

OSSERVAZIONI SUL SIGNIFICATO DEI TERMINI LGM (UMG), TARDOGLACIALE E POSTGLACIALE IN AMBITO GLOBALE, ITALIANO ED ALPINO

Giuseppe Orombelli¹, Cesare Ravazzi² & Maria Bianca Cita³

¹Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università di Milano Bicocca,
giuseppe.orombelli@unimib.it

²CNR – Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali, Sezione di Milano.
cesare.ravazzi@idpa.cnr.it

³Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano, maria.cita@unimi.it.

RIASSUNTO: G. Orombelli, C. Ravazzi, M.B. Cita, *Osservazioni sul significato dei termini LGM (UMG), Tardoglaciale e postglaciale in ambito globale, italiano ed alpino.* (IT ISSN 0394-3356, 2005).

Il presente lavoro intende esaminare il significato e l'impiego di alcuni termini dal forte segnale climatico in uso nella stratigrafia del Quaternario continentale: *Last Glacial Maximum* (Ultimo Massimo Glaciale); *Lateglacial* (Tardoglaciale, questa dizione è da preferirsi a Tardoglaciale), *postglacial* (postglaciale). Il termine LGM ha origine da una sintesi degli studi sulle variazioni del livello marino, delle temperature della superficie del mare (SST) ottenute dalle associazioni dei foraminiferi planctonici e dei rapporti isotopici ottenuti dai foraminiferi bentonici. Questi indicatori forniscono evidenze concordanti sull'esistenza, nell'ambito dell'ultima glaciazione, di un intervallo in cui i ghiacciai continentali raggiunsero il loro massimo volume integrato. Il termine ha quindi una connotazione globale e come tale non può essere definito sulla base di indicatori di valore regionale o locale. Le manifestazioni locali dell'evento LGM possono essere diverse nelle diverse aree del pianeta. In base ai più recenti dati sul minimo assoluto raggiunto da livello del mare durante il MIS (Marine Isotopic Stage) 2, il LGM sarebbe compreso tra 19 e circa 30 mila anni cal BP. Sussistono tuttora alcune discrepanze tra i diversi indicatori sulla fase iniziale dell'intervallo. Recentemente LGM è stato usato liberamente anche in geologia glaciale per indicare il limite più esterno raggiunto dai margini glaciali durante l'ultima massima avanzata. Anche con questa accezione (che è informale) gli autori si riferiscono all'ultimo degli eventi glaciali, delimitato cronostratigraficamente nel *Late Wisconsin / Late Weichselian / Late Würm*, e si limitano a includerne la fase di massimo, escludendo le fasi di sviluppo e di decadenza.

Si sottolinea peraltro la valenza cronologica globale del termine LGM. Nella scala cronostratigrafica regionale è altresì codificato l'impiego del Würm come piano corrispondente all'espressione dell'ultima glaciazione nelle Alpi, con le prime fasi datate intorno a 105 ka BP, mentre il sottopiano Würm Superiore comprende le fasi di avanzata, di massimo e di ritiro glaciale dell'ultimo evento verificatosi tra 30 e 11.5 ka cal BP. Il termine Tardoglaciale è impiegato con significati diversi, talora comprendendo le fasi della deglaciazione a scala locale, talora indicando l'intervallo di tempo tra l'inizio dell'Interstadio Groenlandese 1 e l'inizio dell'Olocene (da 14.7 a 11.5 ka cal BP), talora, infine per indicare l'ultima transizione climatica che si estende dalla fine del LGM all'inizio dell'Olocene, con significato globale. Gli scriventi ritengono che anche il Tardoglaciale debba essere connotato da criteri stratigrafici a scala globale. Il postglaciale è termine informale, usato con vari significati, e quindi privo di un definito contenuto cronologico e/o stratigrafico.

ABSTRACT: G. Orombelli; C. Ravazzi, M.B. Cita, On the significance of the terms "LGM", "Lateglacial" and "Postglacial" at a global and local scale. (IT ISSN 0394-3356, 2005).

The significance of the terms *Last Glacial Maximum (LGM)*, *Lateglacial*, and *postglacial*, used for Late Quaternary time intervals with a strong climatic signature, is critically analyzed. The term LGM originated thirty years ago after a synthesis of global evidences for a time interval of maximum integrated ice volume, reached during the last glaciation. The relevant proxies are records of the last ice-volume equivalent minimum sea level, of the isotopic oxygen composition (last maximum $\delta^{18}O$ values) of benthic Foraminifera and of the sea surface temperature (SST) estimated on planktonic foraminiferal populations. The global signature of the LGM cannot be reliably recorded by local glacial maxima or temperature minima, and the local expressions of the LGM event in the different parts of the world can be well diverse and asynchronous. The most recent datings of the LGM sea-level low stand constrain this interval between 19 and 30 ka cal BP. Several glacial geologists employed the term LGM in a broad, informal sense to identify the most external drift limit reached by glaciers during the last maximum advance within the Late Wisconsin / Late Weichselian / Late Würm. The term LGM is used, internationally, to refer to the maximum phase of the last global event of maximum ice volume, and therefore a definition based on local rock units is questionable. The use of the term LGM to refer to local stratigraphic units or climatic events is misleading and should be abandoned.

The chronostratigraphic regional definition of the Würm Stage in the Alps, and of its Substages is internationally agreed. The Würm Stage is the alpine chronostratigraphic expression of the Last Glaciation, with first events recently dated to 105 ka BP. The Late Würm indicates the last event of major glacial advance within the Last Glaciation, including the growth, the maximal phase and the deglaciation, occurred between 30 and 11.5 ka cal BP.

The term *Lateglacial* is currently used with different significances, including: (i) the time interval of local deglaciation; (ii) the interval between the onset of Greenland Interstadial 1 and the Holocene beginning (i.e. 14.7 to 11.55 ka cal BP); (iii) the transition between the LGM and the Holocene, considered at a global scale, i.e. starting at the LGM end and terminating at the beginning of the Holocene. We are in favor of a globally valid and accepted definition. Finally, the term *postglacial* has been used informally with different meanings, and has no precise stratigraphic and/or chronological position.

Parole chiave: Nomenclatura stratigrafica, Ultimo Massimo Glaciale, Würm, Tardoglaciale, postglaciale.

Keywords: Stratigraphic nomenclature, Last Glacial Maximum, Würm, Lateglacial, postglacial.

1. PREMESSA

La stratigrafia del Quaternario da sempre ha presentato problemi, sia teorici sia nell'uso pratico. L'intervallo di tempo geologico a noi più prossimo si differenzia dai precedenti per la quantità e la qualità delle testimonianze geologiche, paleobiologiche e paleoambientali lasciate e i criteri stratigrafici normalmente usati si adattano con difficoltà allo studio e classificazione dei sedimenti quaternari, in modo particolare di quelli continentali. Vi è addirittura incertezza, attualmente, nella definizione del Quaternario e dei suoi limiti e nella sopravvivenza stessa del termine formale (PILLANS, 2004; PILLANS & NAISH, 2004). Secondo GIBBARD (2004) ciò è anche dipeso dall'aver consentito che si radicasse nell'uso una terminologia, senza che fosse appropriatamente definita. E questo atteggiamento continua tutt'ora, con l'introduzione e l'uso di termini "stratigrafici o quasi-stratigrafici ...non o mal definiti, quali Last Glacial Maximum, Heinrich event, ecc."

A questo proposito, nel volume 17(1) de "Il Quaternario" è apparsa la nota "Definizione di alcuni termini in uso nella cartografia dei depositi quaternari continentali in ambito alpino", a firma di BINI e altri (2004). Poiché tale nota intende avviare un dibattito per "fare chiarezza sul significato dei termini, in modo che chi li utilizza o li affronta abbia un quadro di riferimento il più possibile chiaro ed univoco", interveniamo con alcune osservazioni e puntualizzazioni.

