

LA DEGLACIAZIONE TARDOPLEISTOCENICA SUI M. SIRINO E POLLINO (BASILICATA, CALABRIA - ITALIA MERIDIONALE)

C. Giraudi

ENEA-CASACCIA, C.P. 2400 - 00100 Roma A.D.

RIASSUNTO - Lo studio eseguito ha indicato che i sedimenti presenti nelle depressioni retromoreniche e intermoreniche dei M. Sirino e Pollino hanno analoga composizione, essendo formati nella parte bassa da depositi ricchi di quarzo eolico e nella parte alta prevalentemente da sedimenti ricchi di minerali di origine vulcanica. Solo alle spalle dell'ultima morena del M. Sirino compaiono unicamente i sedimenti formati in prevalenza da materiali vulcanici. Stratigrafie analoghe sono state riscontrate nelle depressioni intermoreniche dei M. Matese e Greco e la presenza di tephra e di sedimenti databili ha permesso di stabilire che il passaggio tra sedimenti ricchi di quarzo eolico e quelli ricchi di minerali vulcanici avviene attorno a 13-14.000 anni fa. La valutazione della risalita dei limiti nivali rispetto all'ultimo massimo glaciale ha indicato che al M. Pollino (2267 m) i ghiacciai sono scomparsi prima che al M. Sirino (2005 m): tutte le fasi di ritiro glaciale, ad eccezione dell'ultima del M. Sirino, sarebbero databili ad un periodo precedente a circa 14.000 anni fa. La presenza di un ghiacciaio sul massiccio di quota inferiore, quando sul massiccio più elevato i ghiacciai erano già scomparsi, potrebbe essere imputata non tanto alla posizione leggermente più settentrionale, che appare irrilevante, quanto piuttosto alla differente quantità di precipitazioni: ancora oggi le precipitazioni che cadono sul M. Sirino sono notevolmente superiori a quelle del M. Pollino.

ABSTRACT - *The Late Pleistocene deglaciation on Mt. Sirino and Mt. Pollino (Basilicata, Calabria- Southern Italy).* The study undertaken indicated that the sediments present in some depressions on the moraines of Mt. Sirino and Mt. Pollino have analogous composition: they are formed in the lower part by deposit rich in aeolian quartz, while in the upper part they are rich in volcanic material. Only on the last moraine of Mt Sirino are there exclusively sediments formed mainly of volcanic material. Similar stratigraphy has been discovered also in some depressions on Mt. Matese and Mt. Greco moraines: on these massifs the presence of tephra and datable sediments allowed to ascertain that the transition from sediments rich in aeolian quartz and those rich in volcanic material took place around 13-14,000 years ago. All of the phases of glacial retreat, except the last at Mt. Sirino, would be datable to a period preceding ca. 14,000 years ago. The evaluation of the rise of the equilibrium line altitude (ELA) since the last glacial maximum indicated that at Mt. Pollino (2267 m) the glaciers disappeared before those at Mt. Sirino (2005 m). The presence of a glacier on the massif of lower altitude, when on the higher massif the glaciers had already disappeared, might have been attributed not so much to the slightly northernmost position, that appears unimportant, as to the different amount of precipitation. Still today the amount of precipitation that falls on Mt. Sirino is remarkably higher than that on Mt. Pollino.

Parole chiave: Pleistocene superiore, sedimenti ricchi di quarzo e di materiali vulcanici, deglaciazione, Monti Sirino e Pollino.
Key words: Late Pleistocene, quartz-rich and volcanic-rich sediments, deglaciation, Mt. Sirino and Mt. Pollino.

INTRODUZIONE

I M. Sirino e Pollino sono posti alla latitudine di circa 40° N, a distanza di circa 40 km. Il M. Sirino, in Basilicata, è alto 2005 m (Monte del Papa) e si trova ad appena 17 km dal mare Tirreno (Golfo di Policastro), mentre il M. Pollino, posto al confine tra Basilicata e Calabria, alto 2267 m (Serra Dolcedorme) dista circa 30 km dai mari Tirreno e Ionio.

Lo studio del glacialismo del M. Sirino e del M. Pollino è stato effettuato allo scopo di individuare elementi utili alla correlazione tra le fasi glaciali presenti sui due massicci.

Nei lavori precedenti (Palmentola *et al.*, 1990; Jaurand, 1994) la correlazione tra le fasi glaciali presenti sui due monti in esame è stata effettuata mediante la valutazione della risalita dei limiti nivali rispetto all'ultimo massimo glaciale, senza disporre di elementi cronologici o stratigrafici che potessero corroborare le ipotesi for-

mulate.

Nel corso del presente lavoro, le indagini di superficie sono state supportate da una serie di sondaggi, effettuati mediante trivella a mano, eseguiti generalmente in depressioni chiuse di piccole dimensioni, intermoreniche o retromoreniche, che hanno raggiunto la profondità di circa 4 m.

Le stratigrafie dei sedimenti che riempiono le suddette depressioni in entrambe i massicci, hanno indicato che, oltre agli assai prevedibili depositi di origine colluviale, sono presenti, nella parte bassa, abbondanti sedimenti di origine eolica composti in prevalenza da quarzo o comunque ricchi in quarzo, mentre nella porzione superiore abbondano i materiali vulcanici: solo in alcuni casi sono stati rinvenuti veri e propri tephra.

E' stato constatato che nei sedimenti posti alle spalle delle morene più recenti mancano i depositi eolici ricchi di quarzo.

Le caratteristiche dei sedimenti hanno permesso di

effettuare correlazioni tra i due massicci, indipendentemente dalla quota e dalla variazione dei limiti nivali.

La presenza dei materiali di origine eolica, nella parte inferiore, e vulcanica, in quella superiore, nei sedimenti di riempimento delle conche chiuse posteriori a morene di ritiro dell'ultimo massimo glaciale, appare una costante anche sulla Montagna del Matese (Campania-Molise) e sul M. Greco: anche senza elementi di datazione relativi ai M. Sirino e Pollino, è stato perciò possibile ipotizzare un inquadramento cronologico delle più recenti fasi di ritiro glaciale basato su elementi cronologici messi a punto per i massicci posti più a Nord.

IL GLACIALISMO DEL M. SIRINO

Il M. Sirino, in Basilicata, raggiunge la quota di 2005 m con la cima di M. di Papa e costituisce un massiccio isolato a circa 17 km dalla riva del Mare Tirreno, alla latitudine di 40° 10' N.

