

GEOLOGIA DEI PIANALI DI CASTELSEPRIO E TRADATE (PROVINCIA DI VARESE)

Luisa Zuccoli¹

¹ Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Milano
via Mangiagalli, 34 - 20133 Milano

ABSTRACT - *Geology of the high plains of Castelseprio and Tradate (Northern Italy)* - The geology of a significant portion of the High Po Plain is here analyzed. In keeping with the tradition handed down from the previous geological works the term "ferretto" indicates the most weathered sediments that outcrop in the lombardian region. Those sediments deposited during the Mindel Glaciation and weathered during the Mindel-Riss interglacial period. As many authors criticized the model that explain the quaternary climatic variability with the classical four glaciation framework, it becomes necessary a revision of the problem. New methodologies (a well detailed scale map used for the survey and the use of formal geological – allostratigraphic and lithostratigraphic – units) are responsible for the quite different interpretation of the studied area. The new framework, if compared with the previous interpretations, is more complex and teemed with data.

The Valle Olona, and the outern portions of the Verbano and Lario glacial amphitheatres are studied here. On the basis of the analysis of the units recognized in the two glacial amphitheatres it become possible to put to evidence some identities (E.g., the Alloformazione di Cantù is the same in the Lario and in the Verbano sectors because there is no break in the moraines proceeding from one amphitheater to the other.), some similarities (E.g., the Alloformazione di Binago and the Alloformazione di Golasecca have similar weathering profiles and occupie comparable stratigraphic positions.), and some differences (E.g. the first evidence of a Pleistocene glaciation is represented by a completely weathered till in the Verbano area and by a tillite in the Lario sector.).

Another interesting point is the analysis of the conglomerates (so called Ceppo in the lombardian region) that outcrop in the territory. The aim of the study is to recognize similarities and differences among cemented bodies and to reconstruct the different palaeogeographical settings witnessed by these sediments. Two main cemented bodies of gravel are recognized: the Ceppo della Bevera, the older, has a petrographical composition that is related with a local (prealpine) feeding whilst the Ceppo dell'Olona, the younger, is related with a greater catchment as indicated by his petrographical composition that clearly includes alpine pebbles.

It is possible to know the oldest phases of the development of the territory analyzing the buried sedimentary bodies. These units outcrop in most of the little and deep canyons present in the area and are also recognizable in the boreholes. The buried bodies allow us to put to evidence both the paleogeographical setting during the Pliocene and the evolution of the Valle Olona starting with the Messinian age. During the Late Pliocene the territory was affected by the two earliest great glacial advance. Tills are preserved both in the Verbano and in the Lario amphitheatres. No morphological elements (moraines, sandur, etc.) connected to those glaciations are still preserved.

In fact, a detailed survey allows to put to evidence a lot of geological data concerning this area that were disregarded in the past. Working with the aim of the reconstruction of the geological setting analyzing the amphitheatres one by one, and looking for the correlations only when the single frameworks are clear allow to avoid the mix up of sediments that look alike even if they are geologically different (e.g.: no similar stratigraphical positions, petrographical compositions, weathering profiles, etc.). As consequence, the "ferretto", that is the "appearance" of some sediments, cannot be regarded as a diagnostic element for building up geological units, because different units can be equally weathered. The "ferretto" should be compared with a facies, and no more.

The revision here proposed for the lombardian area is useful in order to look at the classical quadriglacialist model from a new perspective. The classical model looks wrong in this area and that is enough to put to evidence the necessity of work in the future, using new tools and new ideas, for the understanding of the evolution of the whole Po Plain.

RIASSUNTO - *Geologia dei pianali di Castelseprio e Tradate (Italia settentrionale)* - L'area considerata nel presente lavoro comprende le porzioni più esterne degli anfiteatri glaciali del Verbano e del Lario e la Valle Olona compresa fra di essi. L'analisi delle unità che costituiscono i due anfiteatri permette di individuare identità fra alcuni corpi, di ipotizzare parallelismi in altri casi e, infine, di individuare differenze fra i due bacini. Fra gli aspetti considerati in questo lavoro c'è l'analisi delle caratteristiche dei conglomerati presenti nell'area (riuniti frequentemente sotto il nome generico di "Ceppo"), con l'intento di individuare corpi geologici ben definiti che testimoniano eventi sedimentari fra loro differenti. L'analisi delle unità presenti nel sottosuolo completa il quadro stratigrafico e consente di ricostruire l'evoluzione della Valle Olona a partire dal Messiniano.

Dal confronto fra i due anfiteatri si giunge ad una ipotesi di correlazione fra le differenti glaciazioni testimoniate nei sedimenti che costituiscono gli apparati frontali degli antichi ghiacciai. Per quanto riguarda il Ceppo sono presenti corpi conglomeratici distinti, che testimoniano contesti fisiografici molto diversi da quello attuale. Le unità sepolte consentono invece di ricostruire le fasi più antiche dell'evoluzione del territorio; sia nel contesto verbano sia in quello lariano, sono presenti le testimonianze (till) di due glaciazioni di età pliocenica delle quali non sono conservate le morfologie.

Il dettagliato lavoro di rilevamento ha consentito, quindi, di evidenziare molti aspetti della geologia di quest'area che erano rimasti in ombra nei lavori precedenti. Il rilevamento bacino per bacino ha consentito di evitare di creare confusione fra unità che, pur simili nell'aspetto, non sono identiche dal punto di vista geologico. Il "ferretto", quindi, che è un tipico "aspetto" di molti depositi qui presentati non è di per sé diagnostico: unità differenti possono infatti mostrare alterazioni simili.

Questa revisione del modello classico operata nel territorio lombardo ne mette chiaramente in luce molti limiti e giustifica la necessità di guardare alla geologia di pianura con nuovi strumenti e con nuove idee.

Parole chiave: Pliocene Superiore, Pleistocene, Anfiteatro morenico, Paleogeografia.

Key words: Upper Pliocene, Pleistocene, Endmoraine system, Palaeogeography.

1. INTRODUZIONE

Il fiume Olona è bordato, nel suo corso medio, da due imponenti corpi terrazzati che, per la quota e la morfologia che li caratterizzano, sono indicati come «pianalti». Il raccordo al solco attuale dell'Olona è articolato in una serie di terrazzi, posti a quote differenti, sui quali sorgono numerosi centri abitati. Le attività umane che vi si svolgono (abitative, agricole e industriali) e la vicinanza alle città di Varese e Como giustificano l'interesse verso la conoscenza della geologia di questa porzione dell'alta pianura del Po. Il pianalto orientale, attualmente sotto protezione regionale, costituisce il Parco della Pineta di Tradate e Appiano Gentile.

La geologia dei pianalti di Tradate-Appiano Gentile, a Est del Fiume Olona, e di Castelseprio, a Ovest, è stata sin'ora interpretata in accordo con il quadro stratigrafico proposto da Penck e Brückner nel 1909, secondo cui sono riconoscibili quattro glaciazioni differenti, separabili fra loro sulla base del profilo d'alterazione che caratterizza i corrispondenti depositi. Tra i profili d'alterazione spicca, per importanza, il «ferretto» che è assunto come suolo marker dei depositi, glaciali e fluvio-glaciali, attribuiti alla glaciazione Mindel. Di conseguenza, per gli autori precedenti le ghiaie alterate che costituiscono i pianalti sono attribuite al Mindel e la loro alterazione, quasi sempre considerata contemporanea in tutta l'area, è di età Mindel-Riss. Il conglomerato fluviale, detto, con voce lombarda, Ceppo, che affiora alla base delle ghiaie ferrettizzate è attribuito, invece, in modo generico, al Diluvium antico.

I più importanti lavori pubblicati sulla geologia di quest'area sono quelli di Nangeroni e di Billard. Tali autori si sono ripetutamente interessati allo studio di questo territorio, e hanno prodotto un cospicuo numero di lavori¹, nei quali sono evidenti sia le analogie, sia le differenze, che hanno caratterizzato il loro approccio al problema. Per Nangeroni, geografo e geomorfologo di formazione, i depositi della più antica delle glaciazioni (Günz) si appoggiano sui depositi marini del Pliocene e sono coperti dal Ceppo, che costituisce l'ossatura dei due pianalti, e sul quale si vengono ad appoggiare i depositi ferrettizzati del Mindel e i depositi fluvio-glaciali e glaciali più recenti (Riss e Würm); nelle zone più rilevate l'alterazione è, secondo l'Autore, talmente spinta da aver completamente cancellato le tracce dei clasti originariamente presenti e, perciò, la porzione sommitale del profilo d'alterazione del «ferretto» è costituita da un'argilla assai arrossata (Nangeroni, 1956), che proviene dal completo disfacimento del materiale originario non attribuito a deposizione eolica. L'origine del ferretto è considerata inizialmente come polifasica (Nangeroni, 1931), ma più tardi (Nangeroni, 1956) è attribuita esclusivamente all'interglaciale Mindel-Riss. Per Billard invece, pedologa di formazione, l'interesse è concentrato soprattutto sui limi argillosi di origine eolica che costituiscono le coperture più superficiali dei depositi e che ella utilizza, sulla base delle caratteristiche del profilo pedologico, per attribuire età relative ai vari corpi ghiaiosi su cui appoggiano. Dimostra un interesse particolare verso il problema del «grande interglaciale Mindel-Riss» che, più volte, considera smembrato in diversi interglaciali.

Billard (1995) propone la possibilità di riconoscere, sulla base di considerazioni morfologiche e pedologiche, sette differenti terrazzi, costituiti da depositi connessi a glaciazioni differenti, e pedogenizzati durante gli interglaciali successivi; il Mindel comprende i depositi dalla terza alla settima glaciazione, contata a partire dal presente, che ritiene da collegare agli stadi isotopici del $\delta^{18}\text{O}$ oceanico tra 8 e 16 senza basare queste correlazioni su alcun riscontro geocronometrico o stratigrafico. Si osserva quindi che, nonostante le cospicue differenze, i due autori considerano il modello classico un valido riferimento e, soprattutto, non pongono in discussione la possibile diversità di costituzione fra i due pianalti della Valle dell'Olona.

Nell'ultimo decennio i lavori di Bini (1987) e Da Rold (1990), che hanno studiato le porzioni più recenti degli anfitrati del Lario e del Verbano, hanno aperto la possibilità di inquadrare la geologia del «ferretto» in tutt'altro contesto e, proprio da questa possibilità, è nato il presente lavoro di revisione stratigrafica.

L'area della media Valle dell'Olona (Fig. 1) è stata rilevata alla scala 1:10.000, utilizzando come base topografica la Carta Tecnica Regionale della Lombardia. Sono state interamente rilevate le sezioni A5d1 Castiglione Olona, A5e1 Appiano Gentile, A5d2 Carnago, A5e2 Tradate e ampie porzioni delle sezioni A5d3 Gallarate Est e A5e3 Mozzate, per un totale di circa 200 km².

Gran parte dell'area di rilevamento è costituita in superficie da depositi glaciali connessi a numerose glaciazioni, che, in questo lavoro, sono definite in accordo con Richmond (1986): «*The term «glaciation» is applied here to a specific glacial advance and recession, the deposits of which are separable from those of other glaciations by evidence of extensive recession and downwasting of glaciers or by evidence of warm climate as interpreted from pollen diagrams or weathering profiles. The terms «warm» and «cold» are used here in a very general sense to indicate broad differences in the climate of intervals separating glaciations.*». Questa definizione è utile per chiarire sia cosa si deve intendere per glaciazione, sia per associare un significato geologico al termine, sia per avere un criterio che consenta di separare, gli uni dagli altri, depositi appartenenti a diversi eventi deposizionali (Episodi). Su questa base sono stati individuati, durante il rilevamento, un numero cospicuo di Glaciazioni, una sola delle quali (la Glaciazione Montonate) può essere considerata di dubbia evidenza. Il numero di glaciazioni riconosciute va, ovviamente, inteso come numero minimo poiché è basato solo sulle testimonianze sedimentarie presenti nell'anfiteatro. Eventuali avanzate intermedie, superate in estensione da ghiacciai successivi, non lasciano alcuna evidenza e sfuggono così al computo (Bini, 1997a). Nulla si può quindi dire sulle relazioni che intercorrono fra gli stadi isotopici del $d^{18}\text{O}$ e le avanzate glaciali testimoniate in anfiteatro sulla sola base della presunta completezza della successione ed in assenza di elementi di datazione.

I criteri adottati per il rilevamento geologico sono stati i medesimi che Bini (1987)² e Da Rold (1990) han-

¹ Si veda, per una più completa trattazione della bibliografia, Zuccoli (1997a).



Fig. 1 - Inquadramento geografico generale dell'area studiata con indicazione dei toponimi utilizzati nel presente lavoro. Non sono compresi nell'area le località più strettamente comasche (Cà Morta, Cantù, Como, Cucciago, Muselle, Specola) e Castel di Sotto (che si trova in territorio elvetico).

Autorizzazione IGM n. 5199 del 28/04/2000.

Map of the study area indicating the position of the localities used in this work. The localities surrounding Como (Cà Morta, Cantù, Como itself, Cucciago, Muselle, Specola) and Castel di Sotto (Switzerland) lie outside of this map.

no adottato nei loro lavori: i depositi che sono attribuiti ad un determinato Episodio glaciale (Unità diacronica) costituiscono un'unità allostratigrafica, definita in accordo al codice americano di nomenclatura stratigrafica

(NACSN, 1983), e riconoscibile sulla base dei caratteri peculiari della superficie limite superiore. I corpi sedimentari che sono invece riconoscibili esclusivamente sulla base delle loro caratteristiche interne sono invece

² Bini (1987) ha utilizzato come unità stratigrafiche per il rilevamento i «complessi glaciali» che, pur diversi nel nome, non differiscono in modo sostanziale dalle unità allostratigrafiche, che sono adottate nel presente lavoro.

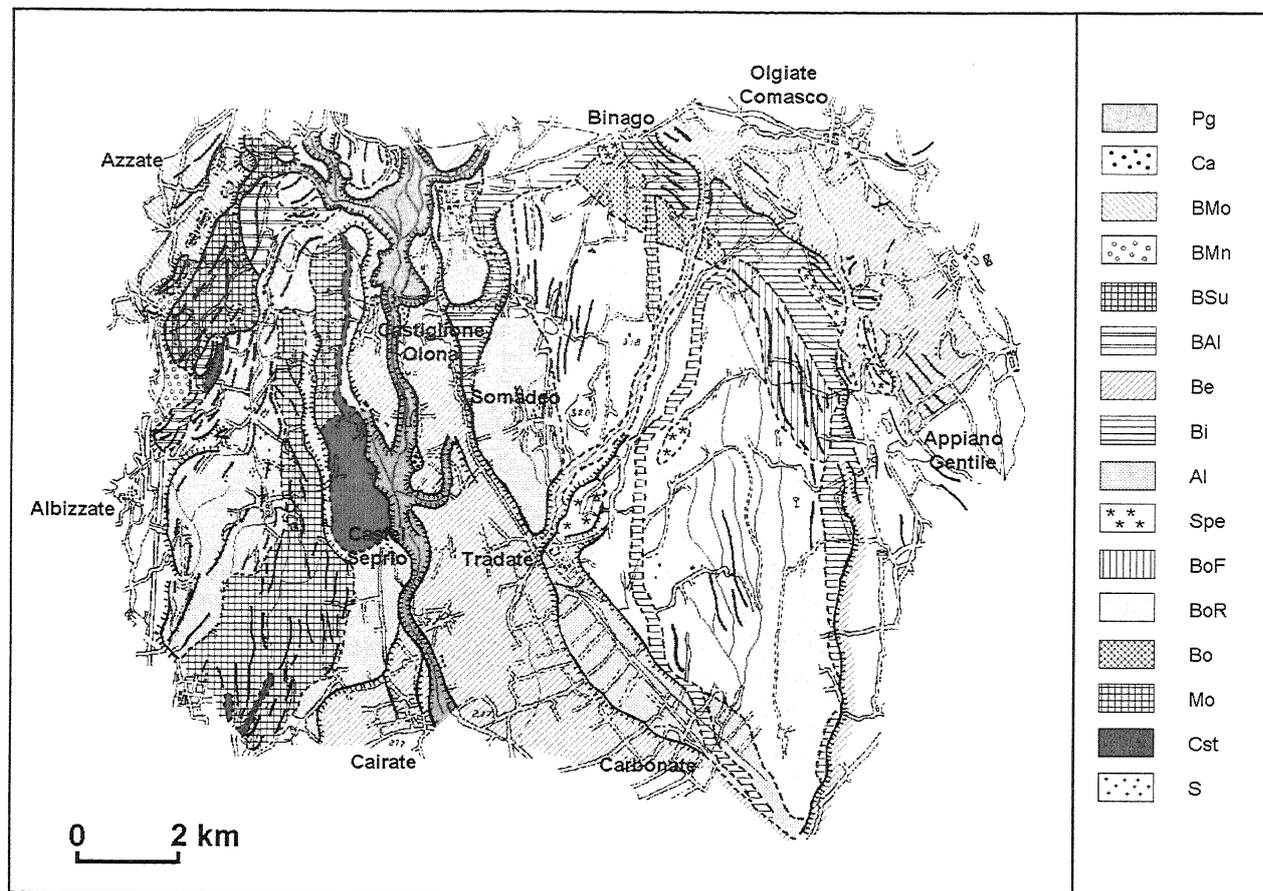


Fig. 2 - Carta geologica dell'area di studio a scala ridotta. Le sigle attribuite alle differenti unità geologiche cartografate, in ordine alfabetico, sono: **Al**, Alloformazione di Albizzate; **BAI**, Alloformazione di Albusciago; **Be**, Allogruppo di Besnate indifferenziato; **Bi**, Alloformazione di Binago; **BMo**, Unità di Mornago; **BMn**, Unità di Montonate; **Bo**, Allogruppo del Bozzente indifferenziato; **BoF**, Alloformazione di Cascina Fontana; **BoR**, Formazione di Cascina Ronchi Pella; **BSu**, Unità di Sumirago; **Ca**, Alloformazione di Cantù; **Cst**, Formazione di Castronno; **Mo**, Allogruppo di Morazzone indifferenziato; **Pg**, Unità postglaciale; **S**, substrato roccioso; **Spe**, Alloformazione della Specola.

