

## DATAZIONE DIRETTA E CORRELAZIONE DI DEPOSITI GLACIALI CON L'USO DI TEPHRA E LOESS: IL CASO DEL MATESE (CAMPANIA-MOLISE)

C. Giraudi

ENEA Casaccia - C.P. 2400 - 00100 ROMA A.D.

**RIASSUNTO** - *Datazione diretta e correlazione di depositi glaciali con l'uso di tephra e loess: il caso del Matese (Campania-Molise)*

I resti glaciali Tardopleistocenici dell'Appennino sono ancora mal datati poichè, in tale periodo, alle spalle delle morene solo raramente si formavano dei laghi e le sostanze organiche, ad alta quota, erano scarse; risultano quindi assai rari i sedimenti fini databili col metodo del  $^{14}\text{C}$ .

Nel periodo compreso tra circa 16.000 e 10.000 anni fa, tuttavia, si verificarono varie eruzioni esplosive dei vulcani della Campania, i prodotti dei quali sono stati rinvenuti in Italia Meridionale e Centrale, ed avvenne la deposizione di un loess costituito in prevalenza da quarzo. Sul Massiccio del Matese, il rinvenimento di tale loess e di tre livelli di tephra nelle depressioni presenti alle spalle delle morene ha permesso di scandire le fasi di ritiro dei ghiacciai, che risultano essere sei. Sono state individuate quattro fasi testimoniate da morene prodotte da ghiacciai vallivi e due fasi testimoniate da morene prodotte da ghiacciai di circo; le prime quattro fasi sarebbero tutte più antiche di 15.000 anni BP, mentre le altre due fasi sarebbero databili a circa 14.000 e 13.000 anni BP. Alcuni fenomeni di crioturbazione, che interessano i prodotti del rimaneggiamento del più recente dei tephra presi in considerazione, potrebbero risalire al Younger Dryas.

**ABSTRACT** - *Dating and correlation of glacial deposits using tephra layers and loess: the example of M. Matese (Campania-Molise, Southern Italy)*. The Late Pleistocene glacial remains of the Apennines are still poorly dated since behind the moraines only rarely did lakes form and organic substances, at high altitudes, were scarce; therefore fine sediments datable with the  $^{14}\text{C}$  method are very rare. In the period from 16,000 to 10,000 years ago, furthermore, various explosive volcanic eruptions occurred, of which the products were found in Central and Southern Italy, and a deposition of a loess formed mainly of quartz took place. The discovery, on the Mt. Matese, of this loess and of three levels of tephra in the depressions behind the moraines, allowed for the definition of six phases of retreat of the glaciers. Four phases testified by moraines produced by valley glaciers and two phases testified by moraines formed by cirque glaciers were identified; the first four are older than 15,000 yr BP, while the other two could be datable to ca. 14,000 and 13,000 yr BP. Some cryoturbation phenomena, which involved the products of reworking of the most recent of the tephra taken into consideration, could date back to the Younger Dryas.

Parole chiave: tephra, loess, ritiro glaciale, Pleistocene superiore, Matese, Italia Centrale.

Key words: tephra, loess, glacial retreat, upper Pleistocene, Mt. Matese, Southern Italy.

### INTRODUZIONE

Il Massiccio del Matese, situato al confine tra le regioni Campania e Molise (Italia Meridionale) è costituito da rocce carbonatiche meso-cenozoiche e raggiunge la quota massima di 2050 m.

Il Matese conserva evidenti tracce glaciali, attribuite all'ultima massima espansione glaciale ed alle successive fasi di ritiro da Palmentola & Acquafredda (1983) e Palmentola *et al.* (1990): tuttavia la cronologia stabilita dagli Autori manca di datazioni dirette. Jaurand (1994) segnala che le morene poste al margine del circo glaciale del M. Miletto sono coperte da un andosuolo, sviluppatosi in Italia Centrale, secondo Frezzotti & Narcisi (1989), dopo la messa in posto del tephra del Tufo Giallo Napoletano, e ne deduce che hanno un'età più antica di 13.000 anni BP.

