	466 m
— invaso utile	10 x 10 <sup>6</sup> mc
— potenza nominale media	7.675,34 kW
— potenza massima producibile	24.000 kW



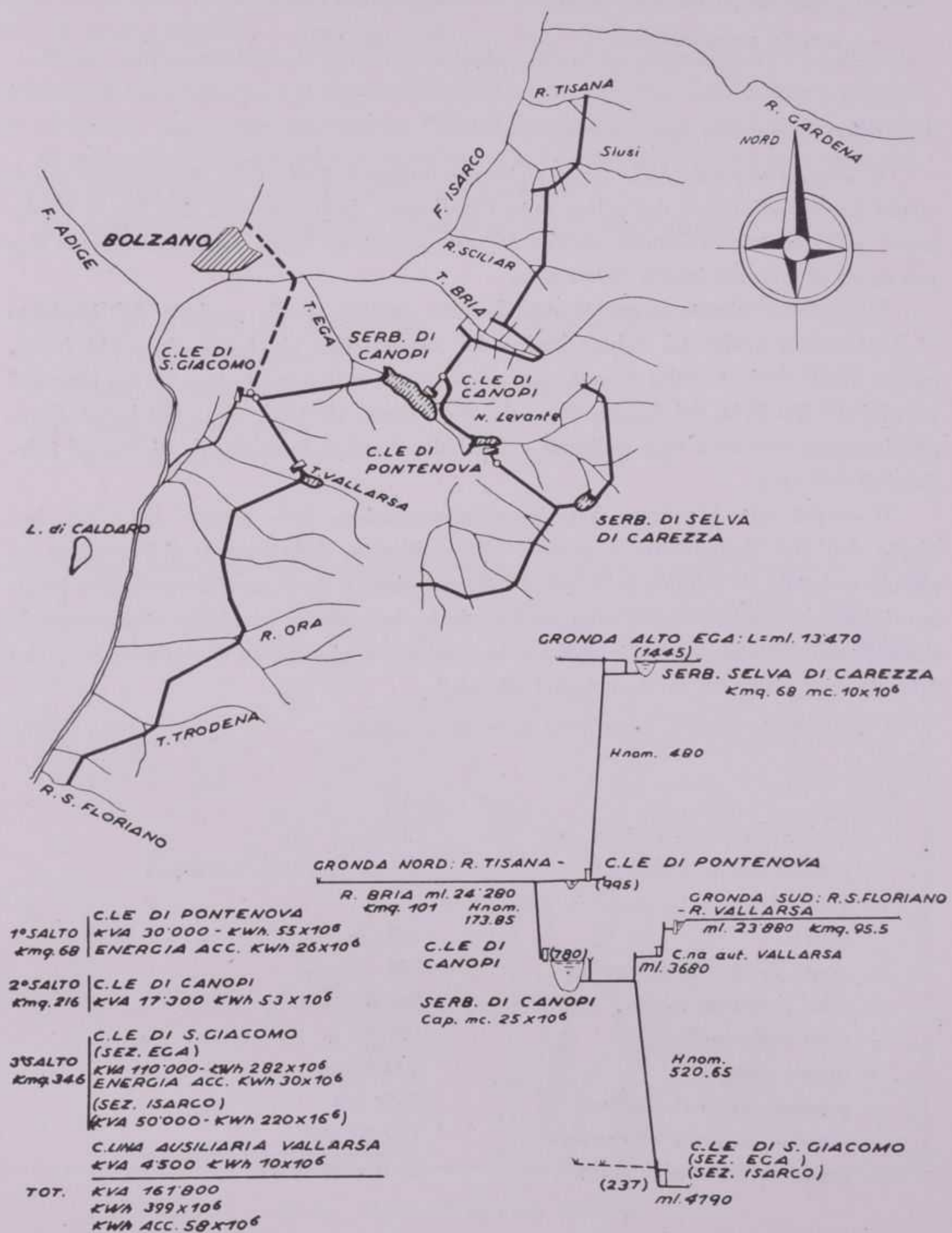


FIG. 3 - Corografia degli impianti dell'Ega.



— producibilità media annua sull'im- pianto di P. Nova	54,4 x 10 <sup>6</sup> kWh
— energia accumulabile	26 x 10 <sup>6</sup> kWh

B) *Utilizzazione medio Ega - Gronda nord.*

Il secondo impianto dello schema previsto utilizzerà il dislivello di circa 175 m esistente tra la restituzione del primo salto (confluenza degli alti corsi dell'Ega a Pontenova), e il serbatoio di Canopi, di 25 x 10<sup>6</sup> mc, progettato lungo l'asta del torrente Ega con quota di massimo invaso 780 m s. m.

Le portate utilizzate su questo secondo salto, saranno quelle scaricate dall'impianto di Pontenova e quelle del residuo bacino del torrente Ega (in totale circa 115 kmq), inoltre quelle derivate dalla gronda nord che con uno sviluppo di circa 24 km allaccerà i bacini del Rio Bria, del Rio Freddo e del Rio Tisana, (in totale circa 101 kmq). Complessivamente verranno così utilizzati e regolati nel serbatoio stagionale di Canopi i deflussi di 216 kmq.

Il secondo salto beneficerà della completa regolazione delle portate del primo impianto dell'Alto Ega; inoltre è previsto alla restituzione della centrale di Pontenova un piccolo serbatoio di compenso. Nessuna accumulazione è stato possibile prevedere lungo lo sviluppo della gronda settentrionale, tuttavia è allo studio la possibilità di un notevole aumento del serbatoio di Pontenova per la regolazione giornaliera o settimanale anche dei deflussi derivati dai limitrofi bacini allacciati.

I dati caratteristici dell'impianto sono qui riassunti:

— bacino imbrifero sotteso	216 kmq
— portata media derivata	4,5 mc/s (21 lt/sec kmq)
— quota del pelo libero nella vasca di carico	943,85
— quota media di restituzione	770 m s. m.
— salto nominale medio	163,85 m
— salto netto medio	171,95 m
— invaso utile	50.000 mc
— potenza nominale media	7674 kW
— potenza massima producibile	13.000 kW
— producibilità media annua	53,0 x 10 <sup>6</sup> kWh

C) *Impianto di S. Giacomo (Laives).*

L'impianto di S. Giacomo costituirà la principale utilizzazione dello schema.

Esso si impernia sul grande serbatoio stagionale di Canopi (25 x 10<sup>6</sup> mc) che costituisce l'unica notevole capacità realizzabile nella zona e nel quale verranno modulate le portate dell'Ega, quelle derivate dalla già descritta gronda nord dal Rio Bria al Rio Ti-



sana (circa 109 kmq) e quelle derivate dalla gronda sud, che si prolungherà con uno sviluppo di circa 24 km dal Rio Vallarsa al Rio S. Floriano, allacciando ulteriori 110 km circa di bacino imbrifero.

Prima dell'immissione di quest'ultime acque nel pozzo piezometrico, è previsto un serbatoio di compenso di circa mezzo milione di mc ed una centralina ausiliaria automatica di minore importanza sul torrente Vallarsa.

Il serbatoio di Canopi sarà ottenuto sbarrando la valle dell'Ega, subito a valle dell'antico tronco vallivo descritto nella parte geologica.

Le caratteristiche principali dell'invaso previsto a Canopi sono:

— quota di fondo allo sbarramento	665 m s. m.
— quota massimo invaso	780 m s. m.
— quota medio invaso	758,75 m s. m.
— quota massimo svaso	710 m s. m.
— capacità utile	24,91 x 10 <sup>6</sup> mc

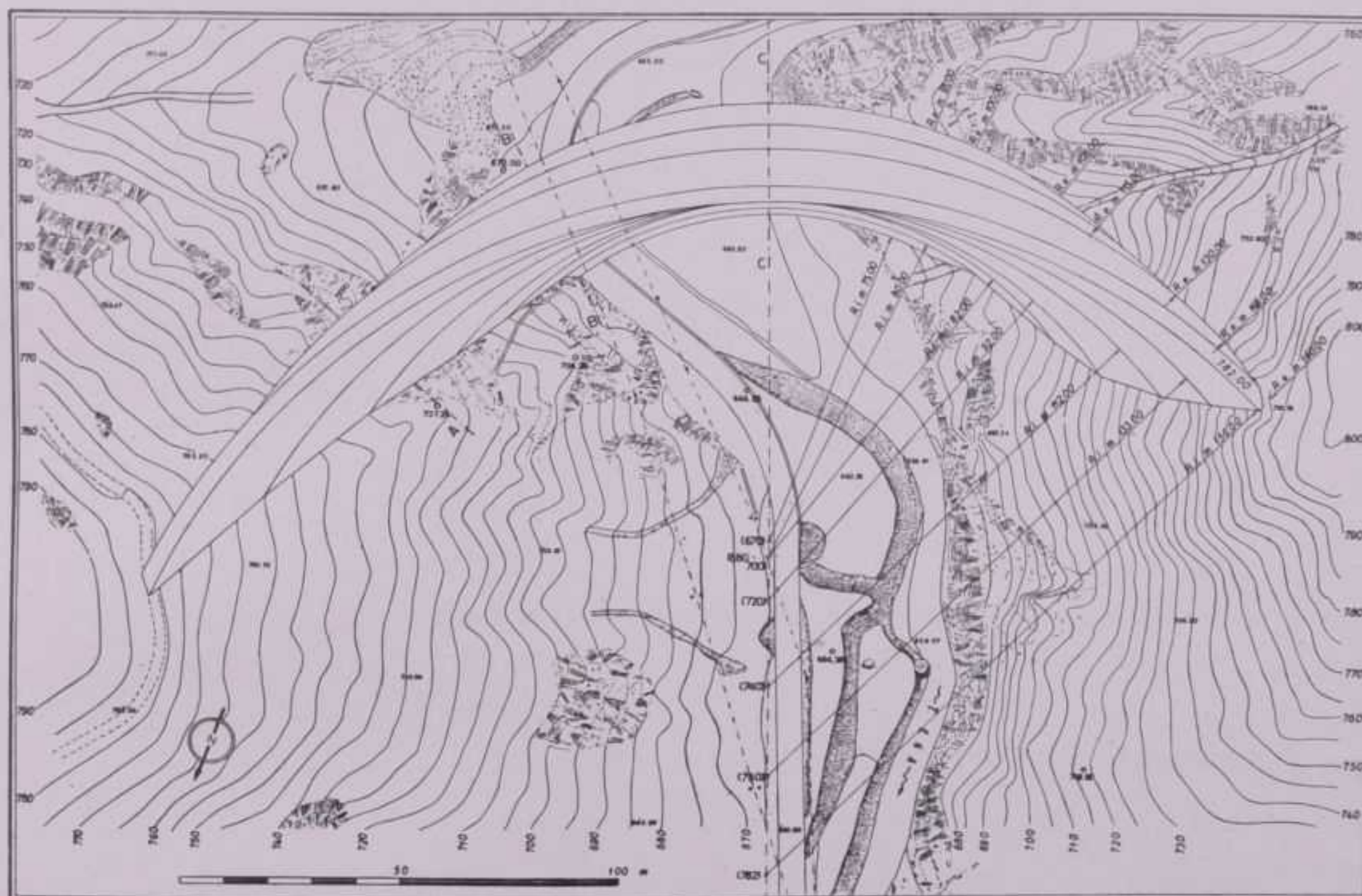


FIG. 4 - Planimetria della diga di Canopi.

La diga è prevista del tipo a volta a doppia curvatura (Fig. 4 e 5). Il suo paramento a monte è quasi sempre strapiombante rispetto alla verticale e sono previste, per centrare il peso dello sbarramento sulle fondazioni a bacino vuoto, delle « stampelle » su cui insiste la parte a monte degli archi più bassi.



Il calcolo è stato, nel progetto originario, condotto imponendo la congruenza delle deformazioni degli elementi verticali (mensole) e degli elementi orizzontali (archi); in esso è stato anche tenuto conto della deformabilità della roccia di fondazione. Le elaborazioni relative sono state sviluppate per conto dello Studio VECCELLIO dall'Ing. Silvano ZORZI di Milano.

Le massime compressioni e trazioni specifiche si verificano alle imposte degli archi. Il tasso massimo di compressione specifico si aggirerebbe sui 46 kg/cm<sup>2</sup> e quello di trazione specifico sui 5-6 kg/cm<sup>2</sup>.

Va rilevato però che tali sollecitazioni competono all'imposta immaginaria; procedendo verso l'imposta reale il poligono delle pressioni tende a concentrarsi nell'interno dell'arco e di conseguenza tendono a diminuire le compressioni specifiche e a sparire le trazioni, per cui è ammissibile valutare che, sotto la pressione idrostatica, la volta risulti ovunque compressa.

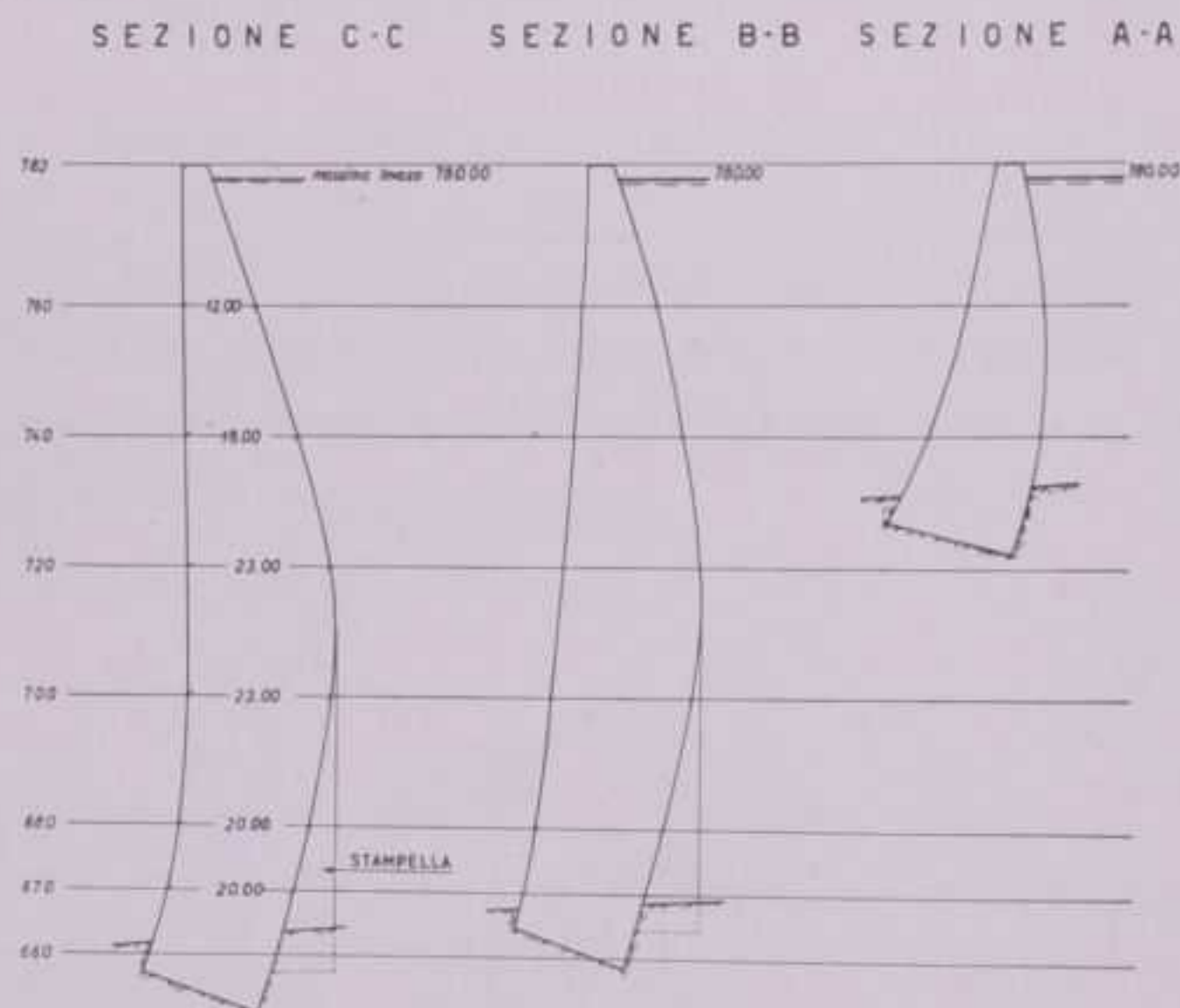


FIG. 5 - Sezioni radiali della diga di Canopi.