*Little scale geological map of the study area. Abbreviations (in alphabetical order) refer to different geological units as following: **Al**, Alloformazione di Albizzate; **BAI**, Alloformazione di Albusciago; **Be**, undifferentiated Allogruppo di Besnate; **Bi**, Alloformazione di Binago; **BMo**, Unità di Mornago; **BMn**, Unità di Montonate; **Bo**, undifferentiated Allogruppo del Bozzente; **BoF**, Alloformazione di Cascina Fontana; **BoR**, Formazione di Cascina Ronchi Pella; **BSu**, Unità di Sumirago; **Ca**, Alloformazione di Cantù; **Cst**, Formazione di Castronno; **Mo**, undifferentiated Allogruppo di Morazzone; **Pg**, Unità postglaciale; **S**, bedrock; **Spe**, Alloformazione della Specola.*

stati definiti come unità litostratigrafiche (Bini, 1997a).

Sulla carta sono state riportate, inoltre, quelle evidenze morfologiche che hanno interesse per l'interpretazione geologica e per la ricostruzione dell'evoluzione del territorio. Tali evidenze morfologiche sono: le creste di morene, le piane fluvio-glaciali, gli orli di terrazzi, gli assi vallivi attualmente non più percorsi da acque, le pendenze delle piane, le aree con depressioni³ connesse a fenomeni di *piping*.

In questo modo è stato possibile costruire una carta geologica completa dell'area analizzata, che ha anche permesso una ricostruzione efficace delle fasi evolutive del territorio, e che è stata strumento basilare nelle ricostruzioni di sottosuolo. L'utilizzo contemporaneo di diverse unità stratigrafiche non ha posto problemi di

ambiguità poiché un corpo geologico è risultato riconoscibile, o sulla base delle proprie caratteristiche interne, o sulla base dei caratteri della superficie limite superiore. È stato ritenuto opportuno, in certi casi, istituire allogruppi che possono anche contenere unità allostratigrafiche e unità litostratigrafiche.

2. STRATIGRAFIA

Il metodo utilizzato per il rilevamento ha permesso di mettere in evidenza l'esistenza di un grande numero di corpi geologici, ben distinguibili l'uno dall'altro, e legati fra loro da chiari rapporti stratigrafici. L'area rilevata è posta fra gli anfiteatri glaciali del Verbano e del Lario e

³ Queste depressioni sono piccoli avvallamenti con un diametro metrico, una profondità di qualche decimetro e hanno una morfologia simile a quella delle doline di ambiente carsico e sono generate da fenomeni di soffusione che interessano i depositi fini superficiali presenti nel territorio (Bini e Zuccoli, 1996; Zuccoli, 1997).

ne comprende le porzioni più esterne (Fig. 2). Nel quadro stratigrafico seguente sono descritte sia le unità esposte in superficie, che costituiscono gli anfiteatri, sia le unità profonde, delle quali non è osservabile la morfologia superficiale e sulle quali appoggiano gli anfiteatri. L'estensione della descrizione a comprendere anche le unità sepolte è necessaria per comprendere l'evoluzione del territorio in modo completo.

2.1. Anfiteatro del Verbano

Le unità stratigrafiche che costituiscono l'anfiteatro del Verbano sono riassunte nella Tab. 1, dove sono riportate le caratteristiche distintive di ciascuna di esse.

territorio analizzato sono presenti solo alcuni terrazzi incassati profondamente nel solco della valle Olona, mentre le morene e i depositi glaciali restano confinati a porzioni molto più interne degli anfiteatri e sono perciò al di fuori dell'area di rilevamento. L'Alloformazione di Cantù copre, in discordanza, i depositi di tutte le unità più antiche dell'anfiteatro ed è coperta esclusivamente dai depositi successivi al ritiro del ghiacciaio (Unità postglaciale). L'età di questa alloformazione, basata su datazioni radiocronometriche (Bini, 1987; 1997b; Da Rold, 1990; Felber, 1993) è Pleistocene superiore e corrisponde allo stadio isotopico 2 della curva del $\delta^{18}O$.

Lungo tutto l'anfiteatro del Verbano, in posizione esterna all'Alloformazione di Cantù, sono presenti i depositi dell'Allogruppo di Besnate. Questo allogruppo è

	ALLOGRUPPO DI MORAZZONE				ALLOFORMAZ. DI ALBIZZATE	ALLOFORMAZ. DI GOLASECCA	ALLOGRUPPO DI BESNATE	ALLOFORM. DI CANTÙ
	ALLOFORMAZ. DEL MONTEROSSO	UNITÀ DI CARNAGO	UNITÀ DI MORAZZONE INFERIORE	UNITÀ DI SANTA MARIA				
Facies	Till, fluviogl	Till, fluviogl	Till, fluviogl, lacustri	Fluviali	Till, fluviogl	Till, fluviogl	Till, fluviogl, lacustri	Till, fluviogl, delta, lacustri, versante
Litologia	Diamicton, ghiaie e sabbie	Diamicton, ghiaie e sabbie	Diamicton, ghiaie e sabbie, limi e argille	Ghiaie	Diamicton, ghiaie e sabbie	Diamicton, ghiaie e sabbie	Diamicton, ghiaie e sabbie, limi e argille	Diamicton, ghiaie e sabbie, limi e argille
Spessore del profilo di alterazione	non definibile	> 10 m	non definibile*	non definibile	> 6 - 8 m	5 - 6 m	< 4.5 m	< 2.5 m
Clasti carbonatici	Assenti	Alterati	Non alterati*	Alterati	Alterati	Assenti	Alterati	Talvolta alterati
Clasti alpini	Alterati	Alterati	Non alterati*	Alterati	Arenizzati o con cortex	In parte alterati o con cortex	In parte alterati o con patine di ossidazione	Raramente alterati
Clasti vulcanici	Alterati	Alterati	Non alterati*	Assenti	Arenizzati o con cortex	Assenti	Inalterati	Inalterati
% clasti alterati	> 90%	> 90%	< 15 - 20%*	> 80%	> 50%	50%	30%	< 10%
Colore matrice	5YR - 7.5YR	5 YR	-	7.5YR	7.5YR → 2.5Y	7.5YR - 10YR	7.5YR → 2.5Y	2.5Y - 10YR
Argilla secondaria	Abbondante	Abbondante	Assente*	Presente	Abbondante	Presente	Scarsa	Assente
Copertura loessica	F. Rovate, fragipan, 7.5YR, 10YR	Presente	Sconosciuta	F. Rovate	Fragipan, 7.5YR, 10YR	Fragipan, 7.5YR, 10YR	7.5YR, 10YR	Assente
Morfologia	Morene molto depresse e mal conservate	Morene depresse e piane fluvioglaciali non conservate	Sconosciuta	Corpi terrazzati mal conservati	Morene depresse e piane fluvioglaciali parzialmente conservate	Morene depresse e mal conservate; piane fluvioglaciali vaste	Morene evidenti e piane fluvioglaciali sviluppate	Conservata ed evidente

* Caratteristiche riferite al till di alloggiamento

Tab. 1 - Sintesi delle caratteristiche delle formazioni dell'anfiteatro glaciale del Verbano.

Main characteristics of the formations that build the Verbano glacial amphiteatre.

L'Alloformazione di Cantù è costituita dai depositi corrispondenti all'ultimo massimo glaciale (che verrà, da qui in avanti, indicato con la sigla LGM)⁴. La morfologia di questi corpi è sempre ben conservata: le morene sono assai evidenti e così pure le piane fluvioglaciali. Nel

suddiviso in cinque unità (Tab. 2): l'Alloformazione di Albusciago (la più antica dell'allogruppo) e le Unità di Sumirago, Montonate, Mornago e Daverio. Tutte queste cinque unità sono rappresentate nell'area orientale dell'anfiteatro verbano e sono riconoscibili, l'una dall'altra,

⁴ Da Rold (1990) ha definito i depositi dell'LGM come Alloformazione di Bodio, ma i rilevamenti condotti negli anni successivi hanno permesso di osservare il congiungersi delle morene di questa alloformazione con quelle che Bini (1987) ha attribuito all'Alloformazione di Cantù (Complesso Glaciale di Cantù in Bini, 1987). Per motivi di priorità si è quindi optato per il nome di Alloformazione di Cantù, eliminando il nome di Alloformazione di Bodio.

	ALBUSCIAGO	SUMIRAGO	MONTONATE	MORNAGO	DAVERIO
Spessore profilo alterazione	4.5 m	4 m	3 m	2.6 m	2.5 m
Colore matrice	10YR	10YR	10YR	10YR-2.5YR	2.5Y

Tab. 2 - Sintesi delle caratteristiche delle Unità appartenenti all'Allogruppo di Besnate.

Main characteristics of the units included in the Allogruppo di Besnate.

soprattutto sulla base di discontinuità morfologiche (Bini, 1987). Le morene cartografate da Da Rold (1990) a W della valle dell'Arno proseguono anche a oriente, nell'area che è oggetto del presente lavoro (Zuccoli, 1997), e permettono di ricostruire la morfologia del margine orientale del ghiacciaio del Verbano durante i corrispondenti Episodi glaciali (Albusciago, Sumirago, Montonate, Mornago e Daverio). La morfologia dei depositi di questo allogruppo è sempre ben espressa. Nella Valle Olona (Fig. 3) sono presenti estesi terrazzi fluvio-glaciali che sono attribuiti indistintamente all'Allogruppo di Besnate poiché non si hanno, al momento attuale, dati completi sui raccordi, a monte, fra questi terrazzi e le morene corrispondenti. Si è perciò optato per l'attribuzione generica all'allogruppo, in attesa che il proseguimento del lavoro di rilevamento possa condurre ad una più precisa distinzione. I depositi dell'Allogruppo di Besnate sono più vecchi di 25.000 a BP (Bini, 1987; 1997b; Da Rold, 1990; Felber, 1993) e possono essere compresi nell'intero intervallo di tempo Pleistocene medio-Pleistocene superiore.

In alcune porzioni dell'anfiteatro del Verbano, più a occidente dell'area oggetto del presente rilevamento, si possono osservare i depositi dell'Alloformazione di Golasecca (Da Rold, 1990) che costituiscono poche morene conservate, alle quali sono collegate estese piane

fluvio-glaciali. In altre parole, durante la Glaciazione Golasecca, il ghiacciaio aveva un'estensione assai simile a quella degli Episodi immediatamente successivi (testimoniati nei depositi dell'Allogruppo di Besnate); tuttavia la posizione altimetrica delle sue piane fluvio-glaciali, relativamente elevata rispetto a quelle più recenti, ne ha favorito la conservazione.

Esternamente all'Allogruppo di Besnate, o, dove presente, dell'Alloformazione di Golasecca, si riconoscono i depositi glaciali e fluvio-glaciali dell'Alloformazione di Albizzate (Da Rold, 1990; Bini, 1997b; Zuccoli, 1997), che sono distinguibili da quelli dell'Allogruppo di Besnate sia per il maggior spessore del profilo di alterazione, sia per la differente morfologia. Il profilo d'alterazione dei depositi dell'Alloformazione di Albizzate mostra colori della matrice compresi nella pagina 7.5YR delle *Munsell Soil Color Charts* e l'argilla di origine pedogenetica inizia ad essere presente in abbondanza. L'area di affioramento dei depositi di questa alloformazione si estende nella parte mediana di tutto l'anfiteatro del Verbano e lambisce, verso oriente, la parte occidentale del pianalto di Tradate e Appiano Gentile. Pur non esistendo elementi certi di datazione questi depositi sono attribuiti per posizione stratigrafica e per i caratteri del profilo di alterazione al Pleistocene medio (Da Rold, 1990; Zuccoli, 1997). La morfologia è meno evidente che nelle unità precedenti.

Le morene dell'Alloformazione di Albizzate appoggiano in discordanza su quelle dell'Allogruppo di Morazzone (Bini, 1997b; Zuccoli, 1997). Questo allogruppo comprende le evidenze sedimentarie di alme-

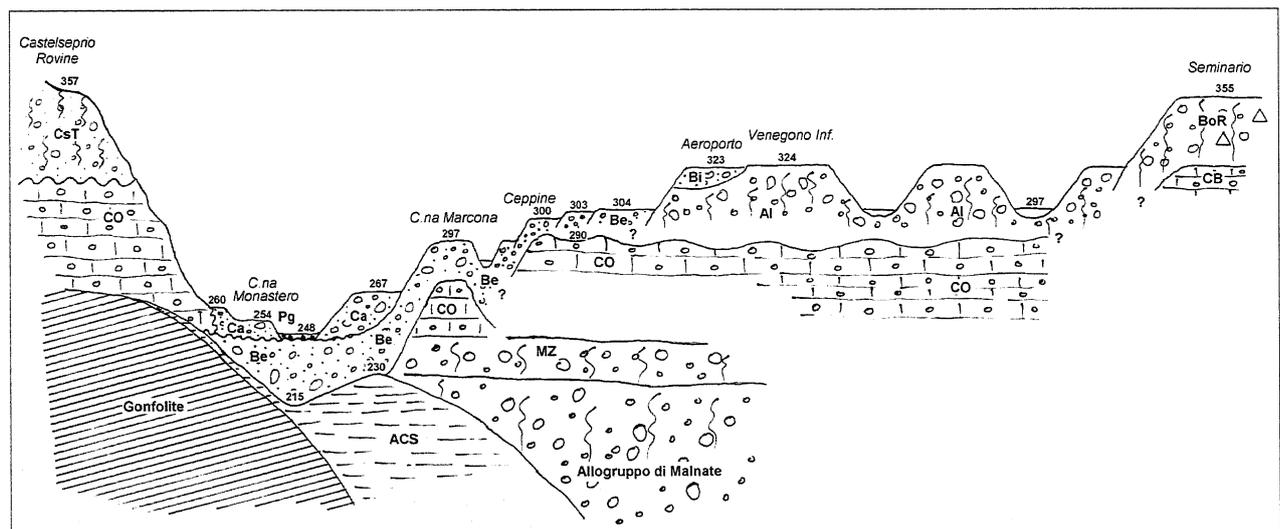


Fig. 3 - Sezione geologica E-W della Valle Olona all'altezza di Venegono Inferiore. Le quote indicate sono in m s.l.m.. Le sigle, in ordine alfabetico, indicano: **ACS**, Argille di Castel di Sotto; **AI**, Alloformazione di Albizzate; **Be**, Allogruppo di Besnate indifferenziato; **BI**, Alloformazione di Binago; **BoR**, Formazione di Cascina Ronchi Pella; **CO**, Ceppo dell'Olona; **CB**, Ceppo della Bevera; **Ca**, Alloformazione di Cantù; **Cst**, Formazione di Castronno; **MZ**, Formazione di Molino Zacchetto.

