

FRANCO PETRUCCI (*), MARISA CAREGGIO (**), & RENATO CAVAZZINI (**)

INDAGINI GEOFISICHE SUL FONDOVALLE VALTELLINESE (dal Lago di Como a Teglio, prov. di Sondrio) (***)

ABSTRACT: PETRUCCI F., CAREGGIO M. & CAVAZZINI R.,
Geophysical examination of the Quaternary deposits in the Valtellina Valley floor (from Lake Como to Teglio, Sondrio Province, Italy) (IT ISSN 0084-8948, 1982).

An investigation was made of the lithostratimetry of the Quaternary deposits lying under the present Valtellina Valley floor, the facies and sedimentary environment relationships, and the pattern of the rock substrate corresponding to the lowest limit of the maximum glacial scouring. Thirty-two vertical electrical soundings were performed for this purpose. Coupled with direct investigation of the local Quaternary Geology, their results enabled the conclusions illustrated in table 1 to be reached. It will be recalled that the Parma University Department of Geology, directed by prof. Sergio VENZO, has been studying the Valtellina Quaternary for some thirty years. The results of this work can be seen in the monograph: "*Gli stadi tardo-würmiani nelle Alpi insubriche valtellinesi*" (VENZO, 1971) and in other papers published in cooperation with the University of Milan, Petrography Department.

Analysis of the geophysical data and their geological, lithostratimetric and environmental interpretation starting from the furthest expansion of the Valtellina I Stage, have led to new and unexpected results with regard to the Quaternary deposits that fill the post-glacial cirque stretching from Lake Como to Teglio. The results were surprising insofar as it might have been expected that coarse sediments, such as morainic, fluvio-glacial, or fluvial sediments, would be found, interspersed with a few restricted lacustrine or fluvio-lacustrine episodes, and new to extent that they led to the conclusion that the valley floor is covered by tens of metres of lacustrine materials, overlain by fluvial and gravel deposits up to the present surface. Thick, continuous lacustrine sedimentation has occasionally been interrupted by fan deposits that descend from the side valleys to form deltas in the waters of the lake.

The insinuation of lake into the valley to the East of Morbegno was due to the fact that the level of Lake Como was higher throughout Valtellina I Stage. During Stage II, the Culmine del Dazio threshold determined the development of the middle part of the valley as far as Rogna for some time, and created a valley lake that extended for several kilometres. In the middle valley, there is more coarse material than in the lower valley, due to the local orography. In the two valley segments, filling by lake deposits obviously took place in successive periods, i.e. in Stages I and II in the West and East sections respectively.

The fluvial cover of the Adda on both lake basins points to regular fluvial (post-Bühl) deposition after the lakes were filled in. The thickness of the sediments that run down the river bed in question for about 60 km are indicative of regular repetition of transportation and fluvial deposition. The classification of these sediments is completely normal, and there are appreciable percentages of thin fractions several kilometres upstream before the lake is reached. This state of affairs is only interrupted locally by lateral contributions.

The continuous presence of lithologies with fine particle fractions, over 100 metres thick in some places, referable to lacustrine deposits had cast doubt on the lithostratimetric interpretation on the basis of the geophysical results. Careful analysis of the geological and environmental conditions from the Valtellina I Stage down to the present time provided a congruent picture of the geophysical data with a possible geological interpretation. The water did not run along the valley floor due to the presence of the lakes. The fluvial and fluvio-glacial materials came to a halt either near Culmine di Dazio or at the level of Ponte in the two distinct periods, and formed ordinary deltas at the outlet into each lake. Attention can usefully be drawn to the original surface of the trough scoured by glaciers. Near Caiolo (vertical sounding 3), this was 60 m lower than the level of Lake Como during the Valtellina I Stage. This basic level, therefore, is valid not only for the lower valley as far as Culmine, but may also have made its influence felt as far as Teglio or thereabouts in the middle of the valley, at any rate for a certain time after the retreat of Valtellina I Stage.

Geological studies in the Culmine area between the lower Masino and Tartano valleys would appear to have made it sufficiently clear that the area may have been influenced by movements between the Valtellina I and the Bühl stages that either prolonged or brought about damming of the valley bottom, with the formation of a lake upstream on the retreat of Stage I. A certain degree of lively tectonic activity has also been observed to the East of Sondrio, as far as Teglio. The Quaternary tectonic data mentioned here should be reviewed in a careful investigation with the assistance of petrographers, since substrate specialists alone would be in a position to substantiate recent recommencement of tectonic disturbances in an area that has been the scene of such heavy displacement, even in the past.

The main questions posed in this study can be answered as follows: a) the Quaternary cover reaching up from the valley bottom to the present surface includes extensive, thick lacustrine sediments; b) these sediments are covered by fluvial deposits with a uniform thickness that decreases as one moves downhill, and with

(*) Istituto di Geologia, Paleontologia e Geografia dell'Università degli Studi di Parma. Dir.: prof. G. PELOSIO.

(**) Osservatorio Meteorologico dell'Università degli Studi di Parma. Dir.: prof. A. L. METNIEKS.

(***) Lavoro eseguito nell'ambito dell'«Unità di Ricerca per gli Studi sul Quaternario Padano» del Gruppo C.N.R. per i Problemi Geologici della Regione Alpino-Padana, con il contributo finanziario del Comitato Nazionale per le Scienze Geologiche e Minerarie del CNR.

Si ringraziano il dott. P. REGNOLI e il dott. A. ZERILLI che hanno collaborato con noi nel lavoro di campagna e nell'interpretazione dei diagrammi di resistività. Si ringraziano pure i sigg. WALTER BELICCHI e BARTOLOMEO CONSIGLI, tecnici ausiliari dell'Istituto di Geologia per il prezioso aiuto fornitoci sul terreno.

transitions to fine lithologies (sand, silt) near the lake; c) the thickness of the alluvial "mattress", thought to be of the order of 100 metres by VENZO (1971), can now be regarded as generally greater and often more than 200-250 metres in the light of the present result. This is illustrated in the sections in table 1.

RIASSUNTO: PETRUCCI F., CAREGGIO M. & CAVAZZINI R., *Indagini geofisiche sul fondovalle valtellinese (dal Lago di Como a Teglio, prov. di Sondrio)* (IT ISSN 0084-8948, 1982).

La ricerca ha avuto lo scopo di determinare la litostratimetria dei depositi quaternari sepolti sotto l'attuale fondovalle valtellinese e di definire la profondità del contatto fra questi e il top del substrato roccioso. Lo studio si è avvalso di un'indagine geofisica basata su 32 sondaggi elettrici verticali distribuiti lungo 57 km di fondovalle.

La Cronostratigrafia e Geologia dei depositi quaternari di questa regione cui si fa riferimento nel lavoro è quella esposta da S. VENZO. Rilievi e revisioni originali sul terreno hanno riguardato in particolare i depositi quaternari in affioramento sotto l'aspetto geologico-stratigrafico e tettonico, ai fini di una migliore interpretazione dei depositi sepolti. Nel corso dell'indagine sono emerse alcune considerazioni di Tettonica recente suscettibili di ulteriori sviluppi. I risultati ottenuti possono essere sintetizzati come segue: a) lo spessore del materiale alluvionale nel fondovalle è generalmente superiore ai 100 metri e spesso supera i 200-250 metri; b) il colmamento della conca glaciale è attribuito ad una spessa coltre di sedimenti lacustri, talora interrotta dall'apporto delle conoidi laterali. Il fondovalle doveva essere diviso in due distinte aree lacuali, la prima a W del Culmine di Dazio, la seconda ad E; c) dopo la fase di riempimento dei laghi lungo l'intero fondovalle si è sovrapposta la regolare deposizione fluviale fino ai giorni nostri.

TERMINI-CHIAVE: Geofisica; Quaternario; Glaciazione; Neotettonica; Alpi Centrali.

PREMESSA

Il Quaternario Valtellinese è stato oggetto di approfondite indagini da parte di Sergio VENZO per circa un trentennio. L'importante monografia « *Gli stadi tardo-würmiani nelle Alpi insubriche valtellinesi* » (VENZO, 1971) sintetizza l'accurato lavoro di ricerca e la dettagliata cartografia sugli eventi tardo-pleistocenici e olocenici nella media e bassa Valtellina e relative valli tributarie.

A questa minuziosa analisi mancava una più diretta conoscenza dei depositi sottostanti l'attuale copertura fluviale della valle fino al substrato roccioso. Per questo il

prof. VENZO ci invitava, già nel 1976, ad intraprendere una campagna di prospezioni geoelettriche sul fondovalle per stabilire la consistenza, la natura dei depositi quaternari, il contatto substrato roccioso-sedimenti continentali e giungere così a una ricostruzione della litostratimetria e dei rapporti spazio-temporali dei diversi sedimenti sino ai giorni nostri.

In questa sede vengono presentati i risultati ottenuti, frutto di un impegno di oltre quattro anni di lavoro di équipe. Ai numerosi problemi che si sono presentati non sempre si è potuto rispondere, ma nella globalità si pensa di aver dato un contributo scientifico positivo. Ci si permetta di aggiungere che in tanti anni di ricerca, questa è stata un'indagine molto sofferta, forse anche perché ha visto la scomparsa del prof. Sergio VENZO nella fase centrale del lavoro; a Lui infatti si faceva spesso riferimento per consigli e suggerimenti.