Gli elementi caratteristici della struttura sono:

— quota coronamento	782 m s. m.
— franco	2 m
— altezza massima sul piano fondazione	128 m
— sviluppo del coronamento	305 m
— cubatura	410.000 mc

Complessivamente il serbatoio di Canopi modulerà i deflussi di circa 346 km<sup>3</sup>, i quali verranno utilizzati nella grande centrale di S. Giacomo (Laives) nei sobborghi industriali di Bolzano (Fig. 6).



La galleria in pressione dal serbatoio è lunga 6.750 m. Nella centrale di Laives è prevista l'installazione di macchinario idraulico ed elettrico per 110.000 kVA ed una producibilità di  $282 \times 10^6$  kWh, pari al 71 % della producibilità di tutti gli impianti dello schema.

Come è stato detto, nella centrale di S. Giacomo verranno utilizzati, in una seconda sezione, anche i deflussi dell'Isarco e della Talvera, derivati a valle rispettivamente delle esistenti centrali di Cardano e di S. Antonio.

Tale utilizzazione, che sfrutterà un salto di una quarantina di metri, sarà capace di produrre all'incirca 220 milioni di kWh all'anno con 50.000 kVA di potenza installata, quasi raddoppiando così la producibilità della centrale di S. Giacomo stessa e con caratteristiche di produzione assolutamente complementari.

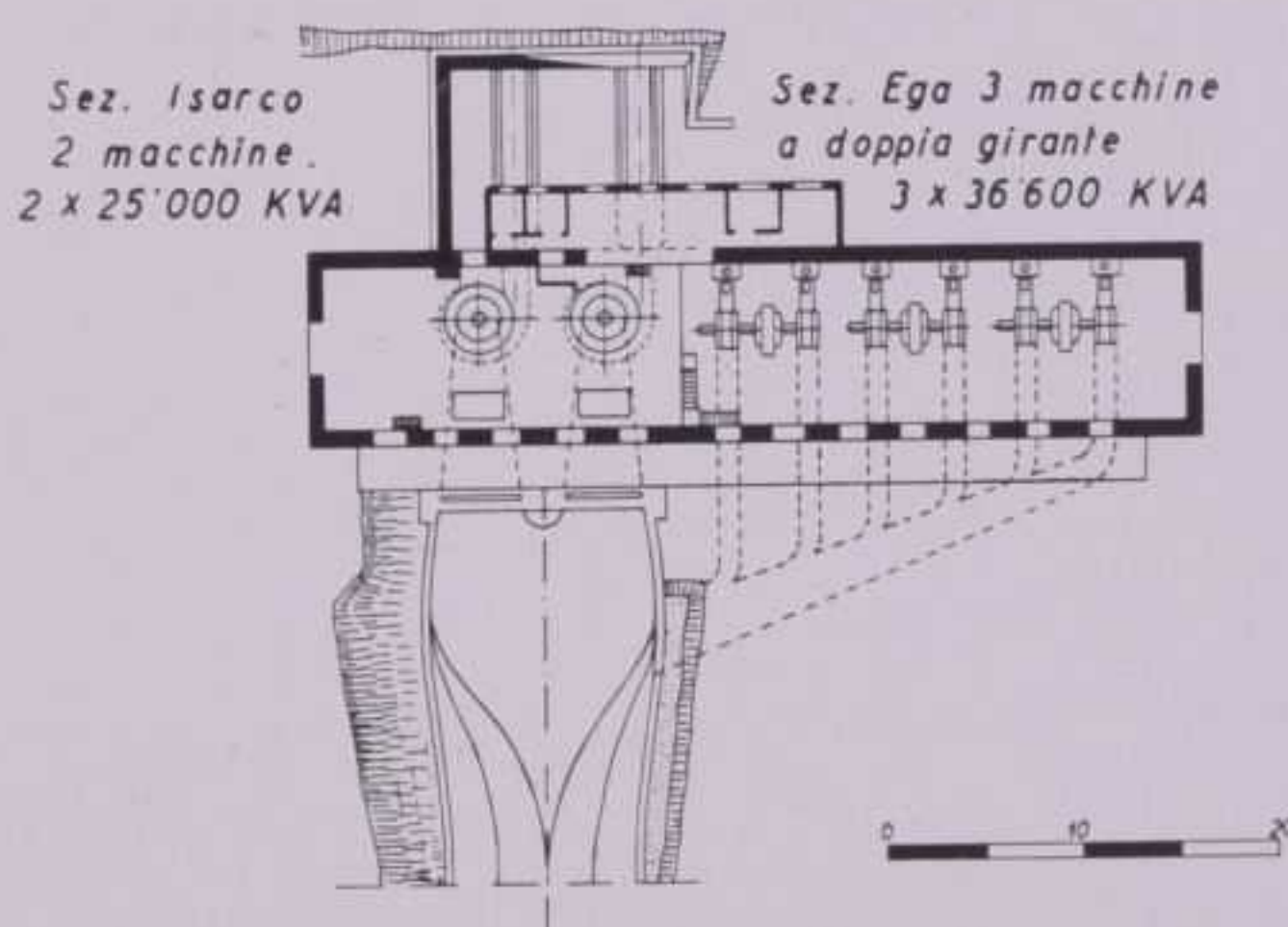


FIG. 6 - Pianta della Centrale di S. Giacomo.

L'impianto di S. Giacomo (sezione Isarco) non può tuttavia essere considerato fluente, godendo della integrazione del serbatoio di Elvas ( $200 \times 10^6$  mc) previsto dalla *Società Idroelettrica Alpina* del Gruppo « LA CENTRALE ». La complementarità delle caratteristiche di potenza e di producibilità, globalmente pressochè equivalente, delle due sezioni sono messe in evidenza dal diagramma di produzione riportato, che si riferisce ad una giornata ferialè in periodo di particolare magra per tutti i bacini dell'Adige (Fig. 7).

Sono poste in evidenza distintamente: la produzione dovuta alle portate fluenti dell'Isarco (parte inferiore del diagramma - 222.000 kWh distribuiti nelle 24 ore); l'integrazione dal serbatoio di Elvas (parte intermedia del diagramma - 91.000 kWh distribuiti in otto ore continue); la produzione dovuta all'impianto dell'Ega con l'intervento del serbatoio di Canopi (parte superiore del diagramma - 522.000 kWh concentrati in 6 ore).

I dati caratteristici dell'impianto di S. Giacomo - Sezione Ega sono qui riassunti:



— bacino imbrifero sotteso	346,4 kmq
— portata media derivata	7,45 mc/sec (circa 21,5 lt/sec kmq)
— portata massima derivata	20 mc/sec
— quota medio invaso	758,75 m s. m.
— quota di scarico	237,00 m s. m.
— salto nominale medio	521,75 m
— salto medio effettivo	504,75 m
— invaso utile circa	$25 \times 10^6$ mc
— potenza nominale media	38.928,48 kW
— potenza massima producibile	87.000 kW
— producibilità lorda	$282,1 \times 10^6$ kWh
— energia accumulabile	$30 \times 10^6$ kWh
— producibilità della centralina ausiliaria	$9,6 \times 10^6$ kWh
— potenza installata nella centralina ausiliaria	4.500 kVA
— capacità del serbatoio di compenso sul torrente Vallarsa	440.000 mc

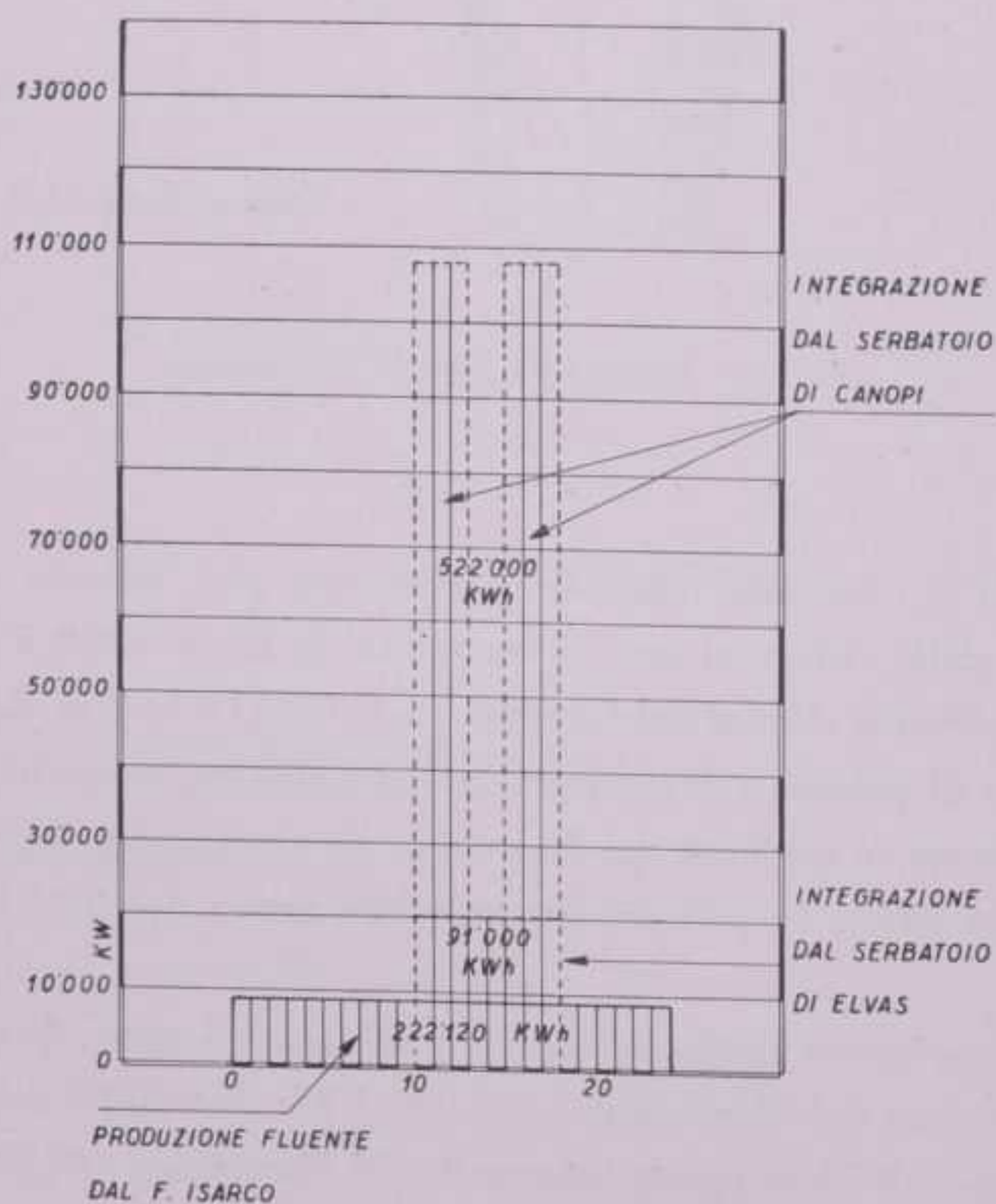


FIG. 7 - Centrale di S. Giacomo: diagramma di produzione tipo in una giornata lavorativa in periodo di massima magra con l'intervento normale dei serbatoi di Elvas e di Canopi.



### CONSIDERAZIONI

Per controllare le previsioni di progetto e per un corretto proporzionamento di tutte le opere, le Società Idroelettriche del gruppo « LA CENTRALE », oltre agli studi geologici condotti con scrupolosa accuratezza dal Prof. Giambattista DAL PIAZ e dall'Ing. Arvedo DECIMA, hanno costituito una rete di stazioni idrometrografiche con stramazzi in parete sottile estesa alle nove sezioni più indicative dei corsi d'acqua di cui esse prevedono l'utilizzazione (Fig. 8).