*E-W geological section passing through Venegono Inferiore. The indicated elevations are in m a.s.l.. Abbreviations (in alphabetical order) refer to different geological units as following: **ACS**, Argille di Castel di Sotto; **AI**, Alloformazione di Albizzate; **Be**, undifferentiated Allogruppo di Besnate; **BI**, Alloformazione di Binago; **BoR**, Formazione di Cascina Ronchi Pella; **CO**, Ceppo dell'Olona; **CB**, Ceppo della Bevera; **Ca**, Alloformazione di Cantù; **Cst**, Formazione di Castronno; **MZ**, Formazione di Molino Zacchetto.*

	FORMAZIONE DI ROVATE	FORMAZIONE DI M. CARMELO	FRAGIPAN	LOESS 7.5YR	LOESS 10YR
Colore	5YR (2.5YR)	5YR (2.5YR)	7.5YR - 10YR	7.5YR	10YR
Contenuto in argilla	Abbondante	Abbondante	Abbondante	Presente	Scarsa
Consolidamento	Molto sovraconsolidato	Molto sovraconsolidato	Sovraconsolidato	Talvolta sovraconsolidato	Raramente sovraconsolidato
Figure pedogenetiche da gelo	Sempre presenti	Sempre presenti	Sempre presenti	Rare	Assenti o solo debolmente espresse
Unità a tetto più antica	Alloformazione di Albizzate	Alloformazione della Specola	Allogruppo di Besnate	Loess 10YR	-----
Unità a letto più giovane	Unità di Carnago	Alloformazione di Cascina Fontana	Alloformazione di Albizzate (W) Alloformazione della Specola (E)	Allogruppo di Besnate	Allogruppo di Besnate

Tab. 3 - Sintesi delle caratteristiche delle Unità loessiche riconosciute.

Main characteristics of the loess covers.

no due Episodi glaciali, indicati come Morazzone 1 e Morazzone 2. Non è sempre facile stabilire a quale di questi due Episodi siano da riferire i depositi che si osservano. Nella zona di Gallarate si riconoscono alcune morene depresse, con profilo d'alterazione rilevante e con colori della matrice compresi fra 5YR e 7.5YR: si tratta dell'Alloformazione di Monterosso. Nella parte più orientale dell'anfiteatro del Verbano è riconoscibile un complesso sistema di morene molto depresse, che non è in continuità con quelle dell'Alloformazione di Monterosso, e che costituisce l'Unità di Carnago. I depositi di questa unità, insieme a quelli dell'Alloformazione di Albizzate, costituiscono la maggior parte del pianalto di Castelseprio. Nell'Allogruppo di Morazzone sono stati inseriti anche i depositi glaciali, fluvioglaciali e lacustri dell'Unità di Morazzone Inferiore che è sepolta sotto il pianalto e che, quindi, non è collegabile, con certezza, né all'Alloformazione di Monterosso, né all'Unità di Carnago. All'Allogruppo di Morazzone appartengono anche i depositi dell'Unità di Santa Maria. Si tratta di depositi fluviali, incastrati all'interno di una valle del pianalto, che coprono in discordanza i depositi della Formazione di Castronno. Essi non sono stati attribuiti all'Alloformazione di Albizzate (presente in valli parallele a questa e poco distanti) per la loro posizione altimetrica che è incoerente con la geometria dell'intera alloformazione; il punto di alimentazione di questo corpo fluviale è infatti in posizione troppo elevata per essere ricordato ai depositi dell'Alloformazione di Albizzate. L'alterazione del materiale che costituisce l'Allogruppo di Morazzone è sempre spinta, ad eccezione dei till di alloggiamento sepolti che appartengono all'Unità di Morazzone Inferiore. Particolarmente importante per definire la distinzione fra i depositi dell'Alloformazione di Albizzate e quelli dell'Unità di Carnago e i loro rapporti reciproci, è il riconoscimento della Formazione di Rovate che è sepolta sotto la prima e appoggia sulla seconda. Si tratta di una coltre loessica (Tab. 3) che mostra caratteri di pedogenesi molto spinta: colore 5YR, o persino 2.5YR, molto sovraconsolidata, argilla secondaria molto abbon-

dante e con evidenze di strutture da gelo e da idromorfia. Fra le coltri loessiche presenti nell'anfiteatro del Verbano è l'unica per la quale è stato possibile proporre un inquadramento stratigrafico formale, poiché, sia le caratteristiche litologiche sia la posizione stratigrafica precisa, ne hanno permesso un univoco riconoscimento. L'Allogruppo di Morazzone è da attribuire alla parte iniziale del Pleistocene medio (Zuccoli, 1997) sulla base di considerazioni che riguardano l'età della Formazione di Castronno, sulla quale appoggia, e della quale si tratterà più avanti.

2.2. Anfiteatro del Lario

La struttura dell'anfiteatro di Como è simile a quella del Verbano, anche se si riscontrano alcune differenze rimarchevoli. Si tenga presente che, anche a parità di tutti gli altri fattori, i due anfiteatri si distinguono per la diversa composizione petrografica dei depositi che è causata da differenze fra i due bacini di alimentazione e che tale differenza si riflette in differenze fra le caratteristiche di dettaglio dei profili di alterazione dei depositi. Le caratteristiche principali delle unità che costituiscono questo anfiteatro sono riportate nella Tab. 4.

I depositi dell'LGM sono riuniti nell'Alloformazione di Cantù (Bini, 1987) e sono distinguibili, nei dintorni della città di Como, tre fasi minori di avanzata all'interno di questo Episodio (Fase di Cantù, di Cucciago e della Cà Morta). Le caratteristiche morfologiche e della superficie limite superiore di questa alloformazione sono rapportabili a quelle degli analoghi depositi dell'anfiteatro del Verbano. Anche qui è assente la copertura loessica. Inoltre le datazioni eseguite indicano che il massimo dell'espansione glaciale è stato raggiunto circa 20.000 a BP e che 15.000 a BP il ghiacciaio aveva già abbandonato il bacino del Lago di Como (Bini, 1997b; Bini *et al.*, 1997).

Esternamente all'Alloformazione di Cantù sono presenti i depositi dell'Allogruppo di Besnate, che non sono ancora stati rilevati in tutta la loro estensione. Le caratteristiche di questi depositi sono del tutto simili a quelle defini-

	ALLOGRUPPO DEL BOZZENTE			ALLOFORMAZ. DELLA SPECOLA	ALLOFORMAZ. DI BINAGO	ALLOGRUPPO DI BESNATE	ALLOFORM. DI CANTÙ
	FORMAZIONE DI C.NA RONCHI PELLA	FORMAZIONE DI CASTELNUOVO	ALLOFORMAZ. DI C.NA FONTANA				
Facies	Till. fluviogl	Versante, fluviali	Till. fluviogl.	Till. fluviogl	Till. fluviogl	Till. fluviogl, lacustri	Till, fluviogl, delta, lacustri, versante
Litologia	Diamicton, ghiaie e sabbie	Diamicton, ghiaie e sabbie, limi	Diamicton, ghiaie e sabbie	Diamicton, ghiaie e sabbie	Diamicton, ghiaie e sabbie	Diamicton, ghiaie e sabbie, limi e argille	Diamicton, ghiaie e sabbie, limi e argille
Spessore del profilo di alterazione	> 10 m	> 10 m	> 10 m	6 - 8 m	4 - 5 m	< 4.5 m	< 2.5 m
Clasti carbonatici	Alterati	Alterati	Alterati	Alterati	Alterati	Alterati	Talvolta alterati
Clasti alpini	Alterati	Alterati	Alterati	Arenizzati o con cortex	In parte alterati o con cortex	In parte alterati o con patine di ossidazione	Raramente alterati
Clasti vulcanici	Alterati	Alterati	Alterati	Arenizzati o con cortex	In parte alterati o con cortex	Inalterati	Inalterati
% clasti alterati	> 90%	> 90%	> 90%	> 80%	50%	30%	< 10%
Colore matrice	10YR → 2.5YR*	10YR → 2.5YR^	10YR → 2.5YR*	5YR - 7.5YR°	7.5YR - 10YR	7.5YR → 2.5Y	10YR - 2.5Y
Argilla secondaria	Abbondante	Abbondante	Abbondante	Abbondante	Presente	Scarsa	Assente
Copertura loessica	F. M. Carmelo, fragipan, 7.5YR, 10YR	F. M. Carmelo, fragipan, 7.5YR, 10YR	F. M. Carmelo, fragipan, 7.5YR, 10YR	Fragipan, 7.5YR, 10YR	Fragipan, 7.5YR, 10YR	7.5YR, 10YR	Assente
Morfologia	Morene depresse e piane fluvioglaciali mal conservate	Non conservata	Morene depresse e piane fluvioglaciali mal conservate	Morene e piane fluvioglaciali mal conservate	Morene depresse e mal conservate; piane fluvioglaciali vaste	Morene evidenti e piane fluvioglaciali sviluppate	Coservata ed evidente

* i colori più gialli si riferiscono alle parti più profonde del profilo di alterazione.

^il colore di questa unità dipende dal materiale che essa rimaneggia.

° in profondità può raggiungere 2.5Y.

Tab. 4 - Sintesi delle caratteristiche delle formazioni dell'anfiteatro glaciale del Lario.

Main characteristics of the formations that build up the Lario glacial amphiteatre.

te nell'anfiteatro del Verbano e, almeno per alcune cerchie moreniche, c'è continuità nel passaggio da un anfiteatro all'altro; tuttavia, al momento attuale, la mancanza del completo rilevamento di questo allogruppo nell'anfiteatro di Como non permette il riconoscimento oggettivo delle singole unità. L'originaria nomenclatura proposta da Bini (1987), che prevedeva il nome di Complesso Glaciale di Muselle, è stata abbandonata e si è conservata quella di Da Rold (1990) più completa ed articolata dal punto di vista stratigrafico. Nel territorio della Valle Olona sono presenti, come già detto, le grandi piane fluvioglaciali corrispondenti a questi episodi e la cui alimentazione è, necessariamente, dovuta ad entrambi i ghiacciai. L'età dei depositi dell'Allogruppo di Besnate è Pleistocene medio-Pleistocene superiore sulla base di considerazioni stratigrafiche e di alcune datazioni ¹⁴C (Da Rold, 1990).

Nella zona posta immediatamente a Nord del pianalto orientale è possibile distinguere, esternamente all'Allogruppo di Besnate, e parzialmente ricoperti da esso, i depositi dell'Alloformazione di Binago. Si tratta di un ridotto numero di morene alle quali si accompagnano piane fluvioglaciali vaste e ben individuabili. L'età attribuita a questa alloformazione, in base a considerazioni stratigrafiche e di alterazione dei depositi, è Pleistocene medio.

L'Alloformazione della Specola (Bini, 1987) è posta immediatamente all'esterno dell'Alloformazione di Binago o, dove quest'ultima è assente, dell'Allogruppo

di Besnate. Le morene di questa alloformazione bordano, sul lato orientale, il pianalto di Tradate e di Appiano Gentile. Le loro piane fluvioglaciali sono ampiamente rappresentate ad oriente del pianalto. Inoltre, almeno al momento della massima espansione del ghiacciaio durante questo Episodio, le acque di fusione si sono inoltrate anche all'interno del pianalto dove sono riconoscibili corpi fluvioglaciali che sono stati depositi in valli poco incise che attraversano la porzione centrale del pianalto stesso in direzione NE-SW. Questi depositi fluvioglaciali sono anche ben distinguibili dai depositi fluvioglaciali più recenti dell'Alloformazione di Binago e dell'Allogruppo di Besnate, i quali hanno attraversato il pianalto sfruttando altre valli profondamente incise (Fig. 4). Anche nel caso dell'Alloformazione della Specola mancano elementi che consentano di datare con sicurezza l'episodio corrispondente, ma considerando la posizione stratigrafica e i caratteri di alterazione dei depositi è stata attribuita al Pleistocene medio.

La parte più antica dell'anfiteatro di Como (che corrisponde quasi esattamente al territorio del Parco Pineta di Tradate e Appiano Gentile) comprende le cerchie moreniche di due glaciazioni distinte, separate fra loro da un evento sedimentario costituito da depositi fluviali e di versante. Tutti questi depositi sono stati riuniti nell'Allogruppo del Bozzente (Zuccoli, 1997). La più recente di queste alloformazioni (l'Al-

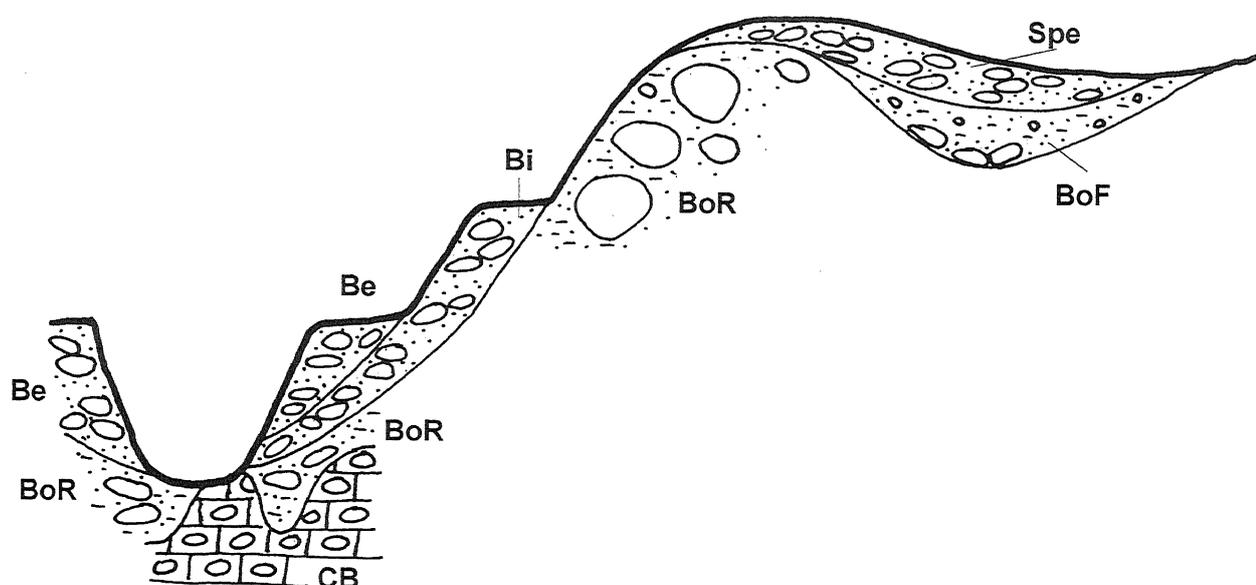


Fig. 4 - Schema dei rapporti stratigrafici fra le unità principali che costituiscono il Pianalto orientale. Tutte le superfici indicate sono superfici di erosione; la superficie che separa il Ceppo della Bevera dalla Formazione di Cascina Ronchi Pella è ondulata per sottolineare il fatto che il conglomerato è alterato in alto e si presenta pertanto con una superficie ad organi geologici. Le sigle, in ordine alfabetico, si riferiscono a: **Be**, Allogruppo di Besnate indifferenziato; **Bi**, Alloformazione di Binago; **BoF**, Alloformazione di Cascina Fontana; **BoR**, Formazione di Cascina Ronchi Pella; **CB**, Ceppo della Bevera; **Spe**, Alloformazione della Specola.

*Stratigraphic framework concerning the main geological units that build the eastern highplain up. All surfaces are erosional surfaces but the surface that divides Ceppo della Bevera and Formazione di Cascina Ronchi Pella is broadly undulated to underline that the conglomerate is deeply weathered at the top (geological organ surface). Abbreviations (in alphabetical order) refer to different geological unit as following: **Be**, undifferentiated Allogruppo di Besnate; **Bi**, Alloformazione di Binago; **BoF**, Alloformazione di Cascina Fontana; **BoR**, Formazione di Cascina Ronchi Pella; **CB**, Ceppo della Bevera; **Spe**, Alloformazione della Specola.*

loformazione di Cascina Fontana) è costituita da depositi glaciali e fluvio-glaciali che costituiscono il lato più orientale del pianalto di Tradate e Appiano Gentile. Questa alloformazione è coperta, in modo discontinuo, da una coltre loessica, profondamente alterata, che non è mai presente a tetto delle unità più recenti (Alloformazione della Specola, Alloformazione di Binago, Allogruppo di Besnate e Alloformazione di Cantù). Questa coltre loessica è stata quindi formalizzata come unità litostratigrafica, ha assunto il nome di Formazione di Monte Carmelo (Tab. 3) e si ritiene che, per la sua posizione stratigrafica, sia ascrivibile al Pleistocene medio. L'Alloformazione di Cascina Fontana ha caratteristiche litologiche molto simili alla Formazione di Cascina Ronchi Pella, che costituisce la maggior parte del pianalto; tuttavia, queste due formazioni non possono essere considerate parti di una medesima unità, poiché sono separate chiaramente da un terzo corpo sedimentario: la Formazione di Castelnuovo (Fig. 5 e Fig. 6). Quest'ultima è caratterizzata da antichi depositi di versante e fluviali, con composizione litologica caratteristica: clasti per lo più quarziticci immersi in un'abbondante matrice limoso argillosa; in molti affioramenti, inizia con un letto di ciottoli arrotondati allineati, perfettamente sani, e costituiti essenzialmente da petrografie resistenti all'alterazione. Si ritiene che, per la posizione stratigrafica che occupa, tutto l'Allogruppo del Bozzente sia di età Pleistocene medio.

