

CLAUDIO SMIRAGLIA (\*)

## LE RICERCHE GLACIOLOGICHE ITALIANE NELLE REGIONI EXTRAEUROPEE

**ABSTRACT:** SMIRAGLIA C., *Italian glaciological studies in regions outside Europe*. (IT ISSN 0391-9838, 1995).

The principal trends in Italian glaciological research outside Europe (excluding the Antarctic) are indicated, as well as the principal geographic areas in which Italian glaciologists have worked since the beginning of the present century. In fact, it was at the beginning of the 1900s that the first glaciological observations were made, usually as part of large-scale expeditions. Three names stand out above all in this phase, LUIGI AMEDEO DI SAVOIA DUCA DEGLI ABRUZZI, Giotto DAINELLI and Ardito DESIO (it should be noted that in the case of the latter, his intensive and prolific work also extends into the second half of the 1900s). The areas were the great Asian mountains, particularly the Karakoram chain, in which case the glaciological observations represent only part of complex exploration work, mountain ascents, and scientific research. In this regard, the K2 expedition of 1954 is emblematic. It was led by Ardito DESIO, and besides climbing the second highest peak on earth, it also included accurate surveys on the glaciers in that region, particularly on the Baltoro glacier. Compared to the activity in the Asian regions, the glaciological studies in other mountain areas are very limited numerically. An exception to this is represented by the work of Father A.M. DE AGOSTINI in South America, particularly in Patagonia. After 1950, the rest of this century has seen a continuation of the surveys conducted as part of mountain-climbing expedition in both the more traditional regions (particularly Karakoram and the Himalayas) and in areas less explored by Italian researchers, such as the mountains of Africa or China. With the renewed interest in studying glaciers as climatic indicators and as records of atmospheric characteristics, in the last few decades, Italian glaciologists have been participating in research projects on an international level as well or in exclusively scientific expeditions. The GRIP Project deserves particular mention; the centre of the ice-sheet of Greenland was drilled for a depth of almost 3000 m in the early 1900s and the drill hole reached the bedrock. Participants in this project also included Italian scientists who studied mainly the atmospheric record contained in the core. Glacio-chemical aspects are being examined also as part of the Ev-K2-CNR Program (this too started by Prof. DESIO), which is concerned principally with the Karakoram and the Himalayas as the study area. Within this program, firn samples for study are being collected on Everest at very high altitudes. The Ev-K2-CNR Program also includes the more traditional research topics concerning the Himalayas glaciers, particularly in the Everest group, with studies on differential

ablation, epiglacial morphology and the dynamics of the black glaciers. A recent field of research is unfolding with the interest in glacial speleology, which sees numerous Italian scientists are actively involved in studies in Asia and South America.

**KEY WORDS:** Italian glaciology outside Europe, History of Glaciology.

**RIASSUNTO:** SMIRAGLIA C., *Le ricerche glaciologiche italiane nelle regioni extraeuropee*. (IT ISSN 0391-9838, 1995).

Vengono indicate le principali linee di tendenza della glaciologia italiana extraeuropea (esclusa l'Antartide) e le principali aree geografiche dove glaciologi italiani hanno operato a partire dall'inizio del nostro secolo. È infatti all'inizio del Novecento che prendono l'avvio le prime osservazioni glaciologiche, solitamente inserite in massicce spedizioni. Sono soprattutto tre i nomi che spiccano in questa fase, quelli di LUIGI AMEDEO DI SAVOIA DUCA DEGLI ABRUZZI, di Giotto DAINELLI e di Ardito DESIO (va sottolineato che l'intensa e proficua attività di quest'ultimo si prolunga anche nella seconda metà del secolo). Le aree preferite sono quelle delle grandi montagne asiatiche, in particolare la catena del Karakorum., dove le osservazioni glaciologiche costituiscono solo una parte di complesse attività di esplorazione, di ascensioni alpinistiche e di ricerche scientifiche. Emblematica a questo proposito è la spedizione al K2 del 1954 che, guidata da DESIO, oltre alla scalata della seconda cima della Terra, compì accurati rilievi sui ghiacciai della regione, in particolare sul Baltoro. A confronto delle regioni asiatiche le ricerche glaciologiche nelle altre regioni montuose della Terra sono numericamente molto limitate. Un'eccezione può essere rappresentata dall'attività di Padre A.M. DE AGOSTINI nell'America Meridionale, in particolare modo in Patagonia. Nella seconda metà del nostro secolo continuano i rilievi condotti nell'ambito di spedizioni alpinistiche, sia nelle regioni più tradizionali (Karakorum in particolare e Himalaya), sia in aree meno frequentate dagli studiosi italiani, come le montagne dell'Africa o quelle della Cina. Negli ultimi decenni, con la ripresa dell'interesse per lo studio dei ghiacciai come indicatori climatici e come archivi dell'atmosfera, glaciologi italiani partecipano a progetti di ricerca anche internazionali o a spedizioni esclusivamente scientifiche. Va in particolare ricordato il Progetto GRIP che nel centro della calotta groenlandese realizza all'inizio degli Anni Novanta una perforazione di quasi 3000 m, che raggiunge il fondo roccioso; al progetto partecipano anche studiosi italiani che si occupano soprattutto del particolato atmosferico contenuto nella carota. Aspetti glaciochimici sono trattati anche nell'ambito del Programma Ev-K2-CNR (avviato sempre dal prof. DESIO), che ha come area principale di ricerca il Karakorum e l'Himalaya; nell'ambito di questo programma sono raccolti e studiati campioni di nevato raccolti ad altissima quota sull'Everest. Sempre nell'ambito del Programma Ev-K2-CNR continuano le più tradizionali ricerche sui ghiacciai himalayani, particolarmente nel gruppo dell'Everest, con studi sull'ablazione differenziale, la morfologia epiglaciale e la dinamica dei «ghiacciai neri». Un campo recente di ricerca si apre a proposito della speleologia glaciale, che vede impegnati in Asia e nell'America Meridionale numerosi studiosi italiani.