La scarsità di datazioni dirette delle fasi glaciali è comune a quasi tutto l'Appennino: le date conosciute, relative a depositi fluvio-glaciali, indicano che sul Massiccio del Velino (Italia Centrale) l'ultima massima espansione glaciale si è sviluppata in un periodo sensibilmente più recente di 30.000 anni BP e più antico di circa 15.000 anni BP (Frezzotti & Giraudi, 1992), mentre non si hanno dati diretti sull'età delle successive fasi di ritiro stadiale.

### METODI

La scarsità di dati diretti relativi alle fasi glaciali in Appennino appare essenzialmente dovuta alla scarsità di sedimenti databili presenti a contatto con le morene.

Le morene più recenti dell'ultima massima espansione glaciale si trovano a quote superiori a 1600-1700 m; a tali quote i suoli organici cominciano a svilupparsi per lo più a partire dalle fasi iniziali dell'Olocene, poichè nel corso del Tardiglaciale potevano essere presenti fenomeni periglaciali, limitate aree di permafrost discontinuo (Dramis & Kotarba, 1994; Giraudi, 1994; 1996), e in generale l'ambiente non doveva ancora essere adatto allo sviluppo di abbondante vegetazione.

Inoltre, salvo in poche località ove sono presenti sedimenti lacustri scarsi di sostanza organica, alle spalle delle morene frontali o nelle depressioni intermoreniche generalmente non si sono formati, appena dopo il ritiro glaciale, i bacini lacustri che sono tipici delle morfologie glaciali. Tale peculiarità si spiega poichè i principali massicci sono costituiti da rocce carbonatiche soggette a carsismo. Per di più le morene presenti ad alta quota sono costituite da clasti grossolani con scarsa matrice fine, e sono perciò assai permeabili, non adatte quindi a sbarrare il flusso delle acque ed a formare piccoli bacini lacustri.

Per datare gli apparati morenici occorre perciò verificare se, tra i sedimenti più recenti che si trovano a monte di questi, esistono depositi che possano essere inquadrati cronologicamente o che possano servire da livelli guida per correlazioni con serie stratigrafiche datate poste in località diverse. Tra i depositi utilizzabili vi sono certamente i loess aventi distribuzione almeno regionale, i livelli di tephra, depositi anche a grande distanza dagli apparati di provenienza, alcuni suoli con determinate caratteristiche.

Le ricerche condotte in Appennino Centrale hanno dimostrato che, associati a depositi di origine glaciale, sono presenti almeno un livello di loess, formato essenzialmente da quarzo, e almeno due tephra (Frezzotti & Giraudi, 1989; Frezzotti & Narcisi, 1989).

È stato quindi studiato un massiccio, sede di ghiacciai nel corso dell'ultima massima espansione glaciale, che potesse presentare, almeno teoricamente, le migliori potenzialità per la presenza del suddetto loess e di tephra da utilizzare per la datazione e la correlazione tra sezioni distanti. Il Matese, posto appena 70-80 km a Nord dei vulcani Campi Flegrei e Vesuvio, si presenta come un sito adatto alla deposizione dei tephra campani. Inoltre è noto dalla letteratura (Frezzotti & Giraudi, 1990a) che sul Matese, in alcune depressioni intermoreniche, sono presenti sia il loess composto in prevalenza da quarzo, diffuso anche in Italia Centrale di cui si conosce l'inquadramento cronologico, che il tephra del Tufo Giallo Napoletano (Frezzotti & Narcisi, 1989).

Indagini condotte sui sedimenti che occupano il fondo delle depressioni presenti su alcune morene del Matese, effettuate con l'ausilio di sondaggi a mano, hanno permesso di evidenziare la sistematica presenza di alcuni livelli guida. Oltre agli elementi suddetti, sono stati rinvenuti altri due livelli di tephra interposti tra la base dei loess ed il Tufo Giallo Napoletano che sono risultati assai utili come livelli guida per distinguere le morene delle diverse fasi.

## RISULTATI

I livelli guida individuati, sono rappresentati dal loess e da tre livelli di tephra.