I depositi dell'Allogruppo del Bozzente appoggiano, in discordanza, su due formazioni distinte: la Tillite di

San Salvatore, che affiora nel pianalto solo in aree estremamente limitate, e il Ceppo della Bevera.

2.3. Unità profonde

Al di sotto delle formazioni che costituiscono gli anfiteatri morenici affiorano numerose unità che, essendo sepolte, mancano dell'espressione morfologica originaria e sono state perciò definite sulla base delle caratteristiche litologiche interne dei sedimenti che le costituiscono. Esse sono, quindi, unità litostratigrafiche.

Nel solco attuale della Valle Olona affiorano numerose di queste formazioni; esse sono riassunte nella Tab. 5. Le Argille di Castel di Sotto sono i depositi marini che in base al contenuto in microfossili e nannoplancton analizzato da vari autori sono di età Pliocene inferiore. Sopra questi depositi troviamo una complessa successione di formazioni, tutte affioranti in destra idrografica, lungo la scarpata della Valle Olona fra Torba e il limite meridionale dell'area rilevata. Si tratta delle seguenti formazioni (Fig. 7): Formazione di Torba, Formazione di Cascina Monastero, Formazione di Castelseprio, Ceppo dell'Olona e Formazione di Castronno. La Formazione di Molino Zacchetto affiora invece in sinistra idrografica. Le caratteristiche litologiche di queste unità sono strettamente peculiari e questo ne permette un facile riconoscimento. Tutte sono di età Pliocene superiore; tale attribuzione viene fatta sulla base dell'età delle Argille di Castel di Sotto, sulle quali appoggiano, e di considerazioni che riguardano l'età della

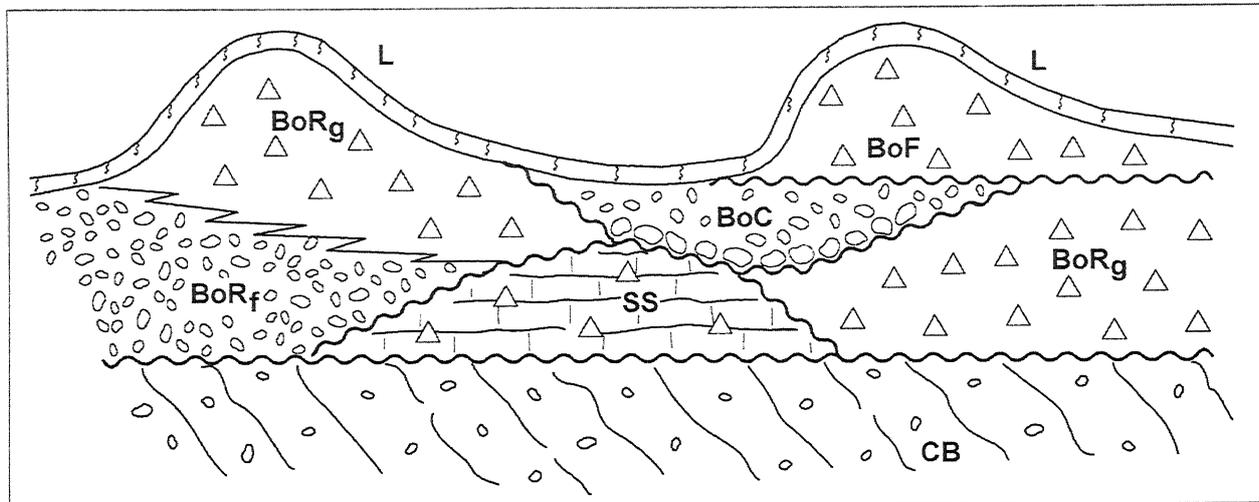


Fig. 5 - Schema dei rapporti stratigrafici nell'Allogruppo del Bozzente. 1, coperture loessiche indifferenziate; 2, facies glaciali dell'Alloformazione di Cascina Fontana; 3, Formazione di Castelnuovo; 4, Formazione di Cascina Ronchi Pella; 5, Tillite di San Salvatore; 6, Ceppo della Bevera.

Stratigraphic framework of the Allogruppo del Bozzente. 1, loess covers; 2, Alloformazione di Cascina Fontana (glacial facies); 3, Formazione di Castelnuovo; 4, Formazione di Cascina Ronchi Pella; 5, Tillite di San Salvatore; 6, Ceppo della Bevera.

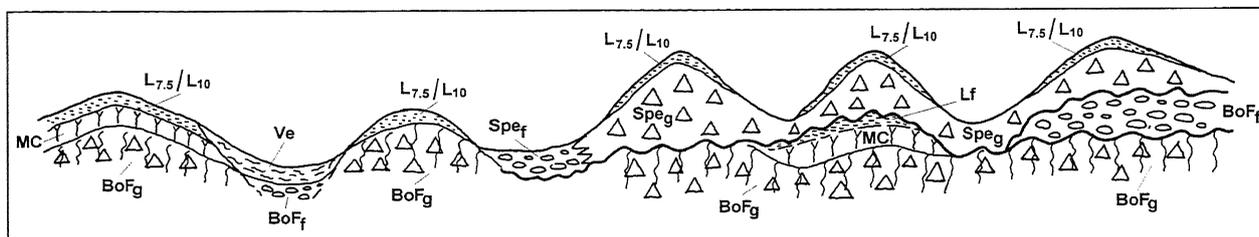


Fig. 6 - Schema dei rapporti stratigrafici delle formazioni che costituiscono il fianco orientale del Pianalto di Appiano Gentile. Le sigle, in ordine alfabetico, sono: **BoF_a**, facies glaciali dell'Alloformazione di Cascina Fontana; **BoF_b**, facies fluvioglaciali dell'Alloformazione di Cascina Fontana; **L_f**, loess con orizzonte a fragipan; **L_{7.5} / L₁₀**, loess con colori compresi nelle pagine 7.5YR e 10YR delle tavole Munsell; **MC**, Formazione di Monte Carmelo; **Spe_a**, facies glaciali dell'Alloformazione della Specola; **Spe_b**, facies fluvioglaciali dell'Alloformazione della Specola; **Ve**, Allogruppo di Venegono.

*Stratigraphical framework of the eastern portion of the Appiano Gentile highplain. Abbreviations (in alphabetical order) refer to different geological units as following: **BoF_a**, Alloformazione di Cascina Fontana (glacial facies); **BoF_b**, Alloformazione di Cascina Fontana (fluvioglacial facies); **L_f**, loess characterized by a fragipan horizon; **L_{7.5} / L₁₀**, loesses which colors fall into 7.5YR e 10YR tables of the Munsell soil color charts; **MC**, Formazione di Monte Carmelo; **Spe_a**, Alloformazione della Specola (glacial facies); **Spe_b**, Alloformazione della Specola (fluvioglacial facies); **Ve**, Allogruppo di Venegono.*

fase di cementazione del Ceppo dell'Olona, che è Pliocene superiore⁵. La più antica fra queste unità (Pliocene medio?) è la Formazione di Molino Zacchetto (Fig. 7 e Fig. 8); essa costituisce l'unica porzione affiorante di un grande allogruppo (l'Allogruppo di Cairate) che caratterizza gran parte della geologia del sottosuolo di quest'area (Zuccoli, 1997).

La coppia di formazioni costituita dal Ceppo dell'Olona e dalla Formazione di Castronno costituisce un caso particolare: si tratta di un unico corpo sedimentario di

spessore assai ragguardevole (nell'ordine delle decine di metri) con un profilo di alterazione molto sviluppato che termina con un orizzonte calcico marcato. La porzione alterata, che costituisce la Formazione di Castronno, è separata dal Ceppo dell'Olona (la porzione cementata) da una superficie ad organi geologici. Questa superficie non è perciò una superficie d'erosione, ma semplicemente un limite "chimico" di significato pedologico. Questa situazione è presente anche in altre unità che abbiano un orizzonte profondo cementato so-

⁵ L'età radiometrica del Ceppo dell'Olona, determinata mediante datazione U/Th su un campione di cemento calcitico proveniente da Cava Fontanelle è risultata superiore ai limiti del metodo (> 300 000 a BP), ma sulla base del rapporto fra gli isotopi dell'uranio, la sua età potrebbe essere superiore a 1,5 Ma. Questo dato va riferito alla fase di cementazione, mentre la deposizione è forzosamente precedente e, probabilmente, non di poco dato che lo spessore del profilo di alterazione al di sopra dell'orizzonte calcico può raggiungere i 50 m.

	ARGILLE DI CASTEL DI SOTTO ^{oo}	FORMAZIONE DI MOLINO ZACCHETTO	FORMAZIONE DI TORBA	FORMAZIONE DI CASCINA MONASTERO	FORMAZIONE DI CASTELSEPRIO*	CEPPO DELL'OLONA	FORMAZIONE DI CASTRONNO
Facies	marino, spiaggia	fluviale	fluviale	fluviale	fluviale	fluviale	fluviale, glaciale
Superficie superiore	erosiva (?)	erosiva	erosiva	erosiva	erosiva su superficie a organi geologici	fronte di alterazione a organi geologici	erosiva (polifasica e poligenica)
Litologia	ghiaie e fossili	ghiaie e sabbie, diamicton	alternanze di ghiaie e sabbie	sequenza fining upward di ghiaie, sabbie e limi	ghiaie con lenti di sabbia	ghiaie e sabbie	ghiaie, sabbie, diamicton
Clasti carbonatici	assenti	scarsi (15%)	molto scarsi (5%)	scarsi (15%)	abbondanti (50%)	abbondanti (40%)	scarsi (20%)
Clasti vulcanici	assenti	abbondanti (50%)	scarsi (10%)	molto abbondanti (75%)	scarsi (15%)	scarsi (20%)	abbondanti (30%)
Clasti alpini	100%	abbondanti (50%)	molto abbondanti (85%)	molto scarsi (10%)	abbondanti (35%)	abbondanti (40%)	abbondanti (50%)
Alterazione dei carbonati	----- -	argillificati (100%)†	argillificati (100%)†	sani	argillificati (100%)†	sani	argillificati (100%)‡
Alterazione dei vulcanici	----- -	con cortex	arenizzati (18%)†	sani	sani	sani	argillificati o arenizzati (100%)‡
Alterazione degli alpini °	arenizzati (80%)	arenizzati (80%)	arenizzati (50%)†	sani	sani	sani	arenizzati (90%)‡
Argilla secondaria	assente	assente	assente	assente	scarsa	assente	abbondante nella parte alta
Patine di Fe/Mn	presenti	presenti	presenti	presenti	presenti	assenti	presenti
Cementazione	buona	assente	localmente presente	assente	buona, locale	ottima, locali lenti non cementate	assente
Rapporti stratigrafici: a letto	Gonfolite alterata	Unità inferiore dell'Allogruppo di Cairate	Allogruppo di Cairate, Argille di Castel di Sotto (?)	F. di Torba	F. di Cascina Monastero	F. di Castelseprio, Ceppo della Bevera, F. dell'Immacolata, F. di Fontanelle, F. del Vivirolo, Gonfolite, ecc	F. di Solbiate Arno, Ceppo dell'Olonia
a tetto	F. di Torba (?), Af. Cantù	Ceppo dell'Olonia	F. di Cascina Monastero	F. di Castelseprio	Ceppo dell'Olonia	F. di Castronno	Ag. di Morazzone, Af. di Albizzate, Ag. di Besnate, loess, estesamente affiorante
Età	Pliocene inf.	Pliocene sup. o medio	Pliocene sup.	Pliocene sup.	Pliocene sup.	Pliocene sup.	Pliocene sup.

*) Questa descrizione si riferisce alla parte profonda, non pedogeniizzata, dell'unità.

†) L'alterazione interessa l'intera massa dei clasti; se il loro diametro è superiore a 10-15 cm è presente solo un cortex.

‡) L'alterazione interessa l'intera massa dei clasti; se il loro diametro è superiore a 50-70 cm può essere presente un nucleo sano.

°) Ad esclusione delle quartizi.

^{oo}) In questa tabella la descrizione si riferisce esclusivamente al settore di Castelseprio.

Tab. 5 - Sintesi delle caratteristiche delle formazioni affioranti in Valle Olona nei pressi di Castelseprio.

Main characteristics of the formations that outcrop in Valle Olona near Castelseprio.

vrastato da un orizzonte di alterazione, ma solo in pochi casi lo spessore dei due livelli è tale da far propendere per l'istituzione di due unità separate, anche dal punto di vista cartografico.

Al di sotto del pianalto orientale affiorano tre importanti unità: il Ceppo della Bevera, la Formazione di Rio Quadronna e la Tillite di San Salvatore. La coppia Ceppo della Bevera / Formazione di Rio Quadronna è analoga alla coppia Ceppo dell'Olonia / Formazione di Castronno. Nella Tab. 6 sono quindi riportate, a confronto, soltanto le caratteristiche dei due conglomerati. Sulla base della posizione stratigrafica, si ritiene che il Ceppo della Bevera sia di età Pliocene superiore. La Tillite di San Salvatore, costituita da depositi glaciali cementati, affiora assai limitatamente nel territorio considerato. In base alla sua posizione stratigrafica può essere di età compresa fra il Pliocene superiore e il Pleistocene me-

dio; copre infatti il Ceppo della Bevera (Pliocene sup.) ed è a sua volta coperta dall'Allogruppo del Bozzente (Pleistocene medio).

Un ultimo gruppo di unità sepolte affiora soprattutto nell'area posta a settentrione dei pianalti. Si tratta di unità molto antiche che spesso appoggiano direttamente sulla Gonfolite (Oligocene) e sulle Argille di Castel di Sotto (Pliocene inferiore). Sono la Formazione di Fontanelle, la Formazione della Valle della Fornace, la Formazione del Vivirolo, la Formazione dei Boderi e la Formazione di Solbiate Arno. Esse, essendo comprese fra le Argille di Castel di Sotto e il Ceppo dell'Olonia, sono attribuite al Pliocene superiore; discorso a parte deve essere fatto per la Formazione di Fontanelle che, essendo eteropica alle Argille di Castel di Sotto, deve essere di età Pliocene inferiore.

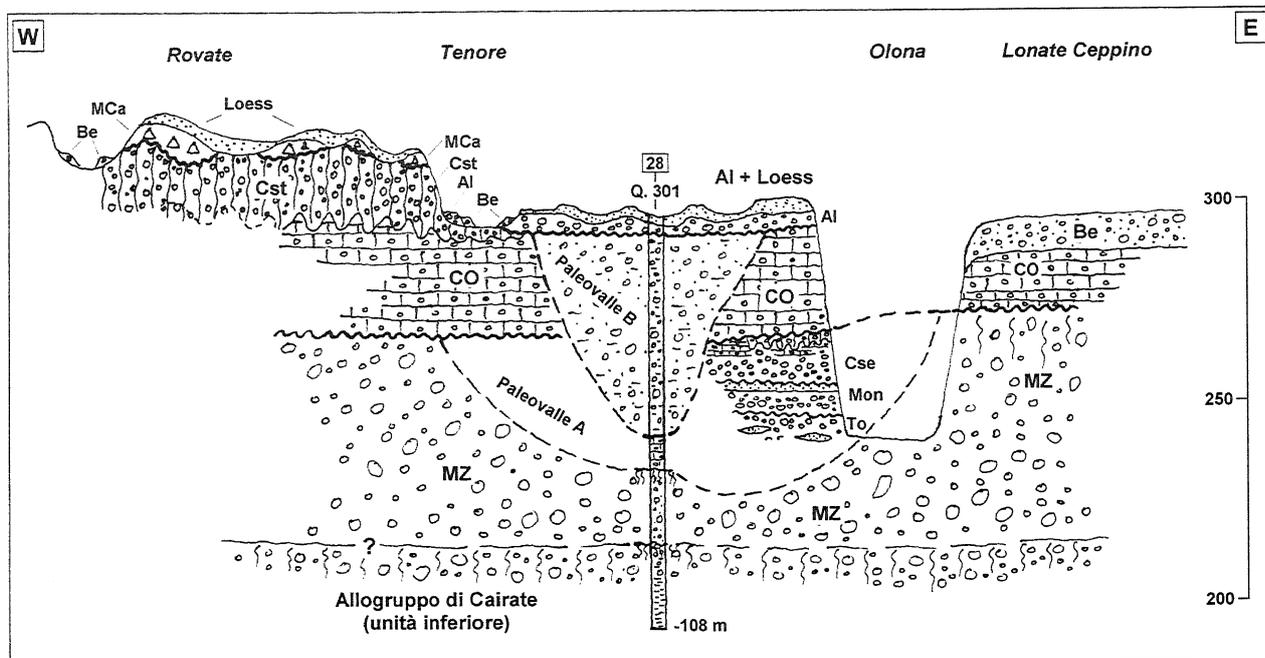


Fig. 7 - Sezione geologica della Valle Olona orientata E-W tra Rovate e Lonate Ceppino. Le sigle, in ordine alfabetico, si riferiscono a: **Al**, Alloformazione di Albizzate; **Be**, Allogruppo di Besnate indifferenziato; **CO**, Ceppo dell'Olona; **Cse**, Formazione di Castelseprio; **Cst**, Formazione di Castronno; **MCa**, Unità di Carnago; **Mo**, Allogruppo di Morazzone indifferenziato, qui in facies fluvio-glaciale; **Mon**, Formazione di Cascina Monastero; **MZ**, Formazione di Molino Zacchetto; **To**, Formazione di Torba; **Ve**, Allogruppo di Venegono. Il pozzo indicato ha una profondità di 108 m e raggiunge quindi alla sua base una quota di 193 m s.l.m..

