

PAOLO ROBERTO FEDERICI (\*)

## UNA IPOTESI DI CRONOLOGIA GLACIALE WÜRMIANA, TARDO E POST-WÜRMIANA NELL'APPENNINO CENTRALE (\*\*)

**ABSTRACT:** FEDERICI P. R., *An hypothesis of Würmian, Late and Post Würmian glacial chronology in the Central Apennines* (IT ISSN 0084-8948, 1979). Even though the Pleistocene Glaciation has left some traces in the Central Apennines since Riss age, the greatest glacial witness are to be referred to the glaciation called Würm in the Alps. On the basis of actual knowledgements we may easily think that the largest advance of the Apennines glaciers has to be attributed to the stage called Würm III.

Witness of the existence of a diffused glacialism in the Late Würmian age exists also in the Central Apennines. In all reliefs numerous morainic apparatus, having the characteristics of stadial deposits, exist in fact inside as for the Würmian III terminal moraines. We can therefore assert that also in the Apennines the withdrawal of the glaciers after the phase of the greatest Würmian sloping did not occur in a continuous way, but with some phase of rest or partial re-advance. Three fundamental Apennines stages are distinguished.

The entity of the subsequent withdrawals caused the limit of perpetual snow to rise of relatively constant values during the single stage in the several montaneous groups and significantly comparable with the limits noticed in the late Würmian stages of the Alps (Altstadien, Bühl-Schlern e Gschnitz). The most complete succession is the one of Gran Sasso, where, perhaps a IV stage may be found and where, as for the actual existence of the Calderone Glacier, also the effect of the latest stadial oscillations must have been felt.

A summary examination shows that stadial phases or stages existed also in the Northern and Southern Apennines during the withdrawal of the Würmian glaciers; therefore they end by assuming a general significance.

**RIASSUNTO:** FEDERICI P. R., *Una ipotesi di cronologia glaciale würmiana, tardo e post-würmiana nell'Appennino Centrale* (IT ISSN 0084-8948, 1979). Il glacialismo quaternario ha lasciato la sua impronta nell'Appennino Centrale fin dall'epoca rissiana. Le maggiori tracce si riferiscono però alla glaciazione denominata Würm nelle Alpi. Sulla base delle conoscenze attuali si ritiene che la massima avanzata dei ghiacciai appenninici e conseguentemente le morene frontali deposte alle quote più basse dagli stessi debbano essere attribuite al Würm III.

Nell'Appennino Centrale vi sono le testimonianze dell'esistenza di un diffuso glacialismo anche nell'epoca tardo würmiana. In tutti i rilievi interessati infatti, a monte dei depositi più bassi vi sono numerosi apparati morenici con la caratteristica di deposito stadiale distribuiti a quote differenti. Ciò significa che il ritiro dei ghiacciai, dopo la fase di massima discesa würmiana, è avvenuto non in modo continuo, ma con alcune fasi di sosta o di parziale riavanzata. Vengono distinti almeno tre stadi fondamentali appenninici.

L'entità dei successivi ritiri ha portato i limiti climatici delle nevi permanenti ad innalzarsi di valori relativamente equivalenti nei vari gruppi montuosi e significativamente correlabili con quelli dei classici stadi tardo-würmiani delle Alpi Orientali, Alt-

stadien, Bühl-Schlern e Gschnitz. La successione più completa è quella del Gran Sasso, ove è riscontrabile forse un IV stadio, e dove, data l'esistenza attuale del Ghiacciaio del Calderone, devono essersi fatti sentire gli effetti anche delle oscillazioni climatiche più recenti.

Ad un primo sommario esame risulta che anche nel resto degli Appennini sono esistite durante il ritiro dei ghiacciai würmiani fasi stadiali o stadi. Questo fatto quindi finisce per assumere un significato generale.

**TERMINI-CHIAVE:** linea delle nevi; cronologia stadiale; Würm; Tardo-Post Würm; Appennino Centrale.

### INTRODUZIONE

Le tracce di fenomeni glaciali nell'Appennino sono state da tempo riferite tutte alla glaciazione di Würm, sia pure con qualche riserva sulla possibilità che si siano verificate espansioni precedenti. L'argomento è controverso anche perché non è facile applicare all'Appennino gli stessi criteri che sono stati usati per le Alpi, come ad esempio il criterio paleopedologico.

Da alcuni anni le ipotesi e le prove dell'esistenza di morene aventi un'età antecedente il Würm hanno assunto una consistenza maggiore e su ciò ho scritto recentemente un breve articolo (FEDERICI, 1979). Lo scopo di questa nota è di sviluppare ulteriormente l'argomento della complessità della glaciazione appenninica, formulando, dopo ricerche intraprese soprattutto nella parte centrale della catena, una prima succinta ma organica ipotesi sullo svolgimento della glaciazione würmiana.

### UN'IPOTESI SULLE VICENDE GLACIALI NELL'APPENNINO CENTRALE

Come si è detto, la quasi totalità delle tracce glaciali appenniniche è attribuita alla glaciazione detta Würm nelle Alpi. Così durante il Pleistocene Superiore l'Appen-

(\*) Istituto di Geologia dell'Università degli Studi di Pisa e Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino del CNR, Pisa (dir. P. ELTER).