**TERMINI CHIAVE:** Glaciologia italiana extraeuropea, Storia della Glaciologia.

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano - Comitato Scientifico del Club Alpino Italiano.

Relazione presentata al Convegno «Cento anni di ricerca glaciologica in Italia», Torino, 19-20 Ottobre 1995 (Lecture at the Meeting «100 years of glaciological research in Italy», Turin, 19-20 October 1995).

L'autore ringrazia il prof. A. DESIO per le informazioni dirette sulle sua attività di ricerca extraeuropea e per l'utilizzo di sue fotografie inedite.

## INTRODUZIONE

In un momento in cui la glaciologia italiana celebra un secolo di attività sulle montagne del nostro Paese, possono essere utili un'analisi e una riflessione su quanto i nostri studiosi e ricercatori abbiano realizzato al di fuori del continente europeo. Ciò con varie motivazioni. Innanzitutto la conoscenza più o meno approfondita di realtà glaciali diverse da quelle italiane per caratteri morfologici o climatici o semplicemente con diversa collocazione geografica e l'inevitabile contatto con culture di ricerca glaciologica extraeuropea, costituiscono indubbiamente un arricchimento e un indice di sprovincializzazione, che possono poi riversarsi sulla cultura glaciologica di casa nostra. In secondo luogo può essere interessante confrontare l'evoluzione delle ricerche glaciologiche italiane su Alpi e Appennini, tracciata ormai più volte in tempi recenti (ricordiamo ad esempio SAIBENE, 1985; SMIRAGLIA, 1992; MERCALLI & *alii*, 1995) con quella verificatasi a proposito delle aree extraeuropee, individuarne fasi e situazioni, contrapposizioni e omogeneità, nonché soprattutto gli scambi reciproci. Va infine considerato che, se si tiene conto delle semplici date, anche le ricerche glaciologiche extraeuropee compiute da studiosi italiani sono assai prossime alla celebrazione del secolo di attività (si possono infatti far risalire alla spedizione del Duca degli Abruzzi al S. Elia in Alaska del 1897 le prime osservazioni e le prime fotografie con intenti glaciologici). Non possono quindi essere trascurati un esame e una valutazione di un lavoro di ricerca che copre un arco di tempo così lungo.

È naturale che ogni ipotesi di esame e di valutazione si scontri da un lato con le usuali difficoltà delle sintesi diacroniche, dall'altro con quelle derivanti dall'oggetto particolare di analisi. C'è quindi il rischio di limitarsi a un semplice elenco di nomi e di luoghi (con la possibilità fra l'altro della non esaustività), c'è in molti lavori la difficoltà di discernere fra glaciologia in senso stretto e morfologia o geologia glaciale, c'è ancora il dubbio su come considerare quella massa sterminata di documentazione raccolta durante un secolo con finalità non specificatamente glaciologiche, che costituisce tuttavia un supporto imprescindibile in questo tipo di ricerche.

Nella presente relazione si è tentato di mediare le contrastanti esigenze di completezza e di sinteticità, cercando soprattutto di evidenziare la fasi o le tappe principali della storia della glaciologia italiana extraeuropea. Va subito detto che nel quadro geografico delineato manca l'Antartide, della cui specificità nell'ambito di questo Convegno si è occupato il prof. OROMBELLI. La documentazione è stata raccolta mediante uno spoglio il più accurato possibile delle tradizionali riviste, in particolare il Bollettino e la Rivista del Club Alpino Italiano, la Rivista Geografica Italiana, il Bollettino e le Memorie della Società Geografica Italiana, oltre naturalmente al Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano e a Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, per le quali si è rivelato di grande utilità l'indice preparato dal dr. Mortara (MORTARA, 1987). Quanto a queste ultime due riviste, tuttavia, colpisce l'esiguità numerica dei lavori dedicati ai ghiacciai extraeuropei (una decina fra il 1914 e il 1993, sempre non considerando

l'Antartide), la qual cosa fa ipotizzare che la glaciologia italiana extraeuropea praticamente non esista oppure che gli studiosi italiani abbiano preferito pubblicare su altre riviste. Una fonte inesauribile di notizie sulle attività extraeuropee si sono rivelate poi le opere antologiche di FANTIN (1972; 1978).

Al di là delle radicalizzazioni concettuali, dall'esame della bibliografia sembra emergere un'evoluzione molto simile a quella delineata per le ricerche glaciologiche svolte sulle montagne italiane, che secondo gli autori citati potrebbe sintetizzarsi in tre fasi: 1) la fase geografico-esplorativa; 2) la fase di transizione; 3) la fase della globalità e della specializzazione. Anche per la glaciologia extraeuropea le delimitazioni cronologiche sono naturalmente flessibili con sensibili interdigitazioni di fatti e di uomini fra le varie fasi.