E-W geological section of the Valle Olona between Rovate e Lonate Ceppino. The borehole deep is 108 m, so his base is at an elevation of 193 m a.s.l.. Abbreviations (in alphabetical order) refer to different geological units as following: **Al**, Alloformazione di Albizzate; **Be**, undifferentiated Allogruppo di Besnate; **CO**, Ceppo dell'Olona; **Cse**, Formazione di Castelseprio; **Cst**, Formazione di Castronno; **MCa**, Unità di Carnago; **Mo**, undifferentiated Allogruppo di Morazzone (fluvio-glacial facies); **Mon**, Formazione di Cascina Monastero; **MZ**, Formazione di Molino Zacchetto; **To**, Formazione di Torba; **Ve**, Allogruppo di Venegono.

3. EVOLUZIONE GEOLOGICA DEL TERRITORIO

Alla fine del Miocene esisteva già un sistema articolato di valli profonde con una rete di drenaggio definita e con un grado di evoluzione già avanzato. La presenza di questo sistema di valli, che è in realtà diffuso in tutto il territorio a Sud delle Alpi, è stata messa in relazione con il disseccamento del Mediterraneo avvenuto durante il Messiniano (Cita et al., 1990; Felber et al., 1991a, 1991b, 1994, 1995; Finckh, 1978; Finckh et al., 1984; Bini et al., 1978, 1994; Bini, 1994, 1997b). Il fiume paleo-Olona percorreva un profondo canyon, localizzato più o meno in corrispondenza della sua valle attuale, che nel tratto di Malnate aveva il fondovalle posto in un punto attualmente a quota 70 m s.l.m.. All'inizio del Pliocene il mare trasgredisce in queste valli creando una costa a *ria* con bracci di mare allungati, separati da isole, che, in corrispondenza delle maggiori paleovalli, penetrano profondamente nella terraferma. Si depongono in questo momento le Argille di Castel di Sotto. La superficie del territorio, costituito da depositi del Gruppo della Gonfolite che presentavano una morfologia a dossi e depressioni ed erano interessati da una spessa copertura di alteriti, emerge parzialmente formando una serie di isole separate da canali (Corselli et al. 1985; Bini, 1997b).

In alta Valle Olona, al Vivirolo e in Val Selvagna, la Formazione del Vivirolo testimonia la prima avanzata glaciale che ha interessato questo territorio. Verso Sud

nella media Valle Olona si osservano i depositi fluvio-glaciali della Formazione di Torba che potrebbero, in via ipotetica, essere correlati a questo evento. Questa glaciazione è di età pliocenica (Uggeri et al., 1997; Martinetto e Ravazzi, 1997). A Nord del territorio considerato, in Valle della Fornace è chiaramente distinguibile anche una seconda avanzata glaciale testimoniata da depositi fluvio-glaciali e glaciali attribuiti alla Formazione dell'Immacolata (Uggeri et al., 1997). Sempre nel settore settentrionale, ma nell'area comasca, sono presenti le tracce di due antiche glaciazioni, i cui depositi sono sepolti nella serie esposta a Casanova Lanza (Bini et al., 2000).

Nel Pliocene superiore si deposita il Ceppo della Bevera che è costituito per la maggior parte da clasti carbonatici e porfirici che testimoniano un'alimentazione locale. È un corpo che si è probabilmente depositato in risposta a movimenti tettonici nell'area come si può arguire considerandone la composizione petrografica che fa escludere apporti glaciali, la superficie di erosione basale molto marcata e l'imponenza del deposito stesso. Il Ceppo della Bevera stesso si presenta frequentemente inclinato tettonicamente in Valle della Bevera, Valle del Quadronna e nel pianalto di Castelnuovo Bozzente (Fig. 9). Gli affioramenti del Ceppo della Bevera permettono di ricostruire le linee di drenaggio indicate in Fig. 10. La presenza di conglomerati a porfidi nel sottosuolo comasco implica necessariamente che il fiume Adda non scorreva lungo il ramo occidentale del Lago

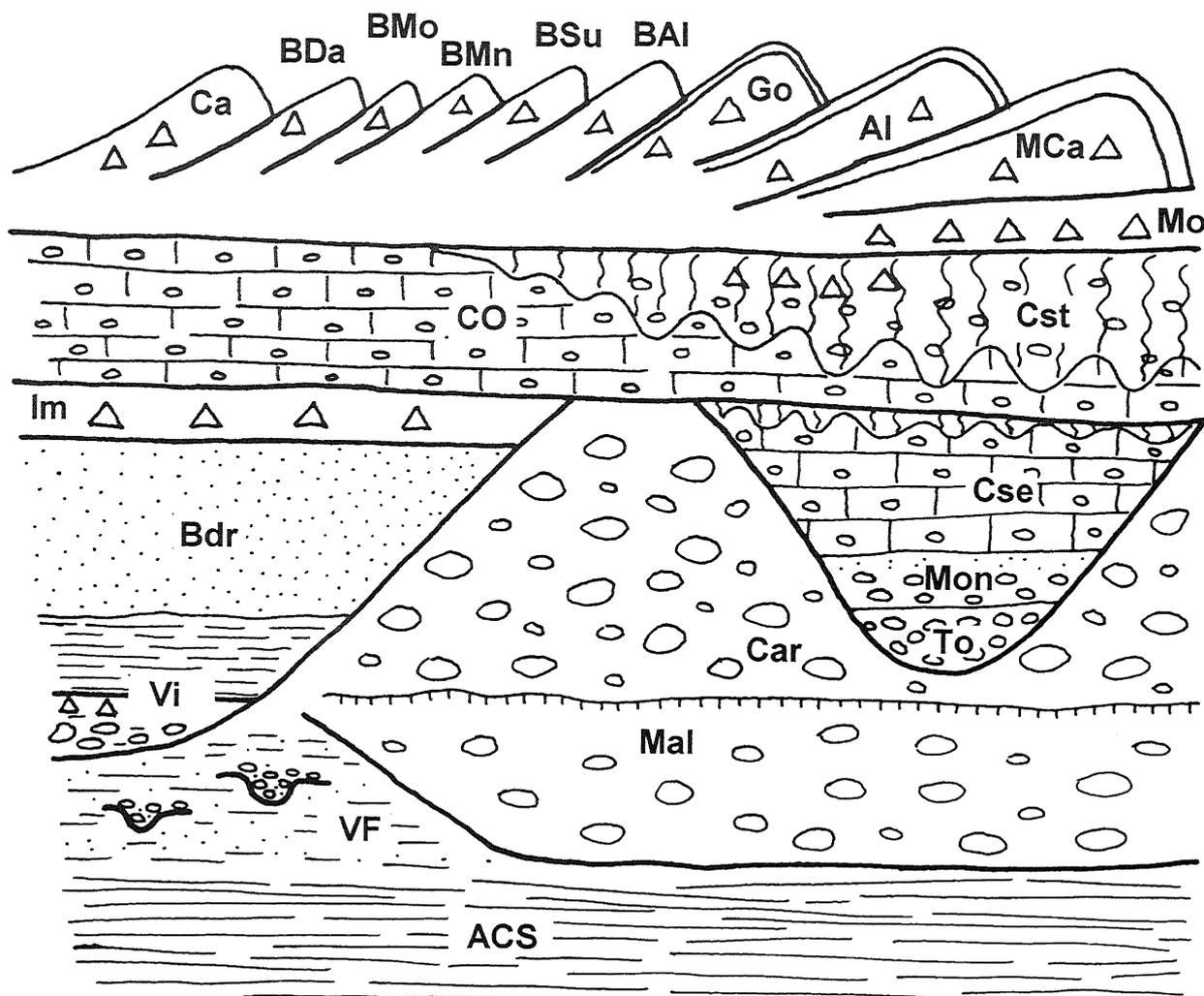


Fig. 8 - Schema dei rapporti stratigrafici nel settore orientale dell'anfiteatro del Verbano. Le sigle, in ordine alfabetico, si riferiscono a: **ACS**, Argille di Castel di Sotto; **AI**, Alloformazione di Albizzate; **BAI**, Alloformazione di Albusciago; **BDa**, Unità di Daverio; **Bdr**, Formazione dei Boderi; **BMn**, Unità di Montonate; **BMo**, Unità di Mornago; **BSu**, Unità di Sumirago; **Ca**, Alloformazione di Cantù; **Car**, Allogruppo di Cairate; **CO**, Ceppo dell'Olona; **Cse**, Formazione di Castelseprio; **Cst**, Formazione di Castronno; **Go**, Alloformazione di Golasecca; **Im**, Formazione dell'Immacolata; **Mal**, Allogruppo di Malnate; **MCA**, Unità di Carnago; **Mo**, Allogruppo di Morazzone, unità inferiore; **Mon**, Formazione di Cascina Monastero; **To**, Formazione di Torba; **VF**, Formazione della Valle della Fornace; **Vi**, Formazione di Vivirolo.

Stratigraphical framework in the eastern sector of the Verbano amphitheatre. Abbreviations (in alphabetical order) refer to different geological units as following: ACS, Argille di Castel di Sotto; AI, Alloformazione di Albizzate; BAI, Alloformazione di Albusciago; BDa, Unità di Daverio; Bdr, Formazione dei Boderi; BMn, Unità di Montonate; BMo, Unità di Mornago; BSu, Unità di Sumirago; Ca, Alloformazione di Cantù; Car, Allogruppo di Cairate; CO, Ceppo dell'Olona; Cse, Formazione di Castelseprio; Cst, Formazione di Castronno; Go, Alloformazione di Golasecca; Im, Formazione dell'Immacolata; Mal, Allogruppo di Malnate; MCA, Unità di Carnago; Mo, Allogruppo di Morazzone, unità inferiore; Mon, Formazione di Cascina Monastero; To, Formazione di Torba; VF, Formazione della Valle della Fornace; Vi, Formazione di Vivirolo. (After Bini & Zuccoli, 1999.)

di Como, ma nel ramo orientale. Poichè in alcuni settori il Ceppo della Bevera si presenta completamente alterato prima della deposizione del Ceppo dell'Olona, deve essere intervenuta una fase pedogenetica abbastanza lunga al termine della deposizione del ceppo stesso.

In questo periodo, nella parte meridionale della Valle Olona mancano sedimenti correlabili con il Ceppo della Bevera, e ciò sta ad indicare che i corsi d'acqua che trasportavano i maggiori quantitativi di materiale non percorrevano questa valle. Sono però presenti due formazioni (Formazione di Cascina Monastero e Formazione di Castelseprio) di difficile collocazione temporale.

La prima di queste ha un'alimentazione soprattutto locale, la seconda, con una composizione petrografica ricca di elementi schiettamente alpini, rappresenta un fluvioglaciale. La storia dell'alterazione di quest'ultima (Zuccoli e Bussolini, 1997) implica una lunga e complessa pedogenesi con assenza, quindi, di scorrimento idrico in Valle Olona. Si può ipotizzare che la Formazione di Cascina Monastero corrisponda alla Formazione dei Boderi, anch'essa costituita da depositi di provenienza locale, ma più grossolani. La Formazione di Castelseprio invece potrebbe corrispondere alla Formazione dell'Immacolata della quale costituirebbe il fluvioglaciale. La

	CEPPO DELLA BEVERA*		CEPPO DELL'OLONA
Facies	fluviale a meandri e braided		fluviale
Superficie superiore	erosiva su superficie a organi geologici		fronte di alterazione a Organi Geologici
Litologia	ghiaie e sabbie		ghiaie e sabbie
Clasti carbonatici	abbondanti (65%) (M. Val Tinella)	da scarsi (19%) ad abbondanti (40%)(M. Cava Coppo)	abbondanti (40%)
Clasti vulcanici	molto scarsi (<1%) (M. Val Tinella)	da molto abbondanti (75%) ad abbondanti (40%) (M. Cava Coppo)	scarsi (20%)
Clasti alpini	abbondanti (35%) (M. Val Tinella)	da molto scarsi (6%) a scarsi (20%) (M. Cava Coppo)	abbondanti (40%)
Alterazione carbonati	inalterati		sani
Alterazione vulcanici	inalterati		sani
Alterazione alpini°	inalterati		sani
Argilla secondaria	assente		assente
Patine di Fe/Mn	assenti		assenti
Cementazione	da ottima a nulla (specie nelle sabbie)		buona, locali lenti non cementate
Rapporti stratigrafici: a letto	F. dei Boderi (?), substrato		F. di Castelseprio, Ceppo della Bevera, F. dell'Immacolata, F. di Fontanelle, F. del Vivirolo, Gonfolite, ecc
a tetto	F. Rio Quadronna, Ceppo dell'Olo na		F. di Castronno

° ad esclusione delle quarziti.

* I due membri (M. di Val Tinella e M. di Cava Coppo) sono in rapporto di eteropia (Valle Luna).

Tab. 6 - Sintesi delle caratteristiche delle formazioni conglomeratiche principali del territorio.

Main characteristics of the conglomerates outcropping in the study area.

sua pedogenesi sarebbe contemporanea alla deposizione e alla pedogenesi del Ceppo della Bevera.

Successivamente alla deposizione del Ceppo della Bevera, nel territorio orientale si deposita la Tillite di San Salvatore, che testimonia una nuova avanzata glaciale forse correlabile ai depositi glaciali presenti nella parte più alta della Formazione di Castronno.

Al termine di una fase di biostasia generalizzata, in cui tutto il territorio era sottoposto a intensa pedogenesi, si depongono le ghiaie basali del Ceppo dell'Olo na. Si tratta di un corpo di sedimenti molto esteso. E' un corpo grossolanamente tabulare caratterizzato però alla base da due valli scarsamente incise poste, in corrispondenza di Tradate, ad Est, e in corrispondenza della Valle dell'Arno, ad Ovest. Il Ceppo dell'Olo na e la Formazione di Castronno, che ne rappresenta la parte alterata, costituiscono l'espressione sedimentaria di più episodi. E' praticamente impossibile, attualmente, riconoscere tali episodi sul terreno; si distinguono solo una parte esclusivamente fluviale alla base e una parte a tetto glaciale e fluvioglaciale, affiorante solo nel settore di Castelseprio del pianalto occidentale. Diviene perciò difficile ricostruire l'evoluzione del territorio durante la deposizione di questa unità. I depositi fluviali basali che costituiscono un'ampia piana a direzione N-S si depongono probabilmente in risposta ad una fase di sollevamento tettonico. I depositi glaciali rappresentano l'e-

spressione sedimentaria di una nuova glaciazione (Glaciazione Castronno) che interessa il territorio.

Con la deposizione di queste unità cambiano le direzioni di flusso dei fiumi: si blocca il flusso diretto verso SE (Ceppo della Bevera) e il flusso ridiviene prevalentemente Nord-Sud come quello attuale (Fig. 11); le cause principali di questa modifica possono essere state prima l'attività neotettonica e, successivamente, la presenza dei ghiacciai.

Al termine di questo periodo il territorio è caratterizzato da scarsi dislivelli, nell'ambito di un anfiteatro morenico, con valli poco incise. Per un lungo periodo di tempo non avvengono particolari eventi sedimentari, il clima è favorevole all'alterazione chimica dei sedimenti e perciò si formano suoli profondi (Formazione di Castronno). L'unico fenomeno che probabilmente si produce in questo periodo di tempo è un sollevamento tettonico generalizzato che innesca l'ultima fase di scavo delle valli. I fiumi riprendono a percorrere la maggior parte delle paleovalli risciavando i sedimenti che le riempivano. Rimangono però ampi tratti di paleovalli tuttora completamente occlusi da sedimenti.