Il loess, di colore bruno-rosato, costituito in prevalenza da quarzo, è stato segnalato al Matese ed in Italia Centrale, da Frezzotti & Giraudi (1990a, 1990b): è l'unico loess con tali caratteristiche segnalato in Italia Centrale riferibile agli ultimi 30.000 anni, potente non più di 20 cm, e sempre confinato tra sedimenti pre-olocenici e posteriori alle principali fasi di ritiro dei ghiacciai dell'ultima massima espansione glaciale.

Al Piano di Aremogna (Frezzotti & Giraudi, 1989) il loess contiene un sottile livello di tephra, copre sedimenti fluvioglaciali depositi nel corso delle prime fasi di ritiro del ghiacciaio dell'ultima massima espansione glaciale ed è coperto da una torba datata  $12.850 \pm 200$  anni BP con il  $^{14}\text{C}$ .

L'inizio della deposizione del loess deve quindi essere sensibilmente precedente a tale data.

Al conoide di Valle Majelama sul Massiccio del Velino (Abruzzo) la fine della sedimentazione di depositi fluvioglaciali è avvenuta in un momento precedente a circa 15.000 anni BP (Frezzotti & Giraudi, 1992). Se la deglaciazione, legata a fattori climatici è iniziata contemporaneamente in tutto l'Appennino Centrale, la sedimentazione eolica al Piano di Aremogna deve essere iniziata attorno a 16-15.000 anni fa.

La presenza di livelli di tephra, di origine indeterminata, sulle morene del Matese era nota (Palmentola & Acquafredda, 1983); in seguito Frezzotti & Narcisi (1989) identificarono il tephra del «Tufo Giallo Napoletano» originatosi dai Campi Flegrei nel corso di un'eruzione datata a circa 12.000 anni BP da Scandone *et al.* (1991).

I tephra presenti sulle morene e rinvenuti ed utilizzati come livelli guida nel corso del presente studio sono i seguenti.

T1= livello di tephra di colore grigio-verdastro, potente circa 3-5 cm, di granulometria sabbiosa; il livello è contenuto all'interno dei sedimenti eolici costituiti in prevalenza da quarzo, e deve quindi essere correlabile con quello rinvenuto in analoga posizione stratigrafica al Piano di Aremogna, databile ad un momento successivo a 15.000-16.000 anni fa e precedente a  $12.800 \pm 200$  anni BP.

T2= livello di tephra, potente fino a 10 cm, di colore verdastro, di granulometria sabbiosa grossolana; tale livello copre i loess contenenti T1 ed è coperto dal Tufo Giallo Napoletano.

T3= Tufo Giallo Napoletano. Tale tephra ha colore grigio-giallastro, è molto grossolano, potente fino a 30-40 cm; è generalmente coperto da sabbie di colore giallo e ruggine, la cui potenza può essere superiore al metro, corrispondenti ai prodotti del suo rimaneggiamento.

## Le tracce glaciali

Il ghiacciaio principale che nel corso dell'ultima massima espansione glaciale era presente sul Massiccio del Matese era formato dalla confluenza di due lingue provenienti dai monti Miletto (2050 m) e La Gallinola (1923 m) ed il limite nivale era posto a circa 1550-1600 m (Palmentola & Acquafredda, 1983; Palmentola *et al.*, 1990). Gli stessi Autori evidenziano che dopo l'ultima massima espansione glaciale il ghiacciaio diede luogo alla formazione di morene stadiali nel corso di tre fasi, l'ultima delle quali (corrispondente alla morena C5-M del presente lavoro) sarebbe databile, in base alla valutazione delle variazioni dei limiti nivali ed alla correlazione tra gli stadi Appenninici ed Alpini, all'Older Dryas.

Nel presente lavoro, l'età relativa delle morene deposte dai ghiacciai del M. Miletto e Gallinola nel corso delle fasi di ritiro glaciale seguite alla massima espansione<sup>1</sup>, è stata stabilita in base alla distribuzione dei livelli di tephra individuati sulle morene stesse. Grazie a tali tephra si è potuto constatare (vedasi oltre) che le piccole riavanzate durante le fasi di ritiro glaciale, testi-

<sup>1</sup> Con «fasi di ritiro glaciale» si intende la progressiva diminuzione dei ghiacciai, successiva all'ultima massima espansione glaciale, che portò alla totale deglaciazione. Nel corso del generale ritiro glaciale, verosimilmente durante periodi di stasi o di piccole riavanzate glaciali, si formavano le morene suddette. Esse sono da considerare come «*recessional moraines*» (Goldthwait & Smith, 1968), essendo state formate nel corso di riavanzate secondarie mentre la tendenza principale dei ghiacciai era quella del ritiro. Per tale motivo si parla di morene deposte nel corso delle fasi di ritiro glaciale.