(\*\*) L'Autore desidera ringraziare il prof. G. B. CASTIGLIONI per lo scambio di vedute sull'argomento e il prof. L. TREVISAN per la lettura critica del manoscritto e i suggerimenti che ne sono derivati.

nino centrale era contrassegnato dalla presenza di numerosi ghiacciai sui Monti Sibillini, sui Monti della Laga, nel Gruppo del Gran Sasso, nel Gruppo della Maiella e del Morrone, nel Monte Terminillo, nel Gruppo dell'Ocre-Velino, nei Monti della Marsica, nei Monti della Meta e nel Gruppo degli Ernici-Simbruini.

Non tutte le morene di questi massicci appartengono allo stesso periodo di attività glaciale e verosimilmente è possibile la distinzione di differenti fasi glaciali. DEMANGEOT (1965) ha prospettato una cronologia würmiana molto semplice. In base ad essa le numerose morene scaglionate negli Abruzzi a diverse quote sarebbero rappresentative dei vari stadi würmiani e cioè Würm I, Würm II, Würm III e forse del Würm IV, partendo dal presupposto che i depositi morenici posti alle quote più basse appartengono al Würm I e gli altri via via regolarmente

Poiché non c'è motivo di pensare che l'Appennino facesse eccezione ritengo che anche su queste montagne il Würm III sia stato il momento più favorevole all'espansione glaciale e conseguentemente il momento della massima discesa dei ghiacciai. A mio modo di vedere perciò il morenico delle precedenti espansioni würmiane deve essere stato ripreso dai ghiacciai della massima avanzata ed oggi deve trovarsi mescolato e confuso nel detrito prodotto durante questa avanzata e quindi difficilmente individuabile. Le morene che si trovano distribuite lungo le valli a monte degli apparati frontali più bassi devono essere intese come deposte durante le fasi di sosta o di parziale riavanzata nell'ambito del generale ritiro tardo e post-würmiano dei ghiacciai. Semmai qualche traccia delle precedenti espansioni würmiane potrebbe essere data, a meno che non si riferiscano ad una

FIG. 1 - La zona dei circhi di Campo Pericoli (Gruppo del Gran Sasso). La massa ghiacciata che scendeva da questo bacino contribuiva alla formazione di uno dei maggiori ghiacciai würmiani dell'Appennino Centrale, quello della Valle del Rio Arno. Questo ghiacciaio discese fino nei dintorni di Fano Adriano e depositi stadiali si rinvennero a 1 150, 1 650, 1 850 e 2 200 metri s.l.m. La valle del Rio Arno ha ospitato un imponente ghiacciaio anche durante il Riss.



agli stadi successivi. Secondo lo studioso francese, per esempio, il Gran Sasso durante il Würm I avrebbe avuto un aspetto « alpino » con cinque lingue glaciali che scendevano da una piccola calotta, ma durante il Würm III i ghiacciai si sarebbero già ritirati all'interno dei circhi.

Ritengo che questo schema sia criticabile, alla luce di quanto hanno stabilito le ricerche più recenti, grazie al supporto delle datazioni radiometriche. È accertato infatti che la fase di massima espansione dei ghiacciai più recenti sia in Europa che in America (cerchie moreniche più esterne di Weichsel e di Wisconsin) è avvenuta tra i 21 e i 18 mila anni fa in corrispondenza dell'acme del cosiddetto Würm III. Poiché i ghiacciai rappresentano acqua sottratta agli oceani, tale fatto è puntualmente confermato dagli studi sui livelli marini, che sia in Atlantico che nel Mediterraneo hanno raggiunto la massima depressione proprio durante quell'epoca. Nella regione mediterranea occidentale al più basso livello dei mari (circa —110 metri) faceva riscontro sulla terra un clima oceanico freddo, le temperature erano da 6° a 9° C minori di quelle odierne, le precipitazioni più abbondanti, in quella orientale il clima aveva caratteri un po' più continentali.

glaciazione più antica, dalle plurime profilature a parabola di molte vallate appenniniche, come per esempio si osserva sui Monti Sibillini, sui Monti Ernici e altrove (DAMIANI, 1975; e ricerche inedite dell'Autore). Dall'ipotesi che al Würm III devono essere attribuite le morene deposte alle quote più basse dai ghiacciai würmiani appenninici prenderò lo spunto per un tentativo di sintetizzare le vicende glaciali-würmiane, tardo- e post-würmiane in Appennino.

#### LE TRACCE GLACIALI E I LIMITI DELLE NEVI NELL'APPENNINO CENTRALE

In mancanza di qualche fondamentale riferimento (es. una età assoluta) il metodo di datazione dei depositi stadiali è notoriamente basato sulla determinazione dei limiti delle nevi persistenti degli antichi ghiacciai e quindi sulla differenza di quota tra detti limiti e quello attuale e anche, indirettamente, con quello della fase di massima espansione. Nell'Appennino Centrale il valore dell'attuale limite nivale non può essere determinato con sufficiente approssimazione, perché sull'unico ghiacciaio esistente (Ghiacciaio del Calderone sul Gran Sasso), il limite oro-

grafico è fortemente influenzato da fattori locali. Si dovrà quindi fare sempre riferimento al limite delle nevi della fase di massima avanzata.