Dopo questo lungo periodo di tempo inizia l'ininterrotta serie di glaciazioni che regolarmente hanno raggiunto l'area edificando l'anfiteatro attualmente visibile. Ogni glaciazione ha avuto un'estensione differente dato che la fisiografia del territorio era, ogni volta, diversa sia



Fig. 9 - Contatto fra i depositi appartenenti alla Formazione di Rio Quadronna, visibili in basso, e all'Allogruppo del Bozzente, in alto. Si osservi che i depositi della Formazione di Rio Quadronna sono inclinati tettonicamente, mentre i depositi dell'Allogruppo del Bozzente non sono coinvolti dal movimento. Il corso d'acqua visibile nella parte bassa della fotografia è il Rio Quadronna. (Foto Zuccoli)

Sediments belonging to the Formazione di Rio Quadronna and Allogruppo del Bozzente are visible in this outcrop. Clearly tilted deposits (lower portion of the outcrop) belong to the Formazione di Rio Quadronna and are covered by not-tilted deposits which belong to the Allogruppo del Bozzente (higher portion of the outcrop). The stream at the bottom of the picture is the Rio Quadronna.

per la deposizione e l'erosione connesse ai ghiacciai sia per neotettonica (Da Rold, 1990; Bini, 1997a; 1997b). I ghiacciai delle prime glaciazioni (Morazzone e Monterosso) avanzano su un territorio a morfologia blanda, coperto da suoli spessi ed evoluti. Questa osservazione, già espressa da Gabert (1962), con riferimento ai depositi del Mindel, spiega la scarsità di massi e, in generale, la granulometria più fine dei depositi corrispondenti. La morfologia dei depositi relativi a queste glaciazioni è conservata in località Monterosso, presso Gallarate, ove sono presenti quattro blandi dossi interpretati come morene dell'Alloformazione di Monterosso (Da Rold, 1990) e sul fianco occidentale della Valle Olona dove sono presenti vari dossi allungati, alcuni dei quali sono sicuramente morene (Unità di Carnago). Nella zona frontale di anfiteatro il ghiacciaio del Monterosso poteva avere un andamento semicircolare (Da Rold e Ot-

tomano, 1987) in quanto non incontrava ostacoli. Dalla posizione degli affioramenti tra la Valle dell'Arno e dell'Olonia è probabile che in massima espansione i ghiacciai del Verbano e del Lario si congiungessero a Sud del M. Morone.

I depositi glaciali e le morene più esterne dell'anfiteatro del Lario appartengono alla Formazione di Cascina Ronchi Pella dell'Allogruppo del Bozzente. Non è provabile, ma è molto probabile, che questa formazione corrisponda ad una delle alloformazioni dell'Allogruppo di Morazzone; la Glaciazione Ronchi Pella potrebbe corrispondere perciò ad una delle Glaciazioni del Morazzone. Se questo è vero i due ghiacciai erano congiunti a Sud del Monte Morone sino a Venegono e, in questo caso, le morene su cui sorge Cascina Ronchi Pella a direzione N-S potrebbero essere morene di contatto tra i due lobi dei ghiacciai. In questo caso, a partire da Venegono Superiore le due cerchie moreniche divergono, grossomodo a semicerchio, a costituire il margine dei pianalti. Sebbene l'erosione successiva possa avere parzialmente eroso le morene più esterne, lo spazio tra i due anfiteatri rappresentato dalle attuali pianure di Tradate, Castelseprio e Cairate si delinea durante questi episodi glaciali e da allora si è conservato nel tempo. L'aspetto attuale dei due pianalti dipende perciò dall'estensione dei ghiacciai durante le prime glaciazioni quaternarie in senso stretto.

La Valle Olona si riforma, quindi, in modo del tutto casuale, più o meno nella stessa posizione che occupava durante il Messiniano e parte del Pliocene grazie alla disposizione delle cerchie moreniche delle glaciazioni Morazzone-Ronchi Pella (Fig. 12). A partire da questa glaciazione tutti i torrenti glaciali e i fiumi hanno seguito un percorso obbligato. Il reticolo fluviale sui pianalti stessi di tipo parallelo si è evoluto a partire dalla disposizione delle morene e delle pianure intermoreniche di queste glaciazioni che presentavano un andamento prevalentemente N-S. Da allora esse si sono mantenute, approfondendosi successivamente e in modo concomitante all'incisione della Valle Olona, durante l'Episodio Besnate. Questo reticolo fluviale si presenta disorganizzato solo dove i fluvioglaciali della Glaciazione Specola hanno eroso e coperto le morene e le pianure di queste glaciazioni. Il reticolato idrografico presente attualmente sui pianalti è quindi il risultato di una lunga evoluzione ed è perciò non dipendente dalle condizioni attuali.

Le morene della successiva Glaciazione Albizzate presentano un andamento subcircolare per tutto l'anfiteatro del Verbano dalla Valle dell'Olonia al Ticino. La posizione e le direzioni di flusso dei depositi fluvioglaciali indicano che le valli attuali dell'Olonia e dell'Arno non erano ancora state incise e perciò esistevano due grandi pianure fluvioglaciali a quota 350 m s.l.m. in Valle Olona e alla medesima quota in Valle dell'Arno.

Le caratteristiche morfologiche e della superficie limite superiore dell'Alloformazione della Specola sono simili a quelle dell'Alloformazione di Albizzate; mancano tuttavia dati che permettano di correlare le due situazioni in modo oggettivo. Non esiste, infatti, continuità morfologica fra le morene delle due alloformazioni, poiché esse sono tagliate nel settore centrosettentrionale dalle formazioni più recenti. Anche le pianure fluvioglaciali non hanno sciolto il dubbio: nei pressi di Tradate (Fig. 14) si incontrano i grandi terrazzi fluvioglaciali della Val-

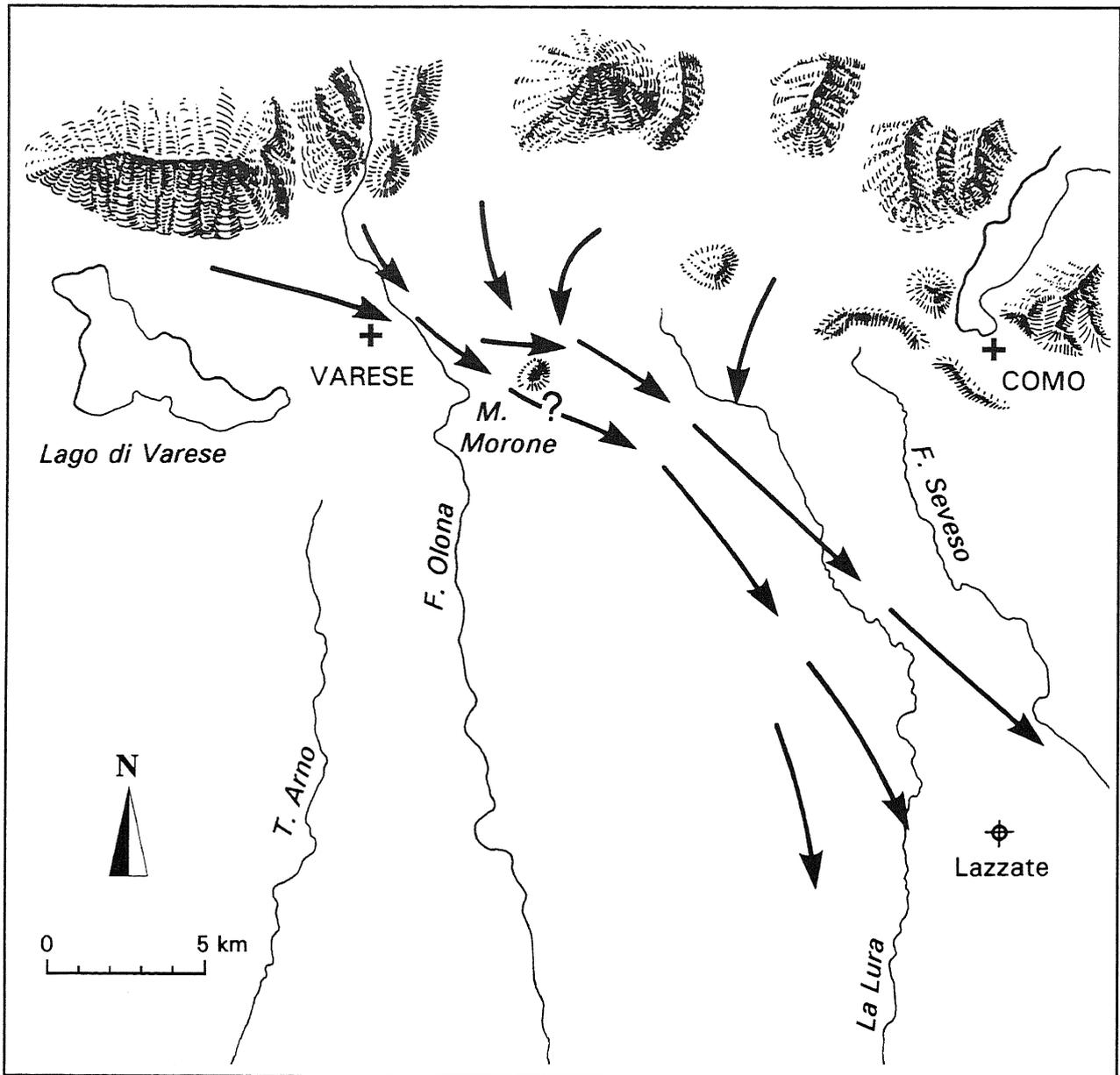


Fig. 10 - Schema paleogeografico delle linee di drenaggio utilizzate durante la deposizione del Ceppo della Bevera (da Bini, 1997b).
Flow directions outline of the rivers during the deposition of the Ceppo della Bevera gravels. (After Bini, 1997b.)

le Olona, attribuiti all'Alloformazione di Albizzate, con i corpi fluvioglaciali provenienti dal pianalto, attribuiti all'Alloformazione della Specola, ma il raccordo ha caratteristiche geometriche tali per cui sono possibili due interpretazioni alternative, entrambe ugualmente accettabili: il corpo di depositi fluvioglaciali dell'Alloformazione della Specola presente a Tradate è relativo alla massima espansione del ghiacciaio durante questo episodio, mentre il grande terrazzo, attribuito all'Alloformazione di Albizzate, rappresenta le avanzate minori dello stesso episodio (per le quali non esiste più un'alimentazione attraverso il pianalto); in questo caso l'Episodio Specola e l'Episodio Albizzate sono identici. In alternativa, i due corpi fluvioglaciali rappresentano effettivamente due episodi sedimentari distinti e, in tal caso, sono distinti anche i corrispondenti episodi glaciali. La zona di

raccordo, infatti, mostra una differenza nello «stile morfologico» dei due depositi che può essere dovuta semplicemente all'alimentazione particolare del pianalto, relativa esclusivamente alla massima avanzata dell'Episodio Specola, che contrasta con l'imponenza degli apporti che, di certo, hanno caratterizzato la Valle Olona anche durante le fasi di minor avanzata dell'Episodio Albizzate. Inoltre, tutti questi depositi sono stati successivamente interessati da movimenti di versante che hanno agito mascherando, almeno in parte, l'originaria conformazione del raccordo. Non è perciò provabile che la Glaciazione Albizzate dell'Anfiteatro del Verbano corrisponda alla Glaciazione Specola dell'Anfiteatro di Como, ma ammettendo per ipotesi che questo sia vero il limite del ghiacciaio, dopo aver descritto un ampio semicerchio da Albizzate a Morazzone, formava un piccolo

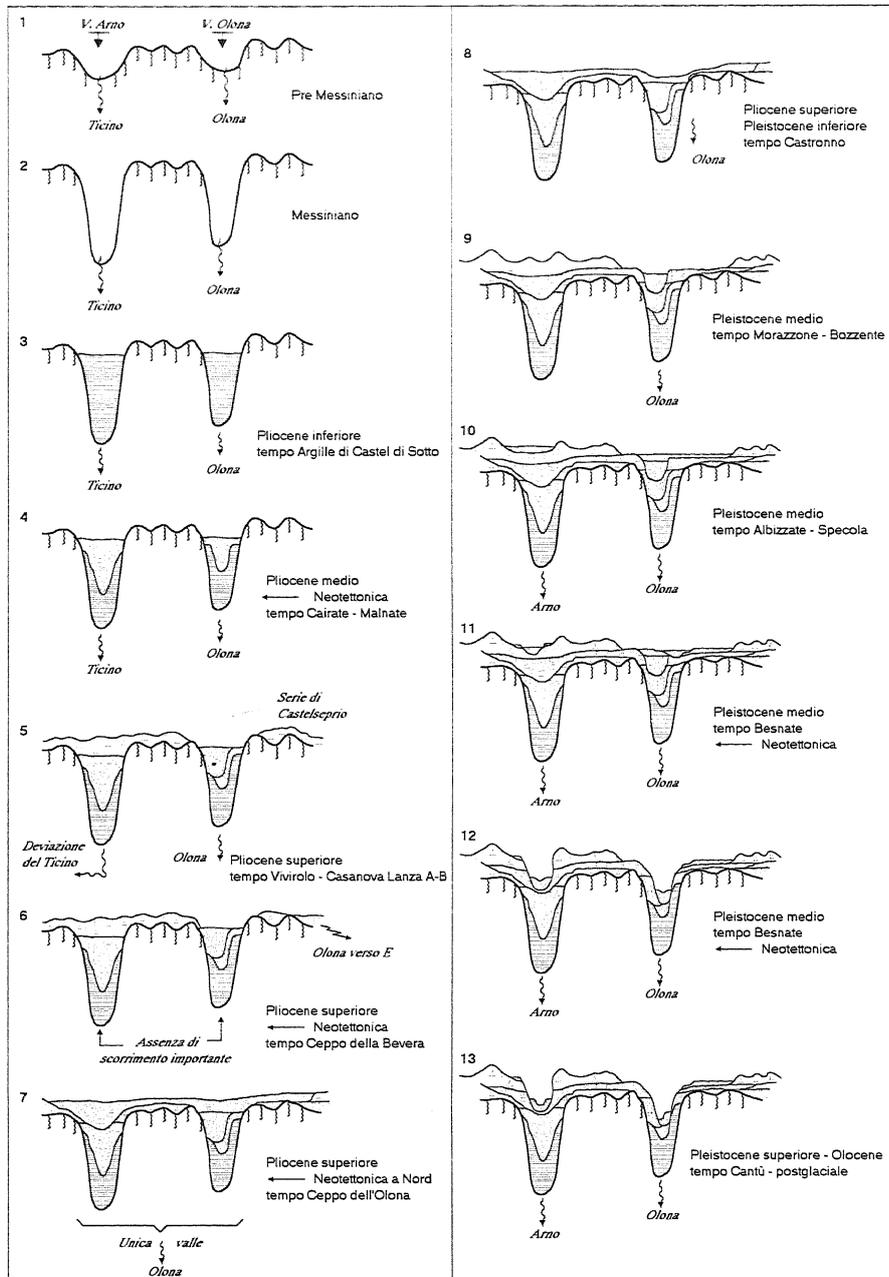


Fig. 12 - Evoluzione della Valle Olona e della Valle del Ticino fra il Terziario e il Quaternario. In questa successione di figure sono rappresentati gli eventi di erosione e di deposizione che sono testimoniati dalle formazioni descritte nel lavoro. Per questo motivo a ciascuna illustrazione è affiancata l'indicazione temporale, spesso associata al nome dell'unità geologica corrispondente. Sono indicate anche le fasi di movimenti tettonici riconosciute. Si osservino i cambiamenti nel regime idrografico della regione e, nel Pleistocene medio, il casuale riaprirsi della Valle Olona in corrispondenza del suo antico solco. La simbologia adottata è analoga a quella delle altre figure. (Disegno originale di A. Bini.)

Geological evolution of the Valle Olona and Valle del Ticino during the Tertiary and Quaternary ages. Erosional and depositional events are represented as they are recognized in the geological formations described in the text. The time is indicated alongside each item and, often, the chronological indication is linked to the leading formation of that step. Evidences of tectonic phases are indicated too. This figure allows to point out the idrological changes of the Valle Olona. It is unexpected that, in the Middle Pleistocene, a river deepened his valley in the same position of the ancient Olona valley. Symbols are similar to those used in the other figures. (Original by A. Bini.)

substrato roccioso più alti e importanti rispetto alle glaciazioni precedenti. L'andamento delle morene non è più semicircolare alla scala dell'anfiteatro, ma molto articolato a seguire gli spazi rimasti liberi tra questi dossi. Poiché l'estensione dei ghiacciai è minore rispetto alle glaciazioni precedenti, grandi piane fluvioglaciali, sempre più condizionate dall'approfondimento delle valli principali⁶, si estendono tra le cerchie moreniche e tagliano quelle più antiche. Durante la deposizione dell'Allogruppo di Besnate, successivamente all'Episodio Albusciago, inizia, come nella Valle del Ticino, l'incisione della Valle Olona che raggiunge grosso modo la profondità attuale durante gli ultimi Episodi relativi all'Allogruppo di Besnate.