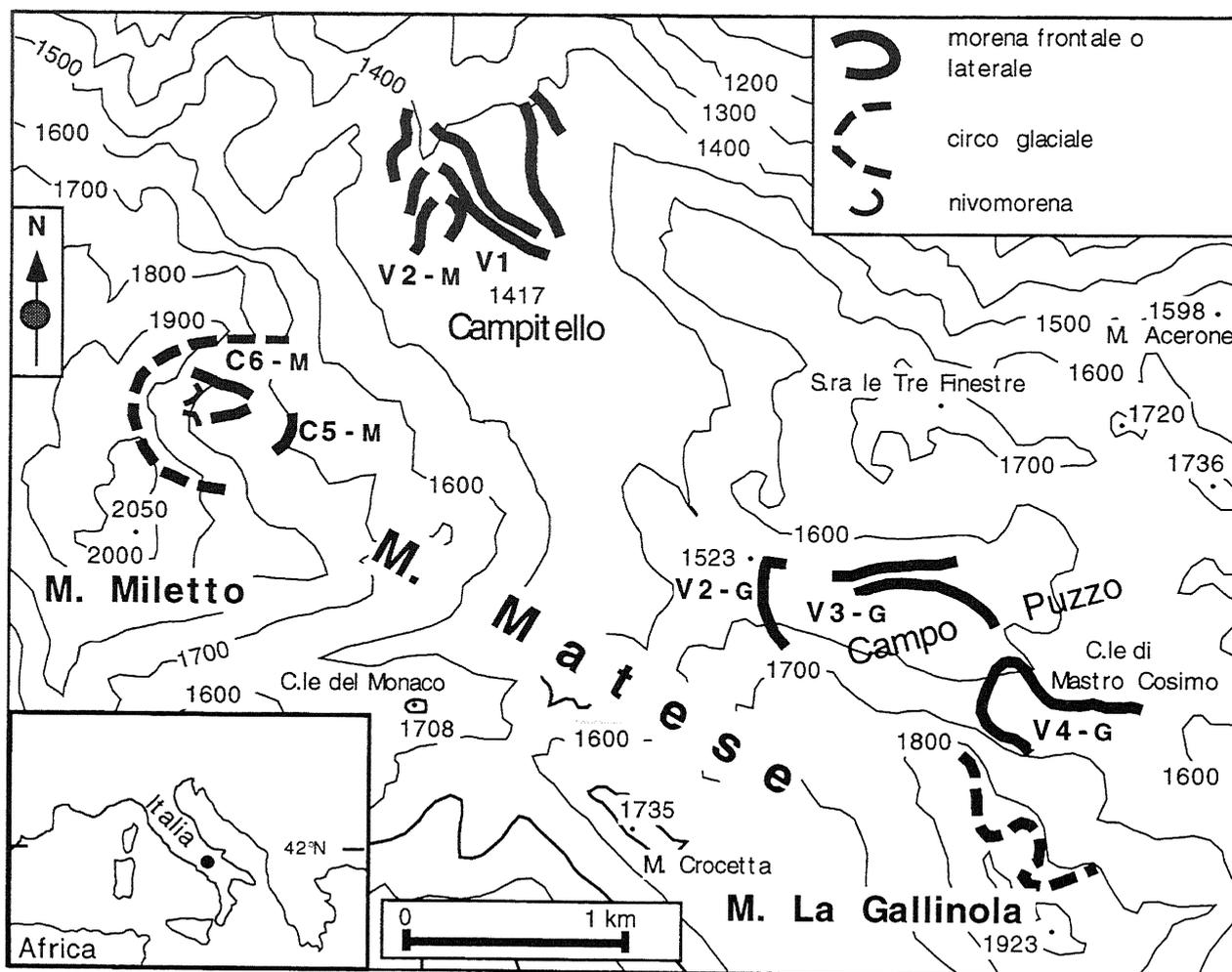


Fig. 1 - Carta schematica delle principali tracce glaciali presenti tra Campitello Matese, M. Miletto, M. Gallinola e Campo Puzzo.  
Schematic map of the main glacial traces present from Campitello Matese, Mt. Miletto, Mt. Gallinola and Campo Puzzo.