Intendiamo esaminare l'impiego e il significato dei termini discussi o citati nella nota, "Last Glacial Maximum (LGM)", "Postglaciale", "Pre Last Glacial Maximum (Pre-LGM)", "Tardiglaciale", in ambito globale e a scala regionale.

In questa sede non intendiamo, invece, intervenire sulle problematiche del rilevamento e delle unità stratigrafiche utilizzate nella cartografia dei depositi continentali quaternari in ambito alpino. La sigla ka ¹⁴C BP indica un'età radiocarbonica non calibrata espressa in migliaia di anni BP, mentre la sigla ka cal BP indica un'età calibrata e/o calendariale espressa in migliaia di anni BP. Per le calibrazioni è stato impiegato il programma Calib 5.0 (STUIVER & REIMER, 1986-2005).

2. LAST GLACIAL MAXIMUM (LGM): ORIGINE DEL TERMINE

L'espressione Last Glacial Maximum, successivamente abbreviata in LGM, si è diffusa a partire dagli anni '70, quando, nell'ambito dei progetti CLIMAP e SPECMAP, si è raggiunta una "grande sintesi" a sostegno della teoria orbitale dei cambiamenti climatici, sulla base della combinazione di: (i) dati sulle variazioni del livello marino, basati sulla datazione radiometrica di coralli; (ii) dati sulla temperatura della superficie del mare (SST) dedotta dalle associazioni a foraminiferi planctonici (iii); dati isotopici sulle variazioni del volume dei ghiacci continentali, ottenuti dai foraminiferi bentonici (CRONIN, 1999). Così l'espressione, con iniziali minuscole, compare nel titolo della pubblicazione conclusiva: CLIMAP Project Members (1981) – *Seasonal reconstruction of the earth's surface during the last glacial maximum*. In tale contesto, questa dizione non è usata, quindi, per alludere ad una condizione di massi-

ma espansione areale dei ghiacciai in un'area glacializzata, ma intende invece riferirsi all'ultima fase di massimo volume globale dei ghiacci sui continenti e di minimo livello del mare, in cui si è venuta a trovare la Terra intorno a 18 mila anni ¹⁴C BP. Contemporaneamente, negli studi connessi, volti a valutare l'estensione, il volume ed i caratteri delle grandi calotte glaciali e dei ghiacciai montani durante l'ultima glaciazione, ed in particolare nella sua ultima fase di acme (si veda ad esempio il volume di DENTON e HUGHES, 1981 – *The Last Great Ice Sheets*), si impiegano i termini *Late Wisconsin/Late Weichselian/Late Würm*, con significato cronostatigrafico regionale, per indicare i complessi deposizionali glaciali, depositi tra circa 22-25 e 10 ka ¹⁴C BP.

Nel volume curato da ŠIBRAVA, BOWEN e RICHMOND (1986) – *Quaternary Glaciations in the Northern Hemisphere*, ricorrono con significato cronostatigrafico i termini *Late Wisconsin* (25-10 ka ¹⁴C BP), *Late Weichsel* ed altri, con caratteri regionali. Ove il controllo cronologico è adeguato, le fasi di massima avanzata glaciale all'interno di queste suddivisioni risultano spesso, anche regionalmente, non sincrone tra loro e con la stratigrafia isotopica marina (FULLERTON & RICHMOND, 1986). Secondo quest'ultima si distinguono, nell'ultimo maggiore completo ciclo climatico (interglaciale/glaciale/interglaciale), gli stadi isotopici marini (MIS) 1, 2, 3, 4, 5 (5a, b, c, d, e) e nell'ambito dello stadio 2, compreso tra 12 e 24 ka cal BP (MARTINSON *et al.*, 1987), viene raggiunto il picco più negativo tra 17 e 19 ka cal BP. MARTINSON *et al.* (1987) non usano il termine LGM.

Sempre secondo questi autori, lo stadio 2 è compreso tra i punti intermedi delle transizioni che lo delimitano e al suo interno vengono distinti i sottostadi: 2.2 (17.850 – 19.220 a cal BP); 2.21 (19.220 – 23.170 a cal BP); 2.23 (23.170 – 23.930 a cal BP). Peraltro i limiti cronologici degli stadi isotopici marini sono stati successivamente modificati. Ad esempio, nella curva $\delta^{18}O$ relativa ai foraminiferi bentonici nelle carote V19-30/V19-28 (SHACKLETON, 2000), le età dei punti intermedi delle transizioni che delimitano il MIS 2 sono rispettivamente 13 e 29 ka cal BP, anziché 12 e 24 ka cal BP.

3. LGM: USO E DEFINIZIONE

Vent'anni dopo CLIMAP, il programma EPILOG (MIX *et al.*, 2001) si è proposto di fare il punto sull'avanzamento delle conoscenze paleoclimatiche relative al LGM, nonché di proporre uno standard climato- e cronostatigrafico per risolvere conflitti di collocazione cronologica e di interpretazione paleoclimatica ottenute con metodi diversi. LGM è uno dei due estremi dell'ultimo ciclo glaciale-interglaciale e rappresenta l'intervallo più recente nel quale i ghiacciai continentali raggiunsero il loro massimo volume integrato, nell'ambito dell'ultima glaciazione (MIX *et al.*, 2001). Durante questo intervallo di tempo il clima mantenne condizioni di relativa stabilità, ovvero non si sono registrate ampie variazioni su scala millenaria quali quelle che caratterizzano, invece, lo stadio 3 (MIX *et al.*, 2001; CHAPPELL, 2002). Variazioni nel $\delta^{18}O$ nei gusci di foraminiferi planctonici e bentonici, nelle bolle d'aria sigillate nel ghiaccio, nell'acqua interstiziale dei sedimenti oceanici, nonché la documentazione delle curve del livello del mare, rappresentano i principali *proxy data* utilizzati per la documentazione

stratigrafica del LGM, mentre “i massimi glaciali o le valutazioni di minimi termici locali” (relativi a specifiche aree della Terra) “non rappresentano un valido indice del massimo glaciale integrato a livello globale (*globally integrated glacial maximum*)” (Mix *et al.*, 2001). La migliore stima di tale massimo glaciale integrato si desume dalle curve di livello del mare equivalente al volume dei ghiacci, che si ottengono previa eliminazione degli effetti isostatici locali, e dai valori $\delta^{18}\text{O}$ nei foraminiferi bentonici” (Mix *et al.*, 2001). Ne segue che: 1) una definizione del LGM non può essere data sulla base di indicatori di valore regionale o locale; 2) le manifestazioni locali dell'evento LGM possono essere diverse nelle diverse aree del pianeta, compresa la possibile diacronia delle avanzate glaciali considerate a scala locale.

Per ragioni pratiche, soprattutto nelle aree in cui il record geologico non contiene i *proxy data* sopra menzionati e per gli scopi della cartografia geologica, è stata proposta anche una definizione cronologica (cronozona) del LGM. Mix *et al.* (2001) propongono i seguenti limiti per la cronozona LGM: 19-23 ka cal BP (16-19,5 ka ^{14}C BP). Questa opzione è basata sul *low-stand* del livello del mare indicato da YOKOYAMA *et al.* (2000), cioè un intervallo di 3000-4000 anni di *low-stand* a -135 m in Australia. Tuttavia, come si vedrà nel paragrafo successivo, questo dato non è sostenuto dalle evidenze più recenti sulle variazioni del livello del mare. Viene anche indicata una seconda opzione, che corrisponde ad una forchetta leggermente più ampia (18-24 ka cal BP; 15-20,4 ka ^{14}C BP). SARNTHEIN *et al.* (2003), su base isotopica, suggeriscono una cronozona LGM leggermente più recente: 18-22 ka cal BP.