Ho desunto il valore del limite würmiano delle nevi considerando tutte le tracce glaciali quaternarie dell'Appennino Centrale, sulla base dei dati esistenti e risultati più attendibili dopo una elaborazione critica della letteratura (la più interessante è riportata in bibliografia) e le verifiche sul terreno. In quest'ottica ho considerato significativi, ai fini della determinazione delle fasi di massima avanzata e di quelle stadiali, soltanto quei depositi morenici che costituiscono cordoni disposti trasversalmente alla valle e con forma arcuata, mentre il morenico sparso ha il significato di semplice testimonianza del passaggio del ghiacciaio. Così pure ho considerato significativi i gradini con contropendenza e morenico, i circhi anche senza terreno morenico. Ne è uscito un quadro il più completo possibile, ma nello stesso tempo prudente, della paleogeografia pleistocenica ed olocenica dell'Appennino Centrale all'epoca glaciale.

In quanto al calcolo del limite delle nevi, in Appennino il metodo più usato è quello di KUROWSKI (1891), secondo il quale tale limite corrisponde all'altezza media della superficie dei ghiacciai. Nonostante i ghiacciai appenninici non siano stati molto estesi, la loro ricostruzione, a mio parere, presenta un grande margine di incertezza per gli imponenti fenomeni erosivi che si hanno su queste montagne, per cui, tutto sommato, ho preferito applicare il metodo di HÖFER (1922), che ricava il limite nivale dalla media aritmetica dei valori delle quote della fronte del ghiacciaio e l'altezza media delle creste del recinto montuoso. Questo metodo ha il vantaggio di tener conto di tutta l'area che alimenta il ghiacciaio, compresi i tratti di versante che per la loro ripidità non sono coperti dai ghiacci. Va inteso che i limiti delle nevi persistenti da me calcolati per i vari gruppi montuosi sono limiti climatici, in modo da eliminare l'influenza dei fattori locali.

Il limite climatico delle nevi durante la fase di massima avanzata dei ghiacciai würmiani si è aggirato nei vari massicci dell'Appennino Centrale intorno a una altitudine media generale di circa 1 750 metri, con modesti scarti tra un gruppo e l'altro, salvo i casi dei Monti Ernici-Simbruini e della Maiella, ove esso ha valori rispettivamente di 1 550 e 1 990 metri. Il valore medio indicato non si discosta molto da quelli calcolati da BIASUTTI (1921), VON KLEBELSBERG (1930-33), GORTANI (1930-1933), SUTER (1939); le differenze nei singoli casi possono essere dovute al metodo di calcolo usato, alla differente interpretazione di certi depositi (come nel caso della Maiella) e all'influenza di tracce glaciali segnalate dopo i lavori citati.

La relativa costanza del limite nivale è senza dubbio in relazione con la medesima caratteristica delle precipitazioni, come appare chiaro dopo quanto ha mostrato TREVISAN (1940) sui rapporti tra altitudine del limite delle nevi e quantità di precipitazioni in Italia. Coerentemente si nota il progressivo innalzarsi del limite nivale dal Tirreno all'Adriatico, 1 550 m sugli Ernici-Simbruini, 1 670 m sul M. Ocre-Velino, 1 770 m sul Gran Sasso, 1 990 m sulla Maiella, in relazione alla progressiva dimi-

nuzione delle precipitazioni da ovest a est. Questo fenomeno, data la prevalente provenienza atlantica delle masse d'aria che investono la penisola italiana, era, durante le fasi glaciali, ancor più accentuato, poiché l'alto Adriatico a nord di Pescara era emerso e quindi le catene più esterne dell'Appennino si trovavano in condizioni di spiccata continentalità. L'adattamento della linea nivale alla distribuzione delle terre e dei mari e all'esposizione dei versanti montuosi è stata chiaramente mostrata da MESSERLI (1966) per tutto il dominio mediterraneo.

Dai dati esposti infine appare evidente la ragione per la quale oggi praticamente non esistono più ghiacciai nell'Appennino. Secondo quanto ritenuto da PENCK & BRÜCKNER (1909) in poi il limite nivale nelle Alpi dovrebbe essersi abbassato fino a una quota di circa 1 200 m inferiore al limite attuale. Ammettendo un'entità non troppo diversa per l'Appennino si vede bene che aggiungendo tale cifra al valore del limite della massima avanzata, esso ha superato in ogni caso le vette della penisola italiana.

## I LIMITI NIVALI TARDO-POSTWÜRMIANI E LE FASI STADIALI

Nel quadro dei dati disponibili un tentativo di identificare e correlare tra loro le fasi stadiali del ritiro dei ghiacciai « würmiani » è naturalmente ipotetico. Sono note le difficoltà di stabilire anche per le Alpi, dove si hanno ben maggiori punti di riferimento, una cronologia assoluta degli stadi.

Depositi morenici interpretabili come stadiali sono stati riconosciuti in tutti i massicci dell'Appennino Centrale interessati da glacialismo. Un solo ordine di morene stadiali è stato riconosciuto sul Monte Orsello (Gruppo dell'Ocre) e sul Monte Sirente; due sui Monti della Laga, sul Terminillo, sui Monti della Duchessa, sulla Montagna Grande, sul Monte Marsicano, sui Monti Greco-Pratello e sui Monti Ernici; tre ordini sono stati riscontrati sui Monti Sibillini (Gruppo del Vettore), sulla Maiella-Morrone, nel Gruppo del Velino, sui Monti della Meta, sui Simbruini; nel Gran Sasso infine gli ordini riconoscibili sono almeno quattro.