moniate sul massiccio, sono almeno sei (Fig. 1).

Le fasi di ritiro dei ghiacciai dell'ultima massima espansione glaciale appaiono più complesse di quanto finora ipotizzato essendo state interrotte da varie piccole stasi o riavanzate documentate da:

- una morena formata ancora dalla confluenza delle due lingue glaciali (V1 di Fig. 1 che permette di calcolare un limite nivale di poco superiore a 1600 m).

- tre morene frontali e laterali del ghiacciaio vallivo proveniente da La Gallinola (V2-G, V3-G e V4-G in Fig. 1, che permettono di calcolare limiti nivali posti rispettivamente a circa 1700, 1720 e 1750 m);

- una morena frontale del ghiacciaio vallivo alimentato dal circo del M. Miletto (V2-M di Fig. 1, che permette di calcolare un limite nivale di circa 1650 m);

- due morene del ghiacciaio di circo del M. Miletto (C5-M, C6-M di Fig.1 che permettono di calcolare limiti nivali rispettivamente di 1850,1900 m).

Nel circo del M. Miletto, sono anche presenti due piccole nivomorene alle spalle delle morene più recenti.

Sulle morene V2-G, deposte da un ghiacciaio vallivo alimentato dal M. La Gallinola, è stata rinvenuta la seguente serie di tephra e di depositi eolici (dal basso

verso l'alto):

- limi marroni rosati di origine eolica, composti in notevole percentuale da quarzo, corrispondenti ai loess descritti in precedenza, potenti circa 20 cm; intercalato a tali limi è presente un livello di tephra di colore grigio-verdastro, potente circa 3-5 cm, di granulometria sabbiosa (T1); la base dei limi è stata campionata per la datazione col radiocarbonio (AMS) ed ha fornito un'età di  $6265 \pm 110$  anni BP (UA-11333); tale data non è ritenuta attendibile in quanto implicherebbe che alcune delle morene (vedasi oltre) presenti al Matese dovrebbero avere un'età più recente di 6000 anni: ciò pare assai improbabile; il campione deve essere stato quindi inquinato da sostanze organiche ben più recenti della messa in posto del loess, provenienti verosimilmente dal suolo soprastante;

- un secondo livello di tephra potente fino a 10 cm, di colore verdastro, di granulometria sabbiosa grossolana (T2);

- un ulteriore livello di tephra (T3), di colore grigio-giallastro, molto grossolano, potente fino a 30-40 cm, corrisponde al Tufo Giallo Napoletano, datato a circa 12.000 anni BP da Scandone *et al.* (1991), già segnalato al Matese da Frezzotti & Narcisi (1989), Sevink & Pa-

ris (1989).

- sabbie di colore giallo e ruggine, di potenza superiore al metro, corrispondenti ai prodotti del rimaneggiamento del Tufo Giallo Napoletano. Come segnalato da Palmentola ed Acquafredda (1983) i sedimenti di questo tipo sono, a volte, deformati a festoni, per fenomeni di crioturbazione.

Le morene V4-G, nel sito ove è stato eseguito il sondaggio, risultano coperte, dal basso verso l'alto, da:

- 15 cm di loess marroni-rosati, ai quali si intercala un livello di tephra di colore grigio-verdastro, potente circa 3 cm, di granulometria sabbiosa (T1);

- 170 cm formati dal Tufo Giallo Napoletano e dai prodotti del suo rimaneggiamento.