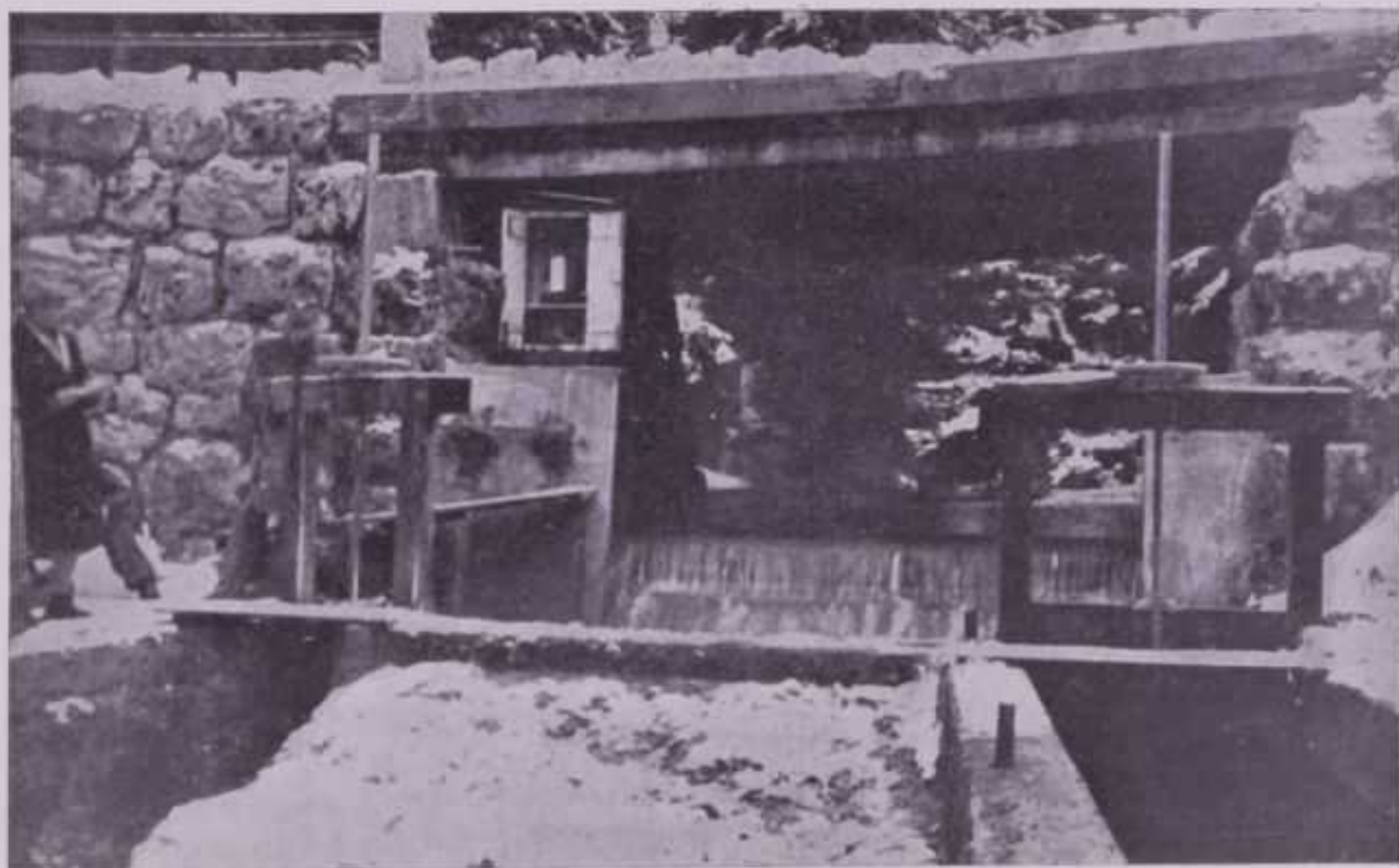


FIG. 8 - Stazione di misura sul Rio del Lago (alto bacino dell'Ega presso Nova Levante).

Tali stazioni funzionano da poco più di un anno e non è stato possibile pertanto, anche per l'anormalità delle vicende climatiche di questo periodo ed in questa zona, trarre conclusioni definitive.

Le semplici osservazioni dei pochi dati idrologici fino ad oggi raccolti, mettono tuttavia in evidenza che una rilevante portata continua sfugge attualmente alle misurazioni nell'asta principale dell'Ega attraversando l'ampio materasso alluvionale e l'antico tronco vallivo di Canopi, mentre essa sarà certamente intercettata dal progettato sbarramento.

La idrologia prettamente torrentizia, specie degli alti bacini, è caratterizzata dalle intumescenze di piena che costituiscono una sensibile percentuale del deflusso totale annuo e crescono e scompaiono nello spazio di poche ore e a volte anche in poche decine di minuti, seguendo immediatamente le precipitazioni meteoriche.

In definitiva è risultata confermata la necessità di creare delle capacità di regolazione, o quanto meno di normalizzazione, per non perdere questa aliquota percentuale



assai importante dei deflussi, cosa che non sarebbe possibile, od almeno non conveniente, con normali prese fluenti.

L'esame accurato di tutte le possibilità di invaso offerte dai corsi d'acqua tra il Gader e l'Avisio, ha confermato in particolare la convenienza e l'opportunità di assumere il serbatoio di Canopi quale perno dell'utilizzazione dell'Ega e dei bacini limitrofi, sia per le sue elevate caratteristiche di invaso, sia per la sua ubicazione baricentrica nello schema di utilizzazione, sia infine perchè è l'unica capacità realizzabile in grado di accogliere e modulare le piene dell'ampio bacino imbrifero direttamente afferente.

*Milano, 31 ottobre 1956.*

Dott. Ing. ANTONIO MENECHINI  
della Società Idroelettrica Alpina



## IL SERBATOIO E LA DIGA DI CANOPI

### GENERALITÀ

Il Rio d'Ega è un affluente di sinistra dell'Isarco nel quale confluisce circa due chilometri a monte di Bolzano. Il suo bacino misura una superficie di 166 kmq e si sviluppa per circa 21 km di lunghezza dalle pendici occidentali del Latemar, dove ha origine il ramo principale, detto anche Rio di S. Nicolò, fino a Cardano. Il corso ha una direzione pressoché rettilinea da Sud-Est a Nord-Ovest ed a Pontenova raccoglie le acque del Rio di Nova che provengono con direzione Est-Ovest dal Passo di Costalunga.

Il bacino è limitato a Sud-Ovest dagli altipiani di Nova Ponente e di Lavazzé e dalla dorsale che li continua in direzione di Bolzano, a Nord-Est da una serie di colli a dolci ondulazioni che lo separano dalla Valle di Tires e infine a Sud-Est dai gruppi dolomitici del Catinaccio e del Latemar.

Gli altipiani sunnominati e tutte le ampie cime dei colli settentrionali costituiscono i resti di una superficie ridotta quasi allo stato di peneplain da processi erosivi preglaciali e successivamente sollevata e ringiovanita. Su di essa si esercitò l'azione delle ripetute invasioni glaciali del Quaternario, delle quali rimane la testimonianza nelle vaste coltri moreniche, continuata, durante le fasi di ritiro, dalla attività torrentizia che completò l'incisione delle profonde valli attuali.

Perciò nella parte alta del bacino, dove meno intensa è stata l'erosione, permangono ancora le antiche forme dolci sulle quali si ergono con un meraviglioso contrasto le cime dolomitiche; in questa zona raggiungono la loro maggiore ampiezza i depositi morenici, dovuti in parte alle grandi glaciazioni e in parte ai più recenti ghiacciai di circo del Latemar, dei quali si possono ancora distinguere nettamente vari cordoni stadiali attorno al Lago di Carezza e più a monte.

Altre morene si estendono sui fianchi di tutte le valli e sono soggette a rapido smantellamento dove viene a mancare la protezione vegetale dando origine talvolta a « piramidi di terra », come presso S. Valentino in Campo, e fornendo un notevole contributo alla portata solida dei torrenti.

In basso la valle si incassa profondamente fino a divenire verso la fine una gola strettissima e tortuosa lunga parecchi chilometri.

La costituzione geologica della zona è molto uniforme: la formazione più antica è rappresentata dai « porfidi quarziferi di Bolzano », del Permiano inferiore, appartenenti alla grande piattaforma porfirica atesina; essi sono da attribuirsi alle colate più recenti, corrispondenti per le loro caratteristiche petrografiche e chimiche ai « porfidi di Lagorai »



del Trentino orientale; affiorano quasi ovunque nelle valli e sui versanti fino a grande altezza.

I terreni sovrastanti si sono conservati soltanto nelle parti più alte: sugli altipiani e sulle cime dei colli, ma affiorano scarsamente perché in gran parte coperti dalle morene; sono delle arenarie grige, corrispondenti a quelle permiane della Val Gardena, che si sono originate dalla degradazione dei porfidi sottostanti.

I calcari marnosi e gessiferi del Permiano superiore affiorano quasi esclusivamente al Passo di Costalunga assieme alle soprastanti serie ad arenarie, calcari e dolomie di scogliera del Werfeniano, dell'Anisico e del Ladinico (Bibl. 16).

Tra i terreni quaternari, oltre alle morene, sono frequenti in tutte le valli dei lembi di alluvioni grossolane molto cementate, probabilmente interglaciali, e delle altre alluvioni più minute, che assieme ai detriti di falda ed alle alluvioni recenti e attuali rivestono diffusamente i porfidi.

La struttura tettonica della zona è determinata dall'elevata rigidità della potente formazione porfirica, che, in seguito alle sollecitazioni orogenetiche, si fratturò in grandi zolle subendo degli spostamenti relativi anche rilevanti senza praticamente deformarsi.

Due sono le principali linee di frattura che interessano il bacino dell'Ega: a Sud la linea della Vallarsa, che segue per circa 8 km la valle omonima con direzione da Est-Sud-Est a Ovest-Nord-Ovest e va ad estinguersi sui pendii occidentali del Latemar, e a Nord la linea di Tires con direzione da Sud-Est a Nord-Ovest. Più a Sud l'altra importante linea di disturbo di Trodena, passando a settentrione della Pala di Santa, va a raccordarsi sul Latemar con la linea della Vallarsa. La zolla intermedia, corrispondente al bacino dell'Ega, ha subito uno sprofondamento a gradini relativamente alle parti adiacenti e si è leggermente inclinata a Nord-Ovest; perciò la superficie del porfido, che alla Pala di Santa giunge a 2500 m, sull'altopiano di Nova Ponente si trova appena a 1250 m (Bibl. 18, 19, 21, 22, 33, 34, 35, 36).

Lungo la Val d'Ega e parallele al suo corso si notano altre linee di disturbo minori, che probabilmente hanno in parte favorito la sua impostazione e che interessano maggiormente lo studio del serbatoio.



## MORFOLOGIA E GEOLOGIA

Il serbatoio è previsto sul ramo principale della Val d'Ega in corrispondenza ad una varice chiusa a valle dalla gola di Canopi, dove il torrente ha inciso profondamente nei porfidi un alveo epigenetico a meandro, abbandonando sulla destra il primitivo corso rettilineo; ciò è reso evidente dalla presenza di depositi di riempimento incoerenti sia a monte che a valle della gola e dallo stesso contrasto morfologico tra la stretta rocciosa e la sella sovrastante a forme dolci e ricoperte di vegetazione (Fig. 9 e Tav. I e II).



FIG. 9 - L'antico alveo di Canopi visto da monte.

I due alvei distano tra loro poco più di un centinaio di metri e sono separati da una cresta di porfidi che misura alla base a valle uno spessore di circa 90 metri e a monte 50 e va assottigliandosi notevolmente verso l'alto (Tav. III): essa delimita e sostiene l'ampia sella prativa che, quale diga in terra naturale, sbarra l'antico alveo. Il riempimento, in un profilo longitudinale parallelo alla valle, si presenta triangolare con una base di circa 180 metri ed un'altezza sul piano delle alluvioni attuali a monte di circa 45 metri.

Un altro alveo sepolto di proporzioni maggiori e con caratteristiche analoghe si trova nella zona a monte del serbatoio presso i Masi di Cardano.

La genesi di questi alvei epigenetici è facilmente intuibile quando si pensi che con il ritiro dei ghiacciai quaternari, sia per il depositarsi di materiali morenici e fluvio-glaciali o di grandi quantità di alluvioni, sia per la formazione di sbarramenti vallivi di morene,



di frane o di conoidi laterali racchiudenti piccoli bacini successivamente colmati da alluvioni, l'alveo torrentizio venne a trovarsi ad una quota notevolmente superiore a quella primitiva; in questo ammasso più o meno caotico di materiali il corso d'acqua si scelse la via di più facile deflusso, che non sempre coincideva con quella precedente. Nel successivo rapido approfondimento per ripristinare le condizioni di equilibrio modificate dai depositi sciolti quaternari, l'alveo raggiunse in alcuni tratti il substrato roccioso e vi si incise stabilizzandosi definitivamente. E' ancora possibile talvolta individuare la causa locale dell'instaurarsi di questi fenomeni: immediatamente a monte dei Masi di Cardano, ad esempio, confluisce sulla destra un piccolo torrente a grande trasporto solido la cui conoide determinò certamente la deviazione dell'alveo.

La valle sopra la stretta di Canopi si presenta ampia ed uniforme, a debole pendenza, con il fondo piatto costituito da alluvioni recenti o parzialmente invaso dalle conoidi degli affluenti. La pendenza media in questo tratto è di poco inferiore al 4 % ed il profilo di equilibrio è determinato dal livello della soglia rocciosa che esiste presumibilmente in corrispondenza alla stretta funzionando da livello di base locale dell'erosione. Il profilo dell'alveo attuale presenta infatti in questo punto una discontinuità con brusco aumento di pendenza, che può essere indizio d'una soglia rocciosa affiorante o a piccolissima profondità; ciò appare del resto evidente sotto il ponticello a monte della gola, dove le rocce delle due sponde si avvicinano a meno di un metro.

#### SERIE DEI TERRENI

Le formazioni geologiche affioranti nell'area del serbatoio e della diga sono rappresentate dai porfidi quarziferi del Permiano e da vari terreni quaternari di copertura (Tav. I).

##### Quaternario. - A) *Alluvioni attuali e recenti.*

Le alluvioni attuali e recenti costituiscono il fondo piatto della valle; esse sono spesso terrazzate per il successivo approfondirsi della soglia inferiore e denotano uno spiccato carattere torrentizio per la mancanza di selezione nelle dimensioni del materiale trasportato. Tale carattere è più evidente ancora nelle conoidi degli affluenti costituite prevalentemente da ammassi caotici. Tra i costituenti di queste alluvioni prevalgono i porfidi e le altre rocce del bacino; in proporzioni minori si trovano anche elementi svariati provenienti dai depositi morenici.

##### B) *Formazioni detritiche.*

Le formazioni detritiche che non contengano anche elementi morenici sono presenti solo ai piedi delle pareti di porfido oppure sono il prodotto del disfacimento superficiale delle rocce rimasto in posto (eluviale). Altrove il limite tra il detrito e gli altri depositi quaternari non è ben netto e si può definire solo dove intervengano anche delle variazioni morfologiche.

##### C) *Depositi morenici.*

Depositi morenici di vario aspetto ricoprono i fianchi della valle e costituiscono in gran parte i riempimenti degli antichi alvei sepolti dei Masi di Cardano e di Canopi. Si



possono distinguere abbastanza agevolmente due tipi principali: una morena di fondo a grossi blocchi arrotondati con ciottoli striati e abbondanza di limo e di elementi estranei al bacino, ed una morena superficiale deposta sui fianchi della valle e costituita da blocchi angolosi di porfido caduti sul ghiacciaio. A questi depositi si accompagnano naturalmente anche frane e detriti precipitati dopo il ritiro del ghiacciaio.



FIG. 10 - Il deposito fluvio-glaciale di riempimento del vecchio alveo di Canopi, visto da valle.