### LA FASE GEOGRAFICO-ESPLORATIVA (1897-1954)

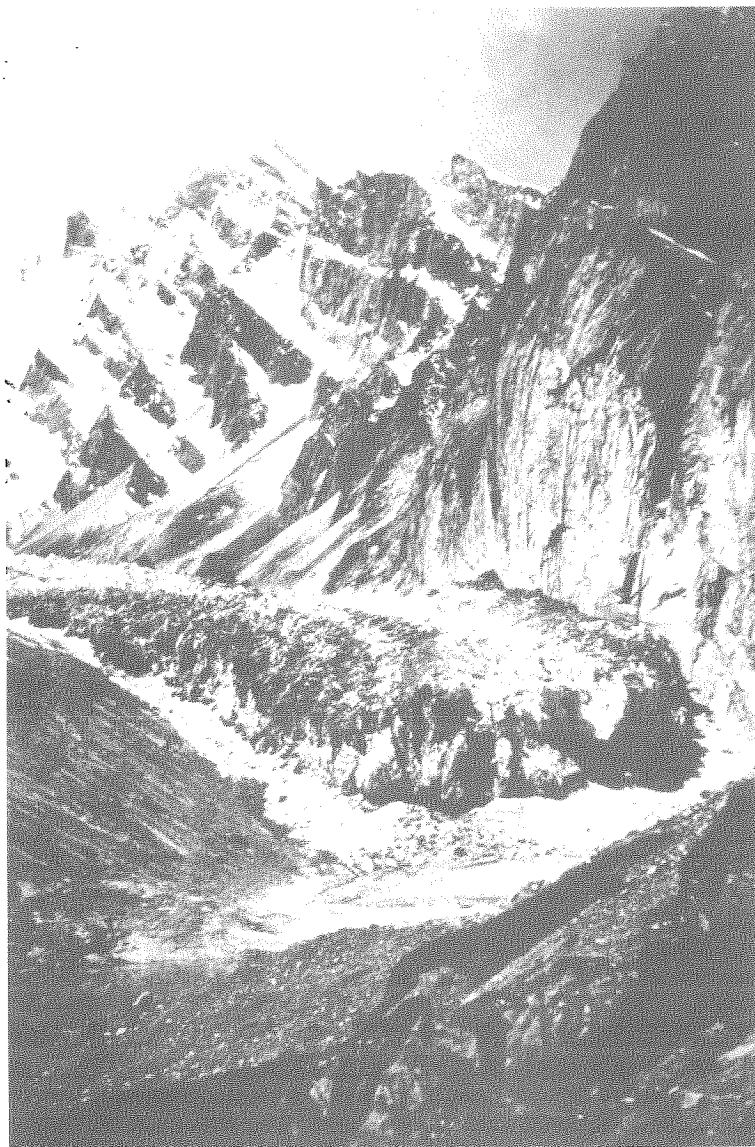
Così come nelle Alpi, il primo approccio con i ghiacciai extraeuropei è stato di tipo conoscitivo-descrittivo. Nell'arco di poco più di mezzo secolo si svolgono numerose e imponenti spedizioni alpinistico-esplorative, nelle quali la raccolta di dati scientifici assume notevole importanza. Di queste spedizioni fanno costantemente parte topografi, geografi, naturalisti, fotografi, ai quali si deve una messe imponente di osservazioni, di rilievi, di immagini che rivestono grande interesse anche dal punto di vista glaciologico.

Si è detto che l'inizio di questa fase può essere collocato nel 1897 con la spedizione del Duca degli Abruzzi al Monte S. Elia in Alaska. Le caratteristiche e i risultati della spedizione sono una costante che si ripeteranno nei decenni successivi. Una meta importante dal punto di vista esplorativo e alpinistico (una cima inviolata di oltre 5000 m in una catena montuosa poco conosciuta), un nutrito numero di partecipanti (fra i quali numerose guide alpine), enormi difficoltà da superare dal punto di vista logistico, la pubblicazione di numerosi volumi che comprendono anche i dati scientifici (in particolare ad opera di DE FILIPPI, 1900). I dati glaciologici sono costituiti soprattutto dalle descrizioni dei ghiacciai attraversati in particolare il Malaspina, il Seward, l'Agassiz, il Newton, l'Hitchcoc illustrati dalle eccezionali immagini di V. SELLA, il grande fotografo biellese che accompagnerà il Duca degli Abruzzi in quasi tutte le sue spedizioni.

I nomi citati (DUCA DEGLI ABRUZZI, DE FILIPPI, SELLA) ricorrono numerose altre volte nell'attività di esplorazione italiana dell'inizio del Novecento.