Le suddette morene, così come quelle indicate come V2-G, ed evidentemente anche le intermedie V3-G, sono quindi più antiche del tephra T1 e della sedimentazione del loess (iniziata attorno a 15-16.000 anni fa e terminata prima di 12.850±200 anni BP). Le morene V4-G sono state deposte da un ghiacciaio avente un limite delle nevi valutabile attorno a 1750 m.

Le morene C5-M, sul sito ove è stato eseguito il sondaggio, appaiono coperte da:

- 20 cm di un tephra di colore verdastro, di granulometria sabbiosa grossolana (T2);

- 210 cm costituiti dal Tephra del Tufo Giallo Napoletano e dai prodotti del suo rimaneggiamento;

- 170 cm di colluvi prevalentemente limosi costituiti da notevoli percentuali di minerali di origine vulcanica.

Le morene C5-M sono quindi più recenti della fine della sedimentazione del loess e della caduta del tephra T1 e più antiche della deposizione dei tephra T2 e T3. In base ai dati del Matese risultano quindi sensibilmente più antiche di 12.000 anni BP. In base all'inquadramento cronologico dei loess ottenuto al Piano di Aremogna, la sedimentazione eolica sarebbe iniziata attorno a 15-16.000 anni fa e terminata prima di 12.850±200 anni BP. La morena deve quindi essersi formata in un periodo compreso tra un momento successivo a 15-16.000 anni BP ed un momento sensibilmente precedente a 12.000 anni BP. Il limite delle nevi del ghiacciaio che ha formato le morene è valutabile attorno a 1850 m.

Le morene C6-M, sul sito ove è stato eseguito il sondaggio, sono coperte da:

- 30 cm del tephra del Tufo Giallo Napoletano;

- 70 cm di prodotti del rimaneggiamento del suddetto tephra e di colluvi molto ricchi di materiali vulcanici;

Le morene C6-M sono evidentemente più recenti delle C5-M, ed hanno un'età superiore a circa 12.000 anni BP, essendo più antiche del tephra T3 e più recenti del tephra T2. Le morene C6-M sono state deposte da un ghiacciaio avente un limite delle nevi valutabile attorno a 1900 m.

Il detrito che forma le nivomorene si sovrappone al tephra del Tufo Giallo Napoletano: le nivomorene sono quindi più recenti di circa 12.000 anni BP. Inoltre nella depressione posta a monte di una nivomorena sono presenti materiali di riempimento rappresentati da colluvi, suoli, e da almeno due livelli di tephra diversi da quelli descritti. Dei due, il più antico appare ben diverso

dagli altri per la presenza di evidenti cristalli di biotite.

In base ai dati esposti, si ottiene un inquadramento cronologico delle morene presenti sul Massiccio del Matese, inquadramento basato su dati diretti e su tephra e depositi eolici datati in aree dell'Appennino Centrale non lontane dal massiccio in esame. Poiché si può considerare isocrona la deposizione dei singoli tephra in aree anche lontane, questi consentono una correlazione diretta tra i vari massicci. L'inquadramento cronologico, per quanto ancora poco dettagliato è però basato su dati e non su ipotesi relative sulla correlazione tra le variazioni dei limiti nivali dell'Appennino e quelli delle Alpi. Le due morene più recenti (C5-M e C6-M) si sono formate in un momento successivo a 15.000-16.000 anni BP e precedente a 12.000 anni BP.

Per quel che riguarda la datazione delle morene di ritiro (*recessional moraines*, vedasi Nota 1) più antiche non sono emersi elementi stratigrafici diversi da quelli serviti per l'inquadramento cronologico delle morene V4-G.

## CONCLUSIONI

In base a quanto esposto, possiamo quindi concludere che sul Massiccio del Matese esistono le tracce di sei fasi di riespansione glaciale nel corso del ritiro successivo all'ultima massima espansione: le quattro fasi testimoniate dalle morene formate da ghiacciai vallivi dei Monti Miletto e Gallinola debbono essere più antiche di circa 15-16.000 anni BP; le due morene di circo appaiono databili, tra circa 15-16.000 e circa 12.000 anni BP.