L'area studiata si estende per circa 57 km dal lago di Como a Teglio (fig. 1); non si è ritenuto opportuno procedere ancora verso monte da questa località, in quanto il fondovalle si restringe qui notevolmente quasi ad assumere un aspetto di valle torrentizia che per caratteristiche morfologiche mal si presta a stendimenti geofisici. Nel lavoro vengono considerati solo i sondaggi elettrici che si sono stimati utili per la profondità raggiunta, sempre superiore ai cento metri. Di quelli meno profondi non si fa riferimento diretto come pure di alcuni profili sismici (sismica leggera) limitati in profondità a causa della mancanza di un « impattatore meccanico » indispensabile per energizzare una coltre alluvionale così spessa come quella incontrata e raggiungere il substrato roccioso.

I sondaggi elettrici verticali utili sono 32, con una frequenza media di un sondaggio ogni 1 800 metri sui 57 km di fondovalle studiato.

La presenza di strade, case, centri abitati, ferrovia elettrificata, linee elettriche, ecc., ha sempre condizionato la lunghezza degli stendimenti e la loro ubicazione, limitando le possibilità di indagine.

La larghezza del fondovalle si aggira mediamente intorno ai 1 500 metri e solo talvolta supera i 2 km. Spesso la piana fluviale è interrotta più o meno bruscamente da numerose conoidi che scendono dalle valli laterali.

In particolare, la grande conoide di Ponte in Valtellina (sul lato E dell'area; tav. 1, sez. A-B-C), ha impedito di eseguire almeno due sondaggi essenziali alla regolare frequenza delle informazioni geoelettriche lungo il profilo di fondovalle; questa interruzione è visibile nella sezione elettrostratigrafica di tav. 1; il profilo è stato invece rappresentato nella relativa sezione stratigrafica interpretativa. Analoga situazione si è incontrata all'altezza del Culmine di Dazio, a causa del dosso roccioso che interrompe l'andamento regolare della valle e delle due conoidi di Talamona e Tartano che riducono il fondovalle all'alveo dell'Adda. Anche in questo tratto la sezione elettrostratigrafica subisce un'interruzione (tav. 1, sez. A-B-C).

Nonostante le difficoltà che potevano essere superate solo con interruzioni della viabilità, taglio del bosco, ecc., possibili a squadre geofisiche operanti a livello industriale, i 32 sondaggi hanno raggiunto profondità soddisfacenti.

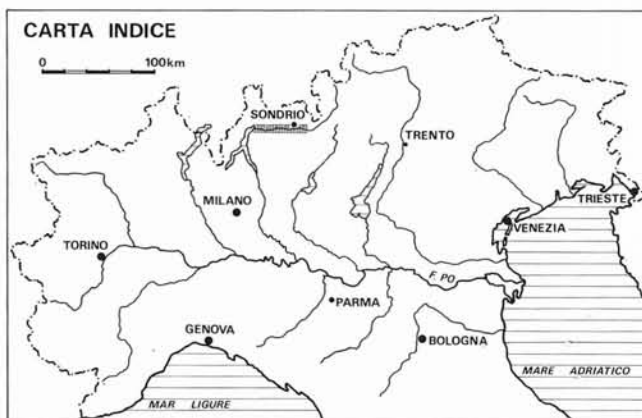


FIG. 1 - Carta indice.

Si deve pure segnalare la scarsità di dati stratigrafici profondi desunti da pozzi, utili per confrontare i risultati geoelettrici con le relative litologie (¹).

La conoscenza dei fenomeni geologici generali e soprattutto locali durante il tardo Quaternario è servita alle indispensabili correlazioni per l'interpretazione dei dati; misure parametriche di resistività sono state eseguite su depositi tipici locali in affioramento e su litotipi del substrato roccioso. Particolare attenzione è stata rivolta alla Linea Insubrica ed ai numerosi disturbi tettonici, più o meno ortogonali ad essa, compresa la Linea del Porcile, che sono in rapporto con il fondovalle. Movimenti recenti devono essere presenti in zona e aver interessato il fondovalle e i versanti immediatamente adiacenti, come si è potuto verificare nella zona circostante il Culmine di Dazio e in altre aree.

La presente ricerca è stata oggetto di una « nota preliminare » su questa stessa rivista (PETRUCCI, CAREGGIO & CAVAZZINI, 1979). I risultati già pubblicati, su un profilo lungo circa 37 km con 6 sondaggi elettrici verticali utili, sono sostanzialmente concordanti con quanto esposto in questa sede.

INDAGINI GEOFISICHE

Come già illustrato ampiamente nella citata nota preliminare, lo studio geofisico della Valtellina ha avuto lo scopo di individuare e differenziare i depositi quaternari costituenti il fondovalle e di riconoscere, nei limiti delle possibilità del metodo, l'andamento e la profondità del substrato roccioso dal lago di Como (Colico) a Toglio.

La prospezione è stata effettuata utilizzando il dispositivo quadripolare di Schlumberger, mediante 40 sondaggi elettrici verticali (S.E.V.) alcuni dei quali parametrici, distribuiti nel modo più uniforme possibile, ora in sponda sinistra, ora in sponda destra del Fiume Adda parallelamente alla valle.

L'ubicazione e il numero d'ordine di 32 di questi sono riportati nella tav. 1, mentre nella tab. 1 è definita l'ubicazione dei singoli siti con l'approssimazione di 10 m. La lunghezza massima dello stendimento elettrodo è stata compresa in genere fra 500 e 1 000 m, compatibilmente con le caratteristiche topografiche dell'area. Purtroppo, la possibilità di ampliare maggiormente la linea di corrente e di conseguenza la profondità della prospezione è stata spesso limitata dalla necessità di evitare la vicinanza delle installazioni industriali, ma soprattutto delle numerose linee elettriche ad alta tensione e della linea ferroviaria. Nonostante le precauzioni prese, non sempre si è riusciti ad eliminare del tutto i disturbi dovuti alle « correnti parassite » e, allo scopo di ridurre al minimo l'influenza

(¹) Si ringrazia l'amico prof. Vincenzo FRANCANI per averci messo a disposizione le stratigrafie profonde di alcuni pozzi perforati in zona e per averci inoltre assicurato che le informazioni in nostro possesso sul sottosuolo del fondovalle valtellinese sono le uniche disponibili, avendo egli stesso curato una indagine idrogeologica per conto dell'Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR.

TABELLA 1

DESIGNAZIONE DEL PUNTO CON L'APPROSSIMAZIONE DI 10 m

S.E.V.	Fuso	Zona	Quadrato di 100 Km	Est	Nord
1	32	T	NS	7126	1324
2	32	T	NS	6879	1304
3	32	T	NS	6279	1268
4	32	T	NS	5194	1318
5	32	T	NS	4574	0945
6	32	T	NS	4039	0966
7	32	T	NS	3933	0982
8	32	T	NS	3874	1085
9	32	T	NS	3611	1026
10	32	T	NS	3782	1014
11	32	T	NS	3953	1050
12	32	T	NS	4154	0998
13	32	T	NS	4474	1016
14	32	T	NS	5068	1223
15	32	T	NS	5359	1240
16	32	T	NS	5550	1293
17	32	T	NS	5796	1230
18	32	T	NS	6477	1234
19	32	T	NS	5536	1211
20	32	T	NS	5686	1195
21	32	T	NS	5953	1157
22	32	T	NS	6574	1262
23	32	T	NS	6147	1185
24	32	T	NS	8191	1207
25	32	T	NS	8074	1266
26	32	T	NS	8103	1211
27	32	T	NS	7888	1244
28	32	T	NS	7680	1337
29	32	T	NS	7950	1418
30	32	T	NS	3373	1051
31	32	T	NS	2950	1119
32	32	T	NS	3142	0990

sulle misure, l'esecuzione di molti sondaggi è risultata laboriosa e lunga. Per gli stessi motivi non è mai stato possibile eseguire delle prospezioni lungo allineamenti ortogonali.

I diagrammi di resistività ottenuti dalle misure di campagna mostrano di appartenere a due famiglie (fig. 2): una, in cui la parte terminale della curva tende più o meno rapidamente a valori alti, e una in cui il ramo finale è discendente.

Per l'interpretazione delle curve di resistività ci si è valse del metodo del « punto ausiliario »: per ogni modello ottenuto si è ricalcolata, con l'aiuto dell'elaboratore elettronico, la curva di resistività apparente, ottimizzando così ogni modello per approssimazioni successive.

Il primo gruppo di curve ha permesso di individuare la base dei depositi quaternari e quindi la profondità del substrato, o per lo meno il tetto della roccia tettonizzata; l'interpretazione dei grafici dell'altro tipo ha invece sollevato non poche perplessità.