Va osservato che se in alcuni massicci è stato riconosciuto un minor numero di depositi stadiali rispetto ad altri, c'è la convinzione che talvolta ciò sia la conseguenza di fenomeni erosivi successivi alla loro deposizione. Il terreno morenico è per sua natura facilmente erodibile e la conservazione dei depositi stadiali non può essere stata ovunque buona.

In ogni modo in quasi tutti i rilievi sono stati riscontrati dei depositi stadiali indicanti un innalzamento del limite climatico delle nevi, rispetto a quello della massima avanzata, intorno a una media di 300 metri. Questo valore è interessante perché corrisponde all'entità dell'innalzamento del limite nivale durante un fondamentale stadio alpino. Infatti nella classica ripartizione del Tardo-Post Würm negli stadi di Bühl e Schlern, Gschnitz e Daun, il limite nivale del primo di essi, sia nello schema di PENCK & BRÜCKNER (1909) che in quello di KLEBELSBERG (1948-49), ha proprio un valore di 300 metri supe-



riore a quello del limite della massima avanzata würmiana, 900 metri inferiore a quello attuale<sup>(1)</sup>.

Questo valore è ancor più interessante per il fatto che anche nell'Appennino Settentrionale, sebbene ivi il problema dello stadiale non sia mai stato specificamente affrontato, sono state notate morene che comportano una variazione del limite delle nevi di 300 metri circa più alto rispetto a quello determinato dalla posizione dei depositi più bassi (DESIO, 1927; LOSACCO, 1949; FEDERICI & SCALA, 1966).

Si può perciò concludere che nell'Appennino è riconoscibile uno stadio che esprime un innalzamento del limite climatico delle nevi di un valore equivalente a quello di un fondamentale stadio alpino in un momento ben definito e che esso verosimilmente corrisponde allo stadio di Bühl-Schlern. Preferisco mantenere questa doppia denominazione perché in effetti in molti massicci dell'Appennino Centrale vi sono più ordini di morene poste a breve distanza tra loro il che fa pensare a più oscillazioni nell'ambito di uno stesso stadio. Del resto è noto che ogni stadio è composto da più oscillazioni e che la morfologia ne rispecchia l'andamento con gruppi di morene poste a breve distanza tra loro.

Ritenendo sufficientemente sicura in Appennino la presenza di uno stadio con le caratteristiche sopra menzionate, lo considero un altro punto fermo per la cronologia würmiana appenninica.

In quasi tutti i gruppi montuosi, come nei Sibillini, sul Vettore, sulla Laga, sui Monti Marsicani ecc., esistono terreni morenici con la caratteristica di depositi stadiali distribuiti in posizioni intermedie fra quelli della massima avanzata e quelli dell'ora riconosciuto fondamentale stadio appenninico. Appare logico attribuire questi depositi a una fase stadiale precedente quest'ultima. Tale fase potrebbe trovare una corrispondenza climatica e cronologica con uno dei riconosciuti stadi più antichi delle Alpi, gli Altstadien, fra i quali il più sicuro appare quello di Ammersee, che comporta un innalzamento di 100-200 metri rispetto al limite della massima avanzata. È un valore che si accorda bene con quanto si rileva nell'Ap-

(1) Non è certo l'Appennino la sede per esprimere un'opinione sulla validità dello stadio di Bühl (PENCK & BRÜCKNER) oppure di quello di Schlern (KLEBELSBERG, 1942). La questione fu ampiamente esposta da G. B. CASTIGLIONI (1961-64), che pur accogliendo il secondo dei due stadi, non sembrava ritenere chiuso il problema. Successivamente infatti MAYR & HEUBERGER (1968) infirmavano la validità dei depositi del *locus typicus* dello Schlern, tanto che VENZO (1971) in un importante lavoro sulla Valtellina scriveva: «Pertanto è dubbio lo Schlern e non il Bühl: come in seguito spiegato le fasi indicate come Sciliar (=Schlern) nella regione valtellinese, potrebbero anche venir considerate semplici fasi di ritiro del Bühl stesso: infatti Bühl e Sciliar rientrano ambedue nel Periodo medio a tundra, Post-Bölling o Dryas II (10 350 - 9 800 a. C.)».

Seguendo VENZO si potrebbe considerare lo Schlern come una oscillazione stadiale immediatamente successivamente al Bühl classico (Bühl superiore): in sostanza è quanto appare anche nello schema di DESIO, BELLONI & GIORCELLI (1973).

Si può comunque ritenere che, indipendentemente dal nome, Bühl o Schlern, si è verificata nell'epoca tardo-würmiana una fase di avanzamento (o arresto del ritiro) dei ghiacciai di entità relativamente costante e ovunque riconosciuta ed è a questa che io faccio riferimento.

pennino Centrale. Anche STAUB (1946) e VENZO (1971) distinguono nelle Alpi Centrali uno stadio tardo-würmiano pre-Bühl, con morene scaglionate a più livelli, definito stadio della Valtellina.

Da ciò appare evidente che anche in Appennino alla massima avanzata (Würm III) è seguito un grande ritiro glaciale nelle valli. Questo lungo addolcimento del clima fu interrotto dapprima da un periodo di oscillazioni in senso freddo con formazione di morene stadiali disposte a non grande distanza da quelle della massima espansione (*I Stadio Appenninico*, Altstadien alpini?), e successivamente da un ben definito periodo di recrudescenza climatica che ha dato luogo alla forte espansione glaciale ovunque riconosciuta del *II Stadio Appenninico* (e che dovrebbe corrispondere al Bühl-Schlern alpino).