Geologicamente il M. Sirino è costituito da un klippe di rocce triassiche che copre sedimenti giurassici. Le tracce glaciali sono presenti per lo più nella parte topograficamente più elevata, costituita, secondo il F. 210 della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 (Servizio Geologico d'Italia, 1970) da:

- "Calcarei con liste e noduli di selce": calciruditi, conglomerati intraformazionali ben stratificati e subordinatamente dolomie con liste e noduli di selce, del Trias-Norico-Carnico; questa formazione è nettamente prevalente come estensione;

- "Scisti silicei": diaspri varicolori radiolaritici, siltiti e marne rossastre e verdognole con intercalazioni di breccie calcaree contenenti rari foraminiferi arenacei e radioli di echinidi, del Giurassico superiore-Trias superiore; tale formazione affiora in aree limitate presenti a Sud e ad Ovest di M. di Papa;

- "Flysch galestrino": alternanza di argilliti fogliettate grigie brune e calciruditi marnoso selcifero, tipo "pietra paesina", del Cretacico inferiore (?) - Giurassico superiore; tale formazione affiora in lembi molto piccoli nella parte alta del M. Sirino, ma è quella prevalente al contorno.

La presenza di evidenti tracce glaciali sul M. Sirino è nota almeno dal lavoro di De Lorenzo (1892). Studi più completi sono stati eseguiti da Boenzi & Palmentola (1972), Palmentola *et al.* (1990) e Jaurand (1994).

La cima del M. Sirino è contornata da dieci circhi glaciali, di questi, sette sono rivolti verso i quadranti settentrionali, tre verso i quadranti meridionali.

La Carta Geologica d'Italia (Servizio Geologico d'Italia, 1970) segnala la presenza di morene e le attribuisce al Würm.

Secondo Boenzi & Palmentola (1972), oltre alle morene della massima espansione del Würm, quando il fronte del ghiacciaio raggiunse la quota di 1200-1250 m, avendo un limite nivale di circa 1600 m, sarebbero presenti anche due morene stadiali, caratterizzate da limiti nivali pari a 1750 e 1900 m.

Palmentola *et al.* (1990) correlano le morene del primo stadio, in base alla variazione relativa del limite delle nevi rispetto alla massima espansione würmiana, al I Stadio Appenninico dei massicci dell'Italia Centrale di Federici (1979), e quelle del secondo stadio al II Stadio Appenninico dell'Italia Centrale, e li attribuiscono

rispettivamente all'Oldest Dryas e all'Older Dryas senza presentare elementi di datazione.

Jaurand (1994) in una tesi di dottorato sul glacialismo degli Appennini, riconosce a sua volta, oltre alle morene dell'ultimo massimo glaciale con limite nivale di 1610 m, la presenza di due generazioni di morene stadiali e le attribuisce rispettivamente al I Stadio Appenninico di Federici (1979) con limite nivale di 1760 m, ed a uno Stadio Appenninico IIa, di sua introduzione, con limite nivale di 1865 m; l'Autore correla poi la fase stadiale più recente con il "Dryas ancien" più antico di 13.000 anni BP, basandosi su un inquadramento cronologico da lui messo a punto in Italia Centrale, e fondato sugli elementi di datazione diretta presentati da Frezzotti & Giraudi (1989; 1992).

Gli studi condotti, i risultati dei quali vengono esposti nel presente lavoro, hanno portato alla individuazione di altre due generazioni di morene mai segnalate in precedenza, piuttosto piccole e poste tutte nelle porzioni sommitali delle valli, ed alla distinzione, all'interno di alcune morene molto estese, di cordoni formati nel corso di diverse fasi (Fig. 1).

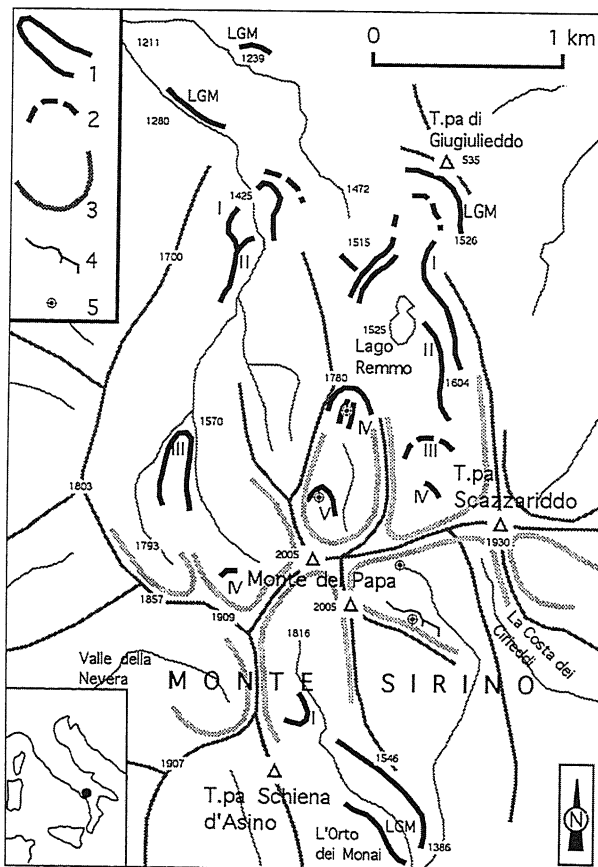


Fig. 1 - Le tracce glaciali del Monte Sirino

Legenda: 1- Cordoni morenici frontali e laterali ben conservati (LGM=ultimo massimo glaciale; I-V= fasi di ritiro); 2- Cordoni morenici mal conservati; 3- Circhi glaciali; 4- Protalus rampart; 5- ubicazione dei sondaggi a mano.

The glacial traces of Mt. Sirino

Legend: 1- Well preserved frontal and lateral morainic ridges (LGM=last glacial maximum; I-V= retreat phases); 2-poorly preserved morainic ridges; 3- glacial cirques; 4- Protalus rampart; 5- location of the cores.

Nel presente studio non sono state prese in considerazione le morene, segnalate dagli Autori precedenti, presenti a NE di T.pa Scazzariddo; tali morene non sono tra le meglio conservate e, appoggiando sui sedimenti del "flysch galestrino", c'è il sospetto che siano state interessate da movimenti gravitativi.