Come è noto, al fine di ridurre, nella fase di interpretazione dei dati di campagna, le principali cause di indeterminazione inerenti al metodo geoelettrico, sono molto importanti sia i sondaggi parametrici eseguiti sugli affioramenti rocciosi, sia la correlazione diretta dei valori ri-

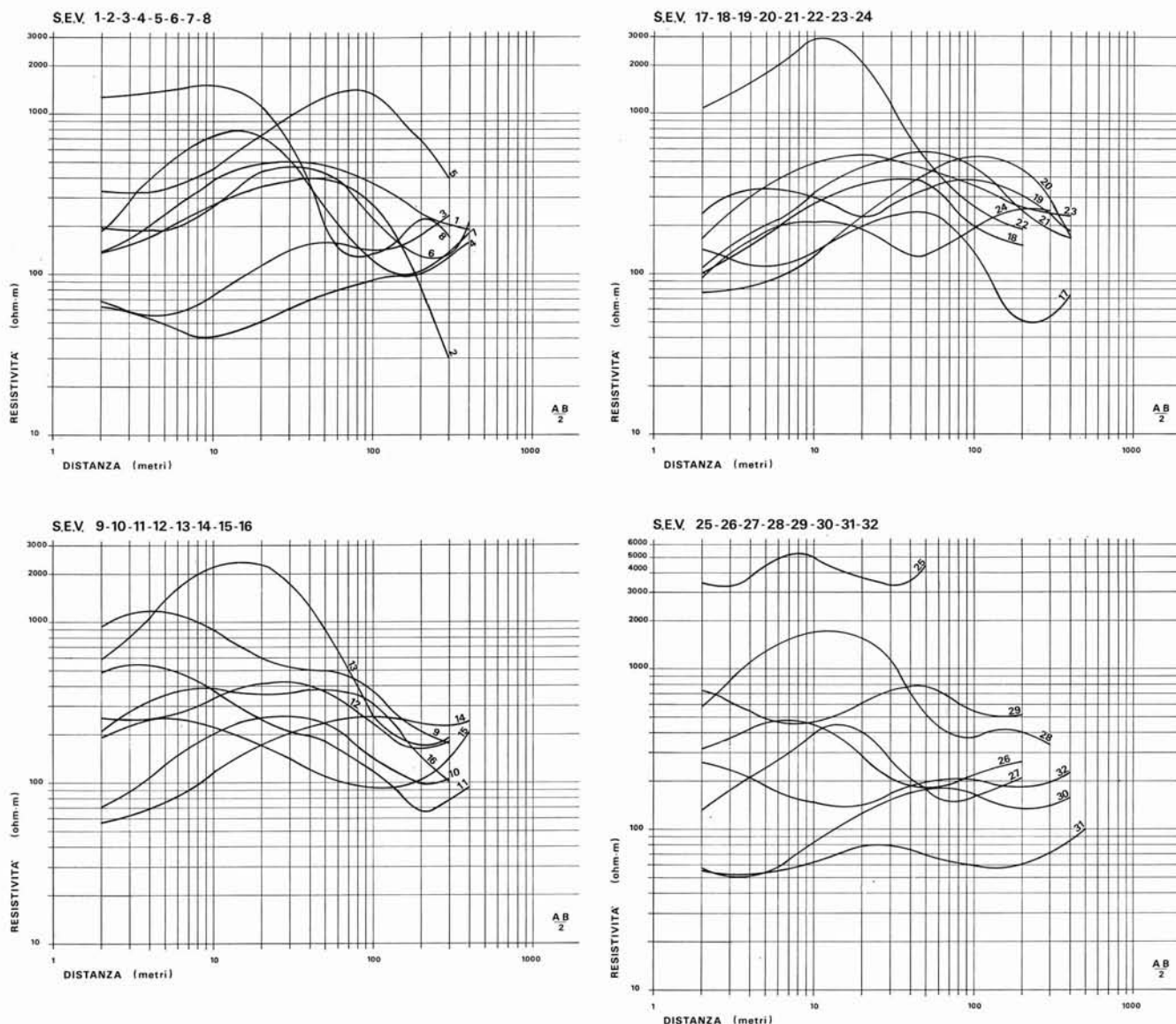


Fig. 2 - Curve di campagna dei sondaggi elettrici verticali utilizzati.

cavati dalle misure (resistività e potenza degli « strati ») con le colonne stratigrafiche di pozzi idrici presenti nell'area. Purtroppo in questo caso il confronto fra litologia e resistività è stato molto limitato per la scarsità di pozzi idrici significativi (vedi nota 1). Tuttavia alle formazioni presenti nella valle si sono potuti associare i seguenti intervalli di resistività (ρ):

Argilla, argilla limosa	ρ	< 30	ohm.m
limo	ρ	30 ÷ 50	ohm.m
limo sabbioso	ρ	50 ÷ 100	ohm.m
sabbia limosa	ρ	100 ÷ 150	ohm.m
sabbia, sabbia e ghiaia	ρ	150 ÷ 250	ohm.m
ghiaia e sabbia	ρ	250 ÷ 300	ohm.m
ghiaia e depositi morenici	ρ	> 300	ohm.m

gneiss alterati	ρ	100 ÷ 1 500	ohm.m
gneiss sani	ρ	> 1 500	ohm.m
scisti metamorfici molto alterati	ρ	5 ÷ 50	ohm.m
scisti metamorfici alterati	ρ	> 100	ohm.m
scisti metamorfici sani	ρ	fino a 28 000	ohm.m

Queste classi confermano quanto già accennato nel *progress report* e cioè che l'identificazione della base dei depositi quaternari per via geofisica non è sempre facile o possibile. Infatti gli gneiss e gli scisti metamorfici presentano valori di resistività elevati rispetto ai depositi quaternari sovrastanti quando sono sani e non tettonizzati. Con la fratturazione o l'alterazione essi cambiano la risposta elettrica. L'abbassamento di resistività di queste rocce è funzione di parecchi fattori, tra cui il grado di

fratturazione, e di conseguenza l'imbibizione d'acqua lungo le diaclasi in profondità, la composizione mineralogica e la tessitura della roccia conseguente alla tettonizzazione. L'alterazione spinta può rendere gli scisti metamorfici assai conduttivi e quindi l'interpretazione delle curve di resistività non sempre permette di stabilire se ci si trova in presenza del substrato roccioso alterato o di depositi sedimentari quaternari. Si deve infine tener presente che il passaggio fra i differenti tipi litologici quaternari e il substrato più o meno fratturato risulta graduale; di conseguenza la profondità dedotta per via geoelettrica può differire da quella reale.

L'interpretazione di tutti i sondaggi elettrici è presentata in tav. 1 mediante 5 sezioni elettrostratigrafiche, in cui i valori di resistività incontrati vengono riuniti secondo le classi stabilite in precedenza permettendo così di ricavare le sezioni stratigrafiche interpretative (2).

Le sezioni, due longitudinali (A-B-C e D-F), e tre subtrasversali alla valle (F-G, H-I, L-M), riportano il profilo topografico, la posizione, il numero d'ordine dei punti di misura e i relativi valori di resistività reale.

Le singole interpretazioni sono correlate fra di loro mediante linee tratteggiate, che rappresentano le tracce delle superfici di separazione fra mezzi caratterizzati da intervalli diversi di resistività. Le correlazioni sono sempre lineari anche se alcune curve nella parte finale sono perturbate da variazioni laterali di resistività sia superficiali che profonde, che suggeriscono la presenza di discontinuità non orizzontali fra il basamento e i sovrastanti sedimenti.

Nelle cinque sezioni sono messe in evidenza le principali unità rilevate dai sondaggi. La sezione A-B-C comprende praticamente tutti i risultati ottenuti dal Lago di Como a Teglio salvo due tratti in cui, a causa della morfologia del fondovalle, non è stato possibile eseguire prospezioni e precisamente in corrispondenza delle conoidi di Talamona e Tartano e delle conoidi di Ponte e Chiuro. Nella sezione, dopo i primi metri superficiali di areato, si nota chiaramente un progressivo aumento dei valori di resistività dalla prossimità del Lago di Como fino al S.E.V. 30 dove inizia una unità resistiva ($\rho > 300$ ohm.m), di potenza variabile fra i 5 e i 40 m, che si prolunga fino al S.E.V. 1, non prendendo in considerazione l'intervallo in cui non esistono rilievi. Dopo il secondo tratto senza dati geofisici, lo « strato » resistivo ricompare più in profondità fino all'estremità della sezione. La stessa unità si osserva nella sezione D-E.

In ambedue le sezioni sono evidenti le diverse successioni di « unità » più o meno resistive, legate alla litologia dei depositi.

La sezione F-G, subtrasversale alla valle, evidenzia ulteriormente le diverse classi di resistività rilevate in profondità.

Dall'esame di queste tre sezioni si può infine notare come non sempre sia stato possibile determinare una « unità » di base (substrato) ad alta resistività. Le due ultime sezioni H-I e L-M, ubicate tra le località di Chiuro, Te-

glio e San Giacomo, sono parametriche; sono state utilizzate infatti, nel corso della ricerca, per ricavare i valori di resistività dei depositi glaciali, degli gneiss più o meno tettonizzati e degli scisti metamorfici sani.