3.1. LGM e livello del mare

Inversamente correlato al volume integrato dei ghiacci continentali è il livello del mare: le curve relative alle variazioni del livello del mare (*ice-volume equivalent sea level*) negli ultimi 135.000 anni (che includono per intero l'ultimo grande ciclo climatico) mostrano un minimo assoluto compreso tra circa 30 e 19 ka cal BP. Se LGM è definito dal periodo di massimo volume globale di ghiaccio terrestre, allora questo intervallo è durato circa 10.000 anni, cioè più a lungo dell'intervallo usualmente dedotto dal record isotopico dei foraminiferi bentonici (LAMBECK e CHAPPELL, 2001).

Secondo LAMBECK *et al.* (2002) il volume di ghiaccio continentale si avvicina al suo massimo valore intorno a 30.000 cal BP e rimane circa costante per 11.000 anni sino a 19.000 cal BP. L'ingresso nel LGM è caratterizzato da una caduta del livello del mare di circa 50 m in poche migliaia di anni (Fig. 1), l'uscita da una rapida risalita iniziale di 15 m in circa 500 anni, seguita da una più lenta risalita nei successivi 2500 anni. Segue quindi una rapida risalita di 15 mm/a tra 16 e 9 ka cal BP, interrotta tra 12,5 e 11,5 ka cal BP da un livello stabile durante il Dryas recente. Pertanto, LAMBECK *et al.*, 2002, definiscono “*the onset of the LGM as the time sea levels first approached their minimum levels at about 30,000 years ago*”. In base a questa definizione, LGM avrebbe avuto una durata di circa 10.000 anni e includerebbe sia la culminazione dello stadio 2 che il suo inizio, al limite con lo stadio 3.

E' auspicabile che nei prossimi anni si giunga ad una definizione cronostratigrafica univoca del LGM.

4. IMPLICAZIONI IN ALTRI SETTORI DELLA GEOLOGIA DEL QUATERNARIO

4.1. LGM nelle carote di ghiaccio

A partire dagli anni '90 la dizione LGM viene comunemente usata anche nelle pubblicazioni sulle carote di ghiaccio, per indicare il ristretto intervallo di tempo di massimo volume dei ghiacci/minimo livello del mare, evidenziato dalla stratigrafia isotopica marina, intervallo di tempo in cui si registrano condizioni generali di minimo termico nelle regioni polari. In realtà la documentazione fornita dalle carote di ghiaccio è assai articolata e i diversi indicatori climatici forniscono una storia climatica complessa, con differenze anche marcate tra i due emisferi e pure in ambito regionale.

Così, nelle carote prelevate in Groenlandia, tra 25 e 19 ka cal BP vi è un ampio minimo $\delta^{18}\text{O}$ (peraltro interrotto da un picco intorno a 21 ka, Interstadio 2, GI-2, WALKER *et al.*, 1999) mentre in precedenza dominano le fluttuazioni ad alta frequenza dei cicli D/O (DANSGAARD *et al.* 1993).

In Antartide, invece, come recentemente indicato con elevato dettaglio nella carota EPICA EDC96, vi è un ampio e sostanzialmente piatto minimo δD (temperatura sul sito), tra circa 28 e 18 ka cal BP (Fig. 1), mentre l'eccesso di deuterio, interpretato come indicatore della temperatura nell'area sorgente dell'umidità (l'Oceano meridionale), mostra un ampio minimo a 16 - 20 ka cal BP (STENNI *et al.*, 2003).

4.2. LGM in geologia glaciale

Nello studio dei depositi glaciali continentali la dizione “*last glacial maximum*” (o altre affini) è stata usata inizialmente per indicare, in senso geografico, il limite più esterno raggiunto dai margini glaciali durante l'ultima massima avanzata, senza una diretta e sicura implicazione temporale. Tale massima avanzata era genericamente attribuita al *Late Wisconsin* o equivalenti (si veda, ad es., SCHLÜCHTER, 1982), ma già negli anni '80 era chiaro che, da luogo a luogo, tale limite non era sincrono e poteva essere più antico o più recente del Last Glacial Maximum (LGM), così come concepito dagli stratigrafi del Quaternario marino. Un panorama aggiornato di questa problematica si può trovare in CLARK & MIX (2002).

Percepita questa differenza, molti geologi del glaciale hanno introdotto l'uso del termine LGM con significato locale, per rimarcare la differenza temporale rispetto al “Global LGM” o comunque la sua indipendenza: sono così comparse nella letteratura dizioni come “*local Last Glacial Maximum*”, “*Mountain glacier LGM*”, “*New Zealand LGM*”, “*local Tibetan LGM*”, ecc. (ad es. OWEN *et al.* 2002; SMITH *et al.*, 2005).

Per altro la dizione LGM viene spesso anche usata (vedi Florineth e Schluchter, 2000) per indicare la fase di picco di avanzata glaciale (intorno a 18-20 ka ^{14}C BP) sincrona del LGM, così come definito in termini di massimo volume globale di ghiaccio. Da ultimo, nel lavoro di sintesi sulla storia della Calotta Eurasiatica (SVENDSEN *et al.*, 2004), LGM viene usato quasi come sinonimo di MIS/OIS 2 e di *Late Weichselian*, sebbene talora si precisi anche la sua durata temporale (20-15 ka).

Nel complesso, quindi, i geologi del glaciale usano piuttosto liberamente il termine LGM, ma