Naturalmente le valli interessate dalle più estese tracce glaciali sono quelle del versante settentrionale: è possibile, come indicato dagli Autori precedenti, riconoscere che i ghiacciai arrivavano a lunghezze di circa 3 km. Tuttavia anche uno dei ghiacciai presenti sul versante meridionale era piuttosto esteso, raggiungendo la lunghezza di circa 2 km.

Nella Valle dei Porcilli (W e NW di M. di Papa) sono presenti due circhi glaciali e si riconoscono, oltre alle morene dell'ultimo massimo glaciale, i resti di quattro fronti morenici lasciati dal ghiacciaio nel corso delle fasi di ritiro:

- il fronte del ghiacciaio dell'ultimo massimo glaciale arriva fino a circa 1250 m di quota ed è stato formato da un ghiacciaio con limite nivale (calcolato col metodo di Hoefer, 1922) posto a circa 1600 m,
- i primi due fronti di ritiro arrivano a circa 1400 e 1450 m, e sono stati depositi da un ghiacciaio vallivo avente limiti nivali posti a circa 1650 e 1675m;
- il terzo arriva alla quota di circa 1570 m, ed è stato formato da un ghiacciaio vallivo avente limite nivale posto a circa 1770 m;
- il quarto, molto piccolo e mal conservato, arriva alla quota di 1775 m, ed è stato formato da un ghiacciaio di circo avente limite nivale posto a circa 1850 m.

Alla testata della valle presente a N e NE del M. di Papa, vi sono due circhi glaciali e si riconoscono, oltre alle morene dell'ultimo massimo glaciale, cinque fronti morenici depositi nel corso delle fasi di ritiro.

- Il fronte del ghiacciaio dell'ultimo massimo glaciale arriva fino a circa 1200 m di quota, ed è stato formato da un ghiacciaio con limite nivale posto a circa 1600 m;
- i primi due fronti di ritiro arrivano a circa 1510 e 1530 m, e sono stati depositi da un ghiacciaio vallivo avente limiti nivali posti a circa 1700 e 1715 m.

Nel corso del ritiro seguito alla deposizione di tale morena, il ghiacciaio si divide in due ghiacciai minori.

- Il fronte della terza fase di ritiro si trova, mal conservato, solo ai margini del circo presente tra M. di Papa e T.pa Scazzariddo, arriva alla quota di circa 1650 m, ed è stato formato da un ghiacciaio avente limite nivale posto a circa 1770 m;
- due morene, presenti nei due circhi, indicano la posizione dei fronti dei ghiacciai della quarta fase, arrivano alla quota di 1720 e 1750 m, e sono stati formati da ghiacciai di circo aventi limiti nivali posti a circa 1840 m;
- il quinto fronte morenico è presente nel solo circo settentrionale del M. di Papa, arriva alla quota di 1825 m ed è stato formato da un ghiacciaio avente limite nivale posto a circa 1900 m.

La valle presente sul versante meridionale del M. di Papa presenta tracce di un ghiacciaio, il fronte del quale arrivava a circa 1400 m di quota; il limite delle nevi di tale ghiacciaio doveva porsi a circa 1660 m. Un fronte morenico successivo si trova a quota di circa 1700 m e deve essere stato depositato da un ghiacciaio di circo avente limite nivale di circa 1800 m.

Nel circo glaciale posto a S della cresta che collega il M. di Papa con T.pa Scazzariddo, è stata individuata

anche una nivomorena.

In base alla distribuzione delle tracce glaciali ed al confronto dei limiti nivali dei ghiacciai che hanno formato le morene presenti sul versante settentrionale, possiamo dedurre quanto segue:

- la morena della V fase di ritiro è stata formata da un ghiacciaio avente limite nivale di circa 1900 m;
- le morene della IV fase di ritiro delle due valli principali sono state deposte da ghiacciai aventi limiti nivali di 1850/1840 m;
- le morene della III fase, da ghiacciai aventi limiti nivali di 1770 m;
- per quel che riguarda le morene della I e II fase di ritiro, notiamo invece che in una valle sono state deposte da ghiacciai con limiti nivali di circa 1650/1675 e nell'altra con limiti nivali di 1700/1715 m; è possibile che la differenza sia dovuta a cause topografiche: la presenza di una zona larga e sub-pianeggiante attorno al Lago Remmo può avere fermato la discesa del fronte del ghiacciaio, che si sarebbe espanso lateralmente piuttosto che scendere maggiormente a valle;
- le morene della massima espansione glaciale sono state prodotte da un ghiacciaio avente limite nivale di circa 1600 m;

Al fine di trarre elementi utili alla correlazione con le morene del M. Pollino e ad una eventuale datazione delle fasi glaciali, sono stati eseguiti alcuni sondaggi, mediante trivella a mano, in depressioni presenti nella porzione più elevata del M. Sirino.

Nel circo posto a Nord del M. di Papa, a circa 1710 m di quota, in una depressione chiusa avente un bacino di alimentazione di circa 200 m², presente alle spalle del fronte morenico della IV fase, è stata individuata una serie stratigrafica composta da:

- un suolo posto al tetto di circa 1,30 m di limi costituiti da abbondantissimi materiali vulcanici, all'interno dei quali non sono stati riconosciuti veri e propri livelli di tephra; essi coprono limi, costituiti prevalentemente da quarzo, entro i quali compaiono, solo saltuariamente, rari cristalli di feldspati/plagioclasti di origine vulcanica. Il sondaggio ha incontrato, a 3,2 m sotto il piano campagna, i materiali grossolani che formano le morene. Tra i limi ricchi di quarzo sono presenti sovente granuli calcarei o passate di limi sabbiosi formati da clasti calcarei, che indicano come i sedimenti siano stati forniti anche da processi colluviali. Poiché la testata della valle è costituita esclusivamente da calcari, il quarzo deve essere di origine eolica. Sarebbero perciò presenti, anche al M. Sirino, i sedimenti prevalentemente quarzosi di origine loessica già segnalati in ambiente periglaciale al M. Greco ed al Matese (Frezzotti & Giraudi, 1990).

Un campione di limi ricchi in quarzo, prelevato a 2 m di profondità, datato con il metodo del ¹⁴C - AMS ha fornito un'età di 4080±75 anni BP (Ua - 11332).

Alle spalle della morena della V fase, a circa 1825 m di quota, sono presenti solo depositi ricchi di materiali vulcanici. La morena di tale fase deve essersi depositata quando la sedimentazione del loess ricco in quarzo doveva già essere cessata.