Tale inquadramento cronologico è basato solo su alcuni dei dati stratigrafici rinvenuti nel corso delle ricerche di campagna, in quanto sono in corso le analisi chimiche per l'identificazione dei tephra T1 e T2. La caratterizzazione e la datazione di tali tephra permetteranno un inquadramento cronologico assai più preciso delle fasi della deglaciazione sul Massiccio del Matese.

Poiché le fasi di ritiro glaciale, essendo legate a fattori climatici globali, devono essere pressoché coeve a livello regionale, è possibile utilizzare dati relativi ad altri massicci per scandire anche le fasi di deglaciazioni del Matese. A sostegno di tale assunto si può osservare che anche al M. Breccioso (1974 m) in Abruzzo (Giraudi, 1997) le ultime morene deposte da un ghiacciaio di tipo vallivo sono, come le morene V4-G del Matese, coperte dal loess ricco di quarzo. Sul M. Breccioso, almeno due morene (*recessional moraines*, vedi Nota 1) di ghiacciaio vallivo deposte nel corso delle prime fasi di ritiro glaciale, risultano precedenti alla messa in posto di un tephra poco più antico di 19.100±650 anni BP: anche al Matese, quindi, almeno le morene V1, V2-G e V2-M potrebbero essere precedenti a tale data. L'ultima massima espansione glaciale del Pleistocene superiore deve essere avvenuta in un momento precedente a 19.100±650 anni BP, risulta quindi più antica di quanto supposto in assenza di dati diretti.

Gli studi di Frezzotti & Giraudi (1992) sul Massiccio del Velino mostrano che anche su tale massiccio, che raggiunge quote ben maggiori del Matese (2487 m) le varie fasi di ritiro caratterizzate da ghiacciai vallivi sono più antiche di circa 15.000 anni BP.

La prima delle due fasi di riespansione glaciale databili tra circa 15-16.000 e 12.000 anni BP sul Matese, può essere correlata ad una fase di deposizione di detrito stratificato al Fucino (Abruzzo), iniziata attorno a  $14.180 \pm 260$  anni BP, conseguente ad un raffreddamento del clima (Giraudi, 1995); in base a tale correlazione, le morene C5-M debbono avere un'età di circa 14.000 anni BP.

L'ultima fase di riespansione glaciale del Matese può essere correlata ad un periodo freddo identificato al Piano di Aremogna da Frezzotti & Giraudi (1989); tale periodo è precedente alla caduta del Tufo Giallo Napoletano ed è stato datato attorno a  $12.850 \pm 200$  anni BP. In base alla suddetta correlazione, le morene C6-M debbono avere un'età di circa 13.000 anni BP.

Al Matese, le morene V4-G formate prima di 15.000 anni fa indicano un incremento del limite nivale, rispetto al ghiacciaio della massima espansione glaciale, di circa 150/200 m. Per quelle (C5-M) formatesi attorno a 14.000 anni fa il limite delle nevi mostra un innalzamento di circa 250-300 m, mentre per quelle formatesi attorno a 13.000 anni fa (C6-M) l'incremento è di circa 300/350 m.

Le crioturbazioni, che interessano i prodotti di rimaneggiamento del Tufo Giallo Napoletano, si sono formate nel corso di un periodo freddo più recente di circa 12.000 anni BP. Verosimilmente durante lo stesso periodo, al M. Greco (Abruzzo), posto circa 55 km a NW del Matese, si sviluppò un piccolo rock glacier posteriore alla caduta del Tufo Giallo Napoletano, a quote di circa 2100 m (Giraudi, 1996). Tale periodo deve coincidere con lo Younger Dryas, in quanto non appare credibile che nell'Olocene possa essere avvenuto un evento tanto freddo da indurre la formazione di fenomeni periglaciali a latitudini così basse ed a quelle quote. Allo stesso periodo può, dubitativamente, essere ascritta la formazione delle nivomorene del M. Miletto.