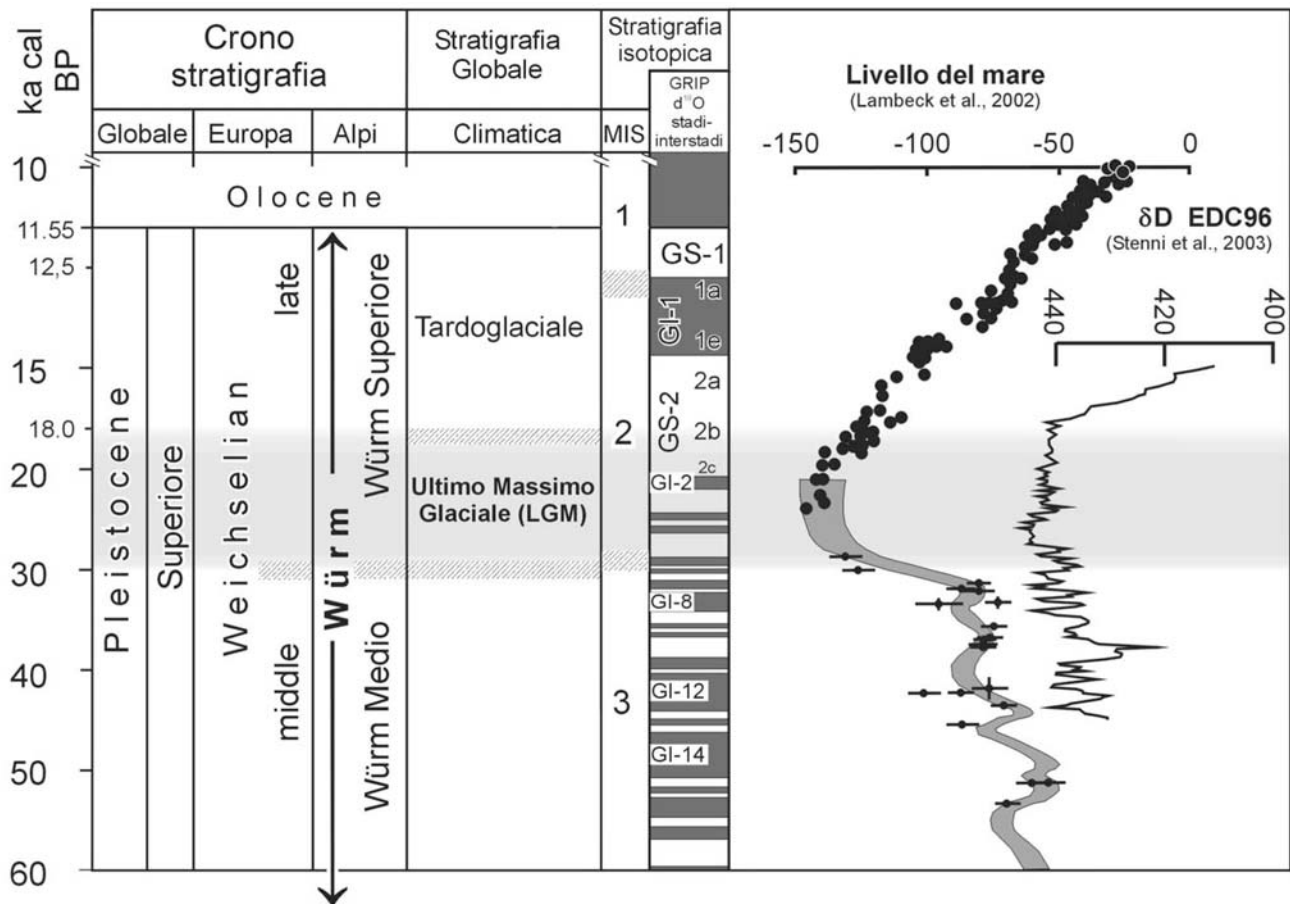


Fig. 1 - Tavola stratigrafica relativa all'intervallo 60 - 10 ka cal BP che illustra alcuni dei dati discussi nel testo. Sono stati impiegati i limiti degli stadi isotopici marini indicati da SHACKLETON (2000) e la definizione e suddivisione del Würm secondo la risoluzione dell'INQUA-SEQS (CHALINE & JERZ, 1984). La stratigrafia isotopica GRIP è tratta da DANSGAARD *et al.* (1993); BJÖRK *et al.* (1998); WALKER *et al.* (1999). La curva delle variazioni del livello del mare è ripresa da LAMBECK *et al.* (2002). La curva δD della carota antartica EPICA EDC96 (STENNI *et al.*, 2003) è commentata nel testo. L'interpretazione e l'estensione cronologica del termine Tardoglaciale è quella proposta in questo lavoro (discussione nel testo). Le fasce barrate indicano ambiti di incertezza dei rispettivi limiti.

*Stratigraphic framework of the time interval between 60 and 10 ka cal BP; MIS boundaries according to SHACKLETON (2000). The definition and subdivision of the Würm Stage follow the INQUA-SEQS resolution (CHALINE & JERZ, 1984). The GRIP isotopic stratigraphy is from DANSGAARD *et al.* (1993); BJÖRK *et al.* (1998); WALKER *et al.*, (1999). The sea level curve is from LAMBECK *et al.* (2002). The δD curve from the Antarctic core EPICA EDC 96 (STENNI *et al.*, 2003) is commented in the text. The term Lateglacial is used in the sense discussed in the present paper (see text). The crossed pattern shows the interval of time uncertainty of the relevant limits.*

comunque riservandolo al *Late Wisconsin/Weichselian* ed equivalenti, avendo accertato che localmente si sono prodotte espansioni glaciali più estese in tempi precedenti come, ad esempio, nel settore asiatico (ma non in quello scandinavo) della calotta euroasiatica (SVENDSEN *et al.*, 2004) o nelle Alpi francesi (GUITER *et al.*, 2005).

5. RELAZIONI TRA LGM E LA CRONOSTRATIGRAFIA ALPINA PER L'ULTIMO CICLO GLACIALE: IL WÜR M

Come si è visto, la comunità scientifica internazionale indica come *Last Glacial Maximum* la fase di massimo volume glaciale globale (segnale isotopico) e di minimo livello del mare equivalente, raggiunti durante l'ultimo ciclo glaciale successivo all'Eemiano, e più precisamente durante l'ultima maggiore espansione glaciale,

comunemente indicata come *Late Wisconsin* (ed equivalenti), in parte coincidente con lo stadio isotopico 2.

Può essere qui utile puntualizzare lo stato della cronostratigrafia alpina allo scopo di definirne meglio le relazioni con il LGM.

La risoluzione n. 6 della *Subcommission European Quaternary Stratigraphy* (SEQS) (CHALINE & JERZ, 1984) attribuisce al Würm il significato di piano cronostratigrafico di valore regionale, stabilisce un'area tipo (la regione di Isar-Loisach in Baviera) e indica criteri (lito- e palinostatigrafici) per la suddivisione in tre sottopiani (Inferiore, Medio, Superiore) in alcune sezioni scelte. Le prime fasi dell'ultima glaciazione, recentemente riconosciute sul versante settentrionale delle Alpi, sono datate 105 ka BP (PREUSSER, 2004). Il Würm Superiore viene fatto iniziare - nella sezione (stratotipo) di Baumkirchen presso Innsbruck - al passaggio da un'unità di argille lacustri alle ghiaie e quindi ai till soprastanti, che rappresentano l'evidenza dell'ultima

espansione glaciale. Per la sezione di Baumkirchen sono disponibili un diagramma pollinico e date ^{14}C (FLURI *et al.*, 1970; BORTENSCHLAGER & BORTENSCHLAGER, 1978): il Würm Superiore (e l'equivalente geocronologico "Würm Recente") inizia quindi intorno a 25 ka ^{14}C BP (ca 29 ka cal BP). Sempre la risoluzione n. 6 della SEQS indica che il Würm termina con l'inizio dell'Olocene, con limite attualmente datato 11,5 ka cal BP (GRADSTEIN *et al.*, 2004). La letteratura transalpina più recente ha sostanzialmente recepito queste indicazioni, sia pure con limiti temporali un poco diversi. Così, ad esempio, CAMPY & ARN (1991), VAN HUSEN (1997), FLORINETH & SCHLUCHTER (2000), BUONCRISTIANI & CAMPY (2001), PREUSSER *et al.* (2003) e PREUSSER (2004) indicano come *Late Würm* l'intervallo 24 -11 ka ^{14}C , circa corrispondente al MIS 2.

Per tutti questi autori il Würm Superiore include le fasi di ritiro glaciale, complessivamente comprese nel *Lateglacial* (Tardoglaciale).

Su questa base, risulta chiaro che il termine cronostratigrafico Würm Superiore, così come definito nelle risoluzioni internazionali, ha valenza regionale e comprende interamente l'ultima maggiore espansione glaciale nelle Alpi, inclusa la fase di avanzata e quella di deglaciazione, mentre il termine LGM ha valenza globale e riguarda un intervallo di tempo più ristretto.

6. TARDOGLACIALE E POSTGLACIALE

Tardoglaciale (questa dizione è più corretta di "Tardoglaciale", in analogia a molti altri termini simili, usati come aggettivi o sostantivi, quali: tardogotico, tardoromanico, tardoneolitico, tardopaleozoico, ecc.; in geologia le parti finali di una suddivisione geocronologica sono spesso indicate premettendo l'aggettivo "tardo", ad es. tardo Miocene, tardo Quaternario) è la traduzione di *Lateglacial/Spätglazial* ed è stata informalmente usata per indicare la fase di transizione climatica successiva al LGM, contrassegnata da riavanzate o stazionamenti, via via più arretrati, degli apparati glaciali, fino alla loro riduzione (nel caso dei ghiacciai montani) a dimensioni circa uguali a quelle attuali. In questo senso, sulle Alpi, il Tardoglaciale (anche indicato come Tardowürm/Tardowürmiano) è stato usato, a partire dagli anni '60, come termine complessivo, per indicare gli stadi glaciali (stadiali) già individuati da PENCK e BRÜCKNER (1909), e originariamente attribuiti al "post-glaciale - post-würmiano" (si veda MAISCH, 1982). Una vasta bibliografia si è accumulata su questo argomento, con l'introduzione di numerosi nuovi "stadi" con denominazioni locali, particolarmente in Austria e in Svizzera, ma anche in Italia, generalmente non definiti cronologicamente e tra loro distinti e correlati con criteri paleoglacialogici (altitudine del limite delle nevi). VAN HUSEN (1997) in Austria riconosce, dopo il LGM, le fasi di ritiro Bühl, Steinach, Gschnitz, Daun, Egesen.