Le morene del primo tipo predominano attorno ai Masi di Canopi, nel riempimento dell'antico alveo dei Masi di Cardano e in alcune zone presso il fondovalle attuale; analoghe formazioni si distinguono morfologicamente per la presenza di rotture nel pendio dei fianchi e di terrazzi coltivati.

Le formazioni moreniche del secondo tipo rivestono in modo più o meno continuo tutti i fianchi della valle; i blocchi che le costituiscono denotano una certa selezione gravitativa, come si può osservare nei vasti scoscendimenti sulla destra, a valle dei Masi di Cardano, e sulla sinistra a monte di Canopi, nonché un'assoluta prevalenza dei porfidi. La presenza di elementi estranei al bacino e quindi certamente morenici e di un riempimento terroso tra i blocchi può essere decisiva nell'attribuire alle morene laterali queste formazioni, che per altri caratteri potrebbero sembrare antichi campi detritici.

#### D) Depositi fluvio-glaciali.

Sul fianco sinistro della valle presso l'estremità a monte del serbatoio e all'apice della conoide di Casa Pernter, a metà della zona d'invaso, si osservano delle piccole placche di un deposito incoerente elevate una decina di metri sull'alveo attuale; la stratificazione non è molto evidente, ma si ha una certa omogeneità nelle dimensioni dei ciottoli con diametri massimi di 30-40 cm; tutti i componenti sono ben arrotondati e vi si rinven-



gono in ordine di frequenza decrescente: porfidi quarziferi, dolomie, calcari marnosi e arenarie del Trias, calcari del Permiano, scisti vari, graniti e quarziti; tutti questi elementi sono immersi in una massa di aspetto terroso.

Analoga, sebbene i ciottoli si trovino in proporzioni maggiori rispetto alla massa terrosa, è la parte inferiore dell'antico alveo di Canopi (Fig. 10); qui il deposito è nettamente sottostante alla morena, ma negli altri casi questi rapporti non sono evidenti.

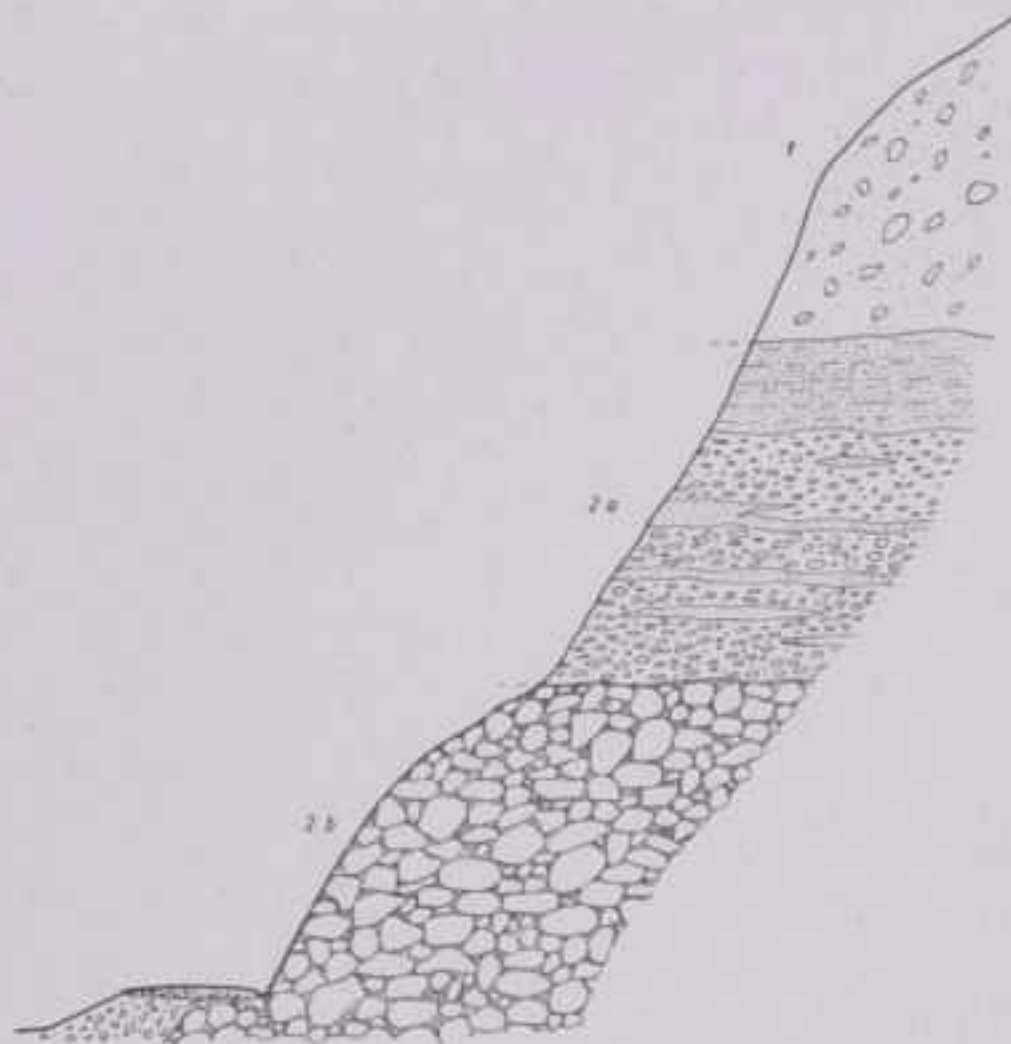


FIG. 11 - Profilo del deposito di alluvioni interglaciali presso i Masi di Cardano.

1 - Morena würmiana; 2-a - Alluvioni sabbioso-ghiaiose incoerenti;

2-b - Alluvioni torrentizie cementate.

Si può quindi ritenere che queste formazioni siano i resti dell'antico riempimento della varice valliva, precedente all'incisione della gola di Canopi, e che si siano depositate in parte prima e in parte dopo l'invasione glaciale, ma sempre in immediata vicinanza della fronte, per rimaneggiamento delle morene da parte delle acque di fusione; si potrebbero così spiegare e l'abbondanza relativa di elementi morenici e di limo glaciale e l'imperfetta stratificazione.

#### E) Alluvioni antiche (interglaciali).

Sul versante destro del vecchio alveo di Canopi, sia a monte che a valle, compaiono dei lembi di alluvioni ben stratificate e talora fortemente cementate, con strati di ghiaia sottile ed intercalazioni sabbiose. Formazioni simili affiorano più a monte ad altezze decrescenti sopra il fondovalle attuale (Figg. 11 e 12). La loro composizione è prossima a quella delle alluvioni attuali con una minore abbondanza, rispetto ai depositi fluvio-glaciali, di elementi morenici. Esse sono ovunque sottoposte alle morene e quindi sicuramente interglaciali. Alla base di queste alluvioni minute e nella valle che scende presso la Casa Pernter si trovano delle formazioni torrentizie più vicine alle attuali e ben cementate (Fig. 13).

Se in un profilo longitudinale della valle si congiungono i limiti superiori di tutti questi affioramenti si osserva che essi stanno su una linea a pendenza inferiore a quella



dell'alveo attuale e denotano quindi una evoluzione del profilo di equilibrio del torrente da uno stadio giovanile corrispondente alle più antiche alluvioni grossolane verso uno più maturo. Successivamente un nuovo ringiovanimento della morfologia determinò l'inizio dell'attuale ciclo torrentizio.



FIG. 12 - Alluvioni interglaciali incoerenti presso Casa Pernter.

Si può ritenere che queste alluvioni siano contemporanee al grandioso alluvionamento dell'ultimo periodo interglaciale che interessò le grandi valli atesine e tirolesi e fu dovuto probabilmente ad un abbassamento della parte centrale della catena alpina (Bibl. 10, 16).

Questi depositi, che portarono il fondovalle ad un livello molto superiore all'attuale, furono successivamente incisi dall'antico corso dell'Ega e in gran parte asportati prima dell'ultima invasione glaciale.

#### Porfidi quarziferi del Permiano.

I porfidi sono presenti su tutta l'area del serbatoio pur sotto una più o meno potente copertura quaternaria; sono molto fessurati, generalmente secondo tre sistemi di litoclasti che permettono il distacco di romboedri quasi perfetti; sul fianco destro della gola di Ca-



nopi e nella zona immediatamente a monte prevale invece un solo sistema di fratture con formazione di lastre di 2-3 cm di spessore (\*).

Il porfido presenta una struttura cristallina con fenocristalli di quarzo e di feldispati ben visibili macroscopicamente; ha colore generalmente grigio, ma talvolta i feldispati ed anche tutta la massa possono assumere un colore roseo per diffusione di ossidi di ferro; ciò sembra avvenire nelle zone di maggiore disturbo tettonico, come sul fianco sinistro della gola di Canopi.

L'analisi microscopica di otto sezioni sottili ricavate da campioni raccolti su tutta l'area del serbatoio, ma specialmente in prossimità della zona d'imposta della diga, rivela una grande somiglianza nella composizione essenziale di tutti i campioni; le diversità di colore riscontrate macroscopicamente non danno luogo a differenze apprezzabili nella composizione e sono dovute alla più o meno grande intensità della dispersione ematitica.

In sezione sottile la roccia presenta una struttura nettamente porfirica con grossi fenocristalli di quarzo (Tav. IV, Fig. 1), feldispati e biotite in una massa di fondo generalmente da microcristallina a petroselciosa. Talvolta la presenza di frammenti e schegge di fenocristalli conferisce alla roccia un aspetto quasi tufaceo; ciò è più evidente in un campione raccolto sul versante destro a valle della sezione d'imposta (Tav. IV, Fig. 2).

Tra i componenti essenziali figurano: il quarzo in fenocristalli parzialmente riassorbiti e come componente della massa di fondo; l'ortoclasio generalmente caolinizzato o sericitizzato; i plagioclasi di composizione oligoclasica col 30 % di anortite, sempre geminati, alterati in sericite e caolino e frequentemente in associazione micropertitica con l'ortoclasio; in quantità minori e variabili la biotite e la muscovite.

Componenti accessori normali sono l'apatite, lo zirconio, la magnetite e forse l'ilmenite. Degna di nota è la presenza in quasi tutte le sezioni di granati (Tav. IV, Fig. 3) e di fluorite, minerali di origine pneumatolitica; in particolare la fluorite, che sostituisce parzialmente i plagioclasi, sembra dovuta all'azione su questi del fluoro contenuto nelle soluzioni.

Escluso il quarzo, tutti i minerali mostrano una certa alterazione di origine idrotermale, che non si deve tuttavia ritenere eccessiva data l'antichità della roccia: i feldispati sono stati trasformati parzialmente in caolino e sericite e ad alterazione della biotite è dovuta la clorite cui si accompagna quasi sempre una segregazione granulare di magnetite.

La biotite, cristallizzata nella fase intratellurica e quindi in condizioni chimico-fisiche ben diverse da quelle effusive, è stata successivamente riassorbita in parte con segregazione di granuli di magnetite ai bordi e formazione di epidoti, che si trovano anche in minuti aggregati quale prodotto probabile di trasformazione dei plagioclasi.

In alcuni campioni del versante destro, a valle della sezione di imposta, è presente anche una certa quantità di calcite secondaria che riempie minute fratture di cristalli o è diffusa in plaghe irregolari nella massa di fondo; essa pure ha origine idrotermale, ma non si trova in quantità tale da pregiudicare la saldezza della roccia.

(\*) Un'analisi chimica del MARTELLI (Bibl. 26) dà del porfido della Val d'Ega la seguente composizione percentuale: Si O<sub>2</sub> 74,04; Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 13,91; Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 1,28; Fe O 1,08; Mg O 0,30; Ca O 0,68; Na<sub>2</sub> O 3,48; K<sub>2</sub> O 3,79; Mn O 0,02; perdita per arroventamento 0,99; totale 99,57.



Sono infine da attribuirsi ad alterazione della magnetite da parte degli agenti meteorici i riempimenti ocracei di alcune esili fratture della roccia nella zona superficiale.

In tutte le sezioni si riesce a distinguere una fratturazione primaria del quarzo e dei feldspati (Tav. IV, Fig. 4) ed una leggera contorsione delle miche, dovute a tensioni interne createsi durante il consolidamento della massa di fondo in movimento, ed anche una lieve cataclasi secondaria per fenomeni dinamici degli elementi feldspatici e quarzosi. In tutti i casi si è avuta però la successiva ricementazione microcristallina degli elementi brecciati e non è stata minimamente intaccata la compattezza della roccia.

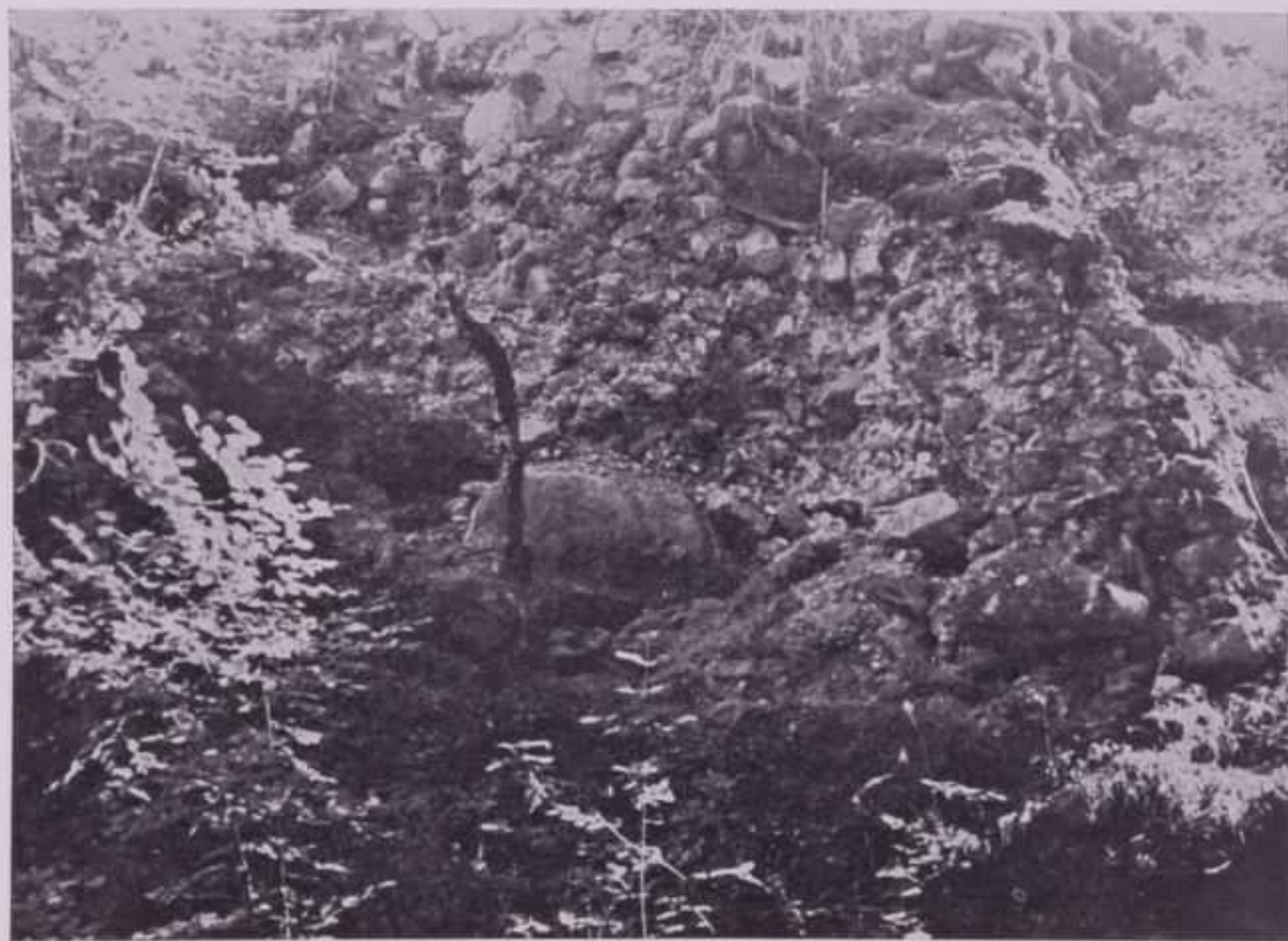


FIG. 13 - Alluvioni torrentizie interglaciali cementate all'apice della conoide di Casa Pernter.