Nel 1906 il Duca degli Abruzzi organizza una spedizione in Africa, nel massiccio del Ruwenzori per scolarne le cime e per determinarne l'esatta localizzazione e altimetria. Oltre al SELLA, che riporterà decine di fotografie di notevole valore glaciologico, vi partecipa come naturalista e geologo Alessandro ROCCATI; questi collabora con Umberto CAGNI alla realizzazione di una carta alla scala 1:40000, dove sono riportati con esattezza anche i limiti dei ghiacciai, in particolare l'Elena e lo Speke, e individua

FIG. 1. - Il Ghiacciaio Liligo visto dal Ghiacciaio Baltoro (Karakorum) in un'immagine di V. SELLA del 1909 (Archivio Istituto di Fotografia Alpina «V. Sella», Biella).



la fase di regresso che già comincia a interessare i ghiacciai africani (LUIGI AMEDEO DI SAVOIA DUCA DEGLI ABRUZZI, 1908; AA.VV., 1908).

Sono tuttavia le grandi montagne dell'Asia, che ospitano le più elevate cime del pianeta, ad attrarre esploratori e ricercatori italiani.

Ancora il DUCA DEGLI ABRUZZI nel 1909, vista l'impossibilità di accostarsi all'Everest essendo chiuse le frontiere sia sul versante tibetano sia su quello nepalese, si diresse verso il K2, la seconda cima per altezza della Terra. I tempi non erano ancora maturi per un'impresa di questo genere, che tuttavia fruttò un accurato rilievo fotogrammetrico del Ghiacciaio Baltoro, una delle maggiori colate glaciali al di fuori delle terre polari, oltre alla solite spettacolari immagini del SELLA (DE FILIPPI, 1912; PAGANINI, 1912) (fig. 1).

Un'altra insigne figura di naturalista, che diede un notevole contributo alla glaciologia esplorativa, fu quella di Cesare CALCIATI. Nel 1908 viene chiamato dalla famosa coppia di esploratori, i coniugi WORKMAN, a partecipare ad una spedizione in Karakorum come topografo e naturalista, con il compito fondamentale di compiere il rilievo dell'intero bacino del Ghiacciaio Hispar, la cui superficie si aggira sui 600 km<sup>2</sup>. In tre mesi di lavoro intenso fino a quote di circa 6000 m, il rilievo a scala 1:100000 era compiuto; inoltre era stato effettuato un rilievo a scala 1:20000 della fronte del ghiacciaio (CALCIATI D'ANGUISSOLA, 1953). Qualche anno più tardi (1911 e 1913) il CALCIATI è di nuovo sui ghiacciai dell'Himalaya Kashmiriano e del Karakorum, rispettivamente con la Spedizione Piacenza (rilievo topografico dei ghiacciai Rumdum, Durung-Drung, Pensi, Kiar e Brama) e ancora con i

WORKMAN (osservazioni sul Ghiacciaio Siachen) (CALCIA-  
TI, 1930).

Nello stesso periodo (1913-1914) opera sulle montagne asiatiche la grande spedizione scientifico-esplorativa di Filippo DE FILIPPI con un vasto e ambizioso programma di ricerche che spaziano dalla meteorologia al rilevamento topografico, dalla glaciologia agli studi antropogeografici. Le aree esplorate comprendono settori della catena himalayana, del Karakorum e del Turkestan cinese. Diciassette mesi di lavoro e dodici volumi di relazioni scientifiche sintetizzano l'attività della spedizione. Alle osservazioni glaciologiche contribuirono due dei più eminenti geografi italiani dell'epoca, Olinto MARINELLI e Giotto DAINELLI, che in due volumi descrissero le glaciazioni pleistoceniche e il glacialismo attuale. Ormai classiche sono le pagine che descrivono il settore terminale del Ghiacciaio Rimu in Karakorum (le cui acque danno origine al fiume Yarkand e allo Shayok, affluente dell'Indo) oppure i ghiacciai «artificiali» creati dai montanari del Ladak con orti riempiti di acqua e strati di paglia e utilizzati per l'irrigazione (DAINELLI, 1922; DAINELLI & MARINELLI, 1928). Circa quindici anni più tardi (1930), DAINELLI ritornerà sul Siachen e in due mesi di permanenza completerà l'esplorazione della gigantesca colata, nel cui settore centrale «si incontrano zone tutte rotte in pinnacoli, in piramidi, in guglie, le cui concavità sono invase da infiniti laghetti; si incontrano anche veri corsi di torrenti e di fiumi, dal letto ampio e profondo, tra sponde spesso perpendicolari, che vogliono pazienza per trovare un passaggio, spesso sopra un esile ponte di neve...» (DAINELLI, 1933, pag. 46).

Già l'anno precedente aveva tuttavia fatto la sua comparsa la figura di studioso che lascerà un'impronta fondamentale nella glaciologia esplorativa della prima metà del nostro secolo, esercitando la sua influenza fino a tempi vicinissimi all'attualità. Si tratta di Ardito DESIO, che nel 1929 prende parte alla Spedizione Geografica Italiana in Karakorum guidata dal Duca di Spoleto.

È forse questo uno dei momenti più alti della fase esplorativa della glaciologia italiana. Viene rilevato il poco noto Ghiacciaio Panmah, viene compiuto un rilievo fotografometrico alla scala 1:75000 dell'intero Baltoro. DESIO soprattutto risolve numerosi problemi sui collegamenti fra gli alti bacini glaciali. In particolare sale alla Sella Conway, 5600 m, mai raggiunta prima di allora, che raccorda l'alto Baltoro con l'alto Siachen; con 50 giorni di marcia «fra gli intricatissimi labirinti di corridoi chiusi fra le alte pareti di ghiaccio bianchissimo», percorre e rileva i ghiacciai del versante settentrionale dei Gasherbrum e del K2 (Valle Shaksam, Ghiacciaio Urdok, Ghiacciaio Sarpo Lago) (AIMONE DI SAVOIA AOSTA, DUCA DI SPOLETO & DESIO, 1936; DESIO, 1987).