MAISCH (1982) in Svizzera distingue gli stadi Bühl, Steinach, Gschnitz, Clavadel, Daun, Egesen (distinto in tre sottostadi, Max., Bockten, Kromer), l'ultimo sottostadio potendo già appartenere all'Olocene basale (PREBOREALE, KELLY *et al.*, 2004). Lo stadio Bühl da taluni autori non è incluso nel Tardoglaciale.

Tramite date ^{14}C ottenute in successioni polliniche in area alpina è stata proposta una correlazione tra lo stadio Gschnitz e il Dryas inferiore (Oldest Dryas) e ten-

tativamente datato intorno a 14 ka ^{14}C BP (VAN HUSEN, 1997). Questa correlazione è tuttavia messa in dubbio da più recenti revisioni del quadro palinostratigrafico del Tardoglaciale centro-europeo, che evidenziano come la biozona Dryas inferiore (Oldest Dryas) sia stata impiegata, al di fuori della sua area tipo, in maniera difforme dal significato originario (LITT *et al.*, 2003).

Lo stadio di Egesen è stato correlato con il Dryas recente (*Younger Dryas*) sulla base di datazioni con nuclidi cosmogenici di massi sulle morene deposte dai ghiacciai di Aletsch e Vadret Lagrev in Svizzera.

Nel caso dell'Aletsch, per le sue grandi dimensioni e la sua lenta risposta, le morene attribuite allo stadio multifase di Egesen si sarebbero formate durante l'ultima sua fase di avanzata, probabilmente nell'Olocene basale (KELLY *et al.*, 2004).

Il termine *Lateglacial* (*Spätglazial*) è già impiegato negli anni cinquanta nella letteratura palinologica centro-europea per indicare informalmente un complesso di condizioni climatiche, sedimentologiche e paleogeografiche che precedono l'espansione di foreste di latifoglie termofile con *Quercus* e *Corylus* al termine dell'ultima glaciazione (FIRBAS, 1954; WELTEN, 1979). Il limite inferiore dello *Spätglazial*, nel senso impiegato dalle scuole di Firbas e di Welten, non era ben definito in termini stratigrafici, per ragioni tecniche connesse con i limiti delle capacità di perforazione di quegli anni, che non consentivano di raggiungere i livelli più profondi dei bacini lacustri e di torbiera (WELTEN, 1979), nonché per via dello scarso contenuto pollinico di questi depositi. Nell'ultimo cinquantennio è stata dimostrata la correlabilità tra criteri palinologici, isotopici (ottenuti nelle carote di ghiaccio) e dendrocronologici per il limite superiore del *Lateglacial*. Questo limite è posto in maniera univoca in corrispondenza di un brusco evento isotopico, palinologico e dendrocronologico a 11.550 ± 50 anni cal BP (10.000 ^{14}C BP), che coincide con l'inizio dell'Olocene (DANSGAARD *et al.*, 1989; JONHSEN *et al.*, 1997; FRIEDRICH *et al.*, 1999; MERKT & MULLER, 1999; LITT *et al.*, 2003) ed è accettato dalla International Commission on Stratigraphy (GIBBARD, 2004). Per quanto riguarda la caratterizzazione della parte iniziale del *Lateglacial* non vi è ancora accordo unanime nella letteratura. La maggior parte degli autori dell'Europa centro-occidentale sono orientati ad assumere come limite *Pleniglacial/Lateglacial* il brusco miglioramento climatico che segna l'inizio del GI-1 (Greenland Interstadial 1) (circa corrispondente al "Bølling-Allerød"), posto a 14.700 anni cal BP nel record isotopico della carota GRIP e a circa 12.500 anni ^{14}C nelle successioni lacustri dell'Europa centro-occidentale (JONHSEN *et al.*, 1997; LOWE & WALKER, 1997; WALKER, 1999; WALKER *et al.*, 1999; LITT *et al.*, 2003), riprendendo un uso precedente già impiegato in palinostratigrafia nelle medesime regioni (VAN DER HAMMEN *et al.*, 1971). Altri autori impiegano il termine con valenza globale e fanno iniziare il *Lateglacial* al termine del LGM, quindi a circa 18 mila anni cal BP (OROMBELLI & RAVAZZI, 1996; LAMBECK *et al.*, 2000); altri ancora lo impiegano con valenza cronostratigrafica regionale, facendo coincidere la base del *Lateglacial* con l'età presunta delle fasi iniziali della deglaciazione locale. Seguendo l'uso cronostratigrafico regionale del termine connesso con l'inizio della deglaciazione locale, non sincrono nelle diverse regioni glacializzate, si hanno diverse età d'inizio del *Lateglacial*,

ad esempio circa 15.8-14.4 mila anni cal BP in Scozia (BIRNIE *et al.*, 1993), o 17.5 mila anni cal BP in Svizzera (PREUSSER, 2004); inoltre, in questo senso il termine non potrebbe essere impiegato al di fuori delle aree glacializzate. Gli scriventi ritengono che il termine *Lateglacial*, come LGM, dovrebbe essere connotato da criteri stratigrafici a scala globale, volti alla valutazione delle trasformazioni che si sono svolte tra la culminazione dell'ultima fase fredda (LGM) e il brusco riscaldamento rilevato, sempre a scala globale, in corrispondenza dell'inizio dell'Olocene. Con questo significato, il *Lateglacial* non corrisponde alla deglaciazione post-LGM, anche se nelle Alpi (ma non in nord-America) include quasi per intero, salvo gli stadi iniziali da taluni considerati ancora pleniglaciali e salvo una possibile coda (fase Kromer dello Stadio Egesen) nel Preboreale.

D'altra parte la cronologia dell'ultima deglaciazione nelle Alpi è mal definita a causa della scarsità di materiale vegetale, prodotto da piante terrestri, databile con il radiocarbonio. Se si fa iniziare l'ultima deglaciazione nel momento in cui i ghiacciai abbandonano definitivamente la posizione raggiunta negli anfiteatri (ove esistono) o nei fondovalle nel Würm Superiore, allora l'età di 17.5 ka cal BP indicata da NIESSEN & KELTS (1989) per la deglaciazione del Lago di Lugano, e ripresa da PREUSSER (2004), è da considerarsi posteriore all'inizio della deglaciazione. Per il versante meridionale delle Alpi, le date più antiche e affidabili, in quanto ottenute su legno, e certamente posteriori all'inizio della deglaciazione, sono quelle dei larici di Revine, Vittorio Veneto. Per questa località sono riportate età molto vicine a quelle corrispondenti alla fine del LGM (15,2 ka ¹⁴C BP secondo Friedrich *et al.*, 1999, ovvero 18,6 ka cal BP, calibrazione secondo Calib 5.0).

Nella medesima area di Revine, il ghiacciaio si trovava in posizione di massima avanzata poco dopo 17,7 ka ¹⁴C BP (pari a circa 21,0 ka cal BP). Questa è infatti l'età di legni inclusi nel till della cerchia più esterna dell'anfiteatro di Vittorio Veneto (BONDESAN, 1999). Tenendo conto di questi dati, RAVAZZI (2003) adotta un'età di ca 15,5 ka ¹⁴C BP (ca 18.9 ka cal BP) per l'inizio della deglaciazione a Sud delle Alpi.