Nei rilievi di minore altitudine, dopo questo stadio, i ghiacciai scomparvero. Nei rilievi più alti invece e in particolare sul Gran Sasso, sulla Maiella-Morrone, sul Velino e sulla Meta gruppi di morene stadiali appaiono ancora ben distribuiti ad altezze comportanti un innalzamento del limite nivale, rispetto a quello della massima avanzata, di circa 600 metri (da 500 a 680 metri). Anche in questo caso appare significativo che questo innalzamento generale del limite nivale di circa 300 metri rispetto al precedente stadio (600 rispetto a quello della massima avanzata) corrisponde a quanto accaduto durante lo stadio di Gschnitz nelle Alpi. Ritengo quindi si possa parlare di un *III Stadio Appenninico*. Anche le morene frontali attribuibili a questo stadio sono spesso multiple ed esprimono pertanto un gruppo di oscillazioni verosimilmente avvenute a breve distanza di tempo.

Con il ritiro seguito a questo stadio i ghiacciai scomparvero da tutti i gruppi appenninici, ad eccezione del Massiccio del Gran Sasso. Può rimanere qualche dubbio sulla scomparsa delle nevi perenni dalla Maiella, dove si segnala l'esistenza di una fase a ghiacciai di circo con l.n. molto elevato sui monti Rotondo e Amaro. È nel Gran Sasso comunque che possiamo ricavare qualche indicazione degli avvenimenti successivi al III stadio. Morene stadiali si rinvengono ancora alle soglie dei circhi di M. Scindarella (Campo Imperatore) fra 2 000 e 2 100 metri e poco sopra 2 200 m nelle valli del Venacquaro e del Rio Arno, nel versante teramano. Qui il limite delle nevi, se in accordo con KLEBELSBERG (1930) si accetta la natura morenica dei detriti più bassi che si trovano nei pressi di Fano, si sarebbe innalzato di quasi 800 m rispetto a quello della massima avanzata.

Tale valore forse non sarebbe incompatibile con le varie oscillazioni del III stadio, ma si può anche ammettere che questo innalzamento del limite nivale possa essere in relazione con una distinta punta «fredda» tardo-würmiana (*IV Stadio Appenninico*). La correlazione con quanto accaduto nelle Alpi appare molto difficile, anche se pensando a uno stadio post-Gschnitz viene spontaneo indicare il Daun.

Successivamente i ghiacciai dovrebbero essere scomparsi anche dal Gruppo del Gran Sasso. Al massimo può essere rimasta o ricomparsa qualche minuscola massa ghiacciata nei circhi più alti e meglio esposti durante i raffreddamenti più tardivi. Ancor oggi infatti qua e là



FIG. 2 - Il Ghiacciaio del Calderone. Il limite climatico delle nevi ha superato ovunque le vette della penisola italiana, ma favorevoli condizioni consentono ancora la stentata sopravvivenza di questa minuscola massa ghiacciata, ultimo relitto del glacialismo quaternario dell'Appennino.

nevai di una certa consistenza, a parte il Ghiacciaio del Calderone, riescono a superare le calure estive senza sciogliersi del tutto. Ma nell'insieme ritengo che l'Appennino Centrale fosse sgombro dai ghiacci già alla fine del Tardo-Würm. Infatti il Daun, al quale ho dubitativamente riferito i più alti depositi stadiali del Gran Sasso e anche il successivo stadio di Egesen sono ritenuti ancora tardo-würmiani (si veda per es. PATZELT, 1974). Una interessante conferma di questa ipotesi è data dal ritrovamento (PENNACCHIONI, 1978) in Val di Corte sul M. Marsicano a ben 1 900 m di altezza di un'industria litica della fase finale del Paleolitico Superiore, il che fa presumere l'insediamento in un ambiente ormai divenuto favorevole fin da oltre 10 000 anni fa a quote così elevate. Queste considerazioni sono suffragate dagli analoghi dati paleontologici a disposizione per l'Appennino Settentrionale, con il quale nelle conclusioni si tenterà una correlazione.

Qualche indicazione degli avvenimenti più recenti, verosimilmente postglaciali, si può ricavare dall'alta Val Mavone, dove si trova il Ghiacciaio del Calderone. Questi

è arginato da un deposito morenico a grossi clasti calcarei, nel quale si distinguono dall'interno all'esterno tre fasce che paiono via via più antiche per la maggior stabilizzazione e il progressivo estendersi della vegetazione pioniera. Più a valle un'estesa coltre detritica si arresta contro un altro arco morenico colonizzato da vegetazione posto a 2 500 m di altezza. Più in basso però il Fosso S. Nicola (V. Vomano) scende con un impressionante strapiombo fino a 1 200 metri di quota, dove si trova una cavità circoide, che accoglieva il ghiaccio precipitato dal Calderone che quindi era un ghiacciaio sospeso. Mancano perciò quelle condizioni di continuità necessarie per ritrovare un collegamento sicuro tra i vari avvenimenti würmiani, tardo-würmiani e postglaciali.