Alla luce della situazione stratigrafica, appare chiaro che la datazione ¹⁴C - AMS, effettuata su materiali estremamente poveri di sostanza organica, non può corrispondere all'età dei sedimenti: se indicasse la loro età, lo sviluppo del ghiacciaio che ha prodotto le morene

della V fase dovrebbe essere più recente di circa 4.000 anni BP

E' probabile che la datazione si riferisca a sostanze organiche penetrate nei sedimenti durante fasi oloceniche di sviluppo dei suoli.

Un ulteriore sondaggio è stato effettuato in una depressione posta nella parte alta del circo glaciale rivolto verso Sud, posto tra M. di Papa e T. pa Scazzariddo, a circa 1865 m di quota; il sondaggio ha evidenziato una serie stratigrafica, potente circa 2,6 m, analoga alla precedente: depositi ricchi di materiali vulcanici, che coprono limi costituiti in prevalenza da quarzo. Appare provato, quindi, che sul versante meridionale del Sirino il ghiacciaio deve essere scomparso prima che scomparisse, a quote analoghe, il ghiacciaio posto sul versante settentrionale.

Un altro sondaggio è stato effettuato alle spalle della nivomarena presente poco a valle, fino alla quota di circa 1780 m. La nivomarena, sita alla base di un versante orientato verso NE, appare coperta solo da depositi ricchi di minerali vulcanici, analoghi a quelli rinvenuti alle spalle della morena della V fase.

In conclusione, possiamo evidenziare che le morene della V fase e le nivomarene, sono successive alla fine della deposizione del loess ricco di quarzo e precedenti alla messa in posto dei sedimenti ricchi di materiali vulcanici. Le altre morene sono tutte precedenti alla fine della sedimentazione del loess.

IL GLACIALISMO DEL MASSICCIO DEL POLLINO

Il Massiccio del M. Pollino è posto al confine tra Calabria e Lucania, alla latitudine di 39° 50' N, e raggiunge la quota massima di 2267 alla Serra Dolcedorme.

Le tracce glaciali sono conservate per lo più nell'alta Valle del T. Frido, orientata SE-NW, limitata verso SW dai più alti rilievi costituiti da rocce carbonatiche (Serra del Prete, 2181 m; M. Pollino, 2248 m; Serra Dolcedorme, 2267 m), sui quali i ghiacciai si originavano, e verso NE da rilievi più bassi costituiti da calcari e flysch (Serra delle Ciavole, 2127 m; Timp.ne Canocchiello, 1881 m).

Dal punto di vista litologico (C.G.I., F. 221 - Servizio Geologico d'Italia, 1971) la porzione più elevata del massiccio è costituita da:

- calcari grigi o grigio scuri compatti, a grana fine, calcari oolitici organogeni, calcareniti grigio nerastre, con locali intercalazioni e lenti di dolomie e calcari dolomitici, del Cretaceo inferiore;
- calcilutiti grigie, calcari compatti ceroidi grigi o bruno chiari, calcareniti oolitiche bruno-grigie intercalate ai precedenti, calcareniti cristalline, calcari cristallini, calcari con lenti di selci, del Giurassico.

La porzione NE dell'alta valle del T. Frido è costituita invece da:

- calcari grigio-bruni, calcilutiti, calcareniti e dolomie nerastre del Cretaceo Superiore;
- "flysch del Frido", composti da terreni caotici, argilliti nerastre grigie plumbee e brune con intercalazioni irregolari di arenarie.

La presenza di resti glaciali sul Massiccio del Pollino è nota almeno a partire dal lavoro di von Klebeisberg (1932). Studi più recenti (Boenzi &

Palmentola, 1971, 1975; Palmentola *et al.* 1990) hanno evidenziato l'assenza delle morene frontali dell'ultimo massimo glaciale: della massima espansione rimarrebbero solo alcune morene laterali nella Valle del T. Frido fin nella zona a N di Serra del Prete. Il limite delle nevi non viene perciò calcolato, ma viene stimato da Palmentola *et al.* (1990) a poco meno di 1700 m. Vi sarebbero poi morene stadiali attribuibili sia, per il loro limite nivale, al II Stadío Appenninico di Federici (1979) e correlabili all'Older Dryas (limiti nivali di 1950 m), che allo stadío Lisens delle Alpi (limite nivale circa 2100 m).

Jaurand (1994) contesta l'interpretazione come morene laterali di quegli accumuli morenici posti a Nord di Serra del Prete, sostenendo trattarsi delle morene provenienti dal circo della stessa Serra del Prete. Secondo l'Autore il fronte del ghiacciaio dell'ultimo massimo glaciale alimentato dal M. Pollino e dalla Serra Dolcedorme nella Valle del Frido non doveva essere lontano da quota 1650-1700 m; egli segnala inoltre un nuovo fronte morenico, prodotto dal ghiacciaio che si originava nel circo orientale di Serra Dolcedorme, alla quota di circa 1600 m e ne deduce che si tratta del fronte dell'ultimo massimo glaciale, calcolando l'altezza del limite nivale a circa 1900 m.

Jaurand (1994) raggruppa le morene successive in un solo stadío, che correla col I Stadío Appenninico di Federici (1979) e non cartografa le morene più elevate della Serra Dolcedorme segnalate da Boenzi & Palmentola (1971), Palmentola *et al.*, (1990).

Nel corso del presente lavoro le principali tracce glaciali sono state cartografate mediante rilevamento da fotografie aeree e poi sottoposte ad indagini di campagna (Fig. 2).

Risulta effettivamente molto difficile individuare le morene frontali del ghiacciaio dell'ultimo massimo glaciale:

- è poco probabile, in accordo con Jaurand (1994), che le morene segnalate da Boenzi & Palmentola (1971), Palmentola *et al.*, (1990) poste a Nord di Serra del Prete, siano legate al ghiacciaio alimentato da M. Pollino e Serra Dolcedorme;
- non è detto che le morene segnalate da Jaurand (1994) del ghiacciaio del circo orientale della Serra Dolcedorme corrispondano alle morene dell'ultimo massimo glaciale (la zona ove tali morene sono ubicate non sono state oggetto di ricerche di campagna nel corso del presente studio e non sono comprese nella Fig. 2).