#### TETTONICA.

La tettonica della zona è quanto mai semplice; le colate porfiriche hanno conservato la loro primitiva giacitura sub-orizzontale e sono interessate da alcuni sistemi di faglie paralleli al corso della Val d'Ega con direzione da Nord-Ovest a Sud-Est. Linee di faglia e zone di brecciatura tettonica appartenenti a questi sistemi sono visibili nella gola di Canopi sul fianco sinistro della valle, dove hanno dato origine a franamenti di materiale minutamente fratturato rossastro. Un'altra piccola faglia è visibile più a monte vicino ai Masi di Cardano con direzione N 80° W - S 80° E ed immersione di 75° a N 10° E.

La faglia più importante e che maggiormente può interessare l'impermeabilità del serbatoio è quella che passa con direzione N 60° W - S 60° E ed immersione di 80° a S 30° W per la selletta che separa dal Monte del Colle lo sperone sul quale verrà impostato il fianco sinistro della diga (Tav. III). Nel nucleo della zona di faglia si osserva uno strato di sostanza argillosa bianca con granuli di quarzo e frammenti di roccia inalterata dello spessore di circa 70 cm ed ai lati due fasce di roccia minutamente fratturata, larghe



tre o quattro metri. Si può ritenere che l'argilla si sia formata per azione di soluzioni idrotermali salienti lungo il piano di faglia sulla roccia cataclasata e quindi più facilmente alterabile.

#### I sistemi di litoclasti e la loro interpretazione genetica.

Come quasi tutte le formazioni rocciose anche il porfido è interessato da numerosi sistemi di litoclasti, che lo suddividono distintamente in blocchi più o meno regolari o in lastre sottili.

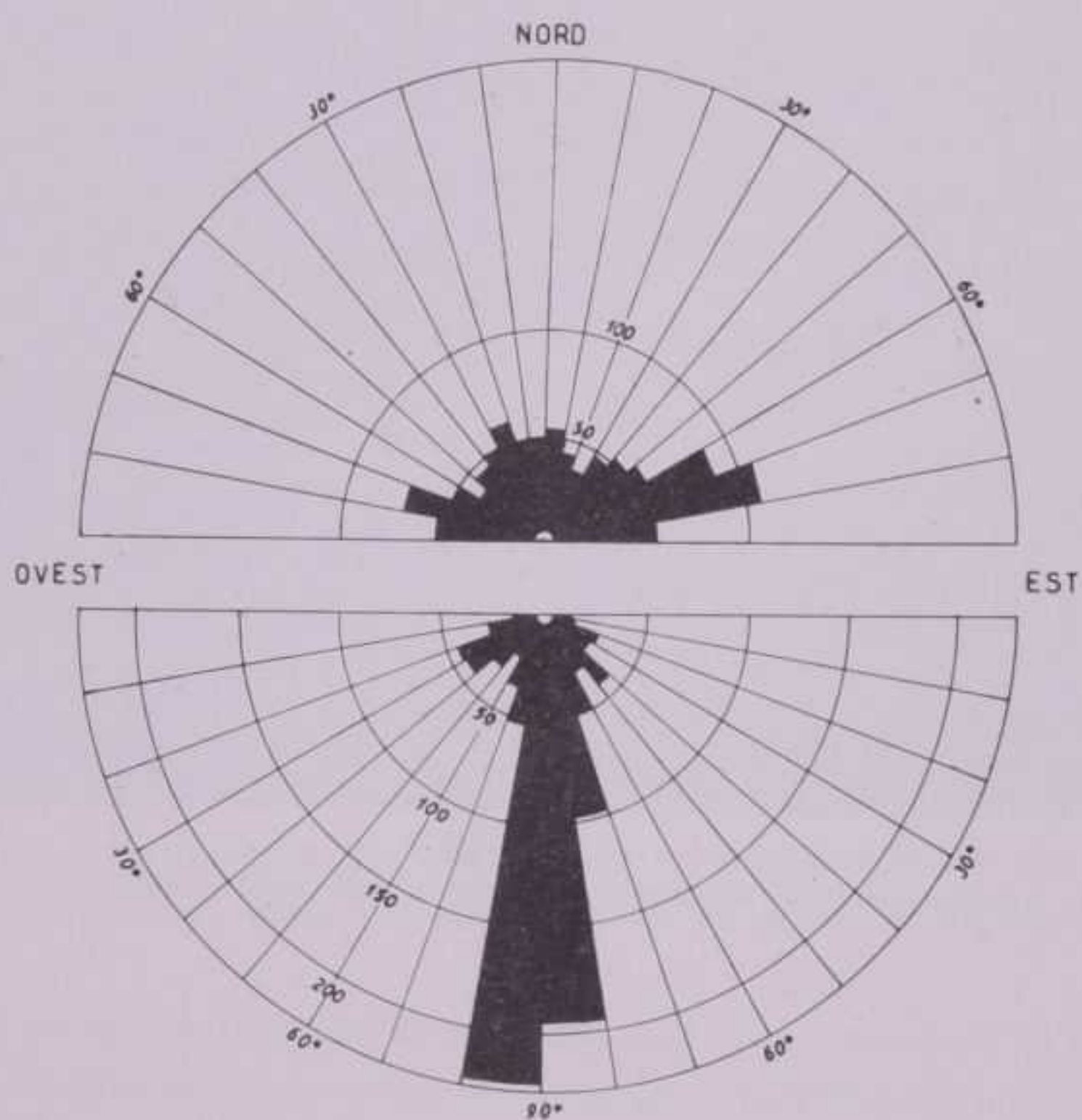


FIG. 14 - Rappresentazione dei piani di fratturazione del porfido secondo il diagramma di BILLINGS: in alto le direzioni, in basso le inclinazioni.

Sulla base di oltre mille determinazioni di giacitura eseguite nella zona d'imposta della diga e nella gola di Canopi fino ad una distanza massima di circa 600 m a monte è stato effettuato uno studio statistico delle litoclasti, diretto soprattutto allo scopo pratico di individuare le giaciture più frequenti lungo le quali intensificare le iniezioni impermeabilizzanti. Per la rappresentazione si sono usati il diagramma di BILLINGS e quello stereografico ad aree equivalenti con delimitazione delle zone di uguale densità.

Nel diagramma di BILLINGS (Bibl. 6 - Fig. 14) sono rappresentate nella metà superiore le direzioni dei piani di frattura, raggruppate in settori di 10° per tener conto della inesattezza con cui vengono eseguite le misure, e nella parte inferiore le inclinazioni, con immersione verso Est a destra e verso Ovest a sinistra. Questo metodo è evidentemente



incompleto in quanto esclude superiormente i piani orizzontali ed inferiormente quelli con direzione Est-Ovest e raggruppa inoltre delle giaciture che, pur avendo in comune la direzione o l'inclinazione, sono completamente diverse.

Nel metodo delle proiezioni stereografiche (Bibl. 8, 27, 30) si immaginano tutti i piani di frattura tangenti ad una sfera e si proiettano dal polo inferiore sul piano equatoriale orizzontale tutti i punti di tangenza: i piani orizzontali verranno perciò rappresentati dal centro del cerchio equatoriale, quelli verticali da punti sulla circonferenza e quelli comunque inclinati da punti intermedi la cui distanza dal centro sarà all'incirca

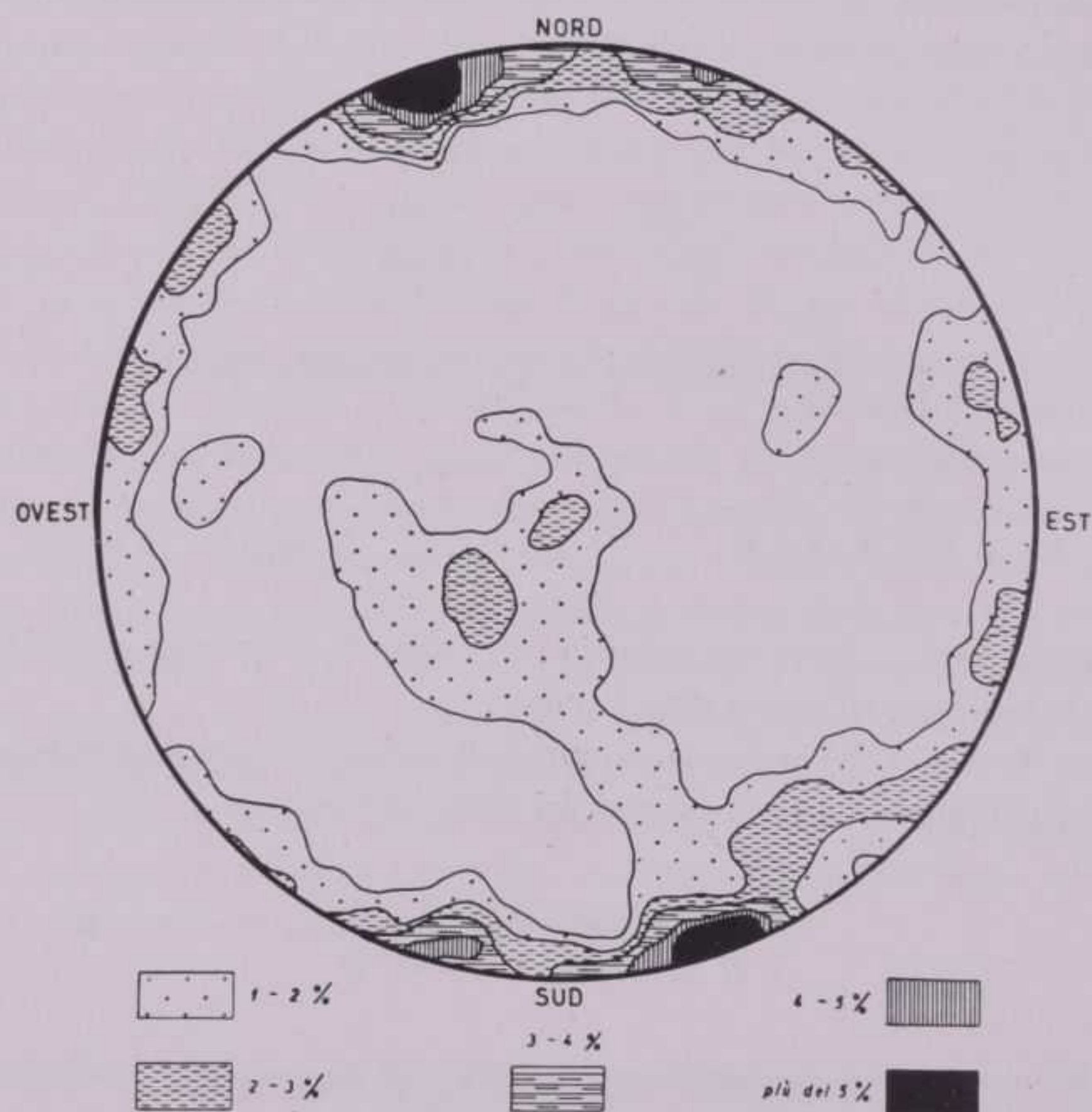


FIG. 15 - Proiezione stereografica dei piani di fratturazione del porfido.

proporzionale all'inclinazione. La direzione dei piani è quella della normale ai raggi passanti per i punti che li rappresentano, mentre l'immersione si rileverà immediatamente dal quadrante in cui si trova il punto.

Al fine di poter utilizzare il diagramma per delimitare le aree di uguale densità di punti si ricorre generalmente invece che alla proiezione stereografica vera a quella ad aree equivalenti, il cui reticolo possiede aree proporzionali a quelle corrispondenti della superficie sferica. Si possono così delimitare sul diagramma delle zone in cui l'area unitaria (nella fig. 15 si è assunta quale area unitaria la centesima parte dell'area complessiva del diagramma) contenga una data percentuale del numero totale dei punti.



Dall'esame dei diagrammi risulta innanzitutto una nettissima prevalenza dei piani sub-verticali e tra questi una maggiore frequenza delle direzioni

N 70° E - S 70° W

N 25° W - S 25° E

N 75° W - S 75° E

N 5° E - S 5° W

appaiono inoltre dei massimi abbastanza pronunciati in corrispondenza alle giaciture sub-orizzontali ed a quelle aventi direzione N 45° W - S 45° E ed immersione di 25° a S 45° W.

L'ANTOLINI (Bibl. 4), che fece uno studio analogo in numerose cave di tutta la zona porfirica, trovò come direzioni prevalenti dei piani verticali le seguenti

N 75° W - S 75° E

Nord - Sud

Est - Ovest

e in particolare per due località della Val d'Ega (Oberauch e Quarta)

N 70° W - S 70° E

N 75° W - S 75° E

N 5° W - S 5° E

e

N 10° E - S 10° W

Queste direzioni, a parte uno scambio nell'ordine di frequenza, corrispondono sufficientemente bene a quelle misurate a Canopi.

A Forte Buso in Val Travignolo, sempre nelle colate di Lagorai, il BAGGIO (Bibl. 5) trovò invece quali direzioni più frequenti dei piani verticali

N 20° E - S 20° W

N 50-60° E - S 50-60° W

e notò inoltre un massimo con giacitura orizzontale ed uno sub-orizzontale con direzione N 45° W - S 45° E ed immersione di 20° a S 45° W.