Ritirato fra le pareti del Corno Grande e della Vetta Orientale e ridotto a 6-7 ha di superficie il Ghiacciaio del Calderone ha un limite nivale di 2 780 m. Poiché il limite climatico attuale del Gruppo del Gran Sasso è stimato in più di 3 000 metri anche il Ghiacciaio del Calderone dovrebbe essere scomparso da tempo, se favorevoli condizioni non ne avessero permesso la solitaria permanenza, ultimo relitto del glacialismo quaternario dell'Appennino.

#### UN CONFRONTO CON IL RESTO DELL'APPENNINO

Sebbene non abbia condotto uno studio dettagliato sull'argomento, mi pare di poter intravedere dei proficui collegamenti fra quanto osservato nell'Appennino Centrale e le altre porzioni della catena appenninica. Già è stato fatto notare che è riferibile al II Stadio Appenninico (Bühl-Schlern alpino) una serie di morene (stadiali) che in tutto l'Appennino Settentrionale dal Gruppo di M. Aiona al M. Cimone, stanno ad indicare un innalzamento del limite nivale di 300 metri circa rispetto a quello della massima avanzata.

Ulteriori correlazioni sono possibili per il periodo precedente poiché nell'Appennino Settentrionale sono individuabili anche due livelli di morene stadiali con innalzamento del limite nivale di 130 e 200 metri circa rispetto alla fase di massima avanzata. È chiaro che corrispondono agli analoghi livelli dell'Appennino Centrale e che verosimilmente siamo nell'ambito del I Stadio Appenninico.

Infine secondo LOSACCO (1949) nell'Alpe di Succiso e nell'Alpe delle Tre Potenze si rinvennero depositi morenici ancor più elevati di quelli corrispondenti al II stadio. Per la loro quota potrebbero appartenere ancora a quello stadio oppure al successivo, che comunque dovrebbe essere rappresentato dalla fase di circo che si è manifestata in tutto l'Appennino Settentrionale, dopo di che i ghiacciai sparirono completamente da questa parte della catena. Recentissimi dati paleontologici confermerebbero più concretamente che per l'Appennino Centrale la scomparsa dei ghiacciai nel Tardo-Würm. Manufatti di selce di tipo Paleolitico Superiore Finale-Mesolitico sono stati rinvenuti (BIAGI & alii, 1979) nell'Appennino Modenese alle massime quote (tra 1 700 e 2 000 m) e perfino entro i circhi glaciali.

Più arduo appare il confronto con l'Appennino Meridionale, per la mancanza di un lavoro di sintesi. Ci sono però delle ricerche di BOENZI & PALMENTOLA (1972; 1975), secondo le quali anche nel Sud sarebbero testimoniate delle soste durante il generale ritiro dei ghiacciai würmiani.

## CONCLUSIONI

Il glacialismo quaternario ha lasciato la sua impronta nell'Appennino fin dall'epoca rissiana. Le maggiori tracce si riferiscono però alla glaciazione denominata Würm nelle Alpi. Sulla base dei dati disponibili si ritiene che la massima avanzata dei ghiacciai appenninici e conseguentemente le morene frontali depositate più in basso dagli stessi debbano essere attribuite allo stadio Würm III. Il limite climatico delle nevi si sarebbe trovato in quel momento ad una quota media di 1750 metri, con valori più bassi verso il Tirreno e progressivamente più elevati verso Oriente.

Nell'Appennino Centrale vi sono le testimonianze dell'esistenza di un diffuso glacialismo anche nell'epoca tardo-würmiana. In tutti i massicci vi sono infatti, distribuiti a quote differenti, numerosi apparati morenici con la caratteristica di deposito stadiale, cosa che permette di affermare che il ritiro dei ghiacciai, dopo la fase di massima discesa würmiana, è avvenuto non in modo continuo, ma con alcune fasi di sosta o di parziale riavanzata. Vengono distinti almeno tre fondamentali stadi appenninici. La successione più completa è quella del Gran Sasso, ove è riscontrabile probabilmente un IV stadio. L'entità dei successivi ritiri ha portato i limiti delle nevi permanenti a innalzarsi nei primi tre stadi di valori relativamente costanti nei vari gruppi montuosi e di entità paragonabile a quelli verificatisi durante gli stadi tardo-würmiani delle Alpi Orientali, Altstadien, Bühl-Schlern e Gschnitz. Il quarto è forse correlabile con il Daun. Alla fine del Tardo-Würm i ghiacciai dovrebbero essere scomparsi dall'Appennino Centrale, mentre nel Post-Glaciale può essere rimasta al massimo qualche vedretta nei circhi più alti del Gran Sasso, come l'attuale Ghiacciaio del Calderone.

## IN DEFINITIVA LA SUCCESSIONE DEGLI AVVENIMENTI PUÒ ESSERE COSÌ SINTETIZZATA

Deposizione delle morene frontali più Würm III basse (limite nivale a 1750 m in media)	
Ritiro delle fronti glaciali	Interstadio
Deposizione di morene stadiali in tutti i rilievi (con l.n. incrementato di 110/240 m)	I Stadio Appenninico (Altstadien)
Ritiro glaciale nelle valli	Interstadio
Deposizione di morene stadiali in tutti i rilievi tranne M. Orsello (Ocre) e M. Greco-Pratello (Marsica) (con l.n. incrementato di ~300 m)	II Stadio Appenninico (Bühl-Schlern)
Forte ritiro glaciale nelle alte valli	Interstadio
Deposizione di morene stadiali nel Gran Sasso, Maiella, Velino, Meta (con l.n. incrementato di ~600 m)	III Stadio Appenninico (Ghschnitz)

Scomparsa dei ghiacciai da tutti i rilievi Interstadio  
tranne Gran Sasso e forse Maiella

Deposizione di morene stadiali nel Gran Sasso  
(con l.n. incrementato di 7-800 m)

IV Stadio Appenninico (Daun?)