Il termine *Postglacial* (*post-glacial*, Postglaciale) è impiegato da un secolo nella letteratura internazionale per indicare l'intervallo di tempo che segue il termine dell'ultimo ciclo di avanzata e ritiro glaciale del Pleistocene (Webster's Revised Unabridged Dictionary, 1913). Il *Postglacial* segue il *Lateglacial* e come tale è generalmente considerato un sinonimo di Olocene, anche se privo della connotazione cronostratigrafica di quest'ultimo (ROBERTS, 1989; LOWE & WALKER, 1997).

È un termine informale, ormai poco utilizzato, preferibilmente da abbandonarsi.

7. PROPOSTE

Le osservazioni qui presentate, circa l'uso dei termini LGM e Tardoglaciale in stratigrafia, ne sottolineano la valenza globale, che è andata progressivamente precisandosi a partire dagli anni '70 con lo sviluppo della stratigrafia dei sedimenti oceanici e dei ghiacci polari. L'analisi svolta nella presente nota ha evidenziato che questi termini hanno preso origine da concetti relativi ad eventi geologici globali registrati nei sedimenti e

sono quindi oggetto della stratigrafia ad eventi, di cui anche la climatostratigrafia è parte integrante. Per ragioni pratiche, soprattutto nelle aree in cui il record geologico non contiene i *proxy data* che consentono l'individuazione diretta di tali eventi, è stata proposta anche una definizione cronologica degli eventi, in particolare per i limiti inferiore e superiore del LGM e per il brusco passaggio tra il Tardoglaciale e l'Olocene. Tale impiego dei termini in senso cronostratigrafico può servire anche agli scopi della cartografia geologica regionale, nell'individuazione delle relazioni tra le età dei corpi cartografati e gli eventi globali che controllano e indirizzano la loro formazione. Per queste finalità è auspicabile anche lo sviluppo di una cronostratigrafia di riferimento regionale, che tenga in considerazione l'espressione locale diacronica degli eventi e sottolinei i processi di volta in volta attivi nelle diverse aree. La Sottocommissione per il Quaternario Europeo (SEQS) dell'INQUA da oltre trent'anni si occupa di contribuire allo sviluppo di scale cronostratigrafiche di valore regionale nelle diverse parti d'Europa. Per quanto riguarda le Alpi, vent'anni fa la SEQS ha formulato uno schema di riferimento per il Pleistocene Superiore (CHALINE & JERZ, 1984), tuttora largamente usato da gran parte dei quaternaristi alpini, come evidenziato anche nella presente nota. In particolare, riteniamo che il significato cronostratigrafico attribuito al Würm Superiore sia stato correttamente precisato dall'istituzione di una sezione tipo, con significato regionale di riferimento per l'inizio dell'ultima espansione glaciale nelle Alpi. L'impiego di una sezione tipo in ambito continentale è formalmente corretto, secondo il codice di nomenclatura stratigrafica (SALVADOR, 1994) ed è di particolare utilità nella cartografia geologica. L'intervallo rappresentato dai depositi del Würm Superiore abbraccia infatti per intero l'ultimo evento di espansione glaciale durante l'ultimo ciclo glaciale-interglaciale (Pleistocene Superiore), includendo le fasi di avanzata, di massima espansione e di ritiro. Ci si augura pertanto che i rilevatori dediti al rilevamento delle unità quaternarie prendano atto dell'esistenza di questi strumenti, utili a fornire un quadro interpretativo a scala extralocale dei processi geologici, che pur trovano espressioni diverse nelle diverse aree geografiche. In questa prospettiva è giocoforza accrescere il patrimonio disponibile di datazioni - relative e numeriche - che sul versante italiano delle Alpi appare ancora inadeguato a comporre un quadro unitario dello svolgersi dei processi geologici e climatici.

Per quanto riguarda l'impiego del termine LGM, le affermazioni contenute nel paragrafo 1 dell'articolo di BINI *et al.* (2004) non sono, a parere degli scriventi, accettabili alla luce delle argomentazioni esposte nella presente nota, come di seguito puntualizzato:

1 - LGM ha significato globale, è uno "stato" o "condizione" della Terra, quale quello prodottosi l'ultima volta, quando il volume complessivo dei ghiacci continentali ha raggiunto il valore massimo durante l'ultimo ciclo glaciale-interglaciale, intorno a 20.000 anni BP.

Ha quindi anche una valenza cronologica (pure se ancora da definirsi con precisione).

Pertanto LGM non ha dirette relazioni con le testimonianze di massima estensione areale, raggiunta

localmente dai ghiacciai, come discusso nel capitolo 3 della presente nota.

La dizione "LGM locale", talora usata in studi regionali, vorrebbe indicare l'espressione locale del LGM, in termini di locale massima estensione areale. Riteniamo possa essere usata solamente per alludere alla estensione e configurazione dei ghiacciai possedute in una regione durante il LGM, quindi sostanzialmente nell'intervallo di tempo definito da questo termine.

- 2 - LGM per definizione è "massimo", quindi esclude le fasi di sviluppo ed aumento di volume globale e quelle di decadenza e diminuzione. Si tratta di definire la durata e i limiti cronologici del massimo globale.
- 3 - LGM per definizione è "ultimo" e fa pertanto riferimento unicamente all'ultima maggiore espansione glaciale durante l'ultimo ciclo glaciale/interglaciale. Nelle Alpi è pertanto da inquadrarsi nel Würm superiore (*Late Würm*), come discusso nel capitolo 5 della presente nota.
- 4 - LGM è un evento sincrono nel senso che è la fase in cui sulla Terra il "livello del mare equivalente al volume dei ghiacci" (ice-volume-equivalent sea-level, LAMBECK & CHAPPELL, 2001), cioè la variazione di livello degli oceani depurata degli effetti locali dovuti alla tettonica, ed alla glacio- ed idro-isostasia, si è mantenuta sui valori negativi più accentuati (-140 m circa).

La dizione *Pre Last Glacial Maximum* (Pre-LGM), ove la si voglia usare, deve essere in accordo con il significato di LGM come sopra discusso, e comunque sembra agli scriventi una dizione informale, eccessivamente vaga e priva di contenuto.

Seguendo il significato attribuito da BINI *et al.* (2004) al termine LGM, gli scriventi propongono di utilizzare in sua vece il termine cronostratigrafico Würm Superiore. Pre-LGM a sua volta potrebbe essere sostituito da Pre-Würm Superiore.

Il Tardoglaciale merita un approfondimento, quanto al suo inizio: in particolare occorre chiarire se succede direttamente al LGM o se è da questo separato.

Qualora questo termine venisse utilizzato, andrebbe precisato con quale significato viene impiegato. Se, nello spirito con cui è stata proposta nella nota di BINI *et al.* (2004), la dizione LGM viene sostituita da Würm Superiore, tutto è risolto, poiché questo include il Tardoglaciale. Come sottodistinzioni possono essere indicate unità localmente distinte, sulla base di datazioni o di considerazioni sulla posizione nettamente interna ai depositi del Würm Superiore più esterni.

Postglaciale è un termine impreciso e non più usato dal punto di vista cronostratigrafico, anche a scala locale. Con la p minuscola (quindi anche Unità postglaciale Upg) è una dizione informale che potrebbe sussistere, poiché risponde, provvisoriamente, all'esigenza di trovare un termine purchessia per indicare un complesso di depositi, che altrimenti riempirebbero di una pletora di nuovi nomi le carte. E' chiaro che, in ambiente alpino, con questo termine verrebbero accorpati depositi del Pleistocene terminale e depositi oloce-

nici. Questo accorgimento non dovrebbe, tuttavia, invitare alla pigrizia ed a trascurare un'analisi, anche cronologica, più dettagliata di questo complesso di sedimenti, potenziale serbatoio di informazioni geologiche importanti per la comprensione dell'ambiente attuale e delle sue dinamiche.