La presenza di livelli guida, tra i sedimenti posteriori ad alcune fasi di ritiro glaciale nei vari massicci dell'Appennino Centrale e Meridionale, permette la correlazione diretta tra serie sedimentarie distanti e di ambiente diverso: è evidente che l'individuazione degli stessi livelli guida in altre località potrà permettere correlazioni tra eventi o serie di eventi anche in assenza di datazioni radiometriche.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Dramis F. & Kotarba A. (1994) - *Geomorphological evidences of high mountain permafrost in Central Apennine*. Geogr. Fis. Din. Quat., 17, 29-36.
- Federici P.R. (1979) - *Una ipotesi di cronologia glaciale Würmiana, tardo e post-Würmiana nell'Appennino Centrale*. Geogr. Fis. Din. Quat., 2, 196-202.
- Frezzotti M. & Giraudi C. (1989) - *Evoluzione geologica tardo-pleistocenica ed olocenica del Piano di Aremogna (Roccaraso - Abruzzo): implicazioni climatiche e tettoniche*. Mem. Soc. Geol. It., 42, 5-19.
- Frezzotti M. & Giraudi C. (1990a) - *Sedimenti eolici tardiglaciali ed olocenici nell'Appennino Centrale*. Mem. Soc. Geol. It., 45, 883-886.
- Frezzotti M. & Giraudi C. (1990b) - *Late Glacial and Holocene aeolian deposits and features near Roccaraso (Abruzzo, Central Italy)*. Quaternary International, 5, 89-95.
- Frezzotti M. & Giraudi C. (1992) - *Evoluzione geologica tardo-pleistocenica ed olocenica del conoide complesso di Valle Majelama (Massiccio del Velino - Abruzzo)*. Il Quaternario, 5(1), 33-50.
- Frezzotti M. & Narcisi B. (1989) - *Identificazione di un andosuolo, possibile livello guida per la cronostratigrafia olocenica dell'Appennino Centrale*. Mem. Soc. Geol. It., 42, 351-358.
- Giraudi C. (1994) - *Elementi di geologia del Quaternario della Piana di Campo Imperatore (Massiccio del Gran Sasso - Italia Centrale)*. In Atti Tic. Sc. Terra (Serie speciale), 2, 137-143.
- Giraudi C. (1995) - *I detriti di versante ai margini della Piana del Fucino (Italia Centrale): significato paleoclimatico ed impatto antropico*. Il Quaternario, 8(1), 203-210.
- Giraudi C. (1996) - *L'impronta del «Younger Dryas» e degli «Heinrich Events» nell'evoluzione climatica e ambientale dell'Italia Centrale*. Il Quaternario, 9(2), 533-540.
- Giraudi C. (1997) - *Prima segnalazione dell'apparato glaciale di M. Breccioso (Val Roveto-Abruzzo): un contributo all'inquadramento cronologico delle fasi glaciali tardo pleistoceniche*. Il Quaternario, 10(2), 201-206.
- Goldswain R.P. & Smith G.W. (1968) - *Glacial Geology: Introduction*. The Encyclopedia of Geomorphology. R.W. Fairbridge Ed., 431-439, Dowden Hutchinson & Ross.
- Jaurand E. (1994) - *Les heritages glaciaire de l'Apennin*. Thèse pour le Doctorat des Lettres de l'Université de Paris I Panthéon-Sorbonne. 600 pp.
- Palmentola G. & Acquafredda P. (1983) - *Gli effetti dei ghiacciai quaternari sulla Montagna del Matese, al confine Molisano-Campano*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 6, 117-130.
- Palmentola G., Acquafredda P. & Fiore S. (1990) - *A new correlation of the glacial moraines in the Southern Apennines, Italy*. Geomorphology, 3, 1-8.
- Scandone R., Bellucci F., Lirer L. & Rolandi G. (1991) - *The structure of the Campanian Plain and the activity of the Neapolitan volcanoes (Italy)*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 48, 1-31.
- Servizio Geologico d'Italia (1966) - *Carta Geologica d'Italia, Foglio 161, Isernia*, II Edizione.
- Sevink J. & Paris S. (1989) - *Late Würmian to early holocene lake deposits and pyroclastics in the middle Volturno Basin (Caserta Province, Italy)*. Il Quaternario, 2(2), 119-123.

Ms. ricevuto l'11 dicembre 1998  
Testo definitivo ricevuto il 22 febbraio 1999

Ms. received: December 11, 1998  
Final text received: February 22, 1999