Pochi anni più tardi DESIO visita alcune zone montuose della Persia occidentale, segnalando la presenza di piccoli sconosciuti ghiacciai; ne rileva speditivamente quattro, ai quali attribuisce il nome, approfondisce i problemi delle differenze fra ghiacciaio e placca di ghiaccio e del limite climatico delle nevi della catena dello Zardeh Kuh (DESIO, 1934).

Se paragonata con la presenza di studiosi italiani sulle catene montuose e sui ghiacciai dell'Asia, l'attività italiana

in altri continenti appare sicuramente più ridotta. L'unica importante eccezione è rappresentata da Alberto DE AGOSTINI, che a partire dal 1910 compie una fitta serie di esplorazioni nella Terra del Fuoco e nelle cordigliere patagoniche; «in nessun'altra parte della Terra, egli scrive, vi sono ghiacciai che a questa latitudine abbiano uno sviluppo così grande e scendano fino al mare con le loro maestose fronti, da cui si staccano gli iceberg, che vanno alla deriva trascinati dal vento, dando l'illusione di regioni semipolari» (DE AGOSTINI, 1953).

Già nel 1912-13 partecipa alla spedizione di DE AGOSTINI nella Terra del Fuoco il geografo G.B. DE GASPERI, che compie osservazioni sui ghiacciai che scendono dal M. Sarmiento e dal M. Buckland (FANTIN, 1972).

Nel 1930 DE AGOSTINI compie la prima traversata del ghiacciaio che copre la zona più interna e più elevata della Cordigliera fino ai fiordi della costa occidentale. Vengono assegnati nomi ad alcuni ghiacciai (Spegazzini, Onelli), viene percorso il Ghiacciaio Upsala. L'anno seguente DE AGOSTINI continua l'esplorazione ed effettua un rilievo topografico della fronte del Ghiacciaio Viedma. Della spedizione del 1930 faceva parte Egidio FERUGLIO, che compie una serie di osservazioni sulle tracce della glaciazione quaternaria in Patagonia e si dedica anche al glacialismo attuale; FERUGLIO evidenzia le particolari caratteristiche dei ghiacciai della Patagonia, che non possono paragonarsi né a quelli scandinavi, né a quelli islandesi, ma trovano forse riscontro nei ghiacciai delle Spitzbergen o dell'Alaska, e segnala la fase di regresso in corso (FERUGLIO, 1933).

Le esplorazioni di padre DE AGOSTINI continueranno intense e proficue fino al 1950 nelle Ande Patagoniche e nella Terra del Fuoco, senza tuttavia che vi siano presenti studiosi con particolari competenze in campo glaciologico. Gruppi scientifici prenderanno invece parte alle spedizioni supportate dal governo argentino, il cui obiettivo era la traversata completa della Cordigliera Patagonica attraverso lo Hielo Continental del 1952 e del 1953. In quest'ultima, il gruppo scientifico guidato dal geologo MAGNANI scoprirà e rileverà quasi una trentina di ghiacciai sconosciuti (DORO ALTAN, 1954).

Si era da poco conclusa la tragedia della seconda guerra mondiale, che aveva evidentemente bloccato o ridotto i contatti degli studiosi italiani con le aree extraeuropee. È tuttavia commovente pensare che alcuni dei prigionieri di guerra internati nei campi inglesi dell'India e del Kenya abbiano trovato la voglia e lo spirito di compiere osservazioni sui ghiacciai di quelle aree, osservazioni regolarmente pubblicate qualche anno dopo la fine del conflitto. In particolare Mario D'ERMAN nel 1945 visita i ghiacciai del Monte Kenya, descrive le evidenze morfologiche del ritiro in atto (soprattutto per il ghiacciaio Lewis) e tenta di quantificare in regresso con l'aiuto della cartografia preesistente (D'ERMAN, 1947); Giovanni MUSSIO, geografo, internato nel Punjab ai piedi dell'Himalaya, compie un serie di escursioni da cui ricaverà numerosi lavori, fra i quali alcuni dedicati ai ghiacciai e alla morfologia glaciale del Punjab (MUSSIO, 1948; 1962).

È ancora DESIO tuttavia che va ricordato a chiusura di questo primo periodo della glaciologia italiana extraeuro-



FIG. 2. - La fronte del Ghiacciaio Baltoro (Karakorum) in un'immagine di A. DESIO del 1953. Sulla destra emerge dal fluvioglaciale il grande masso trapezoidale utilizzato come punto di riferimento per le misure delle variazioni frontali.

pea. La spedizione al K2 del 1954 può infatti essere considerata l'ultimo grande evento della fase esplorativa. Al di là dello straordinario successo alpinistico e delle roventi polemiche fra i protagonisti, che si ravvivano ad ogni anniversario e ad ogni celebrazione, resta la mole immensa di lavoro compiuto dal gruppo scientifico, che offre un notevole contributo ad una migliore conoscenza dei grandi ghiacciai della regione.