Definitiva scomparsa dei ghiacciai dall'Appennino (salvo isolati ghiacciai di circo, come il Gh. del Calderone)

Tardo-Würm Finale/ Post-Würm

## BIBLIOGRAFIA

- ALMAGIÀ R. (1919) - *Tracce glaciali nei Monti Marsicani*. Boll. Soc. Geol. It., 38, LXV-LXVII.
- BEELER F. N. (1977) - *Geomorphologische Untersuchungen an Spät- und Post-glazial im Schweizerischen Nationalpark und im Berninapassgebiet (Südrätische Alpen)*. Erg. Wiss. Unt. ters. SNP, 15, 276 pp.
- BENEÒ E. (1940) - *Il glacialismo quaternario dell'Appennino laziale*. Boll. CGI, ser. 1, 20, 141-150.
- BIAGI P., CASTELLETTI L., CREMASCHI M., SALA B. & TOZZI C. (1979) - *Popolazione e territorio nell'Appennino tosco-emiliano, nel tratto centrale del bacino del Po e nelle Prealpi bresciane tra il IX e il V millennio a. C.* Emilia Preromana (in stampa).
- BIASUTTI R. (1923) - *Sull'antico limite delle nevi nell'Appennino centrale e meridionale*. Atti VIII Congr. Geogr. It., Firenze (1921), 2, 65-67.
- BOENZI F. & PALMENTOLA G. (1972) - *Nuove osservazioni sulle tracce glaciali nell'Appennino lucano*. Boll. CGI, ser. 2, 20, 9-52.
- BOENZI F. & PALMENTOLA G. (1975) - *Osservazioni sulle tracce glaciali della Calabria*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 961-979.
- CASTIGLIONI G. B. (1961) - *I depositi morenici del Gruppo Adamello-Presanella con particolare riguardo agli stadi glaciali post-würmiani*. Mem. Ist. Geol. Min. Un. Padova, 23, 131 pp.
- CASTIGLIONI G. B. (1964) - *Sul morenico stadiale nelle Dolomiti*. Mem. Ist. Geol. Min. Un. Padova, 24, 16 pp.
- CREMA C. (1919) - *Depositi glaciali lungo la valle del Rio Arno nel Gruppo del Gran Sasso d'Italia*. Boll. R. Com. Geol. It., 47, 259-264.
- CREMA C. (1919) - *Tracce di vaste glaciazioni antiche nei Monti della Duchessa (Abruzzo aquilano)*. Rend. R. Acc. Naz. Lincei, s. 5, 28, 235-240.
- DAMIANI A. V. (1975) - *Aspetti geomorfologici e possibile schema evolutivo dei Monti Sibillini (Appennino umbro-marchigiano)*. Boll. Serv. Geol. It., 96, 231-314.
- DAMIANI A. V. & PANNUZI L. (1978) - *La glaciazione würmiana nell'Appennino laziale-abruzzese. 1ª nota*. Boll. Serv. Geol. It., 97 (1976), 85-106.
- DEMANGEOT J. (1965) - *Géomorphologie des Abruzzes Adriatiques*. Mem. Doc. CNRS, Paris, 403 pp.
- DESIO A. (1927) - *Laghi di circo e tracce glaciali nei dintorni di Fiumalbo (Appennino tosco-emiliano)*. Natura, 18, 95-119.
- DESIO A., BELLONI S. & GIORCELLI A. (1973) - *Results of half a century investigation on the glaciers of the Ortles-Cevedale Mountain Group (Central Alps)*. CNR. Dec. Idrol. Int., 6, 107 pp.
- FEDERICI P. R. & SCALA F. (1966) - *Il ghiacciaio würmiano del M. Gottero-Val Gotra (Appennino parmense)*. Ann. Ric. St. Geogr., 22, 75-86.
- FEDERICI P. R. (1979) - *On the Riss glaciation of the Apennines*. Zeitsch. Geomorph., 23.
- FRANCHI S. (1919) - *Sviluppo relativo dei ghiacciai pliocenici nei Monti Simbruini e nell'adiacente Appennino*. Boll. R. Uff. Geol. It., 47, 229-257.
- FRANCHI S. (1919) - *Sul grande sviluppo dei ghiacciai pleistocenici della Maiella*. Rend. R. Acc. Naz. Lincei, s. 5, 28, 139-143.