Secondo chi scrive, un elemento utile a valutare il limite delle nevi nel corso dell'ultimo massimo glaciale è rappresentato dalle morene prodotte dal ghiacciaio di Serra del Prete. Queste, probabilmente le stesse segnalate come morene laterali da Boenzi & Palmentola (1971), Palmentola *et al.*, (1990), potrebbero invece rappresentare il fronte del ghiacciaio dell'ultimo massimo glaciale (Fig. 2). A parte tali morene infatti, non esistono nel tratto di valle adiacente elementi di paesaggio attribuibili sicuramente a morfogenesi glaciale.

Le suddette morene giungono a circa 1525 m di quota e permettono di calcolare il limite nivale a circa 1800 m. Tale limite nivale potrebbe essere valido per tutto il massiccio, essendo i circhi glaciali principali orientati verso i quadranti settentrionali come quello di Serra del Prete.

Un secondo fronte morenico del ghiacciaio di Serra del Prete permette di calcolare il limite nivale di circa

1900 m, relativo alla prima fase di ritiro glaciale (I in Fig. 2).

Per quel che riguarda le estese morene di Piano Toscano e Piano del Pollino, già segnalate dagli Autori precedenti, è stato possibile riconoscere che esse si sono formate nel corso di una serie di fasi di ritiro.

Le morene frontali di Chiaromonte (I in Fig. 2), già indicate come stadiali da Boenzi & Palmentola (1971), Palmentola *et al.*, (1990), ma attribuite all'ultimo massimo glaciale da Jaurand (1994), permettono di calcolare un limite delle nevi per il ghiacciaio che le ha prodotte, attorno a 1900 m, ed una lunghezza di circa 3 km. In base al limite nivale, la suddetta morena dovrebbe essere correlata alla morena di ritiro di Serra del Prete.

Nella zona di Piano Toscano sono presenti morene prodotte nel corso di diverse fasi (II, III, IV in Fig. 2), non distinte nei lavori precedenti. Tali morene permettono di valutare il limite delle nevi dei ghiacciai che le hanno deposte attorno a valori molto vicini, compresi tra 1940 e 1970 m e lunghezze delle lingue glaciali comprese tra circa 2,5 e 1 km. Poiché le lingue glaciali terminavano in una zona sub-pianeggiante, bastavano piccole variazioni del limite nivale a produrre sensibili arretramenti delle lingue glaciali.

Sempre nella zona di Piano Toscano, la porzione

settentrionale delle morene deposte dal ghiacciaio che scendeva dal M. Pollino, mostra una serie di piccole creste non molto rilevate, allungate in varie direzioni, separate da depressioni per lo più strette e allungate: la morfologia di tali morene appare ben diversa da quella delle altre. La causa di tale differenza potrebbe risiedere nello sviluppo, sui materiali morenici, di fenomeni periglaciali contemporanei alle fasi di ritiro glaciale.

Il più elevato lembo morenico, mal conservato, presente sulla Serra Dolcedorme è ubicato presso Fossa del Lupo (IV di Fig. 2), presso la soglia del circo principale della Serra Dolcedorme, ove già Boenzi & Palmentola (1971), Palmentola *et al.*, (1990), segnalavano la presenza di materiali morenici. La presenza di una morena permette di valutare il limite delle nevi a circa 2050 m.

Altri due fronti morenici, il più recente dei quali assai ben conservato, sono presenti al margine del circo orientale di Serra Dolcedorme e permettono di calcolare i limiti delle nevi del ghiacciaio che li ha prodotti, pari a circa 1945 e 1955 m.

Occorre però precisare che non tutti i fronti morenici devono rappresentare degli stadi distinti; appare probabile, anzi, che tutti i ghiacciai (II, III, IV fase) aventi limiti delle nevi molto prossimi, siano da attribuire alla stessa fase stadiale.

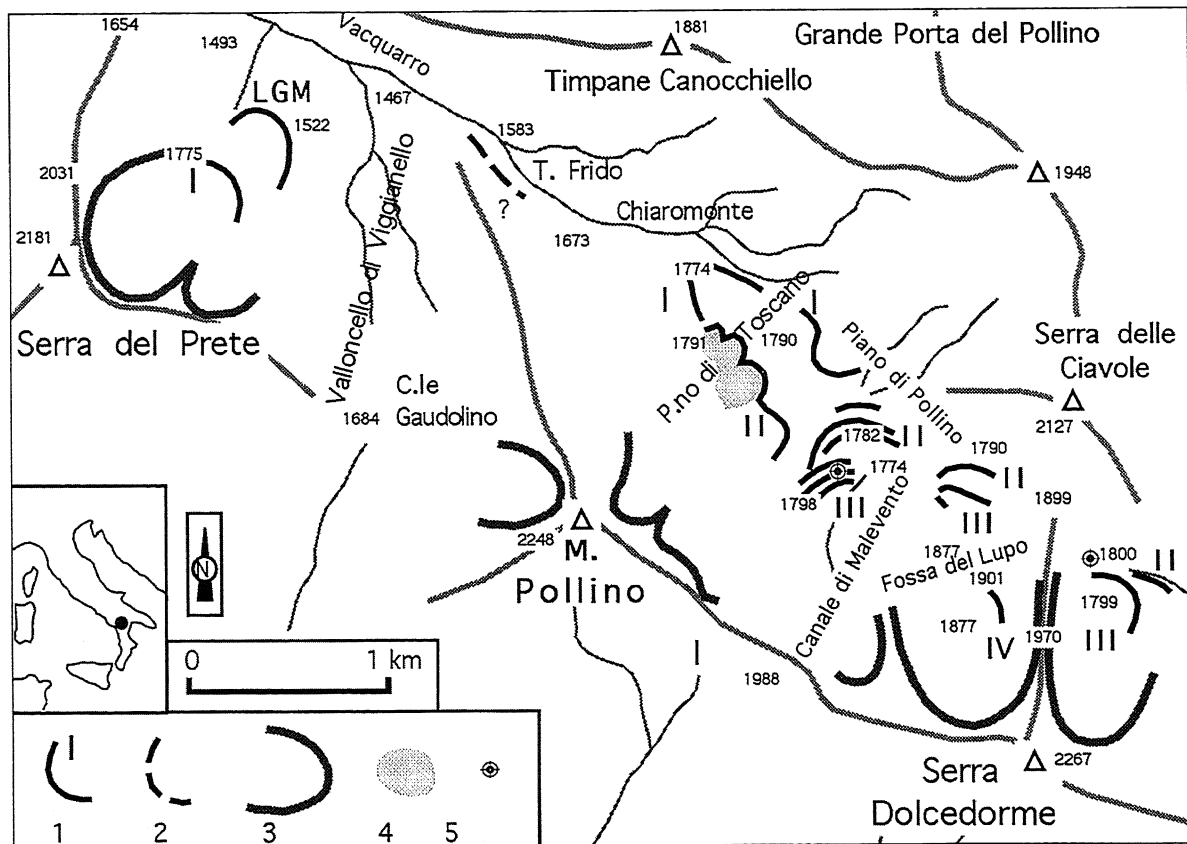


Fig. 2 - Le tracce glaciali del M. Pollino

Legenda: 1- Cordoni morenici (LGM=ultimo massimo glaciale; I-IV=fasi di ritiro);

2-possibile cordone morenico; 3- Circo glaciale; 4- Area interessata da possibili fenomeni periglaciali; 5- Ubicazione dei sondaggi a mano.