Accanto ad una serie di dati descrittivi sulla maggior parte dei ghiacciai dell'area percorsa dalla spedizione, vengono compiuti rilievi dettagliati su alcuni apparati di particolare interesse, come il Baltoro e il Kuthiah. Quest'ultimo, situato sul versante meridionale dell'Haramosh, era già stato osservato da DESIO durante la ricognizione del 1953, dopo che la sua fronte era avanzata in pochi mesi di circa 10 km. Si è trattato di un *surge*, che DESIO ritiene un evento locale ed eccezionale, determinato da una gigantesca frana di ghiaccio e roccia, dalla quale è derivato «*un improvviso e straordinario afflusso di ghiaccio nei bacini di raccolta*» (DESIO 1954). Durante la spedizione del 1954 il capitano Lombardi dell'IGM compie un accurato rilievo fotogrammetrico del Kuthiah alla scala 1:50000, che servirà come base per tutte le osservazioni future (ad esempio quella del 1973, quando DESIO potrà constatare un arretramento di circa 750 m e quindi la fine della fase di *surging* (DESIO, 1974). Un rilievo fotogrammetrico a grande scala fu eseguito anche per Baltoro; è così possibile con

il confronto dei precedenti rilievi (e con il supporto di segnali fissi già presi in considerazione dal DAINELLI e dalla spedizione del 1929) determinare le variazioni della fronte (ritiro di circa 300 m fra il 1929 e il 1954) (fig. 2). Sul Kuthiah e sul Baltoro furono inoltre compiuti rilievi sulla velocità superficiale e sullo spessore (quest'ultimo parametro venne determinato attraverso misure gravimetriche): sul Baltoro nella parte medio-bassa (sezione di Urdukass) risultò una velocità di circa 25 cm al giorno e uno spessore di quasi 400 m (DESIO & *alii*, 1961; DESIO, 1964).

#### LA FASE DI TRANSIZIONE (1954-SECONDA METÀ ANNI OTTANTA)

La spedizione di DESIO al K2, che assomma metodologie tradizionali e metodologie innovative, da un lato può rappresentare il culmine e la conclusione della fase esplorativa della glaciologia italiana extraeuropea, dall'altro potrebbe costituire l'inizio della fase geofisica, per usare la terminologia di CLARKE, 1987. Tuttavia, quasi in concomitanza con quanto avviene nell'evoluzione della glaciologia che si occupa di aree alpine, il processo di rinnovamento teorico e di modernizzazione strumentale sembra rallentare.

È una fase che potremmo definire di transizione, i cui



FIG. 3. - Rilievi topografici sul Ghiacciaio Changri Nup (Himalaya del Nepal). Sullo sfondo Everest (a sinistra) e Nuptse (foto C. SMIRAGLIA, Spedizione EvK2CNR, 1994).

limiti verso i periodi più recenti sono imprecisi e sfumati. Di fatto si assiste a una rarefazione nel numero degli studiosi italiani che fra la metà degli Anni Sessanta e la metà degli Anni Ottanta si dedicano ad osservazioni e rilievi sui ghiacciai extra-europei con una conseguente riduzione nel numero dei lavori pubblicati. Le regioni più frequentate restano sempre le grandi catene montuose dell'Asia (più l'Himalaya, tuttavia, che non il Karakorum, a differenza della fase precedente). Si tratta quasi sempre di studiosi che si aggregano a spedizioni alpinistiche, talora quindi con limitazioni nelle possibilità di gestire autonomamente tempi e aree di ricerca oppure di piccoli gruppi scientifici che operano nell'ambito delle ricerche programmate dal sempre attivo prof. DESIO (OROMBELLI, 1971). In molte situazioni si può parlare ancora di «esplorazione», almeno in senso lato, tenendo conto che il più delle volte ci si occupa di realtà glaciali sconosciute o poco note alla ricerca italiana.

Talora le tematiche trattate, seppur in modo succinto, anticipano temi di ricerca che verranno approfonditi qualche anno più tardi da spedizioni scientifiche di altri Paesi. Un esempio è rappresentato dalle osservazioni di FRANCESCETTI (1972), che visita i ghiacciai del Langtang e dell'Everest, ed evidenzia le differenze di alimentazione e di ablazione fra gli apparati alpini e quelli himalayani; di questi ultimi viene sottolineata la funzione della copertura morenica che determina una sensibile differenza morfologica e dinamica fra il settore inferiore (quasi completamente inattivo) e quello intermedio (più propriamente attivo). Sono problemi che verranno ripresi e sviluppati con ben altro supporto logistico qualche anno dopo dalle imponenti spedizioni glaciologiche giapponesi in Nepal.