La morfologia è più evidente che nelle unità precedenti. Il fatto che unità glaciali antiche presentino una morfologia più blanda dipende da tre ordini di ragioni: in primo luogo la deposizione di coltri loessiche può raggiungere spessori ragguardevoli e tende ad addolcire il rilievo depositandosi maggiormente nelle depressioni e in modo minore sulle creste; in secondo luogo, durante il tempo trascorso dalla deposizione ad oggi, i materiali incoerenti di cui sono costituiti i corpi glaciali e fluvioglaciali sono stati più volte interessati da movimenti lungo versante, che hanno determinato l'accumulo, negli avvallamenti, di depositi colluviali con conseguente ammorbidimento del rilievo; infine, la lisciviazione dei carbonati durante la pedogenesi, ha determinato una riduzione di volume del materiale. La deposizione di materiale eolico e i depositi di versante sono caratteristici dei momenti più freddi, quando la vicinanza del ghiacciaio determina sia la presenza di un'area sorgente per il loess (i materiali appena depositi dal ghiacciaio), sia l'assenza di

⁶ Come quella del Ticino, che si individua nella posizione attuale durante l'Episodio Mornago.

copertura vegetale nelle aree circostanti il ghiacciaio che si riflette in una condizione di resistasia; la lisciviazione dei carbonati invece è caratteristica dei momenti più caldi, quando la pedogenesi riprende il suo corso. Tutte queste cause di ammorbidimento del rilievo sono perciò in relazione con il tempo trascorso, inteso come somma di fasi glaciali e interglaciali, e la loro azione ha perciò un'efficacia che è maggiore sulle unità più antiche, che si presentano quindi con una morfologia più blanda.

Il riconoscimento dei depositi di versante che si osservano nel territorio è stato assai importante anche a livello cartografico. Il loro spessore è spesso significativo e non può essere trascurato poiché essi obliterano i contatti fra molte unità descritte sia nel senso che ne nascondono l'evidenza, sia nel senso che alterano la forma geometrica di tali rapporti. Per questi motivi sono stati raggruppati in un allogruppo (l'Allogruppo di Venegono) fortemente diacronico. Alcuni esempi della posizione che i depositi dell'Allogruppo di Venegono possono occupare sono riportati nella sezione geologica schematica della Fig. 13. Si osservi che l'età stimata del materiale di versante può essere collocata fra l'età del deposito su cui appoggia e l'attuale⁷.

L'ultima glaciazione (Glaciazione Cantù), contrariamente a quanto ritenuto dagli autori precedenti, ha un'estensione molto limitata. Nel lobo orientale, il ghiacciaio occupa infatti solo metà della depressione del Lago di Varese e non raggiunge neppure il Lago di Comabbio, un grande lago marginoglaciale occupa le depressioni e le acque di fusione defluiscono verso Ovest al di sotto del ghiacciaio stesso. Nella zona frontale il ghiacciaio non raggiunge Sesto Calende e sostiene un lago marginoglaciale dal quale fuoriesce il Ticino che rappresenta l'unico scaricatore glaciale. In Valle Olona si depongono solo depositi fluvioglaciali sul fondo della valle.

Con il ritiro del ghiacciaio Cantù dal territorio si instaurano rapidamente condizioni di clima temperato e la vegetazione torna rigogliosa nella zona dell'Alta Pianura. La successiva evoluzione del territorio è influenzata soprattutto dall'intervento antropico che si esplica fondamentalmente in due modi: l'attività di cava e il disboscamento temporaneo di alcune zone.

In conclusione, nell'anfiteatro glaciale del Verbano, sono state riconosciute, sulla base di precise evidenze geologiche, 13 glaciazioni che portano il nome delle corrispondenti formazioni sedimentarie. Di queste, solo la Glaciazione Montonate potrebbe non rappresentare un Episodio glaciale a sé stante.

4. CONCLUSIONI

Lo studio dei due anfiteatri glaciali verbano e lariano consente di valutare la possibilità di operare correlazioni fra gli episodi glaciali nei due anfiteatri (riassunte nella Tab. 7) basandosi su considerazioni diverse da caso a caso: nella migliore delle condizioni vi può essere una continuità effettiva fra i depositi che costituiscono gli edifici morenici nei due anfiteatri, in altri casi si osserva solo un'analogia posizione delle cerchie moreniche rispetto all'architettura dell'intero anfiteatro e la correlazione diviene, per forza di cose, solo ipotetica. Comunque sia, queste correlazioni non vanno intese come identità, se non nel caso della Glaciazione Cantù, ma solo come episodi climatici le cui espressioni sedimentarie occupano posizioni stratigraficamente paragonabili, anche se poste in bacini distinti. Sulla base di queste correlazioni è stata costruita la carta di sintesi con l'andamento del margine glaciale alla massima estensione dei vari episodi riconosciuti (Fig. 14).

Gli autori che sinora si sono interessati alla geologia dell'Alta Pianura lombarda hanno utilizzato un limitato numero di unità, basate soprattutto sulle caratteristiche di alterazione e di cementazione che si possono osservare sul terreno. A conclusione di questo lavoro si può invece affermare che i dati raccolti indicano una notevole diversificazione dei corpi geologici anche quando essi possono essere accomunati dal punto di vista dell'alterazione o della cementazione. Sulla base di queste considerazioni si vuole quindi completamente rigettare il modello classico e sostituirlo con un nuovo modello, costruito con l'utilizzo di unità stratigrafiche formali, più significative dal punto di vista geologico. Il numero di unità è decisamente aumentato: il Mindel degli autori precedenti corrisponde a numerose unità presentate qui, e facies cementate (Ceppo *auc-*

APPARATO GLACIALE DEL VERBANO		APPARATO GLACIALE DEL LARIO
Glaciazione Cantù	← morene →	Glaciazione Cantù
Glaciazione Daverio	← morene →	Glaciazioni Besnate
Glaciazione Mornago		
(Glaciazione Montonate)		
Glaciazione Sumirago		
Glaciazione Albusciago	← posizione →	Glaciazione Binago
Glaciazione Golasecca		
Glaciazione Albizzate	← posizione →	Glaciazione Specola
Glaciazione Morazzone 2	← posizione →	Glaciazione Cascina Fontana
Glaciazione Morazzone 1	← posizione →	Glaciazione Ronchi Pella
Glaciazione Castronno	← posizione →	Glaciazione San Salvatore
Glaciazione Immacolata	?	Glaciazione D Casanova Lanza
Glaciazione Vivirolo	?	Glaciazioni A/B Casanova Lanza

Tab. 7 - Schema delle Glaciazioni riconosciute nei due anfiteatri e delle ipotesi di correlazione.

List of the glaciations that were identified within the two glacial amphiteatres. The central column shows the ipotetical correlations between different formations and the main reasons the correlations are based on.

⁷ Si osservi che l'ambiente deposizionale dell'Allogruppo di Venegono è simile a quello della Formazione di Castelnuovo dell'Allogruppo del Bozzente.

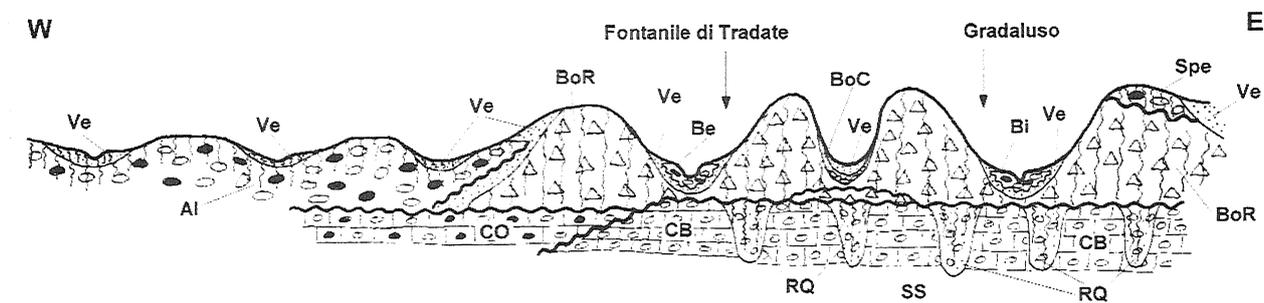


Fig. 13 - Sezione geologica schematica in direzione E-W tracciata indicativamente all'altezza dell'abitato di Venegono, che consente di evidenziare la posizione stratigrafica che occupano i depositi attribuiti all'Allogruppo di Venegono.

Si osservi la superficie ad organi geologici che chiude in alto il Ceppo della Bevera e la presenza del materiale di alterazione della Formazione di Rio Quadronna all'interno delle tasche. I depositi indicati da triangoli si riferiscono a depositi glaciali, i tondi a depositi fluviali, la presenza di tondi chiari e scuri significa depositi a petrografia mista di clasti locali e alpini, quella di soli tondi chiari indica una composizione petrografica più locale. Le superfici ondulate sono superfici di erosione particolarmente significative. La presenza di linee ondulate verticali indica la pedogenesi. Le sigle, in ordine alfabetico, si riferiscono a: **Al**, Alloformazione di Albizzate; **Be**, Alloformazione di Besnate indifferenziata; **Bi**, Alloformazione di Binago; **BoC**, Formazione di Castelnuovo; **BoR**, Formazione di Cascina Ronchi Pella; **CB**, Ceppo della Bevera; **CO**, Ceppo dell'Olonia; **RQ**, Formazione di Rio Quadronna; **Spe**, Alloformazione della Specola; **SS**, Tillite di San Salvatore; **Ve**, Allogruppo di Venegono.

*E-W schematic geological section approximately crossing Venegono. It is possible to observe the stratigraphical position of the Allogruppo di Venegono. The Ceppo della Bevera has a geological organ surface at his top and the space between the cemented pillars is filled with the weathered material that constitute the Formazione di Rio Quadronna. Triangles refer to tills. Circles refer to alluvial deposits (white if they come from prealpine area, black and white if they come from prealpine and alpine area). Undulated horizontal surface are main erosional surfaces. Irregular vertical lines indicate that pedogenesis affected the sediment. Abbreviations (in alphabetical order) refer to different geological units as following: **Al**, Alloformazione di Albizzate; **Be**, undifferentiated Allogruppo di Besnate; **Bi**, Alloformazione di Binago; **BoC**, Formazione di Castelnuovo; **BoR**, Formazione di Cascina Ronchi Pella; **CB**, Ceppo della Bevera; **CO**, Ceppo dell'Olonia; **RQ**, Formazione di Rio Quadronna; **Spe**, Alloformazione della Specola; **SS**, Tillite di San Salvatore; **Ve**, Allogruppo di Venegono.*

torum) sono presenti in otto unità. Tuttavia la storia del territorio appare più chiara, più organica e sicuramente più ricca di particolari.

Alcuni elementi innovativi che accompagnano questo nuovo modello evolutivo sono particolarmente importanti. In primo luogo la conformazione dell'Alta Pianura ha radici antiche: valli erano già presenti nel Messiniano e il reticolato che esse costituiscono vincola i fiumi e i ghiacciai che vi scorrono. Vi sono, è vero, testimonianze di cambiamenti di questo reticolato idrografico in diversi comparti e queste variazioni possono trovare spiegazione sia nei movimenti tettonici recenti, sia nell'impronta che gli edifici morenici hanno man mano dato al territorio.

L'utilizzo di un metodo di lavoro che si affida ad un uso attento delle unità stratigrafiche ha permesso di dipanare con maggior efficacia il problema del "Ceppo" e del "Ferretto". Istituire un'unità che comprenda tutte le facies conglomeratiche che affiorano nel territorio non consente, infatti, di porre in evidenza i reciproci rapporti geometrici e, di conseguenza, i rapporti temporali. Anche le caratteristiche di alterazione, se considerate da sole, non permettono di leggere adeguatamente lo sviluppo del territorio. Al di là di un certo limite l'alterazione tende, infatti, a rendere assai simili tutti i depositi e non fornisce più un criterio adeguato per separare diverse unità. Grandi spessori di alterazione coprono, invece, unità cementate assai diverse fra loro. Si pensi alla coppia Ceppo dell'Olonia - Formazione di Castronno e al binomio Ceppo della Bevera - Formazione di Rio Quadronna: esse si presentano con caratteristiche simili, ma la composizione petrografica e la loro posizione stratigrafica permettono una chiara distinzione e il loro inserimento in un

quadro evolutivo completamente differente. Si rammenti anche, che i profili di alterazione molto sviluppati sono caratteristici di molte unità e che tutto dipende da cosa si intende quando si afferma "molto sviluppati". Profili contenti orizzonti fortemente arrossati sono presenti in molte unità antiche degli edifici morenici (Allogruppo di Morazzone, Allogruppo del Bozzente) e anche nelle coperture loessiche (Formazione di Rovate, Formazione di Monte Carmelo), ma i massimi spessori di alterazione sono stati descritti nella Formazione di Castronno, che, solo in una ristretta porzione, è da considerarsi di origine glaciale.

Le informazioni che si hanno sull'andamento delle oscillazioni climatiche dedotte dallo studio dei sedimenti oceanici indicano che il Pleistocene inferiore è caratterizzato da una serie di punte fredde e calde che sono numerose, ravvicinate nel tempo (la periodicità media è di 40000 anni) e con escursione termica ridotta. Ipotizziamo, su questa base, che il Pleistocene inferiore non abbia visto ghiacciai raggiungere la pianura e che il manto vegetale abbia potuto continuare a crescere durante tutto questo periodo. Se ciò è vero abbiamo un lungo intervallo di tempo con condizioni di biostasia in pianura, che hanno favorito lo sviluppo di suoli profondi. Il "Grande Interglaciale Mindel-Riss" potrebbe quindi trovare un riscontro nel tempo precedente al Pleistocene medio. Il Pleistocene medio arriva, stando ai dati oceanici, con l'istaurarsi di un nuovo tipo di oscillazioni climatiche: esse si fanno ampie sia come durata sia come distanza fra i picchi pari e dispari delle curve oceaniche. I ghiacciai avanzano e si ritirano notevolmente edificando gli anfiteatri morenici della pianura.

Le prime glaciazioni che raggiungono la pianura durante il Pleistocene medio sono rappresentate nei de-

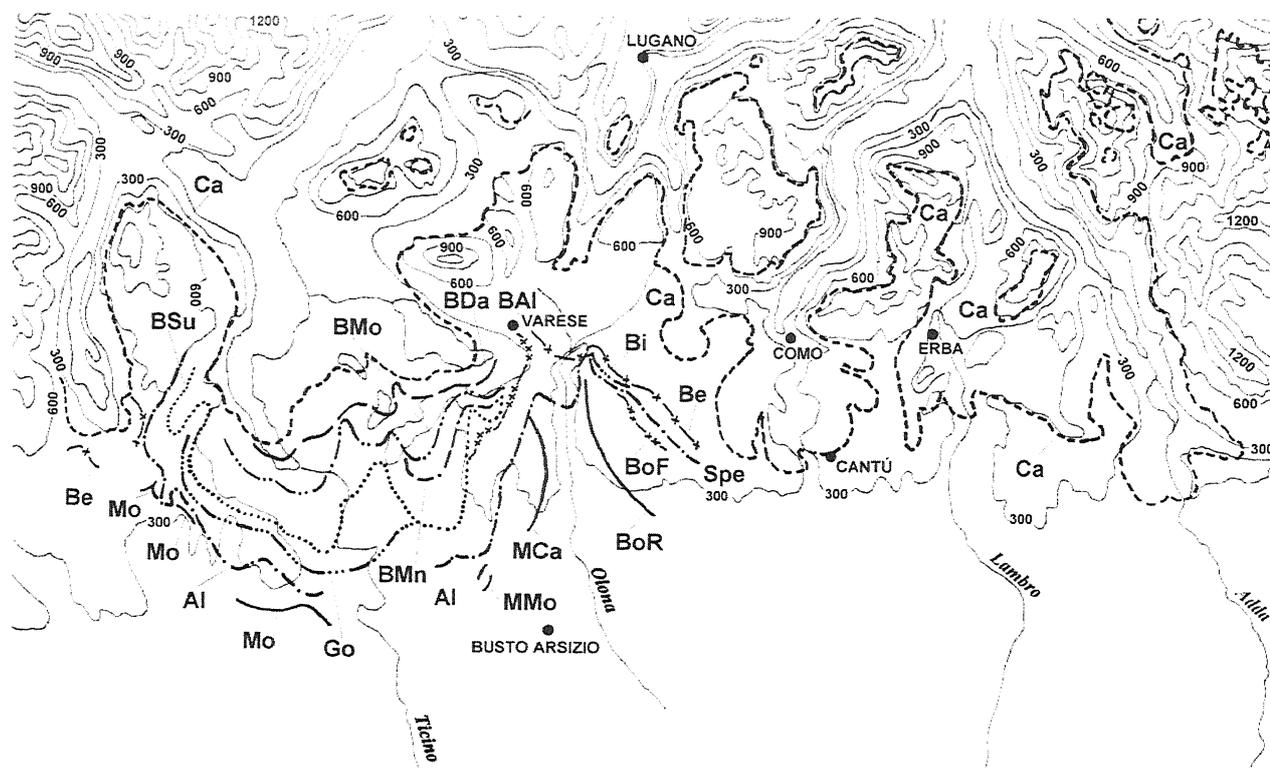


Fig. 14 - Carta generale dell'estensione dei ghiacciai che hanno edificato gli anfiteatri del Verbano e del Lario. Le sigle presenti si riferiscono alle formazioni descritte nel testo. La carta è stata redatta sulla base delle morene più esterne individuate per ciascuna formazione e sono state utilizzate le correlazioni riportate in Tab. 7. Le sigle, in ordine alfabetico, si riferiscono a: **AI**, Alloformazione di Albizzate; **BAI**, Alloformazione di Albusciago; **BDa**, Unità di Daverio; **Be**, Allogruppo di Besnate indifferenziato; **Bi**, Alloformazione di Binago; **BMn**, Unità di Montonate; **BMo**, Unità di Mornago; **BoF**, Alloformazione di Cascina Fontana; **BoR**, Formazione di Cascina Ronchi Pella; **BSu**, Unità di Sumirago; **Ca**, Alloformazione di Cantù; **Go**, Alloformazione di Golasecca; **MCa**, Unità di Carnago; **MMo**, Alloformazione di Monterosso; **Mo**, Allogruppo di Morazzone indifferenziato; **Spe**, Alloformazione della Specola.