BIBLIOGRAFIA

- BINI A., BORSATO A., CARRARO F., CARTON A., CORBARI D., CUCATO M., MONEGATO G. & PELLEGRINI G.B. (2004) - *Definizione di alcuni termini in uso nella cartografia dei depositi quaternari continentali in ambiente alpino*. Il Quaternario, **17**, 75-82.
- BINI A. & ZUCCOLI L. (2004) - *Glacial history of the southern side of the central Alps, Italy*. In (Ehlers J. & Gibbard P.L. eds.): *Quaternary glaciations: extent and chronology. Part 1: Europe*. Elsevier, Amsterdam.
- BIRNIE J., GORDON J.E., BENNETT K. AND HALL A.M. (eds., 1993) - *The Quaternary of Shetland*. Quaternary Research Association, Cambridge.
- BJÖRCK S., WALKER J.C., CWYNAR C.L., JOHNSEN S., KNUDSEN K.L., LOWE J.J., WOHLFARTH B., INTIMATE MEMBERS (1998) - *An event stratigraphy for the Last Termination in the North Atlantic region based on the Greenland ice-core record: a proposal by the INTIMATE group*. Journal Quat. Sci., **13** (4), 283-292.
- BONDESAN A. (1999) - *Una nuova data ¹⁴C nell'anfiteatro morenico di Vittorio Veneto e la costruzione del suo sandur (Pianura del F. Meschio)*. 8th Italian Glaciological Meeting 'Alpine glaciers and climate change', Abstract volume, 87-89.
- BORTENSCHLAGER I., BORTENSCHLAGER S. (1978) - *Pollenanalytische Untersuchung am Bänderton von Baumkirchen (Inntal, Tirol)*. Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, **14** (1), 95-103.
- BUONCRISTIANI J.F. & CAMPY M. (2001) - *Late Pleistocene detrital yield of the Jura glacier, France*. Quat. Res., **56**, 51-61.
- CAMPY M. & ARN R. (1991) - *The Jura glaciers: Paleogeography in the Würmian circum-Alpine zone*. Boreas, **20**, 17-27.
- CHALINE J., JERZ H. (1984) - *Arbeitsergebnisse der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie. Stratotypen des Würm-Glazials*. Eiszeitalter und Gegenwart, **35**, 185-206.
- CHAPPELL J. (2002) - *Sea level changes forced ice breakouts in the Last Glacial cycle: new results from coral terraces*. Quat. Sci. Rev., **21**, 1229-1240.
- CLARK P.V. & MIX A.C. (eds. 2002) - *Ice sheets and sea level of the Last Glacial Maximum*. Quat. Sci. Rev., **21**, 1-454.
- CLIMAP Project Members (1981) - *Seasonal reconstruction of the earth's surface during the last glacial maximum*. Map and Chart Series No. 36, Geol. Soc. America.
- CRONIN T.M. (1999) - *Principles of Paleoclimatology*. Columbia University Press, New York, 560 pp.
- DANSGAARD W., WHITE J.W.C., JOHNSEN S.J. (1989) - *The abrupt termination of the Younger Dryas climate*

- event. *Nature*, **339**, 532-534.
- DANSGAARD W., JOHNSEN S., CLAUSEN H.B., DAHL-JENSEN D., GUNDESTRUP N., HAMMER C., HVIDBERG C.S., STEFFENSEN J.P., SVEINBJÖRNSDÓTTIR A.E., JOUZEL J., & BOND G. (1993) - *Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record*. *Nature*, **364**, 218-220.
- DENTON G.H., HEUSSER C.J. ET AL. (1999) - *Interhemispheric linkage of paleoclimate during the last glaciation*. *Geogr. Ann.*, **81** A, 107-153.
- DENTON G.H. & HUGHES T.J. (1981) - *The Last Great Ice Sheets*. John Wiley & Sons, New York, 484 pp.
- FIRBAS F. (1954) - *Die Synchronisierung der mitteleuropäischen Pollendiagramme*. *Danm. Geol. Unders.*, **80**, 12-21.
- FLIRI F., BORTENSHLAGER S., FELBER H., HEISSEL W., HILSCHER H., RESCH W. (1970) - *Der Bänderton von Baumkirchen (Inntal, Tirol)*. *Zeitschrift für Glescherkunde und Glazialgeologie*, **6** (1-2), 5-35.
- FLORINETH D., SCHLÜCHTER C. (2000) - *Alpine evidence for atmospheric circulation patterns in Europe during the Last Glacial Maximum*. *Quat. Res.*, **54**, 295-308.
- FRIEDRICH M., KROMER B., SPURK M., HOFMANN J., KAISER K.F. (1999) - *Palaeo-environment and radiocarbon calibration as derived from Late Glacial / Early Holocene tree-ring chronologies*. *Quat. Int.*, **61**, 27-39.
- FULLERTON D.S., RICHMOND G.M. (1986) - *Comparison of the Marine Oxygen Isotope Record, the Eustatic Sea Level Record, and the Chronology of Glaciation in the United States of America*. In: SIBRAVA V., BOWEN D.Q., RICHMOND G.M., (eds., 1986) - *Quaternary Glaciations in the Northern Hemisphere*. Pergamon, Oxford. *Quat. Sci. Rev.*, **5**, 197-200.
- GIBBARD P. (2004) - *Quaternary...now you see it, now you don't!* *Quaternary Perspectives*, **14** (2), 89-91.
- GRADSTEIN F.M., OGG J.G., SMITH A.G., BLEEKER W., LOURENS L.J. (2004) - *A new Geologic Time Scale with special reference to Precambrian and Neogene Episodes*, **27** (2), 83-100.
- GUITER F., TRIGANON A., ANDRIEU-PONEL V., PONEL P., HÉBRAND J-P., NICOU D., DE BEAULIEU J-L., BREWER S., GUIBAL F. (2005) - *First evidence of «in situ» Eemian sediments on the high plateau of Evian (Northern Alps, France): implications for the chronology of the Last Glaciation*. *Quat. Sc. Rev.*, **24**, 35-47.
- JOHNSEN S.J., CLAUSEN H.B., DANSGAARD W., GUNDESTRUP N.S., HAMMER C.U., ANDRESEN U., ANDERSEN K.K., HVIDBERG C.S., DAHL-JENSEN D., STEFFENSEN D., SHOJI J.P., SVEINBJÖRNSDÓTTIR A.E., WHITE J.W.C., JOUZEL J., FISCHER D. (1997) - *The $\delta^{18}O$ record along the Greenland Ice Core project deep ice core and the problem of possible Eemian climate instability*. *Journal of Geophysical Research*, **102**, 26397-26410.
- KELLY M.A., KUBIK P.W., VON BLANCKENBURG F. & SCHLÜCHTER C. (2004) - *Surface exposure dating of the Great Aletsch Glacier Egesen moraine system, western Swiss Alps, using the cosmogenic nuclide ^{10}Be* . *Jour. Quat. Science*, **19**, 431-441.
- LAMBECK K., YOKOYAMA Y., JOHNSTON P., PURCELL A. (2000) - *Global ice volumes at the Last Glacial Maximum and early Lateglacial*. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, **181**, 513-527.
- LAMBECK K., CHAPPELL J. (2001) - *Sea level Change Through the Last Glacial Cycle*. *Science*, **292**, 679-686.
- LAMBECK K., YOKOYAMA Y., PURCELL T. (2002) - *Into and out of the Last Glacial Maximum: sea-level change during Oxygen Isotope Stages 3 and 2*. *Quat. Sci. Rev.*, **21**, 343-360.
- LITT T., SCHMINCKE H.U., KROMER B. (2003) - *Environmental response to climatic and volcanic events in central Europe during the Weichselian Lateglacial*. *Quat. Sci. Rev.*, **22**, 7-32.
- LOWE J.J., WALKER M.J.C. (1997) - *Reconstructing Quaternary environments*. 2nd ed. Prentice Hall, Halow.
- MAISCH M. (1982) - *Zur Gletscher-und Klimageschichte des alpinen Spätglazials*. *Geographica Helvetica*, **37**, 93-104.
- MARTINSON D.G., PISIAS N., HAYS J.D., IMBRIE J., MOORE T.C., SHACKLETON N.J. (1987) - *Age dating and the orbital theory of the Ice Ages: development of a high-resolution 0 to 300.000-year chronostratigraphy*. *Quat. Res.*, **27**, 1-29.
- MERKT J., MULLER H. (1999) - *Varve chronology of Lateglacial in Northwest Germany from lacustrine sediments of the Hamlsee/Lower Saxony*. *Quat. Int.*, **61**, 41-59.
- MIX A.C., BARD E., SCHNEIDER R. (2001) - *Environmental processes of the ice age: land, oceans, glaciers (EPILOG)*. *Quat. Sci. Rev.*, **20**, 627-657.
- NIESSEN F. & KELTS K. (1989) - *The deglaciation and Holocene sedimentary evolution of southern perialpine Lake Lugano - implications for Alpine paleoclimate*. *Eclogae geol. Helv.*, **82/1**, 235-263.
- OROMBELLI G. & RAVAZZI C. (1996) - *The Late Glacial and early Holocene: chronology and paleoclimate*. *Il Quaternario - Italian Journal of Quaternary Sciences*, **9** (2), 439-444.
- OWEN L.A., FINKEL R.C. & CAFFEE M.W. (2002) - *A note on the extent of glaciation throughout the Himalaya during the global Last Glacial Maximum*. *Quat. Sci. Rev.*, **21**, 147-157.
- PENCK A. E BRÜCKNER E. (1909) - *Die Alpen im Eiszeitalter. Dritter Band. Die Eiszeiten in den Sudalpen und im Bereich der Ostabdachung der Alpen*. Leipzig.
- PILLANS B. (2004) - *Update on defining the Quaternary*. *Quaternary Perspectives*, **129**, 88-89.
- PILLANS B. & NAISH T. (2004) - *Defining the Quaternary*. *Quat. Sci. Rev.*, **23**, 2271-2282.
- PREUSSER F. (2004) - *Towards a chronology of the Late Pleistocene in the northern Alpine Foreland*. *Boreas*, **33**, 195-210.
- PREUSSER F., GEYTH M.A., SCHLÜCHTER C. (2003) - *Timing of Late Pleistocene climate change in lowland Switzerland*. *Quat. Sci. Rev.*, **22**, 1435-1445.
- PREUSSER F. & SCHLÜCHTER C. (eds. 2004) - *Quaternary Perspectives*. *INQUA Newsletter*, **14**, 2 (www.elsevier.com/locate/qp).
- RAVAZZI C. (2003) - *An overview of the Quaternary continental stratigraphic units based on biological and climatic events in Italy*. *Il Quaternario - Italian Journal of Quaternary Sciences*, **16** (1Bis): 11-18.
- ROBERTS N. (1989) - *The Holocene. An environmental*