MORFOLOGIA E GEOLOGIA

In questo paragrafo vengono riportate considerazioni ed osservazioni relative alla situazione morfologica, sia attuale che antica, fondamentali per l'interpretazione evolutiva del fondovalle valtellinese dal ritiro del ghiacciaio würmiano all'Olocene.

Nel contempo sono richiamati i principali eventi della Geologia del Quaternario utili alla parametrizzazione dell'analisi geofisica svolta. Questa indagine non è frutto della sola ricerca bibliografica, ma anche di originali osservazioni sul terreno.

La valle dell'Adda, a Occidente di Teglio fino al Lago di Como, presenta tutte le caratteristiche morfologiche di una valle glaciale, successivamente alluvionata, il cui livello di base è stato sempre determinato dalla superficie del lago.

Il corso del fiume attualmente canalizzato per convogliare acqua agli impianti idroelettrici, presenta ancora una apprezzabile pendenza e una forte « capacità di trasporto naturale ». La pendenza da Teglio a Rogna è dell'ordine del 6,5 ‰; da Rogna a Desco dell'1,5 ‰; da Desco allo sbocco nel lago del 3,3 ‰. Solo il tratto Rogna-Desco, a monte del Culmine di Dazio, per circa 6 km ha una pendenza dello 0,4 ‰ fino a E di Berbenno. La minore pendenza di questo tratto dell'alveo è determinata dallo sperone roccioso del Culmine di Dazio e dalla conoide di Tartano fortemente attiva, che fungono da « livello di base intermedio » creando a monte un'area paludosa. Più a Est la pendenza media è dell'1,7 ‰ fino a Rogna.

Il fondovalle attuale ha una larghezza compresa fra 1,2 km a Cavallaro (Teglio) e 2,5 km all'altezza di Delebio in prossimità del lago, poco prima della confluenza con la Val Chiavenna. In corrispondenza delle conoidi di Cavallaro, Ponte in Valtellina, Tartano, Talamona e Morbegno l'alveo attuale dell'Adda è spinto contro la sponda opposta in roccia e ridotto a una larghezza di 35 ÷ 40 m circa.

Le valli laterali tributarie della Valtellina si raccordano sempre alla valle principale con conoidi più o meno ampie, talora attive. Conoidi attive sono da considerarsi quelle di Ponte, Postalesio, Cedrasco, Fusine, Masino e altre minori.

Tutte queste sono in parte fissate dalla vegetazione, coltivate, con centri abitati e costruzioni sparse; i loro corsi d'acqua sono infatti in fase di prevalente deposito. Un discorso particolare merita la conoide del T. Tartano in fase di attuale accrescimento e sulla quale la vegetazione boschiva, che tende a impiantarsi, incontra un ambiente molto sfavorevole per la frequente deposizione di materiali.

La Strada Statale 38 « dello Stelvio », in concomitanza di eventi meteorologici di particolare intensità, subisce tuttora interruzioni momentanee nella zona di attraversamento della conoide stessa. Tutte le conoidi indicate ri-

(2) Nelle sezioni di tav. 1 il rapporto fra le lunghezze e le altezze è di 1:2,5, indispensabile per mettere in evidenza i diversi « orizzonti » litologici in senso verticale.

sultano di impostazione molto recente, per i loro rapporti geometrici con le forme e i depositi glaciali datati. Solo le conoidi sospese a E di Ponte e di Chiuro possono essere attribuite al tardo-Pleistocene o all'Olocene antico (VENZO, 1971, t. 1).

I versanti del « truogolo valtellinese » dai pendii scoscesi sono costituiti dalle rocce del substrato in affioramento, ove le conoidi non le abbiano ricoperte. In prossimità di Delebio-Morbegno sulla piana di fondovalle la roccia affiora a una quota compresa fra i 205-225 m circa e nella zona orientale, fra Ponte e Teglio, sui 380-390 m circa. Risalendo i versanti il substrato roccioso affiora in modo discontinuo nella parte iniziale più acclive per poche decine di metri fino a oltre 150 m di dislivello. Il tratto di versante più basso ha subito maggiormente le reiterate esarazioni glaciali anche recenti. I profili nelle tre località illustrate in fig. 3 mostrano la tipica conformazione composita in cui la U risulta molto aperta verso l'alto, con un aspetto più classico sotto l'attuale piana di fondovalle. Il ghiacciaio dell'ultima espansione würmiana raggiungeva probabilmente uno spessore di 1950 m a Montagna e di 1600 m circa a Cercino. La copertura attribuita al Würm, ancora presente fino alle alte

quote, è rappresentata da morenico sparso e non da depositi costituenti cordoni morenici, a testimonianza dell'estensione della coltre glaciale in tutta l'area.

Il morenico è conservato solo nelle zone relativamente meno acclivi, mentre in corrispondenza alla confluenza delle valli tributarie esso è stato interrotto dal glacialismo locale delle più recenti espansioni dagli stadi di Valtellina a quello di Daun (VENZO & alii, 1970; VENZO, 1971).

Il ghiacciaio principale nello stadio di Valtellina I raggiungeva certamente il lago: esso era però molto ridotto, occupando solo la parte più profonda del truogolo con spessori dell'ordine di 250 ÷ 300 m in prossimità del lago stesso. Situazione analoga si è verificata durante lo stadio di Valtellina II, in corrispondenza al quale il ghiacciaio arrivava nei pressi del Culmine di Dazio. Più ridotto infine il ghiacciaio dello stadio di Bühl, esso giungeva fino a Rogna e a Montagna e poteva avere 120 m circa di potenza.

È opportuno far notare che, nel periodo in cui il ghiacciaio dello stadio di Valtellina I giungeva fino al lago, la fronte doveva galleggiare sulle acque e rompersi formando degli iceberg sulla superficie lacuale. Si ricorda infine che il fondovalle del « truogolo valtellinese » non è

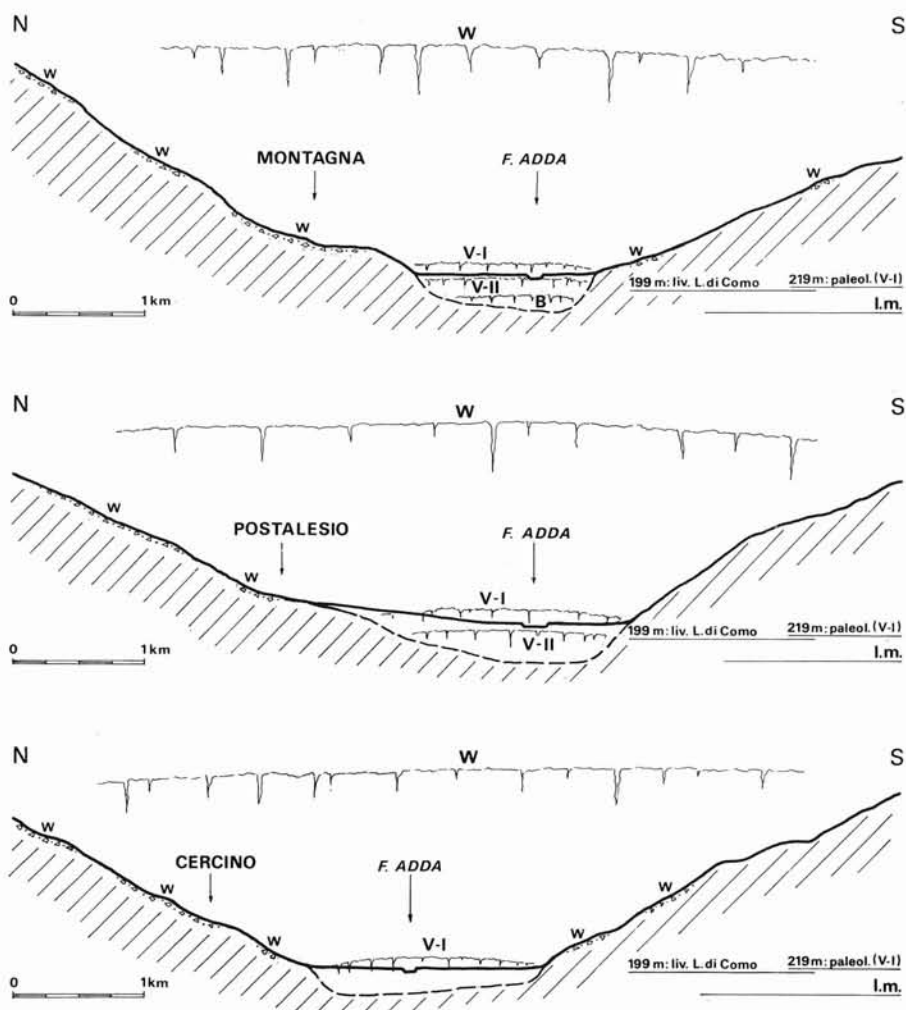


FIG. 3 - Schemi rappresentativi in tre distinte sezioni trasversali delle situazioni durante l'ultimo stadio würmiano (W) e negli stadi di Valtellina I (V-I), Valtellina II (V-II) e Bühl (B). La ricostruzione mette in evidenza la forte potenza del ghiacciaio dell'ultima fase würmiana nei confronti dei modesti stadi post-würmiani. Il rapporto tra la scala delle lunghezze e delle altezze è di 1:1.

mai bordato da detriti di falda in genere o da coni di detrito contrariamente a quanto si osserva nelle valli laterali (VENZO & *alii*, 1970). L'osservazione è importante, perché viene a surrogare la tesi che la valle è stata percorsa dai ghiacciai di stadi successivi all'ultima grande pulsazione Würm. Il ghiacciaio nel suo percorso « puliva » il fondovalle da tutti i depositi prima esistenti. La presenza del lago, le quote medie molto basse (200-300 m), le condizioni climatiche locali che ne derivano ⁽³⁾ e il breve periodo di tempo passato dall'ultimo ritiro glaciale non avrebbero favorito lo svilupparsi di una significativa produzione di detrito sui versanti.