Ancora alle particolari caratteristiche morfologiche dei ghiacciai himalayani sono dedicate le note di ZANON (1977),

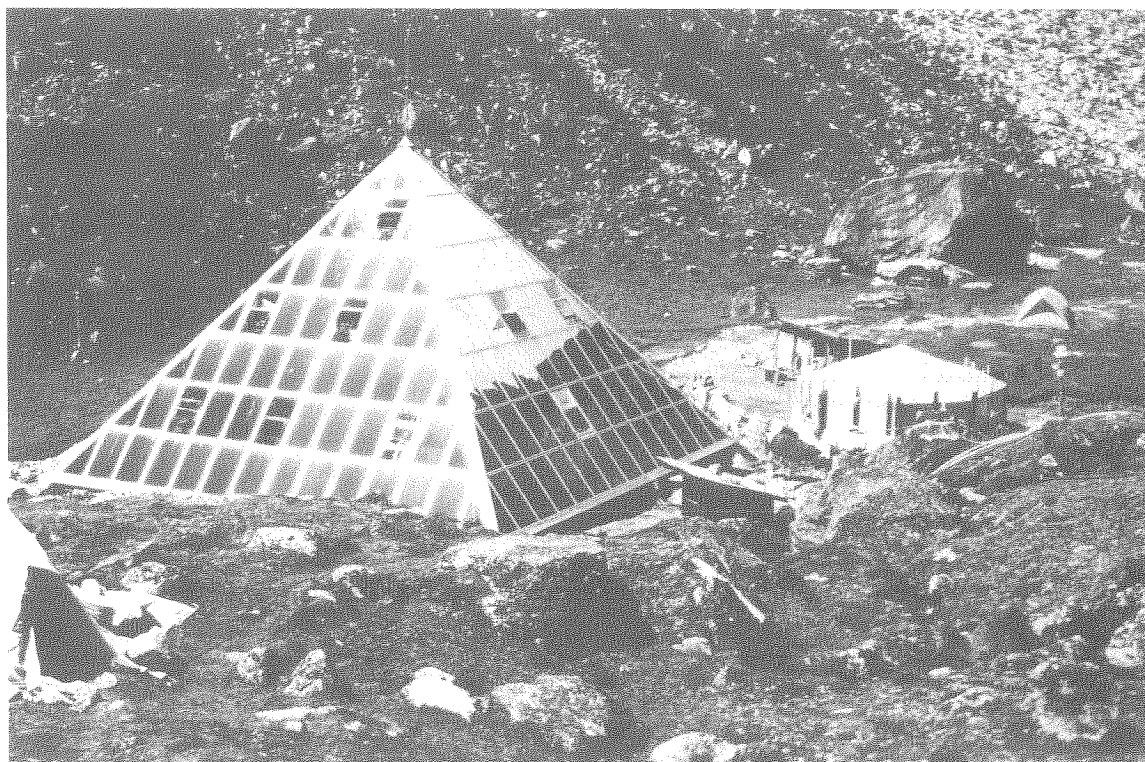


FIG. 4. - La Piramide Laboratorio del CNR in Nepal ai piedi dell'Everest, 5 050 m (foto C. SMIRAGLIA, Spedizione EvK2CNR, 1994).

che nel 1975 prende parte come componente del gruppo scientifico alla spedizione del Club Alpino Italiano al Lhotse. Le sue osservazioni sono concentrate sui ghiacciai della regione di Chukung fra il Lhotse e l'Ama Dablang. Fra l'altro viene sottolineata la irregolare distribuzione dei vari settori dei ghiacciai per fasce di altitudine con l'estensione esigua dei bacini collettori, nutriti prevalentemente da valanghe, che spiega l'inerzia di questo tipo di apparati in risposta alle variazioni climatiche.

Sui ghiacciai dell'Everest, oltre che sui ghiacciai dell'Annapurna e del Biafo (quest'ultimo è in Karakorum) fra il 1979 e il 1981 vengono compiute (RAMPINI, comunicazioni personali) anche misure di velocità e di spessore; in particolare sul Khumbu viene evidenziata una velocità di 16,6 cm al giorno presso il Campo Base dell'Everest e una di oltre 100 cm al giorno sulla Ice Fall. Il calcolo degli spessori indica rispettivamente 444 m e 89 m.

Fra la fine degli Anni Settanta e la metà degli Anni Ottanta studiosi italiani visitano regioni poco note nel nostro Paese in questo settore di ricerca, come le montagne dell'Africa o quelle degli Altaj (SMIRAGLIA, 1980: 1985). Seppur inserendosi nel filone di ricerca più tradizionale (si descrivono le caratteristiche morfologiche di quei ghiacciai, se ne evidenzia la fase attuale di regresso, si tentano correlazioni con le variazioni degli elementi climatici), queste attività sono state certamente utili nella divulgazione di realtà glaciologiche così insolite per localizzazione geografica.

Non è facile verificare se e quando questa «fase di tran-

sizione» si sia conclusa. Di certo in questi ultimi anni, accanto a quella che senza alcuna connotazione di demerito potremmo denominare «glaciologia extraeuropea tradizionale» (che mantiene la sua funzione di basilare supporto ad ogni tipo di ricerca), qualcosa sta mutando.

#### LA FASE DELLA GLOBALITÀ E DELLA SPECIALIZZAZIONE (SECONDA METÀ ANNI OTTANTA - ?)

La denominazione cerca di cogliere i due aspetti forse più evidenti, anche se apparentemente antitetici, dell'evoluzione in corso. La glaciologia si è ormai enucleata dall'antica matrice geografico-fisica e sta assumendo una collocazione del tutto peculiare nell'ambito delle grandi tematiche di ricerca globale sull'ambiente. La sua capacità di penetrare, con un dettaglio che ben pochi altri settori scientifici possono vantare, all'interno del sistema paleoclimatico, andando ben oltre l'ultimo interglaciale, la rendono un elemento indispensabile non solo nella comprensione del passato, ma soprattutto nei tentativi di modellizzare il futuro del complesso sistema idrosfera-atmosfera-antroposfera.