L'ANTOLINI, riscontrata la costanza generale di giacitura dei piani di frattura, giunge alla conclusione che la fessurazione fu causata dal raffreddamento uniforme e contemporaneo dei porfidi di Lagorai su tutto il territorio preso in esame e che i movimenti tettonici successivi furono semplici spostamenti verticali che non alterarono la giacitura primitiva delle litoclasti. Sembra tuttavia difficile ammettere che le colate di Lagorai con uno spessore complessivo di parecchie centinaia di metri si siano raffreddate uniformemente su un'area così vasta e che la loro fessurazione non abbia risentito per nulla delle condizioni topografiche e fisiche naturalmente variabili da località a località. Le fessure da raffreddamento sono causate da sforzi interni di tensione e, in rocce a struttura visibilmente granulare come il porfido, assumono una superficie rugosa mentre queste, almeno a Canopi, hanno una superficie liscia ed i granuli minerali vi appaiono schiacciati: si tratta quindi con ogni probabilità di fratture dovute a sforzi tangenziali (*shear joints*)



degli autori americani). Questa osservazione e l'andamento delle fessure sensibilmente parallelo alle principali linee di dislocazione della regione fanno ritenere verosimile che si tratti, almeno in gran parte, di un fenomeno di origine tettonica ed è più semplice, per spiegare la costanza delle giaciture, ammettere su un'area così vasta la costanza della spinta tettonica che non la costanza dell'ambiente di raffreddamento (Bibl. 6, 7, 15, 17, 28, 32).

#### SORGENTI.

Sull'area del serbatoio le sorgenti sono molto scarse e in generale temporanee; si trovano tutte al contatto tra porfidi e depositi morenici o detritici che funzionano da serbatoi di alimentazione.

Particolarmente importante è la sorgente del Collare, che sgorga sul fianco destro a valle dell'alveo sepolto di Canopi ed alimenta con la sua portata di 30-45 l/sec l'acquedotto di Bolzano (Bibl. 29). Essa è stata captata per mezzo di una galleria con sette diramazioni alquanto più alte del contatto tra i materiali di riempimento del vecchio alveo e la roccia in posto e perciò parte dell'acqua sfugge sotto l'opera di presa; un precedente tentativo con una galleria leggermente più alta non aveva avuto successo. Si può quasi certamente escludere l'esistenza in questo caso di una sorgente geologica di fessura, che richiederebbe un vasto sistema di fratture alimentatrici poco probabile proprio su questo versante dove la roccia si presenta più che altrove compatta. Si deve ritenere piuttosto che le formazioni moreniche sovrastanti abbiano un volume notevole e che notevole sia pure l'area tributaria; ciò si potrebbe spiegare ammettendo l'esistenza, in corrispondenza dell'attuale valloncetto, di una valle più ampia riempita dalle morene contemporaneamente al vecchio alveo di Canopi ed estendente la sua funzione drenante ai terrazzi morenici superiori che hanno superficialmente diverse direttrici di scolo.

Un'altra sorgente perenne sgorga all'apice della conoide di Casa Pernter, al contatto tra le morene e le alluvioni torrentizie interglaciali ben cementate, ed a sorgenti analoghe si riforniscono le poche case sparse lungo la valle.

#### IMPERMEABILITA' DEL SERBATOIO

Parallelamente alla Val d'Ega e distanti da essa circa 5 Km corrono la Valle di Tires e la Vallarsa, il cui fondo si mantiene sempre ad una quota prossima a quella dell'Ega e quindi, anche senza tener conto della natura della roccia, non si possono ammettere perdite idriche dal serbatoio verso i bacini limitrofi. Altrettanto può dirsi sulla possibilità di perdite al largo della diga e del suo schermo impermeabilizzante quando si osservi la mancanza in tutta la zona di sicure sorgenti di fessura.

ARVEDO DECIMA



## LA ZONA D'IMPOSTA DELLA DIGA

### MORFOLOGIA, CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA E PROBLEMI TECNICI.

L'evidenza morfologica consiglierebbe di utilizzare per uno sbarramento la gola epigenetica di Canopi, però già nello studio preliminare eseguito da uno di noi (Gb. DAL PIAZ) furono messi in luce alcuni difetti di questa sezione che rendevano molto dubbia la possibilità di utilizzarla e specificatamente: l'esilità dello sperone roccioso sulla sua destra e la necessità di provvedere alla protezione e all'impermeabilizzazione dei materiali sciolti che riempiono l'alveo sepolto, la cui profondità avrebbe potuto essere determinata solo mediante sondaggi (Tav. III). Fu perciò successivamente preferita una sezione immediatamente a valle della gola, dove l'esistenza di affioramenti rocciosi sui fianchi fino a grande altezza non lasciava adito al menomo dubbio.

L'alveo si allarga in questo tratto fino a raggiungere un'ampiezza di circa 50 m ed è costituito da alluvioni attuali e recenti sul cui spessore, trattandosi di valle rimodellata dall'invasione glaciale, la morfologia dei fianchi non può dire nulla di preciso. Per un preventivo di massima sul costo dello scavo di fondazione si potranno eventualmente eseguire delle prospezioni geofisiche, ma per la soluzione definitiva del problema si rende necessaria una serie di sondaggi meccanici, convenientemente ravvicinati per dare la possibilità di individuare eventuali alvei minori stretti e profondi e di costruire l'esatto profilo trasversale della roccia in posto. E' opportuno che tali sondaggi abbiano anche una certa estensione longitudinale per dar modo di riconoscere eventuali contropendenze nel fondo e di impostare la diga nelle condizioni più favorevoli.

La sezione trasversale della valle è piuttosto asimmetrica (Tav. III); mentre il fianco sinistro scende quasi verticale, quello destro ha una pendenza molto più modesta ed è in gran parte ricoperto da detriti; ciò può essere dovuto ad un sistema di fratture avente un'immersione sensibile verso Sud-Ovest e cioè parallelo alla faglia del fianco sinistro.

Sul versante sinistro un poderoso sperone si stacca verso Nord dal Monte del Colle ed è separato dal massiccio principale da una selletta a quota 800, in corrispondenza alla quale passa la faglia di cui si è detto sopra; il suo fianco nord-orientale, contro il quale sarà impostata la diga, è costituito da roccia sana a pareti verticali interrotte da fessure, canali e terrazzi detritici ingombri di vegetazione. La roccia è ottima specialmente nella parte inferiore, dove presenta una parete verticale alta una ventina di metri.

Verso la sommità dello sperone il porfido è molto più fratturato, ricoperto da detriti e da abbondante vegetazione, e passa sulla selletta e nel canalone franoso che scende



verso Sud-Est al vero e proprio sfasciume tettonico della zona di faglia che affiora per una sessantina di metri raggiungendo il suo massimo spessore (circa 8 m) a quota 760. A questa altezza lo spessore della cresta rocciosa collegante lo sperone al massiccio retrostante misura circa 120 m e si riduce a 60 all'altezza di massimo invaso. La fascia di disturbo dista al minimo un centinaio di metri dalla sezione d'imposta della diga e quindi non vi è motivo di preoccupazione per la stabilità dell'opera; sono invece da prevedere delle perdite idriche attraverso la zona brecciata e quindi presumibilmente permeabile sottostante alla selletta. Sarà perciò opportuno eseguire innanzitutto delle prove di tenuta che, per la presenza di sostanza argillosa nella zona centrale, potrebbero anche dare ri-

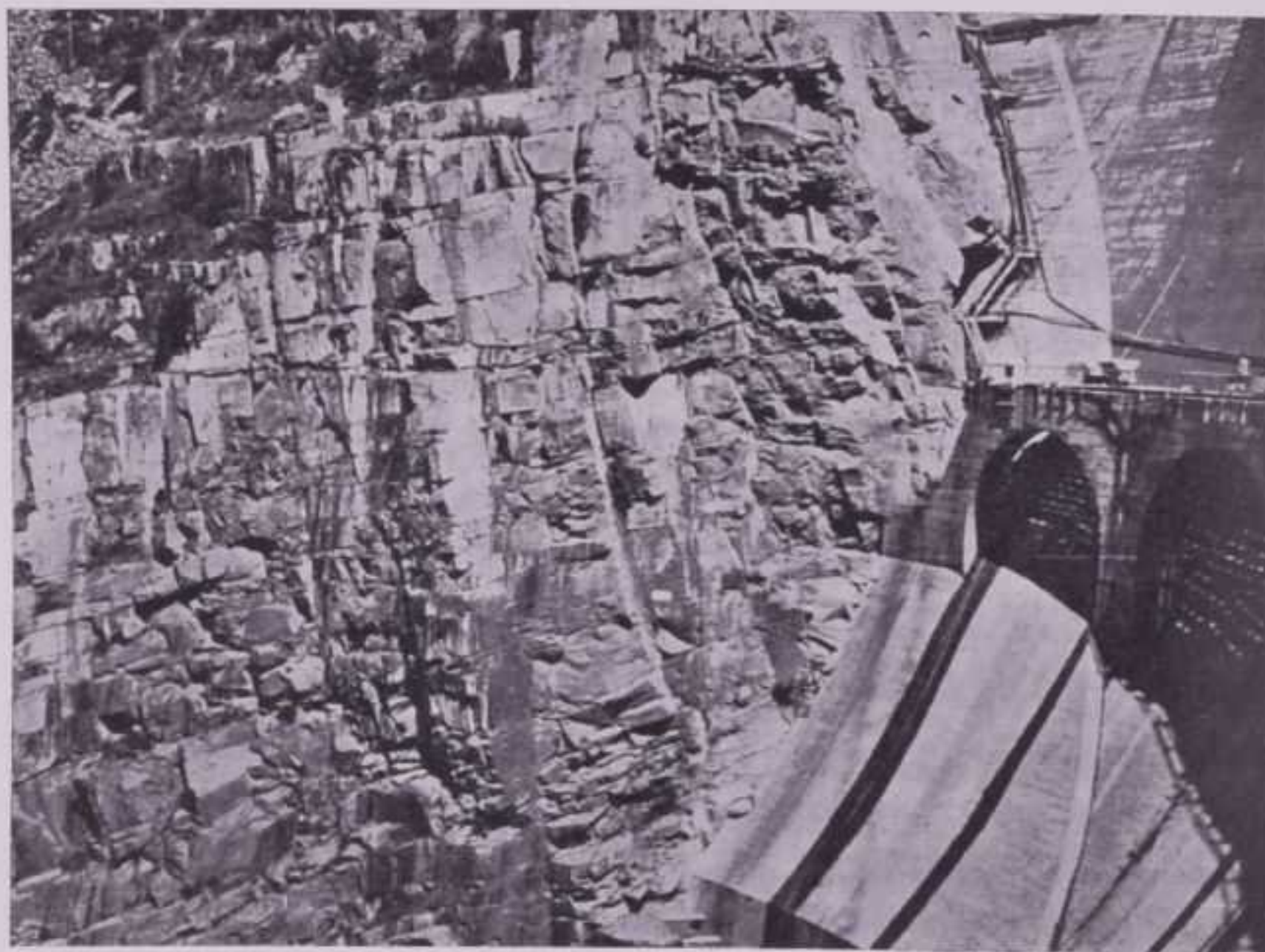


FIG. 16 - Il fianco destro della diga di Forte Buso in Val Trivigno.  
Si notino i regolari piani di fratturazione.

sultati favorevoli, mentre nel caso di notevole permeabilità del materiale si dovrà procedere ad iniezioni impermeabilizzanti oppure alla completa rimozione dello sfasciume e alla costruzione di un taglione in calcestruzzo spinto fino a una conveniente profondità. In questo caso si dovrà determinare mediante cunicoli e sondaggi l'estensione laterale e la profondità della zona cataclasata che si può presumere vada restringendosi verso il basso.

Sul fianco sinistro a valle della sezione d'imposta si notano delle grandi fessure subverticali con direzione N 30° W - S 30° E, che sembrano attraversare lo sperone e potrebbero interessarne l'impermeabilità: si deve ritenere che esse vadano chiudendosi in profondità, ma sarà comunque opportuno esplorarle.

Il fianco destro ha caratteristiche analoghe al sinistro fino ad una quarantina di metri sopra la strada: roccia sana con pareti quasi verticali; più in alto la pendenza diminuisce e la roccia, pur affiorando in molti punti, è generalmente coperta da un sottile strato dei suoi prodotti di disfacimento e da piccoli campi detritici.



Su entrambi i fianchi la roccia è in generale interessata da regolari sistemi di litoclasti e, specialmente nelle parti più alte a pendenza minore, il porfido è leggermente alterato dagli agenti atmosferici che gli conferiscono una tinta rugginosa e solcato da numerose ed esili fessure riempite di materiale ocraceo e terroso. Tuttavia anche i campioni raccolti in queste zone e in prossimità della fascia di disturbo sul lato sinistro hanno rivelato al microscopio, come si è detto, un'alterazione che si può ritenere normale in rocce così antiche e fenomeni di cataclasi molto ridotti con successiva ricementazione. L'incastro della diga nei fianchi dovrà però essere spinto fino alla roccia perfettamente sana e fresca, regolarizzando la superficie di appoggio con l'abbattimento di tutte le parti instabili ed eccessivamente fessurate. Per conoscere il volume dello sbancamento si dovranno eseguire anche in questo caso dei cunicoli d'assaggio su ambedue i fianchi, scaglionati a diverse altezze, che serviranno poi per prove di tenuta ed eventualmente per la determinazione in posto del modulo elastico della roccia e per le iniezioni cementizie.

Alla grande fessurazione del porfido si rimedierà con uno schermo impermeabilizzante spinto fino a conveniente profondità sul fondo e nei fianchi e ottenuto mediante iniezioni di cemento fluido a pressione non eccessiva per non sconnettere la roccia. A questo proposito è utile riportare alcuni dati, fornitici dalla SMIRREL (Serbatoi Montani per Irrigazione ed Elettricità) tramite il suo Direttore Tecnico Ing. Alessandro VECCELLIO che vivamente ringraziamo, relativi alla diga di Forte Buso in Val Travignolo costruita in condizioni geologiche molto simili a queste (Fig. 16).

Nei sondaggi esplorativi la percentuale di carotaggio fu dell'85 %; il valore delle perdite idriche nei 13 fori di prova è variato da 20 a 80 lit/mn.ml, in media 40 lit/mn.ml, con pressioni variabili da 1 a 8 atmosfere, fino ad una profondità di 80 m; oltre gli 80 m gli assorbimenti sono stati praticamente nulli anche alla pressione massima di 10 atmosfere, eccettuate alcune zone con perdite medie di 4-6 lit/mn.ml. Per le iniezioni impermeabilizzanti si adottò una miscela di cemento e acqua in proporzioni da 1:3 a 1:5 e in casi rari di cemento e bentonite con densità tra 30 e 60° Baumé; lo schermo impermeabilizzante fu ottenuto mediante due serie di iniezioni (una a monte ed una a valle) di cemento fluido ad una pressione massima di 50 atm. in fori del diametro di 50 mm, distanti tra loro 5 m e inclinati di 80°. Successivamente furono intercalate a queste delle iniezioni di prova verticali. La lunghezza media dei fori fu di 40 m e gli assorbimenti di cemento risultarono mediamente di 3,01 ql/ml e 4,01 ql/mq.