The glacial traces of Mt. Pollino

Legend: 1- Morainic ridges (LGM=last glacial maximum; I-IV= retreat phases); 2- possible morainic ridges; 3- Glacial cirques; 4- Area affected by possible periglacial phenomena; 5- Location of the cores.

Se di stadi posteriori all'ultimo massimo glaciale si deve parlare, è possibile individuarne tre:

- il primo caratterizzato da limite nivale inferiore o uguale a 1900 m, con risalita del limite delle nevi rispetto al massimo glaciale di un valore uguale o inferiore a 100 m;
- il secondo caratterizzato da più fronti morenici e da limiti nivali posti da 1940 a 1970 m, con risalita del limite delle nevi rispetto al massimo glaciale di 140-170 m;
- il terzo ed ultimo, con limite nivale pari a circa 2050 m, con risalita del limite delle nevi rispetto al massimo glaciale di 250 m.

Al fine di trovare elementi utili alla correlazione tra le fasi glaciali del Pollino e del Sirino, posti a circa 40 km di distanza, sono stati eseguiti alcuni sondaggi mediante trivella a mano in depressioni chiuse intermoreniche e retromoreniche.

Solo alcuni sondaggi si sono dimostrati utili, sia perchè alcuni incontravano subito materiali grossolani, sia perchè lo spessore del riempimento delle depressioni si mostrava molto spesso superiore ai 4 m di lunghezza della trivella.

In un sondaggio eseguito all'esterno delle morene più recenti del circo più orientale di Serra Dolcedorme (Fig. 2), è stata evidenziata una serie potente 3,8 m: i primi 110 cm sono costituiti dal suolo e da depositi ricchi di materiali vulcanici e coprono un livello limoso-sabbioso composto prevalentemente da minerali vulcanici (probabilmente un tephra) potente circa 5 cm; tra 115 e 250 cm sotto il piano campagna, sono presenti depositi limosi ricchi di quarzo, entro i quali compaiono, solo saltuariamente, rari feldspati/plagioclasti di origine vulcanica. Tra i limi sono presenti sovente granuli calcarei o passate di limi sabbiosi formati da clasti calcarei, che indicano come i sedimenti siano stati forniti anche da processi colluviali. Poichè la testata della valle è costituita da calcari, il quarzo deve essere di origine eolica. Sarebbero presenti, anche al Pollino, i sedimenti ricchi di quarzo rinvenuti al Sirino ed in altri massicci dell'Italia Centrale.

A circa 250 cm vi è un arricchimento di minerali vulcanici, mentre al di sotto ricompaiono i limi ricchi di quarzo. A 3,7 m sono stati rinvenuti materiali grossolani.

Un ulteriore sondaggio è stato effettuato in un conca chiusa, avente un bacino di alimentazione di circa 200 m² completamente compreso sulle morene della VIII fase presenti allo sbocco del Canale di Malevento.

Mediante tale sondaggio è stato evidenziato che fino a circa 100 cm sono presenti limi ricchi di materiali vulcanici; essi coprono un sottile livello di tephra limoso-sabbioso, apparentemente analogo a quello rinvenuto nel sondaggio precedente. Al di sotto, fino alla profondità di 3,6 m sono presenti i depositi limosi contenenti abbondante quarzo, entro i quali compaiono, solo saltuariamente, rari cristalli di feldspati/plagioclasti di origine vulcanica. Tra i limi sono presenti, a volte, granuli calcarei o passate di limi sabbiosi formati da clasti calcarei, che indicano come i sedimenti siano stati forniti anche da processi colluviali. Poichè le morene sono costituite quasi esclusivamente da rocce carbonatiche, il quarzo deve essere di origine eolica. A 3,6 m sono state incontrati i sedimenti grossolani che costituiscono le morene.

Un campione di limi ricchi in quarzo, prelevato a 3,5 m di profondità, datato con il metodo del ¹⁴C - AMS ha fornito un'età di 6240±70 anni BP (Ua - 11334). Non

si ritiene che tale data possa rappresentare l'età dei primi sedimenti depositi sulle morene: per ritenerla valida si dovrebbe ammettere infatti che nel corso dei primi 8-10.000 anni seguiti al ritiro glaciale, nella depressione sondata, non si siano depositi sedimenti, mentre negli ultimi 6000 anni circa se ne sarebbero depositi 3,5 m. E' probabile che la datazione si riferisca a sostanze organiche penetrate nei sedimenti durante fasi oloceniche di sviluppo dei suoli.

La serie dei sedimenti che coprono le morene del M. Pollino appare del tutto simile a quella presente sulle morene del M. Sirino, morene che sono state, però, deposte da ghiacciai aventi limiti delle nevi diversi, nettamente più bassi al M. Sirino.

CONFRONTO TRA LE FASI DI RITIRO GLACIALE DEI MONTI SIRINO E POLLINO E POSSIBILE INQUADRAMENTO CRONOLOGICO

Per confrontare le fasi di ritiro glaciale sviluppatasi sui due massicci, disponiamo di due elementi: la stratigrafia dei sondaggi e la posizione relativa del limite delle nevi rispetto all'ultimo massimo glaciale.

Il dato più immediato è fornito dai sondaggi:

- le morene della III fase del Pollino e della IV del Sirino sono coperte dai sedimenti ricchi di quarzo, sui quali appoggiano i sedimenti ricchi di minerali vulcanici;

- le morene della V fase del Sirino sono coperte solamente dai sedimenti ricchi di minerali vulcanici, mentre non si hanno dati relativi alle morene della IV fase del M. Pollino.