Lo spessore dei depositi è variabile dai 100 m minimi ai 240 massimi, valori ricavati dalle misure geofisiche. In corrispondenza a diverse trasversali la profondità del trugolo è stata stimata superiore anche ai 280 m, come sul lato orientale oltre Ponte (tav. 1, sez. A-B-C). Dalle sezioni si può notare che la superficie di appoggio dei depositi quaternari di fondovalle è stata modellata nel substrato roccioso dal ghiacciaio valtellinese in più pulsazioni; trasversalmente il trugolo mostra infatti una configurazione poligenica, mentre longitudinalmente presenta caratteristici dossi di cetaceo. L'esarazione ha avuto una componente verticale apprezzabile solo durante l'espansione würmiana; modesti sono gli approfondimenti successivi in relazione alle ridotte dimensioni della massa glaciale.

Il profilo trasversale risulta inoltre leggermente asimmetrico con un approfondimento maggiore sul lato sinistro (tav. 1, sez. F-G). I dati geoelettrici consentono di ricostruire la geometria del substrato nei suoi tratti essenziali: non è perciò da escludere la presenza di paleoalvei sepolti entro il trugolo.

Dall'interpretazione dei sondaggi geoelettrici i depositi glaciali di fondo sembrano scarsamente rappresentati nel fondovalle. Il fatto è interpretabile con l'azione prevalentemente esarante svolta dal ghiacciaio nelle sue ripetute pulsazioni.

Il riempimento della porzione sepolta del trugolo nel tratto di valle considerato sembra essere stato operato essenzialmente da sedimenti lacustri, fluviali e palustri dopo l'ultimo ritiro glaciale. In accordo con quanto proposto da VENZO (1971), si può supporre, a monte del Culmine di Dazio, l'esistenza di depositi glaciali riferibili allo stadio di Valtellina II, frontali, sepolti e coperti dai depositi più recenti. Ammettendo questa interpretazione, ne conseguirebbe che la parte basale della successione di depositi di fondovalle sarebbe più recente a E del Culmine di Dazio che nel tratto a valle. Analogamente, durante lo stadio di Valtellina I, il ghiacciaio, arrivando al lago, avrebbe cancellato le precedenti forme di esarazione e i depositi würmiani.

Una situazione analoga si è verificata all'altezza di Rognà a opera del ghiacciaio durante lo stadio di Bühl.

È importante tener presente che nelle diverse fasi di modellamento il fondo del trugolo si mantiene in pre-

valenza intorno al livello del mare: quote superiori si sono riscontrate solo in corrispondenza di accidenti tettonici o di particolare resistenza del substrato all'azione glaciale (tav. 1, sez. A-B-C e D-E).

CONSIDERAZIONI TETTONICHE

L'assetto tettonico della media e bassa Valtellina è sufficientemente conosciuto. La struttura più importante è data dalla Linea Insubrica o Linea del Tonale visibile verso la base del versante destro. Un accidente trasversale alla valle è rappresentato dalla Linea del Porcile che affiora nel settore orientale. Molte altre dislocazioni interessano questo settore alpino. Utile nell'interpretazione della situazione del fondovalle sarebbe stato avere una carta strutturale di dettaglio, comprendente gli elementi quaternari. Il rilevamento della Tettonica quaternaria è attualmente in corso nell'ambito della realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia; al momento in cui sono state eseguite queste ricerche essa non era ancora disponibile. In questa sede ci si limita a poche brevi osservazioni, rivolte soprattutto alla Tettonica recente e in atto ⁽⁴⁾.

L'importante struttura rappresentata dalla Linea Insubrica, cartografata nei fogli della Carta Geologica d'Italia, da VENZO & *alii* (1970) e da VENZO (1971), segna il limite fra le Austridi e le Alpi Meridionali. Il modellamento del fondovalle valtellinese risulta interamente controllato da essa. In affioramento la grande linea di movimento è accompagnata da una serie di disturbi vicarianti: essa mostra di essere bipartita da Sondrio a Berbenno, in tratti più o meno estesi se pur discontinui; più ad Occidente, linee vicarianti sono segnalate ancora nei pressi di Civo, Mello e Dubino. All'altezza del Culmine di Dazio sono state individuate almeno quattro linee di dislocazione subparallele appartenenti al sistema. Altre dislocazioni subparallele e più o meno dipendenti dal grande motivo strutturale, si osservano sul versante settentrionale della Valtellina, alcuni chilometri più a Nord. Zone milonitiche o cataclastiche, più o meno parallele o coincidenti con il sistema insubrico, si estendono diffusamente secondo una fascia orientata E-W.

Per quanto riguarda l'evoluzione durante il Pleistocene superiore — Olocene di questo sistema di faglie, un primo settore ove secondo ogni evidenza si è verificata in tempi recenti una ripresa tettonica è quello compreso fra Sondrio e Teglio, che prosegue a E (poco fuori carta di tav. 1) in corrispondenza al grande gomito che descrive l'Adda all'altezza di Tresenda. Fino a questa località il fiume ha il proprio corso diretto NE-SW, mentre da Tresenda al lago corre decisamente da E a W parallelo o coincidente con la Linea Insubrica. Da Teglio a Chiuro l'alveo dell'Adda corre circa 2 km a S della principale dislocazione. Lungo questa direttrice, procedendo a W di Teglio, si incontrano alcuni solchi di « massima esarazione glaciale » (VENZO, 1971, t. 1); uno di tali solchi è impostato in corrispondenza del contatto tettonico tra il Cristallino Sudalpino e il massiccio intrusivo terziario,

⁽³⁾ Si ricorda che oggi, in questa fascia del fondovalle, fino a quota di circa 300 metri nei versanti esposti a Sud, può maturare il fico d'India e prospera ottimamente la vite.

⁽⁴⁾ Rilievi originali e osservazioni sulla Tettonica recente potranno essere oggetto di apposita nota in un prossimo futuro.

Val Masino - Val Bregaglia (Linea Insubrica *Auct.*). Procedendo a W la coltre quaternaria copre quasi in continuità il substrato; i depositi glaciali e le conoidi alluvionali sono di età olocenica (Bühl e post-Bühl). Sui depositi non si sono osservate visibili tracce di movimento; d'altra parte, se non in presenza di sezioni naturali o artificiali, è difficile stabilire con sicurezza dislocazioni su questi litotipi solo con l'analisi morfologica. La conoide di Ponte, ancora oggi attiva, con il suo apice che si addentra molto stretto per oltre 1 km nella Valle di Rohn (VENZO, 1971, t. 1) potrebbe essere un indizio di ripresa tettonica recente areale. Attualmente la grande conoide risulta sospesa con un'alta scarpata, talora complessa, che indicherebbe per lo meno una forte fase di sedimentazione (della Val di Rohn) seguita da una fase erosiva dell'Adda. Il Torrente Rohn costruisce ora una più bassa conoide in fondovalle, come pure in via di formazione sono le adiacenti conoidi a E e a W di questa.

Contropendenze o rotture di pendio lungo il versante sono presenti diffusamente lungo la Linea Insubrica fino a Sondrio. Si segnala ad esempio un punto, nei pressi dell'Albergo Miravalle di Tresivio (VENZO, 1971, t. 1), ove un dosso roccioso emerge creando una contropendenza. La particolare morfologia diruta del rilievo può essere attribuibile a recenti disturbi tettonici più che a erosione o degradazione selettiva.

Una seconda area interessata da attività tettonica recente è quella circostante il Culmine di Dazio, illustrata in fig. 4. La Val Masino, giunta nei pressi del Culmine con direzione N-S, deviava inizialmente verso WSW passando per l'attuale località di Dazio lungo la bassa Val S. Martino (VENZO & *alii*, 1970). Questa situazione si sarebbe verificata fino al Würm compreso. Durante lo stadio Valtellina I la fronte del ghiacciaio locale della Val Masino, secondo VENZO (1971), si sarebbe divisa in due lingue: una che scendeva verso Dazio in direzione W e una verso Masino con direzione E. A nostro avviso (fig. 4), sembra più verosimile l'ipotesi che, in questo stadio, la lingua del ghiacciaio locale scendesse ancora verso W per l'attuale Val S. Martino; infatti la morena più meridionale riferibile allo stadio Valtellina I, a ridosso del Culmine di Dazio e che corre rettilinea e parallela alla Val Adda attribuita da VENZO al ghiacciaio della Val Masino, secondo noi sembrerebbe attribuibile al ghiacciaio valtelines.