#### PROPRIETÀ TECNICHE DELLA ROCCIA.

Sebbene il porfido si presenti a volte un po' alterato superficialmente, le prove tecniche eseguite nel *Laboratorio per le prove sui materiali da costruzione* annesso alla Facoltà d'Ingegneria dell'Università di Padova su campioni raccolti nel campo detritico del fianco destro, a valle della sezione d'imposta, hanno dimostrato che esso possiede ancora ottime proprietà di resistenza e di compattezza, notevolmente superiori a quelle richieste dalla stabilità dell'opera.

Le prove di resistenza alla compressione e di imbibizione hanno dato i seguenti risultati:



Dimensioni del provino in cm.	Coefficiente di imbibizione (dopo 48 ore)	Carico di rottura in Kg/cm <sup>2</sup>	Peso di volume in Kg/dmc
6,6 × 6,5 × 6,3	0,58 %	2408	2,545
6,6 × 6,6 × 6,5	0,70 %	2726	2,550

E' da notare che l'assorbimento d'acqua ha raggiunto il massimo dopo 24 ore e che il peso di volume è risultato un po' basso perchè non si è tenuto conto delle smussature agli spigoli dei provini.

Da una media di 17 misure eseguite col picnometro su frammentini di cinque campioni raccolti in punti diversi del serbatoio ed essiccati per 10 minuti in stufa a 110°, è risultato un peso di volume alla temperatura di 20° di

$$2,6065 \pm 0,0066 \text{ Kg/dmc}$$

Questa roccia è ottima anche per la preparazione del calcestruzzo e può essere ricavata in quantità sufficiente da una parete sul fianco destro, cento metri a valle della sezione d'imposta, a quota 780, dove si presenta particolarmente sana e compatta.

Si riportano qui di seguito per confronto e indicazione i risultati di alcune prove tecniche eseguite sul porfido di Forte Buso nel Laboratorio di Padova e in quello del Politecnico di Milano:

Resistenza alla compressione (48 prove)

media	2469 Kg/cm <sup>2</sup>
massima	2847 Kg/cm <sup>2</sup>
minima	1492 Kg/cm <sup>2</sup>

Modulo elastico

rilevato in laboratorio su due provini	280000 Kg/cm <sup>2</sup>
ottenuto con prove in sito per carichi non superiori ai 30 Kg/cm <sup>2</sup> (valore medio)	60000 Kg/cm <sup>2</sup>

GIAMBATTISTA DAL PIAZ - ARVEDO DECIMA



## CONCLUSIONI

Riassumendo le considerazioni sopra esposte si può ritenere che non vi siano dubbi sull'impermeabilità della zona destinata a costituire il serbatoio:

1) perchè la sua posizione topografica esclude in modo assoluto la possibilità di perdite verso bacini adiacenti;

2) per la natura della roccia che costituisce completamente il serbatoio pur sotto una più o meno potente coltre di depositi quaternari.

Le qualità di resistenza della roccia e la sua compattezza, quando sia stata asportata la parte superficiale più fratturata, danno inoltre ampie garanzie di sicurezza per la stabilità delle fondazioni della diga.

L'unico punto delicato della località di sbarramento è la zona di disturbo del fianco sinistro, che essendo però molto limitata in senso trasversale potrà essere facilmente risanata.

Nella sezione d'imposta si ritengono necessari i seguenti lavori preparatori di accertamento:

1) dei sondaggi meccanici per rilevare il profilo e le condizioni della roccia in posto sul fondo;

2) dei sondaggi e dei cunicoli scaglionati a diverse altezze sui fianchi per riconoscere la profondità della zona di alterazione superficiale e per poter effettuare delle prove di tenuta, di deformabilità e di cementazione.

Successivamente si dovrà eseguire sui fianchi e sul fondo un esteso sbancamento per regolarizzare la superficie d'appoggio della diga e per raggiungere ovunque la roccia fresca e compatta.

Dovrà infine essere previsto un diaframma di tenuta su tutta la sezione d'imposta, fino a conveniente profondità, da realizzarsi mediante iniezioni di cemento che tengano possibilmente conto dell'andamento prevalente dei piani di frattura.

*Padova, 27 dicembre 1956.*

*Istituto di Geologia dell'Università e Centro di studio per la petrografia e la geologia del C. N. R.*

GIAMBATTISTA DAL PIAZ - ARVEDO DECIMA

Consulenti geologi della Società Idroelettrica Alpina



## BIBLIOGRAFIA

1. ANDREATTA C. *Rapporto fra colate laviche e coperture di tufi in una zona meridionale del sistema dei porfidi atesini (Altopiano di Piné)*. Rend. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sc. F. M. N., ser. VIII, vol. VI, pp. 563 - 569, 1949.
2. ANDREATTA C. *Il complesso dei porfidi quarziferi atesini - Notizie geologiche e petrografiche*. Relazione tenuta al I Congresso Intern. del Porfido, Trento, 3-4 giugno 1950.
3. ANDREATTA C. *Notizie sulla costituzione del complesso effusivo permiano del Trentino-Alto Adige*. Rend. Soc. Min. Ital., anno VI, pp. 48 - 53, 1950.
4. ANTOLINI P. *Il parallelismo dei piani di fessurazione del porfido di Lagorai*. Studi Trent. Sc. Nat., a. XXVI, pp. 52 - 57, Trento 1949.
5. BAGGIO P. *Geologia e petrografia della Val Travignolo nei dintorni di Forte Buso (Trentino orientale)*. Mem. Museo St. Nat. Venezia Tridentina, anno XIX, vol. XI, pp. 1 - 47, con 4 fig. e 7 tav. f. t., 1956.
6. BILLINGS H. G. *Structural geology*. Prentice Hall, New York, 1942.
7. BUCHER W. H. *The mechanical interpretation of joints*. Journ. of Geol., vol. XXVIII, pp. 716 - 718, Chicago, 1920.
8. BUCHER W. H. *The stereographic projection. A handy tool for the practical geologist*. Journ. of Geol., vol. LII, pp. 191 - 212, Chicago, 1944.
9. COLOMBA L. *Porfidi*. Encicl. It., vol. XXVII, pp. 942 - 945, 1935.
10. DAL PIAZ Gb. *Le alluvioni interglaciali dell'alta Valle della Rienza (Alto Adige)*. Boll. Com. Glac. It., n. 15, pp. 51 - 55, 1935.
11. DAL PIAZ Gb. *Relazione geologica di massima sul progetto che prevede l'impianto di una diga a serbatoio sul Torrente Ega in località Canopi (Alto Adige presso Bolzano)*. Padova, 1949.
12. DAL PIAZ Gb. *Geologia applicata alla creazione delle dighe di sbarramento e dei serbatoi idraulici (appunti delle lezioni)*. Padova, 1952.
13. DAL PIAZ Gb. *Il problema geologico della diga e del serbatoio idraulico di Publino in Provincia di Sondrio. Impianto idroelettrico costruito dalla Società Acciaierie e Ferriere Lombarde Falck di Milano*. Mem. Ist. Geol. e Min. Univ. Padova, vol. XVII, con 3 fig. e 6 tav., Padova, 1953.
14. DESIO A. *Geologia applicata all'Ingegneria*. U. Hoepli, Milano, 1949.
15. FAIRBAIRN H. W. *Structural petrology of deformed rocks*. Addison-Wesley Press Inc., New York, 1949.
16. KLEBELSBERG von R. *Geologie von Tirol*. Borntraeger, Berlin, 1935.
17. LAHEE F. *Field geology*. Mc. Graw-Hill Book Comp. Inc., New York, 1952.



18. LEONARDI P. *Note sulla tettonica della regione dolomitica*. Studi Trent. Sc. Nat., vol. XVII, fasc. 2, pp. 133 - 163, con 6 fig., 6 tav. f. t. e 1 cartina geologica, Trento 1936.
19. LEONARDI P. *Geologia del territorio di Cavalese (Dolomiti Occidentali)*. Mem. Museo St. Nat. Ven. Trid., vol. IV, f. 2, pp. 140 - 198, 1937.
20. LEONARDI P. *Saggio di sintesi tettonica delle Dolomiti Orientali*. Boll. Soc. Geol. Ital., vol. LIX, pp. 309 - 326, con 3 fig. e 1 tav. f. t., Roma, 1940.
21. LEONARDI P. *Schema tettonico della regione dolomitica veneto-tridentina*. Padova, 1943.
22. LEONARDI P. *Breve sintesi geologica delle Dolomiti Occidentali*. Boll. Soc. Geol. Ital., vol. LXXIV, fasc. I, pp. 3 - 80, con 11 fig., 38 tav. f. t. e 1 carta geologica, Roma 1955.
23. LEONARDI P. e ROSSI D. *I porfidi quarziferi di S. Leonardo nell'Alto Adige sud-orientale*. Boll. Soc. Geol. Ital., vol. LXXV, pp. 1 - 9 dell'estratto, con 1 fig. e 3 tav. f. t., Roma, 1956.
24. LUGEON M. *Sur la fréquence dans les Alpes des gorges épigénétiques*. Bull. Laboratoire Géol. Univ. Lausanne, n. 2, pp. 43, 9 pl., 1901.
25. LUGEON M. *Barrages et géologie, Méthodes de recherches, terrassement et imperméabilisation*. Librairie de l'Université F. Rouge et C.ie, Lausanne, 1933.
26. MARTELLI A. *Sul porfido quarzifero della Val d'Ega*. Periodico di Min., anno 1, n. 3, pp. 1 - 10, con 2 tav. e un'analisi chimica, 1930.
27. MOOS von A. und F. de QUERVAIN. *Technische Gesteinskunde*. Verlag Birkhäuser, Basel, 1948.
28. NEVIN C. M. *Principles of structural geology*. John Wiley inc., New York, 1949.
29. NICOLARDI A. *L'acquedotto di Bolzano*. Soc. It. Tip. Ed., 1938.
30. PHILLIPS F. C. *The use of stereographic projection in structural geology*. Edward Arnold (Publishers) Ltd., London, 1954.
31. ROVERETO G. *Trattato di Geologia Morfologica (Geomorfologia)*. U. Hoepli, Milano, 1924.
32. SWANSON C. O. *Notes on Stress, Strain and Joints*. Journ. of Geol., vol. XXXV, pp. 193 - 223, 1927.
33. TRENER G.B. *Note illustrative della Carta geologica delle Tre Venezie, Foglio Trento*. Uff. Idr. Mag. Acque, Sez. Geol., Padova, 1933.
34. VARDABASSO S. *Sulla tettonica della piattaforma porfirica atesina tra Bolzano e Trento*. Atti Soc. Ven. Trent. Istr., vol. XVI, pp. 51 - 60, Padova, 1925.
35. VARDABASSO S. *La linea della Vallarsa (Brantental)*. Nuovo contributo alla conoscenza della tettonica della piattaforma porfirica atesina. Atti Acc. Scient. Ven. Trent. Istr., vol. XIX, Padova, 1928.
36. VARDABASSO S. *Profili geologici attraverso le Dolomiti Occidentali*. Pubbl. Sez. Geol. Uff. Idr. Mag. Acque di Venezia, Padova, 1931.
37. VARDABASSO S. *La piattaforma porfirica atesina; sua struttura geologica e funzione tettonica*. Atti Soc. Ital. Progr. Scienze, XX Riunione (1931), vol. II, pp. 279 - 280, Roma, 1932.
38. WOLFF von F. *Beiträge zur Petrographie und Geologie des Bozener Quarzporphyrs*. Neues Jahrbuch für Min. Geol. und Palaeontol., Beilage-Band XXVII, Stuttgart, 1909.



## I N D I C E

ELEMENTI IDROTECNICI . . . . .	pag.	3
PREMESSE . . . . .	„	3
DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI . . . . .	„	5
CONSIDERAZIONI . . . . .	„	13
IL SERBATOIO E LA DIGA DI CANOPI . . . . .	„	15
GENERALITÀ . . . . .	„	15
MORFOLOGIA E GEOLOGIA . . . . .	„	17
SERIE DEI TERRENI . . . . .	„	18
Quaternario . . . . .	„	18
Porfidi quarziferi del Permiano . . . . .	„	21
TETTONICA . . . . .	„	23
I sistemi di litoclasti e la loro interpretazione genetica . . . . .	„	24
SORGENTI . . . . .	„	27
IMPERMEABILITÀ DEL SERBATOIO . . . . .	„	27
LA ZONA D'IMPOSTA DELLA DIGA . . . . .	„	28
MORFOLOGIA, CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA E PROBLEMI TECNICI . . . . .	„	28
PROPRIETÀ TECNICHE DELLA ROCCIA . . . . .	„	30
CONCLUSIONI . . . . .	„	32
BIBLIOGRAFIA . . . . .	„	33







TAVOLA I.





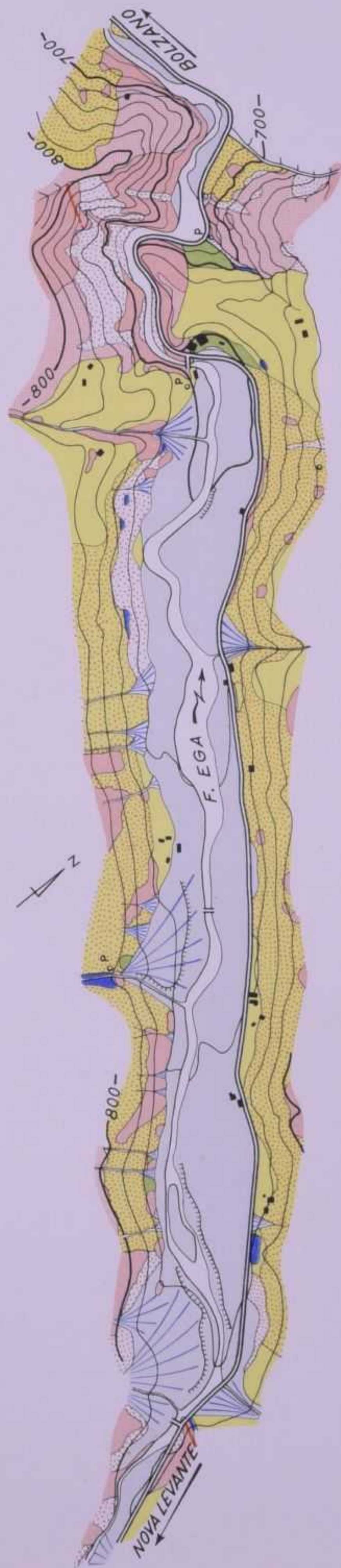


Gb. DAL PIAZ, A. DECIMA e A. MENECHINI - L'utilizzazione idroel. dell'Ega.