Le morene della III fase del Pollino e IV del Sirino, e ovviamente quelle delle fasi precedenti, si sono formate quindi prima della deposizione (o meglio prima della fine della deposizione) dei sedimenti ricchi di quarzo.

Per valutare la correlazione tra le morene della V fase del Sirino e la IV del Pollino si può ricorrere ai limiti nivali.

I limiti delle nevi nel corso dell'ultimo massimo glaciale erano ben diversi, 1600 m al Sirino, 1800 m al Pollino.

Com'è visibile in Fig. 3, gli incrementi dei limiti nivali rispetto all'ultimo massimo glaciale nelle varie fasi di ritiro presentano una discreta analogia. Senza entrare troppo nel dettaglio a causa dell'approssimazione dei valori che si ottengono col calcolo dei limiti delle nevi, possiamo notare che:

- le fasi I-III del M. Sirino e I-III del M. Pollino, sono state prodotte da ghiacciai vallivi aventi limiti nivali superiori di 50/170 m rispetto all'ultimo massimo glaciale;

- le morene della IV fase del Sirino e della IV del Pollino sono state prodotte da ghiacciai di circo aventi limiti nivali superiori di circa 250 m rispetto all'ultimo massimo glaciale;

- le morene della V fase del M. Sirino sono state prodotte da un ghiacciaio di circo avente limite nivale superiore di circa 300 m rispetto all'ultimo massimo glaciale;

La più recente morena del M. Pollino dovrebbe essere quindi correlabile con la penultima del Sirino, ed essersi perciò formata prima della deposizione (o prima della fine della deposizione) dei sedimenti ricchi di quarzo.

La più recente morena del M. Sirino deve essersi

formata dopo la fine della deposizione dei sedimenti ricchi in quarzo.

Il ghiacciaio del Pollino deve quindi essere scomparso prima di quello del Sirino.

La causa della scomparsa dei ghiacciai dal massiccio più elevato, mentre un ghiacciaio era ancora presente su quello più basso, deve essere ricercata, presumibilmente, nella minore quantità di precipitazioni che cadevano sul massiccio del Pollino. Attualmente, secondo la Carta della Precipitazione Media Annua del Servizio Idrografico, nel trentennio 1921-1950 le precipitazioni medie annue al M. Sirino superano i 2000 mm, mentre al Pollino si registrano valori di 1250 mm o di poco superiori.

Per quel che riguarda la datazione delle morene di ritiro, non sono stati raccolti dati locali, non essendo da considerare valide a tale scopo le due date ^{14}C ottenute.

Tuttavia i sedimenti che riempiono le depressioni presenti sulle morene appaiono del tutto analoghi e, si suppone, quindi, ben correlabili con quelli (Frezzotti & Giraudi, 1989; 1990; Giraudi, 1997; in stampa) presenti, in analoga posizione, alle spalle di morene di ritiro posteriori all'ultimo massimo glaciale, sui massicci del M. Greco (Abruzzo) e del Matese (Campania/Molise). E' probabile che, in quanto precedenti alla fine della sedimentazione dei limi eolici ricchi di quarzo, le morene della IV fase del Sirino e tutte le morene del Pollino siano, analogamente a quelle coperte da detti sedimenti sui massicci più settentrionali, più antiche di 13-14.000 anni BP.

In base alla stratigrafia dei sedimenti campionati nelle depressioni intermoreniche potrebbero essere avanzate ulteriori ipotesi, tentando una correlazione di maggiore dettaglio tra i due massicci oggetto del presente lavoro ed i Monti Matese e Greco. Ad esempio potrebbe essere ipotizzata la correlazione tra il livello vulcanico presente al M. Pollino, tra i sedimenti eolici ricchi di quarzo ed il tephra contenuto tra gli stessi sedimenti al Matese ed al M. Greco. Tuttavia occorre una certa cautela nelle correlazioni perchè la posizione geografica e le conoscenze relative ai sedimenti tardiglaciali in ambiente periglaciale sono ben diverse. Sul M. Greco

e sul Matese, alcuni livelli vulcanici di caduta sono stati caratterizzati dal punto di vista chimico e ben inquadrati dal punto di vista cronologico, e risultano di provenienza campana. Inoltre il tephra del Tufo Giallo Napoletano ed i prodotti del suo rimaneggiamento sono assai ben riconoscibili anche macroscopicamente.

Per i sedimenti immediatamente posteriori alle fasi di ritiro glaciale presenti al Sirino e al Pollino non si posseggono ancora datazioni nè determinazioni chimiche sui tephra: macroscopicamente i tephra incontrati ed i loro prodotti di rimaneggiamento appaiono diversi da quelli di origine campana presenti in Italia Centrale, ma questo non basta certo ad escluderne la presenza se i tephra si fossero depositi in quantità limitata. D'altro canto, per la loro posizione meridionale, Sirino e Pollino potrebbero avere ricevuto abbondanti materiali vulcanici di caduta proveniente anche dalle Isole Eolie e dall'Etna.

Secondo Paterne *et al.* (1986;1988), che hanno studiato i tephra presenti in varie carote prelevate nel Mare Tirreno ed Adriatico, nel periodo compreso tra l'ultimo massimo glaciale ed il Tardiglaciale, cioè contemporaneamente alle fasi della deglaciazione, sono stati depositi molti tephra, originati dai vulcani della Provincia Campana, dalle Eolie e dall'Etna. Di questi, il primo tephra posteriore all'ultimo massimo glaciale viene datato a circa 16.500 anni BP. La maggior quantità di eruzioni avviene però nell'ambito del Tardiglaciale, dopo 14.400 anni BP.

Assumendo che sui M. Sirino e Pollino non si siano depositi tephra diversi da quelli rinvenuti nelle carote marine, si deve ipotizzare che i sedimenti ricchi di minerali vulcanici presenti sopra ai limi contenenti quarzo che coprono le morene di ritiro glaciale, non siano più antichi di 16.500 anni BP.

Al M. Sirino non sono stati individuati singoli e caratteristici livelli di tephra tra i sedimenti ricchi di minerali vulcanici ed al Pollino ne è stato individuato forse un solo livello; si ha l'impressione che gli apporti eolici fossero pressochè continui e non potesse avvenire, nel breve intervallo di tempo tra la caduta delle polveri vulcaniche, alcun tipo di sedimentazione, oltre a quella di tipo colluviale, o lo sviluppo di alcun suolo ben evidenziabile con i sondaggi. Una situazione del genere fa pensare, piuttosto, che i depositi vulcanici derivino dalle molte eruzioni, avvenute in tempi ravvicinati, quali quelle verificatesi a partire da circa 14.400 anni BP.