Successivamente l'evoluzione della dislocazione insubrica, a cui non sarebbero estranei i lineamenti coniugati riportati in carta, avrebbe costretto il ghiacciaio locale dello stadio di Valtellina II a deviare verso E, demolendo il cordone morenico sinistro dello stadio Valtellina I.

Il movimento differenziale provocato dalla riattivazione del disturbo tettonico sarebbe consistito in un innalzamento del settore terminale destro della Val Masino, Culmine di Dazio compreso, nei confronti di quello sinistro. La successiva valle fluviale avrebbe mantenuto il nuovo percorso approfondendosi e immettendosi quindi contro corrente rispetto al corso della valle principale. Il nuovo livello di base (legato all'approfondimento del ghiacciaio principale) avrebbe determinato una forte ripresa erosiva nella parte più bassa della Val Masino, al cui sbocco si sarebbe creata l'omonima conoide e all'interno una forra

lunga alcuni chilometri, che raccorda oggi la bassa valle alla conoide recente di Masino. Anche la cerchia morenica destra dello stadio Valtellina II è stata quasi completamente erosa dal rinnovato ciclo fluviale (fig. 4).

Il tratto terminale della Paleovalle Masino ha tuttora uno spartiacque incerto e notevolmente sospeso rispetto all'attuale fondovalle e risulta decapitato a monte. Al gomito che compie il T. Masino, passando dalla direzione N-S a quella W-E, in sponda destra si immette una piccola valle laterale che risale con erosione regressiva la Paleovalle Masino verso Dazio e che anche oggi non riesce a scolare perfettamente le acque al culmine della depressione valliva, in cui permane un'area paludosa.

L'attuale Val S. Martino, a originario « fondo piatto », è occlusa dalle tre conoidi che sbarrano completamente il fondovalle. Le due conoidi a W di quella che raccorda la Val S. Martino con la paleovalle, fra le quali sorge l'abitato di Dazio, sono ora praticamente prive di corsi d'acqua. La stessa Val Toale, dopo aver tentato di costruire una conoide al raccordo con la Val S. Martino, spostandosi leggermente a W scende verso la piana dell'Adda e forma la conoide di Campovico.

Il prolungamento meridionale dell'accidente tettonico avrebbe interessato anche la valle del T. Tartano. La relativa giovinezza della ripresa tettonica nella zona sarebbe testimoniata dalla fase erosiva presente nella Val Tartano a monte della conoide di fondovalle, a sua volta in fase di prevalente, continua e attiva deposizione.

Queste prove di attività tettonica quaternaria hanno evidentemente significato quasi puntuale nell'ambito regionale, ma sono estremamente indicative dell'evoluzione tettonica recente. L'area del Culmine di Dazio potrebbe aver avuto movimenti tra i 14 000 - 11 000 anni fa e i giorni nostri, come il settore compreso tra Sondrio e Teglio. Più precisamente la piccola « fase » tettonica si sarebbe verificata fra lo stadio di Valtellina I e quello di Bühl.

INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA

Come già detto, le stratigrafie desunte da sondaggi meccanici sono molto scarse nell'area; di conseguenza la traduzione dei dati geofisici in dati litologici, come pure la ricostruzione dell'andamento del substrato roccioso si basano sull'indagine geofisica.

Per comprendere meglio la successione di eventi deposizionali ed erosivi che ha portato all'attuale configurazione del fondovalle valtelines è opportuno fare alcune considerazioni di carattere generale:

1) Nel settore di valle preso in considerazione sono identificabili tre soluzioni di continuità corrispondenti, secondo l'interpretazione di VENZO, ad altrettanti punti in coincidenza dei quali il ghiacciaio valtelines si sarebbe arrestato nelle sue ultime pulsazioni: la confluenza nel lago, punto di avanzata massima nello stadio di Valtellina I, il Culmine di Dazio, punto di arresto durante lo stadio di Valtellina II, Rogna punta di avanzata massima raggiunta nello stadio di Bühl (VENZO, 1971).

2) I ghiacciai nei loro reiterati passaggi dovevano sempre ripulire il fondo del truogolo dalla maggior parte

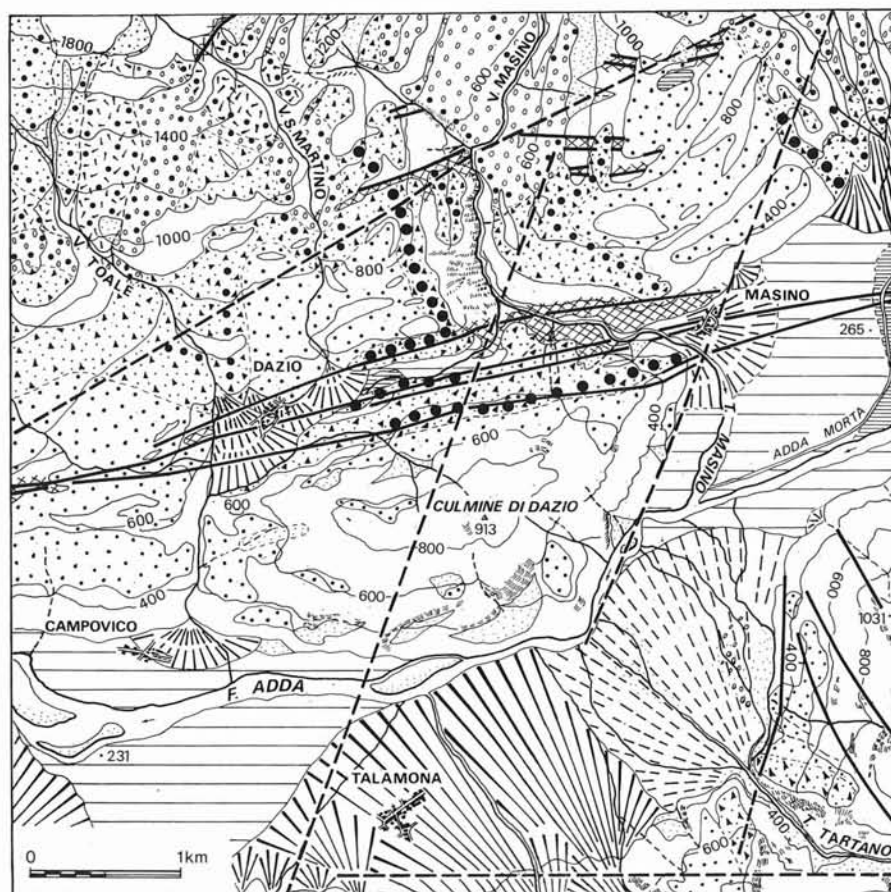
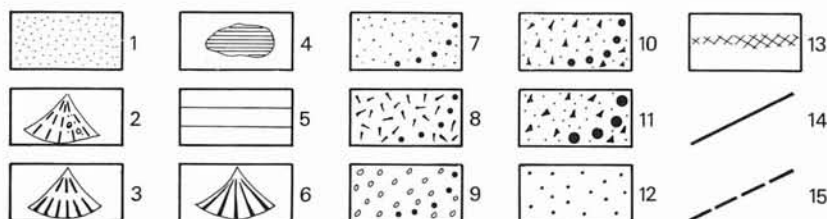


FIG. 4 - Carta morfologica delle basse valli Masino e Tartano: 1) detrito e frane; 2) conoidi attuali; 3) conoidi recenti; 4) depositi palustri; 5) alluvioni di fondovalle; 6) conoidi antiche; 7) cordoni morenici dello stadio di Gschnitz; 8) cordoni morenici dello stadio di Sciliar; 9) cordoni morenici dello stadio di Bühl; 10) cordoni morenici dello stadio di Valtellina II; 11) cordoni morenici dello stadio di Valtellina I; 12) morenico würmiano; 13) substrato roccioso e sue zone milonitiche; 14) Linea Insubrica e altre dislocazioni; 15) Lineamenti principali.



dei depositi in precedenza formati, essando mediamente il fondo fino al livello del mare odierno;

3) Data la situazione morfologica e i depositi che costituiscono il fondovalle in superficie, la natura del riempimento che sembra più probabile è quella di depositi morenici, fluvio-glaciali e subordinatamente fluvio-lacustri.

4) Il Lago di Como, almeno fino a tutto il periodo di Valtellina, doveva avere un livello più alto di 10 metri circa rispetto a quello attuale e le sue acque giungere in prossimità di Morbegno (VENZO, 1971, p. 228). Anche i risultati dei sondaggi elettrici eseguiti da Colico a Morbegno, e precisamente dal S.E.V. 31 al S.E.V. 13, mettono in chiara evidenza la generale continuità dei depositi lacustri (tav. 1, sez. A-B-C), che a Morbegno raggiungono l'attuale top a quota 205-210 m. A questo proposito si ricorda che NANGERONI (1971; 1972) ha segnalato « argille lacustri postglaciali » lungo il Lago di Garlate a

quota 210-215 m. Inoltre Giuseppe OROMBELLI ci ha gentilmente comunicato di aver osservato argille lacustri a quota 206-208 m in località Fornasetto (Val Greghentino - laghi del Lecchese).