TAV. I.

# CARTA GEOLOGICA DELLA ZONA D'INVASO DEL SERBATOIO DI CANOPI IN VAL D'EGA

Rilevamento eseguito da A. DECIMA nell'estate 1952



SCALA 1 : 10.000

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  | Alvei torrentizi                         |  | Porfidi quarziferi permiani             |
|  | Alluvioni recenti                        |  | Porfidi con leggera copertura detritica |
|  | Detrito di fondo                         |  | Terrazzi alluvionali                    |
|  | Morene di fondo con blocchi arrotondati  |  | Coni di deiezione                       |
|  | Morene superficiali con blocchi angolosi |  | Faglie                                  |
|  | Depositi fluvio-glaciali                 |  | Sorgenti perenni e temporanee           |
|  | Alluvioni interglaciali                  |  |   |







TAVOLA II.



## SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA II.

---

Carta geologica della zona di Canopi in Val d'Ega rilevata da A. DECIMA  
nell'estate 1952.

1. Alvei torrentizi, strade e rilevati stradali.
2. Alluvioni recenti.
3. Detriti di falda.
4. Morene con blocchi arrotondati.
5. Morene con blocchi angolosi.
6. Depositi fluvio-glaciali.
7. Alluvioni interglaciali.
8. Porfidi quarziferi permiani.
9. Porfidi con leggera copertura detritica.
10. Conoide di deiezione.
11. Faglia.
12. Sorgenti.







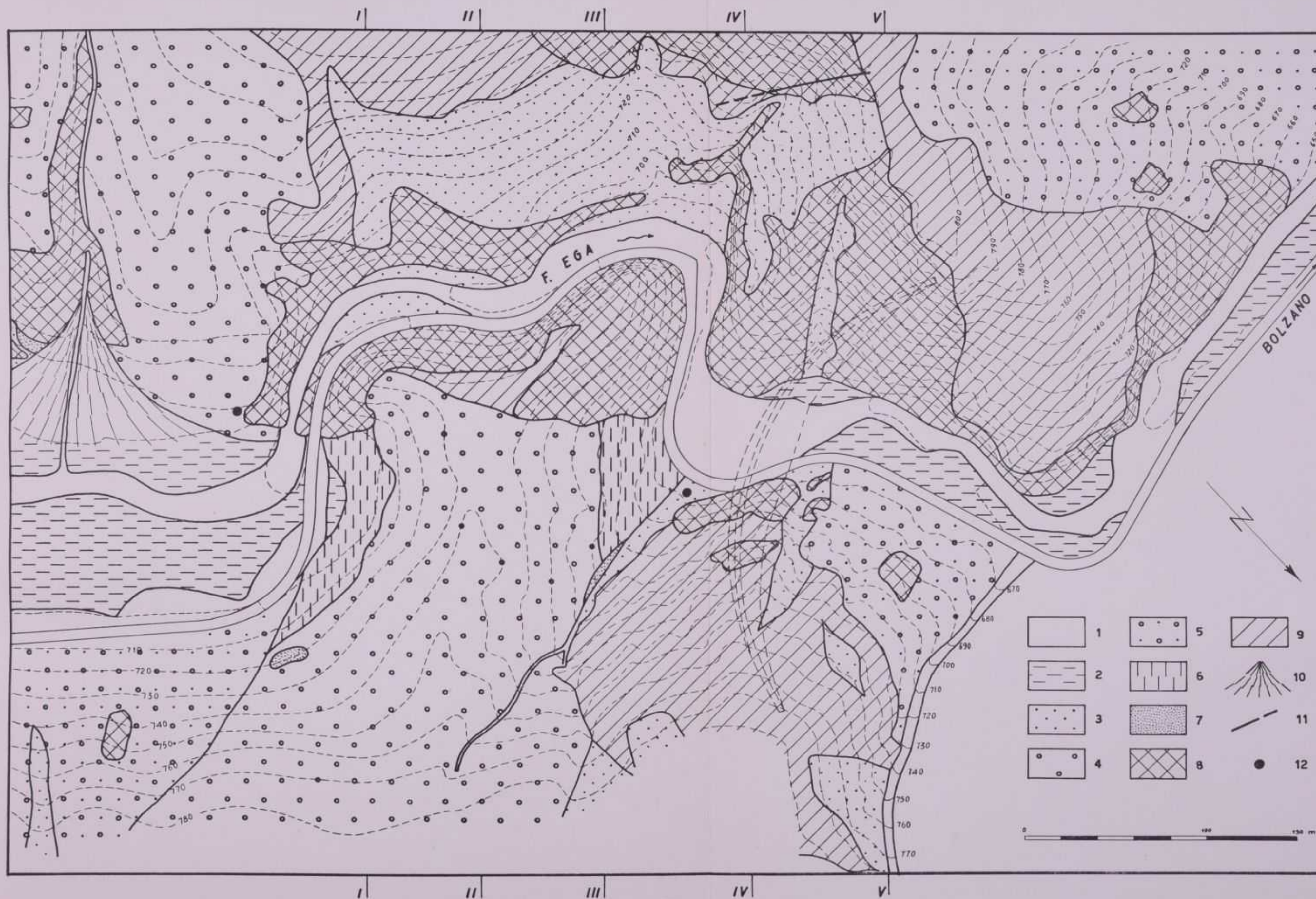








TAVOLA III.



### SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA III.

---

Profili geologici trasversali della Val d'Ega presso Canopi, visti da valle.  
Le tracce dei profili I, II, III, IV e V sono indicate nella Tav. II; il profilo VI corrisponde alla sezione d'imposta della diga sviluppata.

1. Alluvioni attuali e recenti.
2. Detrito di falda.
3. Morene.
4. Depositi fluvio-glaciali.
5. Alluvioni interglaciali.
6. Porfidi quarziferi permiani.
7. Faglia.
8. Zona di brecciatura tettonica.



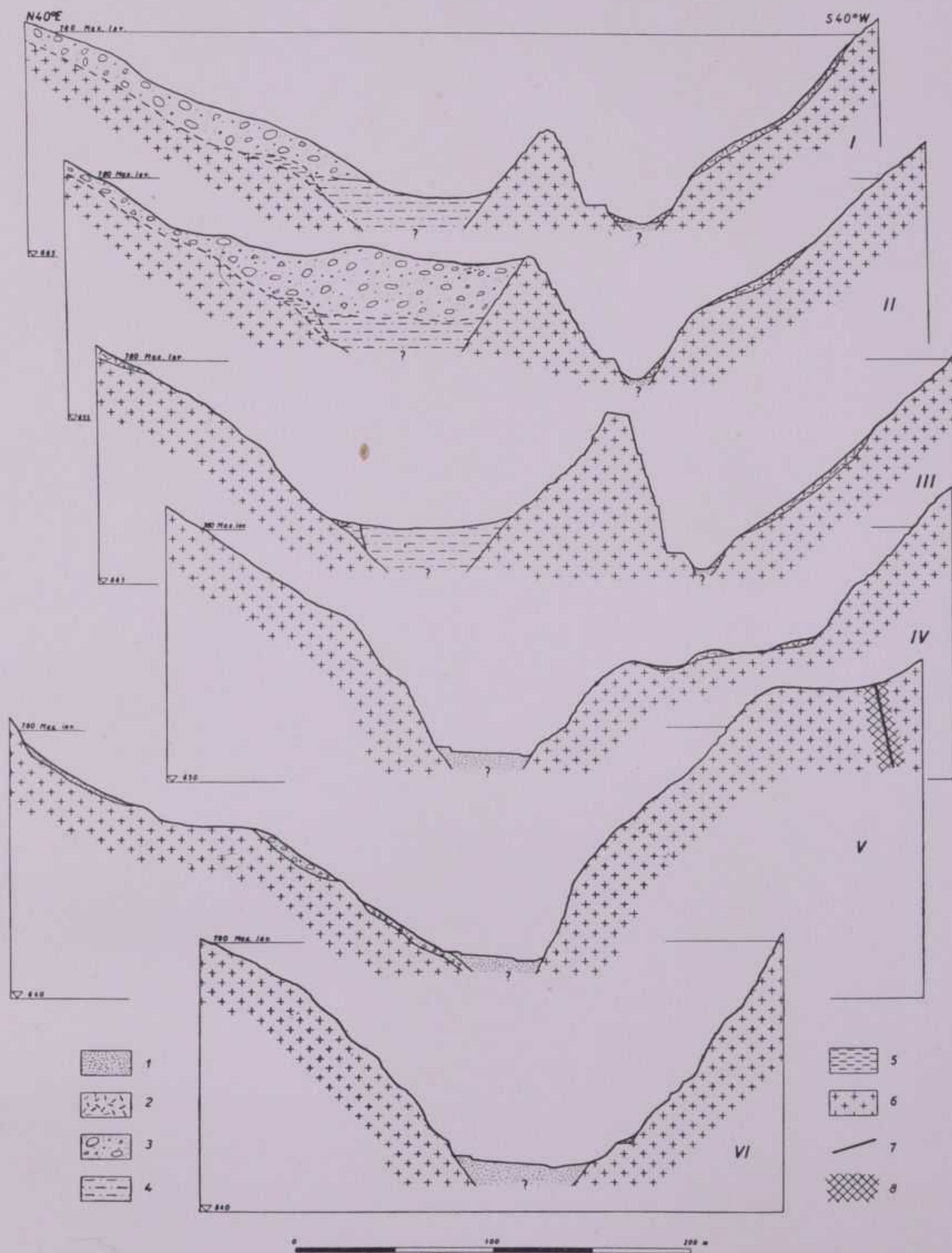








TAVOLA IV.



#### SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA IV.

FIG. 1. - Grosso fenocristallo di quarzo parzialmente riassorbito con intrusioni della massa di fondo nel suo interno. (Nicols incrociati, ingr. 21  $\times$ ).

FIG. 2. - Porfido a struttura quasi tufacea con elementi scheggiati; in alto a destra un cristallo con associazione micropertitica tra ortoclasio e plagioclasio. (Nicols incrociati, ingr. 21  $\times$ ).

FIG. 3. - In alto a destra è visibile un granato e dell'ortoclasio con fratture riempite da calcite; in basso pacchetti di lamelle biotitiche in parte cloritizzate con segregazione granulare di magnetite e formazione di epidoti. (Solo polarizzatore, ingr. 21  $\times$ ).

FIG. 4. - Grosso fenocristallo plagioclasico fratturato e successivamente ricementato. (Nicols incrociati, ingr. 21  $\times$ ).





FIG. 1



FIG. 2

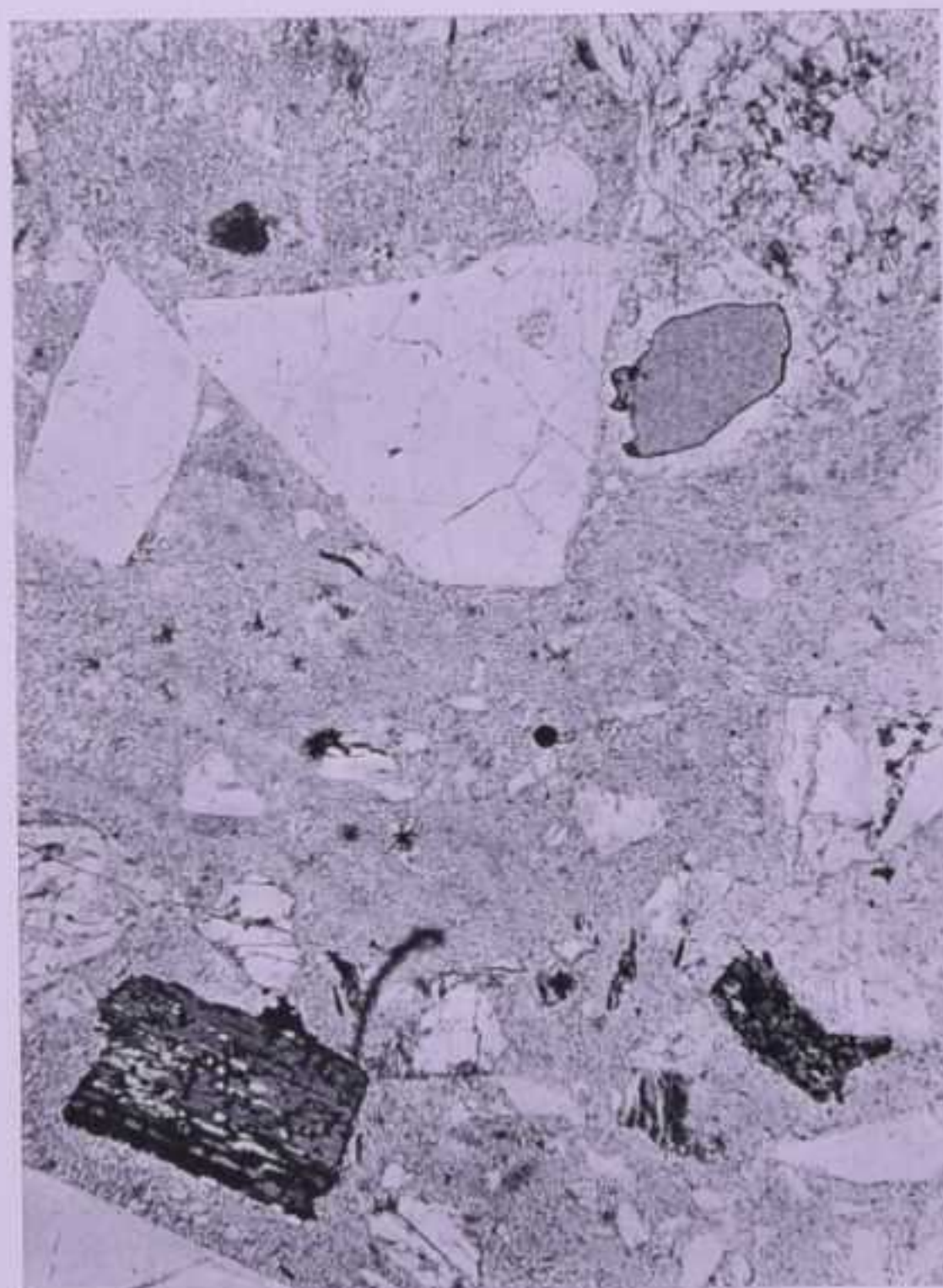


FIG. 3



FIG. 4