Sia per questo motivo sia perchè al Matese ed al M. Greco la sedimentazione del limo eolico ricco in quarzo è cessata attorno a 13-14.000 anni fa ed è stata seguita dalla deposizione di tephra e sedimenti ricchi di materiali vulcanici (Frezzotti & Giraudi, 1989; 1990; Giraudi, 1997), si assume che sui M. Sirino e Pollino la base dei sedimenti ricchi di vulcanico sia databile attorno a 14.000 anni BP.

Le morene coperte dai sedimenti ricchi in quarzo e da quelli ricchi di minerali vulcanici sarebbero quindi precedenti a circa 14.000 anni fa, mentre l'unica morena (la V del M. Sirino) che risulta coperta dai soli sedimenti ricchi di minerali vulcanici deve essere contemporanea o successiva a tale data.

E' possibile anche effettuare un confronto tra i M. Sirino e Matese. I due monti raggiungono quote simili (2005 m Sirino, 2050 m Matese), entrambe sono ubicate in zone all'interno delle quali la piovosità media annuale

	M. SIRINO		M. POLLINO	
	Limiti nivali	Incrementi	Limiti nivali	Incrementi
ultimo massimo glaciale	1600	-	1800	-
I fase di ritiro	1650/1675	50/75	1900	100
II fase di ritiro	1700/1715	100/115	1950	150
III fase di ritiro	1770	170	1970	170
IV fase di ritiro	1840/1850	240/250	2050	250
V fase di ritiro	1900	300		

Puntinato fitto: morene coperte da sedimenti ricchi in quarzo e poi da sedimenti ricchi di minerali vulcanici
 In bianco: morene coperte solo da sedimenti ricchi di minerali vulcanici
 Puntinato rado: morene per le quali non si dispone di dati

Fig. 3 - Correlazione tra le fasi di ritiro glaciale dei M. Sirino e Pollino

Correlation between glacial retreat phases on Mt. Sirino and Mt. Pollino.

attuale supera i 2000 mm, su entrambe si trovano i sedimenti ricchi di quarzo coperti da sedimenti formati prevalentemente da materiali vulcanici.

Al Sirino le ultime tracce glaciali sono rappresentate da due morene prodotte da ghiacciai di circo, solo la più recente è successiva alla fine della sedimentazione dei depositi ricchi di quarzo eolico.

Anche al Matese (Giraudi, 1997) vi sono due morene prodotte da ghiacciai di circo, tuttavia entrambe le morene sono successive alla fine della sedimentazione dei depositi ricchi di quarzo eolico. L'inquadramento cronologico (Giraudi, 1997) delle fasi glaciali che hanno prodotto sul Matese tali morene, ottenuto grazie alla presenza di alcuni tephra, indica che sono databili a circa 14.000 e 13.000 anni fa.

Se la sedimentazione di limi ricchi di quarzo fosse cessata contemporaneamente, si potrebbe dedurre che l'ultimo ghiacciaio residuo del Sirino sarebbe databile a circa 14.000 anni fa e sarebbe scomparso prima di quello del Matese.

CITAZIONI BIBLIOGRAFICHE

- Boenzi F. & Palmentola G. (1971) - *Tracce della glaciazione würmiana sul Massiccio del Pollino al confine Calabro-Lucano*. Boll. Soc. Geol. It., 90, 139-150.
- Boenzi F. & Palmentola G. (1972) - *Nuove osservazioni sulle tracce glaciali nell'Appennino Lucano*. Boll. Comitato Glacialogico It., n.s., 20, 9-52.
- Boenzi F. & Palmentola G. (1975) - *Osservazioni sulle tracce glaciali della Calabria*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 961-977.
- De Lorenzo G. (1892) - *Avanzi morenici di un antico ghiacciaio del Monte Sirino nei dintorni di Lagonegro (Basilicata)*. Rendiconti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei. Cl. Sc.fis. mat. nat., Ser. 5, 1, 348-353.
- Federici P. R. (1979). *Una ipotesi di cronologia glaciale würmiana, tardo e post-würmiana nell'Appennino Centrale*. *Geografia Fisica Dinamica Quaternario*, 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. (1990) - *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.
- Giraudi C. (1997) - *Dating and correlation of glacial deposits using tephra layers and loess: the example of Mt. Matese (Campania-Molise), Southern Italy*. *Studia Geomorphologica Carpato-Balcanica*, XXXI,45-56 .
- Giraudi C. (in stampa) - *Alcuni dati per l'inquadramento cronologico delle fasi glaciali tardopleistoceniche dei Monti Greco e Serra Rocca Chiarano (Abruzzo-Italia Centrale)*. *Il Quaternario*.
- Hoefler H. (1922) - *Die relative Lage der Firnlinie*. *Petern. Geogr. Mitteil.*,68,57 pp.
- 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.
- Kleberlsberg R. von (1932) - *Die eiszeitliche Vergletscherung der Apenninen (2): M. Pollino*. *Zeitschrift für Eiszeitforschung und Geschichte des Klimas*, 20 (1-3), 52-65.
- Palmentola G., Acquafredda P. & Fiore S. (1990) - *A new correlation of the glacial moraines in the Southern Apennines, Italy*. *Geomorphology*, 3, 1-8.
- Paterne M., Guichard F., Labeyrie J., Gillot P.Y. and Duplessy J.C. (1986) - *Tyrrhenian sea tephrochronology of the oxygen isotope record for the past 60,000 years*. *Marine Geology*, 72, 259-285.
- Paterne M., Guichard F. and Labeyrie J. (1988) - *Explosive activity of the South Italian volcanoes during the past 80,000 years as determined by marine tephrochronology*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 34, 153-172.
- Servizio Geologico d'Italia (1970) - *Carta Geologica d'Italia a scala 1/100.000, F. 210 "Lauria"*, II Edizione.
- Servizio Geologico d'Italia (1971) - *Carta Geologica d'Italia a scala 1/100.000, F. 221 "Castrovillari"*, II Edizione.

Ms: ricevuto il: 8 settembre 1997
Testo definitivo ricevuto il: 28 gennaio 1999

Ms received: September 8, 1997
Final text received: January 28, 1999