*General map of the extension of the glaciers that built the Verbano and Lario amphitheatres up. Abbreviations refer to the formations described in the text. The map is based both on the position of the outermost preserved moraines of each formation and on the correlation framework shown in Tab. 7. Abbreviations (in alphabetical order) refer to different geological units as following: **AI**, Alloformazione di Albizzate; **BAI**, Alloformazione di Albusciago; **BDa**, Unità di Daverio; **Be**, undifferentiated Allogruppo di Besnate; **Bi**, Alloformazione di Binago; **BMn**, Unità di Montonate; **BMo**, Unità di Mornago; **BoF**, Alloformazione di Cascina Fontana; **BoR**, Formazione di Cascina Ronchi Pella; **BSu**, Unità di Sumirago; **Ca**, Alloformazione di Cantù; **Go**, Alloformazione di Golasecca; **MCa**, Unità di Carnago; **MMo**, Alloformazione di Monterosso; **Mo**, undifferentiated Allogruppo di Morazzone; **Spe**, Alloformazione della Specola.*

positi della porzione glaciale della Formazione di Castronno, nel settore occidentale, e dalla Tillite di San Salvatore, nel settore orientale. La loro posizione stratigrafica è analoga, sebbene non identica, non perché appoggiano su formazioni contemporanee⁸, ma piuttosto perché appoggiano su depositi fluviali intensamente alterati in condizioni climatiche paragonabili. Le due formazioni glaciali sono poi assai diverse fra loro per litologia: la Tillite di San Salvatore è cementata, mentre il till contenuto nella Formazione di Castronno è completamente alterato. Tuttavia esse sono significativamente paragonabili in quanto rappresentano i primi depositi glaciali che raggiungono la pianura dopo il lungo intervallo di tempo caratterizzato solo da depositi alluvionali profondamente pedogenizzati. Queste due testimonianze di glaciazioni affiorano in una limitatissima porzione del territorio considerato; ma il loro riconoscimento è importante per la ricostruzione della storia geologica tanto quanto il riconoscimento di una qualunque altra forma-

zione, poichè esse rappresentano l'espressione sedimentaria delle corrispondenti glaciazioni (Glaciazione Castronno e Glaciazione San Salvatore) per le quali possiamo definire una precisa collocazione temporale sulla base di un preciso quadro stratigrafico di riferimento. Si noti, a questo punto, l'impossibilità di correlare direttamente l'uno all'altro corpi tanto diversi per posizione e caratteristiche litologiche, nonostante sia possibile accomunarli sotto molti altri punti di vista.

Un altro tipo di deposito caratteristico dell'area studiata è costituito dai depositi limosi di origine eolica (loess) che coprono in modo discontinuo l'intera area. Alcuni autori hanno considerato le coperture eoliche come veri indicatori stratigrafici delle formazioni glaciali su cui si depositavano. Si può facilmente osservare che, sul terreno, non si distinguono agevolmente più di quattro coltri loessiche per ogni anfiteatro, delle quali, una sola ha una precisa collocazione stratigrafica. L'aspetto, isolato dal contesto stratigrafico, potrebbe portare a

⁸ Si tratta, in un caso, della coppia Ceppo della Bevera / Formazione di Rio Quadronna e, nell'altro, della coppia Ceppo dell'Olna / Formazione di Castronno.

grossi errori anche per quelle formazioni loessiche che appaiono più definibili e riconoscibili. I dati a nostra disposizione non ci permettono di affermare neppure che ciascuna coltre loessica riconosciuta corrisponda ad un solo evento sedimentario.

L'analisi di dettaglio dell'area che è l'oggetto di questa tesi indica con chiarezza che il "ferretto" non corrisponde a nulla di geologicamente significativo: sotto questo termine sono stati inclusi corpi diversi per caratteristiche sedimentarie (da limi eolici, a ghiaie alluvionali, a depositi glaciali) e fra loro non contemporanei (Bini e Zuccoli, 1999). Tale termine non ha quindi un significato univoco in campo geologico e, dato che non è neppure un termine pedologico formale, non si ritiene che debba ancora essere utilizzato. Anche il termine «ceppo» ha, in questo lavoro, dimostrato di non corrispondere ad un solo evento, e qui si vuole solo ribadire quanto aveva già, in parte, concluso Nangeroni: eliminare tale termine dalla letteratura, se non associato al riconoscimento formale di un'unità stratigrafica ben definita.

Non c'è allora possibilità di correlare fra loro unità diverse sulla base dell'alterazione, a meno che non si precisi con cura quali criteri vengono utilizzati. Le unità istituite in questo lavoro sono sempre state basate sull'idea che esse devono rappresentare espressioni sedimentarie di eventi che hanno interessato il territorio. Si capisce quindi il perché non ha avuto alcun senso mantenere una classificazione che, pur essendo comoda e di facile applicazione, non avrebbe rispettato questa esigenza fondamentale.

La descrizione dei due anfiteatri appare adesso più complessa: la semplicità del modello quadriglacialista ha lasciato il passo ad un nugolo di unità che possono sembrare ridondanti, ma va rammentato che la scala estremamente dettagliata del rilevamento ha consentito di operare con efficacia. In questo modo, pur avendo tratto informazioni su una limitata porzione dell'Alta Pianura si può dire di aver messo in luce i limiti strutturali che hanno accompagnato i lavori che sono stati svolti sinora. Nell'arco di dieci anni molto è stato pubblicato sulla geologia del territorio varesino e comasco e siamo attualmente in grado di valutare l'efficacia del nuovo metodo di lavoro. L'intera area considerata comprende due anfiteatri morenici e l'area valliva prealpina da cui essi si originano. È apparso chiaro che non è possibile correlare con semplicità i depositi che costituiscono i due apparati frontali; si possono proporre ipotesi (purché restino solo ipotesi) di correlazione, ma l'identità non è affatto garantita. La conoscenza dei rapporti geometrici corretti fra le varie unità istituite ha consentito di migliorare anche la conoscenza del sottosuolo, così prezioso per le falde idriche che ospita. La cartografia prodotta in questo modo è pertanto più utile anche per la gestione del territorio. Si tratta di una cartografia geologica in senso stretto, non di una cartografia tematica o derivata. È quindi uno strumento di base che permette di conoscere meglio ciò su cui si opera e che, nel caso specifico, è un'area altamente urbanizzata e sede di attività industriali di notevole interesse.

RINGRAZIAMENTI

Lavoro svolto nell'ambito dei programmi di ricerca del Gruppo Quaternario diretto dal Prof. Alfredo Bini,

con fondi MURST 40% (Responsabile Nazionale: Prof. Federici), fondi MURST 40% (Responsabile Nazionale: Prof. Augusto Biancotti) e fondi MURST 60% (Responsabile: Prof. Severino Belloni).

Ringrazio il Prof. Francesco Carraro e il Dott. Carlo Bosi per la rilettura critica del manoscritto. Un grazie particolare rivolgo anche al dott. Claudio Bussolini e al dott. Enrico Lumachi per il prezioso aiuto fornito durante il rilevamento, al dott. Enrico Vetri per la redazione delle figure che accompagnano questo testo e, ancor più, al prof. Alfredo Bini che ha seguito con attenzione tutte le fasi di questo lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- Billard A. (1995) - *Le mythe du "grand interglaciaire Min-del - Riss" d'après l'étude des sols du Nord de Turin (Italie)*. *Antropozoikum* **22**: 5 - 62.
- Bini A. (1987) - *L'Apparato Glaciale Würmiano di Como*. Tesi di Dottorato di Ricerca, Università degli Studi di Milano: 1-569.
- Bini A. (1994) - *Rapports entre la karstification périméditerranéenne et la crise de salinité du Messinien: l'exemple du karst lombard (Italie)*. *Karstologia* **23**(1): 33 - 53.
- Bini A. (1997a) - *Problems and methodologies in the study of the quaternary deposits of the southern side of the Alps*. Southern Alps Quaternary Geology, IGCP 378 Meeting, Lugano ottobre 1995. *Geol. Insubr.* **2**(2): 11 - 20.
- Bini A. (1997b) - *Stratigraphy, chronology and palaeogeography of Quaternary deposits of the area between the Ticino and Olona rivers (Italy-Switzerland)*. Southern Alps Quaternary Geology, IGCP 378 Meeting, Lugano ottobre 1995. *Geol. Insubr.* **2**(2): 21 - 46.
- Bini A., Cita M.B. e Gaetani M. (1978) - *Southern Alpine Lakes - Hypothesis of an erosional origin related to the Messinian entrenchment*. *Marine Geology* **27**: 271 - 288.
- Bini A., Breviglieri P., Felber M., Ferliga C., Ghezzi E., Tabacco I. e Uggeri A. (1994) - *Il problema dell'origine delle valli*. I depositi Plio-Quaternari e l'evoluzione del territorio varesino. Guida alle escursioni Riunione autunnale Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia CNR, Varese: 100 - 149.
- Bini A. e Zuccoli L., (1996) - *Formazione di un pozzo di crollo in depositi quaternari (Appiano Gentile, Como)*. *Grotte di Lombardia* **2**: 18 - 24.
- Bini A., Uggeri A. e Quinif Y. (1997) - *Datazioni U/Th effettuate in grotte delle Alpi (1986 - 1997). Considerazioni sull'evoluzione del carsismo e del paleoclima*. *Geol. Insubr.* **2**(1): 31 - 58.
- Bini A. e Zuccoli L., (1999) - *Ambiguità del termine "ferretto"*. *Atti Congr. Conoscenza e salvaguardia delle aree di pianura*, Ferrara, 1999: 23 - 25.
- Bini A., Felber M., Pomicino N. a Zuccoli L., (2000) - *Geologia del Mendrisiotto (Canton Ticino, Svizzera): Tardo Terziario e Quaternario*. Servizio Idrologico e Geologico Nazionale Svizzero.
- Cita M.B., Bini A. e Corselli C. (1990) - *Superfici di erosione messiniane: una ipotesi sull'origine dei laghi sud - alpini*. in: Barbanti L., Giussani G. e De Bernardi R. (eds): *Il Lago Maggiore dalla ricerca alla*

- gestione. Simp. 50° Anniv. Fondaz. Ist. It. Idrobiol., Pallanza 1988: 33 - 54.
- Corselli C., Cremaschi M. e Violanti D. (1985) - *Il canyon messiniano di Malnate (Varese); pedogenesi tardomiocenica e ingressione marina pliocenica al margine meridionale delle Alpi*. Riv. Ital. Paleont. Strat. **91**(2): 259 - 286.
- Da Rold O. (1990) - *L'Apparato Glaciale del Lago Maggiore, settore orientale*. Tesi di Dottorato di ricerca, Università degli Studi di Milano: 1 - 122.
- Da Rold O. e Ottomano C. (1986) - *Osservazioni di geomorfologia glaciale nel territorio di Oleggio (Novara)*. Natura Bresciana - Annali Museo Civ. Scienze Naturali Brescia **23**: 365-368.
- Felber M. (1993) - *La storia geologica del Tardo Terziario e del Quaternario nel Mendrisiotto (Ticino meridionale, Svizzera)*. Diss. ETH 10125: 617.
- Felber M., Frei W. e Heitzmann P. (1991a) - *Seismic evidence of pre-pliocene valley formation and filling in the region of Novazzano (Southern Ticino, Switzerland)*. Eclogae geol. Helv., **84**(3): 753-761.
- Felber M., Frei W. e Heitzmann P. (1991b) - *Il canyon sepolto di età messiniana nella regione di Novazzano (Ticino meridionale, Svizzera)*. Boll. Soc. Tic. Sci. Nat., **79**(2):11-23.
- Felber M., Bini A., Heitzmann P. e Frei W. (1994) - *Evidenze sismiche di valli sepolte nel Mendrisiotto e nel Piano di Magadino (Ticino, Svizzera)*. Proc. Symp. "Crop - Alpi Centrali, Sondrio 1993, in: Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria **2**: 103 - 133.
- Felber M., Bini A., Heitzmann P. e Frei W. (1995) - *Seismic evidence of pre-Pliocene buried valleys in the area Como - Varese (N-Italy) - Lugano (South of Ticino, Southern Switzerland) and in the Magadino plane (Central Ticino, Southern Switzerland)*. Abstracts XIV International Congress INQUA, Berlin 1995, Terra Nostra 2/95: 81.
- Finckh P. (1978) - *Are southern Alpine lakes former Messinian canyons? - Geophysikal evidence for preglacial erosion in the southern Alpine lakes*. Marine Geology, **27**: 289-302.
- Finckh P., Kelts K. e Lambert A. (1984) - *Seismic stratigraphy and bedrock forms in perialpine lakes*. Bull. Geol. Soc. Am., **95**: 1118-1128.
- Gabert P. (1962) - *Les plaines occidentales du Po et leurs piedmonts. (Piemont, Lombardie occidentale et centrale) Etude Morphologique*. Louis-Jean, Paris, 531pp.
- Martinetto, E. e Ravazzi, C. (1997): *Plant biochronology of the Valle della Fornace succession (Varese) based on the Plio - Pleistocene record in Northern Italy*. - Geol. Insubr. **2/2**, 81 - 98.
- Nangeroni G. (1931) - *I terrazzi della Valle del Fiume Olona*. Ann.R.Ist.Tecnico Daverio, Varese 1928-29 e 1929-30.
- Nangeroni G. (1956) - *Alcuni suoli fossili come indici d'evoluzione climatica in Italia*. Atti XVIII Cong.Geog.Int. Rio de Janeiro I: 329-331.
- North American Commission on Stratigraphic Nomenclature (1983) - *North American Stratigraphic Code*. Bull. Amer. Ass. Petr. Geol. **67**(5): 841 - 875.
- Penck A., Bruckner E. (1909) - *Die Alpen im Eiszeitalter*. Bd.3:772-789, Leipzig.
- Richmond G.M. (1986) - *Stratigraphy and chronology of glaciations in Yellowstone National Park*. in: Sibra-va V., Bowen D.Q. e Richmond G.M. (eds.) Quaternary glaciations in the Northern Hemisphere. Report IGCP n°24, Quaternary Science Reviews 5/1-4, 83 - 98.
- Uggeri A., Felber M., Bini A., Bignasca C. e Ravazzi C. (1994) - *La successione della Val Fornace*. I depositi Plio-Quaternari e l'evoluzione del territorio varesino. Guida alle escursioni Riunione autunnale Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia CNR, Varese: 63 - 92.
- Uggeri A., Felber M., Bini A., Bignasca C. e Heller F. (1997) - *The Valle della Fornace succession*. Southern Alps Quaternary Geology, IGCP 378 Meeting, Lugano ottobre 1995. Geol. Insubr. **2**(2): 69 - 80.
- Zuccoli L. (1997) - *Geologia dell'Alta Pianura lombarda tra i Pianalti di Castelseprio e Tradate-Appiano Gentile*. Tesi di Dottorato di ricerca, Università degli Studi di Milano: 1 - 453.
- Zuccoli L. e Bussolini C. (1997) - *The Pliocene - Pleistocene deposits in Valle Olona (Varese, Northern Italy)*. Southern Alps Quaternary Geology, IGCP 378 Meeting, Lugano ottobre 1995. Geol. Insubr. **2**(2): 113 - 120.

Ms. ricevuto l'8 giugno 2000
 Testo definitivo ricevuto il 25 ottobre 2000

Ms. received: June 8, 2000
 Final text received: October 25, 2000