5) I corpi sedimentari sono tagliati dalle sezioni stratigrafiche interpretative secondo le più diverse angolazioni, per cui non è sempre agevole individuarne il rapporto geometrico e l'aggancio sedimentario eteropico o di sovrapposizione sia verticale che laterale. A spese dei singoli corpi sono certamente intervenuti locali fenomeni erosivi; inoltre è spesso problematico riconoscerne la natura e quindi la distribuzione locale piuttosto che regionale.

6) I complessi litologici distinti in base all'interpretazione dei dati geofisici sono i seguenti (tav. 1): a) argilla e argilla limosa; b) limo; c) limo sabbioso; d) sabbia limosa; e) sabbia, sabbia ghiaiosa; f) ghiaia e sabbia;

g) ghiaia, morenico; b) substrato roccioso. I depositi in facies fine sembrano interpretabili come sedimenti lacustri, fluvio-lacustri e/o palustri, soprattutto quando si tratta di spessori di diverse decine di metri. A queste facies è talora associata, in base ai risultati geofisici, una modesta frazione ghiaiosa; in questo caso esse si possono interpretare come depositi glaciali di fondo. I complessi sabbiosi e ghiaiosi sono genericamente riferibili a depositi fluvio-glaciali o fluviali. In qualche caso potrebbe trattarsi anche di depositi glaciali di ablazione. La presenza del substrato roccioso è stata riconosciuta talora con sicurezza a una determinata profondità; altre volte si è fatta una estrapolazione che si suppone rispondente alla situazione geologica; in alcuni siti infine, per l'elevato grado di incertezza, si è preferito lasciarla indeterminata. Il riconoscimento del substrato è reso talora difficile per la presenza di processi di tettonizzazione spinta fino alla milonisi e per l'eventuale presenza d'acqua nel materiale milonitico. L'andamento del substrato è più o meno ondulato in senso longitudinale a seguito della « blanda esarazione » glaciale (vedi nota 2).

Per la ricostruzione della successione sedimentaria che costituisce l'attuale valle è opportuno suddividerla in tre settori ⁽⁵⁾.

SETTORE 1: DAL LAGO DI COMO AL CULMINE DI DAZIO

Dal S.E.V. 31 al S.E.V. 13 l'interpretazione dei dati geofisici dimostra che il truogolo roccioso è colmato da depositi fini, interpretabili come sedimenti lacustri o fluvio-lacustri. La superficie del Lago di Como al ritiro dello stadio di Valtellina I doveva essere perciò superiore a quella attuale e giungere fino nei pressi di Morbegno.

La sezione ha rivelato un unico complesso sedimentario grossolano, interpretabile con il delta conoide sepolto di Delebio (S.E.V. 9). Depositati interpretabili come sedimenti fluvio-glaciali e fluviali sono presenti in profondità a monte del S.E.V. 13, che mette in evidenza la conoide sepolta di Morbegno come il S.E.V. 5 quelle di Morbegno e Talamona e di Talamona a E di questo punto. I materiali, che riempiono la conca profonda fra Morbegno e il Culmine di Dazio, da considerazioni geologiche sarebbero riferibili a delta conoidi legati alle valli Masino e Tartano.

Dal S.E.V. 32 al S.E.V. 5 compreso altri depositi ghiaiosi grossolani coprono con uno spessore variabile tra 30 e 60 metri i sedimenti fini: essi sono interpretabili come depositi fluviali successivi all'abbassamento del livello del lago fino a quello attuale e posteriori quindi al maximum dello stadio di Valtellina I.

SETTORE 2: DAL CULMINE DI DAZIO A ROGNA

Fra il S.E.V. 5 e il S.E.V. 14 non è stato possibile ottenere dati di natura geofisica; la ricostruzione della sequenza di fondovalle che sembra più probabile è la se-

⁽⁵⁾ Per ragioni di immediatezza, per la individuazione dei diversi punti, nel testo oltre alla località si fa riferimento ai S.E.V. Si ricorda che i S.E.V. hanno un ordine progressivo di numerazione casuale.

guente: la fronte glaciale durante lo stadio di Valtellina II giungeva al Culmine; i depositi ad essa legati appaiono attualmente coperti da una potente coltre di depositi fluviali (sez. A-B). La soglia rocciosa del Culmine di Dazio, già evidente prima dello stadio di Valtellina I, in questo periodo doveva essere più alta dell'attuale e al ritiro del ghiacciaio si sarebbe individuata una conca estesa fino all'altezza di Rogna. Sul substrato roccioso ondulato dall'esarazione glaciale si sono quindi depositati sedimenti fini con spessori notevoli, come riprodotto nelle sezioni. Nuovamente si è di fronte a una sedimentazione lacustre e fluvio-lacustre, entro la quale localmente si inseriscono materiali grossolani delle conidi laterali, come si può osservare dal S.E.V. 18 al S.E.V. 12. I sedimenti fluviali sovrastanti coprono i depositi lacustri con spessori decrescenti da monte a valle.

A monte del S.E.V. 14 per circa 8 km si osserva in superficie una copertura paludosa con potenza di 20 m circa, che testimonia la funzione di soglia del Culmine di Dazio anche in tempi recenti.

SETTORE 3: DA ROGNA A EST DI S. SEBASTIANO

L'ultimo settore della valle studiato si differenzia dai precedenti per un maggior dettaglio morfostratigrafico (dal S.E.V. 1 al S.E.V. 24). Esso può considerarsi come la porzione terminale dell'alta valle, ove secondo VENZO (1971) durante lo stadio di Bühl l'apporto morenico frontale avrebbe sbarrato il fondovalle.

Anche qui, tra il S.E.V. 1 e il S.E.V. 28, si ha una lacuna di valori geofisici. Tuttavia i dati del S.E.V. 1 e del S.E.V. 28, interpolati con l'osservazione morfologica e della litologia di superficie, consentono una soddisfacente ricostruzione. Nella parte più profonda raggiunta dai due sondaggi sembra siano riconoscibili i depositi glaciali riferibili allo stadio di Bühl, costituenti due cerchie molto vicine, o più verosimilmente una unica di cui il S.E.V. 28 testimonierebbe la parte laterale destra e il S.E.V. 1 quella frontale. A questi sarebbero sovrapposti i depositi della potente copertura ghiaiosa fluviale post-glaciale e della conoide di Ponte, unitamente ai materiali delle conoidi minori adiacenti, pure oloceniche.

La sezione D-E (S.E.V. 14 - S.E.V. 23) viene riportata a dimostrazione che un tracciato subparallelo alla sezione A-B-C (S.E.V. 14 - S.E.V. 23) identifica una analoga situazione stratigrafica. Lo stesso si può dire per la sezione F-G (S.E.V. 8-11-16) trasversale alla Valle fra Mantello e Cosio.

CONCLUSIONI

Per quel che riguarda il riempimento post-glaciale della conca valtellinese dal Lago di Como a Teglio, l'analisi dei dati geofisici e la relativa interpretazione geologica litostratigrafica e ambientale ha portato a risultati sotto un certo aspetto imprevedibili. Infatti in una valle, secondo ogni evidenza, lungamente glacializzata si poteva supporre un colmamento post-glaciale grossolano, costituito da depositi glaciali, fluvio-glaciali, fluviali, eventual-

mente con qualche interposizione di limitati episodi palustri o fluviolacustri.

Lo studio geofisico ha portato viceversa alla conclusione che il fondovalle è costituito per diverse decine di metri di spessore da materiali di verosimile origine lacustre, coperti da depositi ghiaiosi fluviali, che costituiscono l'attuale superficie. La potente e continua sedimentazione lacustre mostra di essere localmente interdigitata con depositi di delta conoide, legati alle valli laterali.

È stato altresì possibile stabilire, grazie alla presenza dei depositi lacustri fino a una quota superiore di 10-15 metri al livello attuale del Lago di Como, che questo durante lo stadio di Valtellina I doveva estendersi fino a Oriente di Morbegno.

Successivamente allo stadio di Valtellina II, la soglia del Culmine di Dazio ha condizionato per un certo tempo l'evoluzione morfologica della media valle fino all'altezza di Rogna, creando un lago intervallivo esteso per diversi chilometri.

Nella media valle l'apporto grossolano è stato maggiore che nella bassa valle per le caratteristiche orografiche locali.

Nei due tratti di valle il riempimento da parte dei depositi lacustri è successivo nel tempo: nel tratto occidentale deve essere riferito allo stadio di Valtellina I in quello orientale a quello di Valtellina II.

La copertura fluviale postglaciale dell'Adda dei depositi dei due bacini lacustri indica condizioni di normale deposizione fluviale (post-Bühl), dopo che i laghi si sono colmati. La classazione di questi sedimenti è del tutto regolare, con percentuali di frazioni molto sottili già diversi chilometri a monte del lago; solo apporti laterali interrompono localmente questa condizione.