- history. Blackwell, Oxford.
- SALVADOR A. (ed. 1994) - *International Stratigraphic Code*. Second ed. The Geological Society of America.
- SARNTHEIN M., GERSONDE R., NIEBLER S., PFLAUMANN U., SPIELHAGEN R., THIEDE J., WEFER G., WEINELT M. (2003) - *Overview of Glacial Atlantic Ocean Mapping (GLAMAP 2000)*. *Paleoceanography*, **18** (2). 10.1029/2002PA000769.
- SCHAEFER-NETH C., PAUL A. (2003) - *The Atlantic Ocean at the Last Glacial Maximum: 1. Objective mapping of the GLAMAP Sea-Surface Conditions*. In (Wefer G., Mulitza S., Ratmeyer V., eds.): *The South Atlantic in the Late Quaternary: reconstruction of material budgets and current systems*. Springer, Berlin. Pp. 531-548.
- SCHLÜCHTER C. (1982) - *Das Maximum der letzten Eiszeit, dargestellt anhand der Verhältnisse im nördlichen Alpenvorland der Schweiz*. *Phys. Geographie*, **5**, 27-29. Univ Zürich, Geogr. Institut.
- SHACKLETON N. J. (2000) - The 100,000-Year Ice-Age Cycle Identified and Found to Lag Temperature, Carbon Dioxide, and Orbital Eccentricity. *Science*, **289**, 1897-1902.
- SIBRAVA V., BOWEN D.Q., RICHMOND G.M. (eds., 1986) - *Quaternary Glaciations in the Northern Hemisphere*. Pergamon, Oxford. *Quat. Sci. Rev.*, **5**, 514 pp.
- SMITH J.A., SELTZER G., FARBER D.L., ROBBELL & FINKEL R.C. (2005) - *Last Glacial Maximum in the Tropical Andes*, *Science*, **308**, 678-681.
- STENNI B., JOUZEL J. ET AL. (2003) - *A late-glacial high-resolution site and source temperature record derived from the EPICA Dome C isotope records (East Antarctica)*. *Earth. Plan. Sc. Lett.*, **217**, 183-195.
- STUIVER M., REIMER P. (1986-2005) - *Calib Radiocarbon Calibration Program*. Version 5.0. Disponibile al CALIB website: <http://www.calib.org>.
- SVENDSEN J.I., ALEXANDERSON H. ET AL. (2004) - *Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia*. *Quat. Sc. Rev.*, **23**, 1229-1271.
- VAN DER HAMMEN T., WIJMSTRA T.A., ZAGWIJN W.H. (1971) - *The floral record of the Late Cenozoic of Europe*. In (Turekian K.K., ed.): *The Late Cenozoic glacial ages*. Yale University. Pp. 391-424.
- VAN HUSEN D. (1997) - *LGM and Late-Glacial fluctuations in the Eastern Alps*. *Quat. Int.*, **38/39**, 109-118.
- WAELEBROECK, C.; LABEYRIE, L.; MICHEL, E.; DUPLESSY, J.C.; McMANUS, J.F.; LAMBECK, K.; BALBON, E.; ET. AL. (2002) - *Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records*. *Quat. Sci. Rev.*, **21**, 295-305
- WALKER M.J.C. (1999) - *Rapid climate change during the last glacial-interglacial transition; implications for stratigraphic subdivision, correlation and dating*. *Global and Planetary Change*, **30**, 59-72.
- WALKER M.J.C., BJÖRCK S., LOWE J.J., Cwynar L.C., JOHNSEN S., KNUDSEN K.L., WOHLFARTH B., INTIMATE GROUP (1999) - *Isotopic "events" in the GRIP ice core: a stratotype for the late Pleistocene*. *Quat. Sci. Rev.*, **18**, 1143-1150.
- Webster's Revised Unabridged Dictionary, 1913 - C. & G. Merriam Co., Springfield, Mass.
- WELTEN M. (1979) - *Late Glacial and Late Weichselian (Spätglazial und Spät-Würm): a comment*. *Boreas*, **8**, 396.
- YOKOYAMA Y., LAMBECK K., DE DECKKER P., JOHNSTON P., FIFIELD K. (2000) - *Timing of the Last Glacial maximum from observed sea-level minima*. *Nature*, **406**, 713-716.

Ms. ricevuto il 17 maggio 2005
 Testo definitivo ricevuto il 17 maggio 2005

Ms. received: May 17, 2005
 Final text received: May 17, 2005