- FRENZEL B. & alii (1976) - *Führer zur Exkursionstagung des IGCP - Projektes 73/1/24 « Quaternary glaciations in the Northern Hemisphere », vom 5-13 sept. 1976 in den Südvogesen, im Nördlichen Alpenvorland und in Tirol*. Stuttgart-Hohenheim.
- GORTANI M. (1930) - *Sui ghiacciai quaternari dell'Italia Centrale*. Atti XI Congr. Geogr. It., Napoli, 2, 96-106.
- GORTANI M. (1930-31) - *Sulla glaciazione quaternaria dell'Appennino abruzzese*. Rend. R. Acc. Sc. Ist. Bologna, 35, 34-39.
- GORTANI M. (1933) - *Ricerche sulla glaciazione würmiana dell'Appennino*. C. R. Congr. Intern. Géogr., Paris (1931), s. 2, 2, 814-816.
- HEUBERGER H. (1968) - *Die Alpengletscher im Spät- und Postglazial*. Eisz. Geg. Jah. Deutsch. Quart., 19, 270-275.
- HOEFER H. (1922) - *Die relative Lage der Firnlinie*. Peterm. Geogr. Mitteil., 68, p. 57.
- VON KLEBELSBERG R. (1930-33) - *Die eiszeitliche Vergletscherung der Apennines. I. Gran Sasso-Majella*. Zeitsch. Gletsch., 18, 141-169; III. *Monti Sibillini*, 21, 121-136.
- VON KLEBELSBERG R. (1942) - *Das Schlernstadium der Alpengletscher*. Zeitsch. Gletsch., 28, 157-165.
- VON KLEBELSBERG R. (1948-49) - *Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie*. Springer, Wien (1948: 1-403; 1949: 404-1028).
- KUROWSKI L. (1891) - *Die Höhe der Schneegrenze, mit besonderer Berücksichtigung der Finsteraarhorn-Gruppe*. Geogr. Abh., 5, 119-160.
- LOSACCO U. (1949) - *La glaciazione quaternaria dell'Appennino Settentrionale*. Riv. Geogr. It., 56, 1-142.
- LÜTTIG G. (1958) - *Eiszeit-Stadium-Phase-Staffel. Eine nomenklatorische Betrachtung*. Geol. Jahrb., 76.
- MARKGRAF V. (1974) - *Paleoclimatic evidence derived from timberline fluctuations*. Coll. Int. CNRS. La méthode quantitative etc., Gif sur Yvette, 1973, 67-76.
- MAYR F. & HEUBERGER H. (1968) - *Type areas of Late Glacial and Post-Glacial deposits in Tyrol, Eastern Alps*. Univ. Colorado Stud. N. 7, Glaciat. of the Alps. Proc. VII INQUA, Boulder-Denver, 1965, 143-165.
- MESSERLI B. (1967) - *Die eiszeitliche und die gegenwärtige Vergletscherung im Mittelmerraum*. Geogr. Helv., 22, 105-228.
- PATZELT G. (1972) - *Die Spätglazialen Stadien und Postglazialen Schwankungen von Ostalpengletschern*. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 85, 47-57.
- PATZELT G. (1974) - *Holocene variations of glacier in the Alps*. Coll. Int. CNRS. La méthode quantitative etc., Gif sur Yvette, 1973, 51-59.
- PATZELT G. & BORTENSCHLAGER S. (1976) - *Spät- und Postglazial im Oztal und in Inntal (Ostalpen, Tirol)*. In: « FRENZEL B. & alii, 1976 ».
- PENCK A. & BRÜCKNER L. (1909) - *Die Alpen im Eiszeitalter*. Taichnitz, Leipzig, 1199 pp.
- PENNACCHIONI M. (1978) - *Ritrovamenti preistorici di superficie nel comune di Scanno (Abruzzi)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., s. A, 85, 171-174.
- PFEFFER K. H. (1967) - *Beiträge zur Geomorphologie der Karstbecken im Bereiche des Monte Velino (Zentralapennin)*. Frankf. Geogr., 42, 85 pp.
- SACCO F. (1907) - *Gli Abruzzi, schema geologico*. Boll. Soc. Geol. It., 26, 377-460.
- SACCO F. (1941) - *Il glacialismo nell'Appennino*. L'Universo, 22, 569-602.
- SCARSELLA F. (1945) - *Nuove tracce di antichi ghiacciai nei Monti Sibillini e nei Monti della Laga*. Boll. Soc. Geol. It., 64, 99-102.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (Autori vari) - *Carta Geologica di Italia all'1:100 000*. Fogli 124 (Macerata), 132 (Norcia), 139 (L'Aquila), 140 (Teramo), 145 (Avezzano), 146 (Sulmona), 147 (Lanciano), 151 (Alatri), 152 (Sora), 153 (Agnone).
- SESTINI A. (1934) - *Nuovi contributi alla conoscenza della glaciazione pleistocenica dell'Appennino*. Boll. R. Soc. Geogr. It., s. 6, 11, 136-139.
- STAUB R. (1946) - *Geologische Karte der Bernina Gruppe und ihrer Umgebung im Oberengadin, Bergell, Val Malenco, Poschlav und Livigno, 1:50 000*. Geol. Speckarte 118 - Schw. Geol. Komm.
- SUTER K. (1939) - *Die eiszeitliche Vergletscherung des Zentralapennin*. Viert. Naturf. Ges. Zurich, 84 (1940), 140 pp.
- TONINI D. (1963) - *Il Ghiacciaio del Calderone del Gran Sasso d'Italia*. Boll. CGI, s. 2, 10 (1961), 71-135.
- TREVISAN L. (1940) - *I limiti nivali attuali e würmiani in Italia*. Boll. CGI, s. 1, 20, 49-62.
- VENZO S. (1971) - *Gli stadi glaciali tardo-würmiani e post-würmiani nelle Alpi insubriche valtelinesi*. Atti Soc. It. Sc. Nat., 112, 161-276.