La presenza continua e generalizzata nel sottosuolo di formazioni caratterizzate da frazioni granulometriche fini, talora potenti oltre 100 metri, interpretabili come depositi lacustri è stata spiegata ricostruendo un'evoluzione congruente con i dati geofisici e con quelli geologici.

È opportuno richiamare l'attenzione sull'andamento del substrato roccioso che nei pressi di Caiolo (S.E.V. 3), cioè nel tratto modellato durante lo stadio di Valtellina I, è inferiore di 60 metri rispetto al livello del Lago di Como. Questo profilo sembra prolungarsi a monte oltre il Culmine, entro tutto il settore 3, fin circa a Teglio.

Le indagini nell'area del Culmine di Dazio fra le basse valli Masino e Tartano sembrano aver messo sufficientemente in luce che l'evoluzione morfologica di questo settore è stata condizionata sostanzialmente da movimenti tettonici nell'intervallo di tempo compreso fra lo stadio di Valtellina I e quello di Bühl. Una certa vivacità tettonica è stata riconosciuta anche nel settore a E di Sondrio fino a Teglio. Naturalmente queste osservazioni di tettonica quaternaria dovrebbero essere verificate con un'accurata indagine, in collaborazione con petrografi, data la natura del substrato.

Ai principali quesiti che ci si era proposti di risolvere con la presente ricerca si può rispondere come segue: a) la coltre dei depositi olocenici sui quali insiste l'attuale superficie di fondovalle comprende potenti ed estesi sedimenti lacustri; b) essi sono coperti da depositi fluviali

con potenza regolare e decrescente da monte a valle e con passaggio a facies più fini (sabbie, limi) in prossimità del Lago di Como; c) lo spessore del materasso alluvionale, valutato da VENZO (1971) sul centinaio di metri, secondo le ricerche ora concluse risulterebbe invece generalmente maggiore e spesso superiore anche ai 200-250 metri.

BIBLIOGRAFIA

- ACCORDI B., BONSIGNORE G., BORGO A., BORIANI A., CAMPIGLIO C., COMIZZOLI G., CRESPI R., DAL PIAZ Gb., DE VECCHI Gp., DIENI I., LIBORIO G., MONTRASIO A., MORGANTE S., MOTTANA A., PASSERI L. D., POLLINI A., PROTO DECIMA F., RAGNI U., SASSI F., SCHIAVINATO G. & ZANETTIN B. (1969) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, foglio 19: Tirano*. Serv. Geol. It., Roma.
- BAGGIO P. & FRIZ C. (1969) - *Fenomeni tettonico-metamorfici di età alpina lungo la Linea Insubrica auct.* Mem. Museo Trid. Sc. Nat., 17 (3), 183-204, 1 t.
- BARBANO M. S. & FONTE G. (1979) - *A preliminary interpretation of electrical sounding in the NE sector of Etna*. Boll. Geof. Teor. Applic. 21, 3-13.
- BELTRAMI G., BIANCHI A., BONSIGNORE G., CALLEGARI E., CASATI P., CRESPI R., DIENI I., GNACCOLINI M., LIBORIO G., MONTRASIO A., MOTTANA A., RAGNI U., SCHIAVINATO G. & ZANETTIN B. (1971) - *Note Illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, foglio 19: Tirano*. Serv. Geol. It., Roma.
- BERTULETTI C. & PASQUARÈ G. (1976) - *Fenomeni neotettonici nel versante sinistro della valle del Fiume Mera (Alpi Centrali)*. Rend. Sc. Ist. Lombardo, sez. A, 100, 131-140.
- BONSIGNORE G., BORGO A., CAMPIGLIO C., COMIZZOLI G., CRESPI R., FAGNANI G., LIBORIO G., MONTRASIO A., MOTTANA A., PASSERI L. D., RAGNI U., SCHIAVINATO G. & VENZO S. (1970) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, foglio 7-18: Pizzo Bernina e Sondrio*. Serv. Geol. It., Roma.
- BONSIGNORE G., BRAVI C. E., NANGERONI G. & RAGNI U. (1970) - *La Geologia del territorio della Provincia di Sondrio*. Ed. Ammin. Prov. Sondrio, 126 pp.
- BONSIGNORE G., CASATI P., CRESPI R., FAGNANI G., LIBORIO G., MONTRASIO A., MOTTANA A., RAGNI U., SCHIAVINATO G. & VENZO S. (1971) - *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, fogli 7-18: Pizzo Bernina e Sondrio*. Serv. Geol. It., Roma.
- CARRARO F. (1976) - *Appunti sulla Tettonica quaternaria*. Gruppo Studio Quat. Pad., 3, 1-19, Lit. Massaza & Sinchetto, Torino.
- CARRARO F., MARTINOTTI G. & POLINO R. (1978) - *Lineamenti e faglie: analisi delle possibilità di corrispondenza tra i due fenomeni*. Gruppo Studio Quat. Pad., 4, 111-120, Grafiche STEP Coop., Parma.
- CASTIGLIONI G. B. (1961) - *I depositi morenici del Gruppo Adamello-Presanella, con particolare riguardo agli stadi glaciali postwürmiani*. Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, 23, 131 pp., 1 carta alla scala 1:120.000.
- CASTIGLIONI G. B. (1964) - *Sul morenico stadiale nelle Dolomiti*. Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, 24, 16 pp., 1 carta alla scala 1:125.000.
- CATALISANO S., MERLA G., MINUCCI E. & NOVARESE V. (1941) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, foglio 17: Chiavenna*. R. Uff. Geol., Roma.
- COSENTINO P. & FINZI-CONTINI G. (1979) - *A deep V.E.S. profile crossing western Sicily from Palermo to Sciacca: first results*. Boll. Geof. Teor. Applic., 21, 127-134, ff. 1-3.
- KOEFOD O. (1979) - *Geosounding principles, 1 - Resistivity sounding measurements*. Elsevier Scient. Publ. Co., Amsterdam. 276 pp.

- NANGERONI G. (1954) - *Il morenico del Lario occidentale, della Valsassina e della Vallassina. Osservazioni preliminari sulla cronologia dei depositi morenici laterali*. Atti Soc. It. Sc. Nat., 93, 179-220, 12 tt.
- NANGERONI G. (1971) - *Note geomorfologiche sul territorio montuoso comasco ad Oriente del Lario*. Att. Soc. It. Sc. Nat., 112; 5-160, 48 tt.
- NANGERONI G. (1972) - *Il Monte Barro (Prealpi Lombarde). Note di Geomorfologia*. Natura, Milano, 63, 159-196.
- PAVONI N. & MAYER-ROSA D. (1978) - *Seismotektonische Karte der Schweiz 1:750.000*. Ecl. Geol. Helv. 71, 293-295.
- PELLEGRINI G. B. & ZAMBRANO R. (1979) - *Il corso del Piave a Ponte nelle Alpi nel Quaternario*. Studi Trent. Sc. Nat., Acta Geol., 56, 96-100, ff. 1-19.
- PETRUCCI F., CAREGGIO M. & CAVAZZINI R. (1979) - *Indagini geofisiche sui depositi quaternari nel fondovalle Valtellinese da Cossio a Ponte (Nota preliminare)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 2, 17-20, ff. 1-3.
- POZZI R. (1970) - *Lineamenti idrogeologici della provincia di Sondrio*. Geologia Tecnica, 4, 169-192, Edizione IPI, Milano.
- PRACCHI R. (1954) - *Il Quaternario nel Lario occidentale*. Atti Soc. It. Sc. Nat., 93, 111-178, 4 tt.
- STAUB R. (1946): *Geologische Karte der Bernina-Gruppe und ihrer Umgebung im Oberengadin, Bergell, Val Malenco, Puschlav und Livigno*, scala 1:50.000, Geol. Spez.-Karte 118. Schweiz. Geol. Komm.
- VENZO S. (1969) - *Observations sur les stades du Würm tardif et du Post-Würm des Alpes Insubriques (Sondrio-Lombardie, Italie)*. 8° Congr. INQUA, Paris.
- VENZO S. (1971) - *Gli stadi tardo-würmiani delle Alpi insubriche valtellinesi. La Valtellina da Chiuro a Delebio, la Val Malenco e la Val Masino*. Atti Soc. It. Sc. Nat. Milano, 112, 161-276, 18 tt., 2 carte a colori alle scale 1:28.000.
- VENZO S., CRESPI R., SCHIAVINATO G. & FAGNANI G. (1970) - *Carta geologico-petrografica delle Alpi insubriche valtellinesi tra la Val Masino e la Val Malenco (Sondrio)*. LAC, Firenze.
- VENZO S. & FAGNANI G. (1954) - *Notizie sul rilevamento del foglio geologico Sondrio*. Boll. Serv. Geol. It., 76, 187-231, 3 tt.
- VENZO S. & SCHIAVINATO G. (1970) - *Illustrazione riassuntiva della Carta « geologico-petrografica » delle Alpi insubriche valtellinesi tra la Val Masino e la Val Malenco (Sondrio)*, 1:25.000. Boll. Soc. Geol. It., 89, 559-602.
- WENK H. R. (1973) - *The structure of the Bergell Alps*. Ecl. Geol. Helv., 66, 225-290, ff. 1-17, 3 tt.