Dall'esigenza di concretizzare e portare ai massimi livelli questa sua funzione, scaturiscono da un lato la richiesta di una specializzazione sempre più accentuata con lo sviluppo di «sottoglaciologie» sempre più numerose, dall'altro l'estremo bisogno di interdisciplinarietà che continui

tuttavia a privilegiare l'oggetto fondamentale della ricerca che è e deve continuare ad essere «il ghiacciaio». In Italia ci si è ormai avviati lungo queste linee. Se si volesse indicare un momento che chiuda la fase di transizione per aprire la fase attuale, bisognerebbe forse collocarlo nella seconda metà degli Anni Ottanta, quando all'accresciuto interesse del mondo scientifico e a una maggiore sensibilità per le tematiche ambientali globali, si unisce la divulgazione dei primi risultati delle ricerche in Antartide.

È inevitabile che questi fattori si siano riflessi sulla glaciologia che si occupa del territorio nazionale e, con un ritardo maggiore, su quella extraeuropea. Anche in quest'ultimo settore infatti, pur restando esiguo il numero di studiosi coinvolti, vi è sicuramente in atto un evidente mutamento secondo le linee più sopra indicate.

Proseguono certamente le indagini volte a determinare attraverso le metodologie ormai collaudate (sostanzialmente analisi approfondita della letteratura e della cartografia e rilievi diretti) le fluttuazioni recenti dei ghiacciai di varie aree montuose e a studiarne le relazioni con il clima (Ruwenzori in Africa o Cordillera Blanca in Perù) (KASER, 1992; KASER & *alii*, 1990). KASER, 1992, ad esempio, calcola nel 50-60% la riduzione areale dei ghiacciai del Ruwenzori e la correla non solo ad una diminuzione dell'umidità atmosferica (e al conseguente minor accumulo nevoso), ma anche a una minore nebulosità e all'aumento della radiazione solare, così come è stato verificato per altri ghiacciai equatoriali.

Continuano anche le osservazioni sui «ghiacciai neri» delle grandi catene asiatiche, soprattutto il Karakorum, dove vengono evidenziati i principali processi che determinano la particolare e complessa morfologia superficiale di queste colate e vengono valutati sperimentalmente i tassi dell'ablazione differenziale (SMIRAGLIA, 1986) (fig. 3).

Cominciano tuttavia ad essere programmate e realizzate ricerche in cui l'oggetto di studio, il ghiacciaio, viene studiato non solo per le sue caratteristiche intrinseche, ma soprattutto per le sue capacità di fornire informazioni sull'entità delle precipitazioni alle quote più elevate e sulla loro differenziazione stagionale, sulla concentrazione degli inquinanti antropogenici in aree remote, sulle variazioni della circolazione globale nell'atmosfera. A questa tendenza ha sicuramente fornito un grande contributo, oltre ai fattori già indicati (interesse e sensibilità del mondo scientifico per i problemi ambientali globali e sviluppo della glaciologia antartica), anche la costruzione nel 1990 del Laboratorio Piramide del CNR a 5050 m in Nepal ai piedi dell'Everest (ancora un progetto del prof. Desio!) (fig. 4). Da qui dunque le esigenze di specializzazione e di interdisciplinarietà oltre che di internazionalizzazione; per cui il glaciologo di terreno (o glaciologo in senso stretto) lavora in stretta collaborazione con il chimico, o meglio il glaciochimico, in una continua e proficua osmosi.

I primi risultati (STEINEGGER & *alii*, 1993; TARTARI & *alii*, 1993) sottolineano la validità di questa impostazione: sono stati evidenziate con le analisi di campioni di neve e nevato raccolti sui ghiacciai del Langtang (Himalaya) le differenze in equivalente in acqua e in concentrazione di polveri fra le precipitazioni monsoniche e quelle non mon-

soniche, si è determinata la quota limite della fusione estiva (circa 5500 m), si è constatato l'abbassamento a livelli quasi naturali della concentrazione di tritio dopo i picchi dovuti ai test nucleari della fine degli Anni Cinquanta e primi Anni Sessanta. Inoltre campioni raccolti sul Ghiacciaio Khumbu fino a 7400 m indicano una concentrazione molto bassa di ioni nitrato e solfato, confermando come i ghiacciai di queste regioni possano fornire condizioni di base e di partenza per un'analisi dei futuri sviluppi dell'inquinamento globale.

Altrettanto innovativo e sicuramente avviato a risultati di notevole livello è il connubio fra glaciologia e carsologia, realizzato in tempi recenti soprattutto ad opera di speleologi (o meglio speleoglaciologi?), che fra l'altro ha decisamente rinnovato il concetto di esplorazione glaciale extraeuropea. Dopo una partenza in sordina sui ghiacciai italiani ed europei, affinate le tecniche di discesa negli inghiottitoi e le metodologie di analisi dei dati raccolti, si sono compiute spedizioni sui ghiacciai Biafo e Batura in Karakorum, sul Marconi e sull'Upsala nelle Ande Argentine, sull'Enilchek nel Tien Shan (BADINO, 1994). Sul Ghiacciaio Perito Moreno ad esempio sono state esplorate undici grandi cavità, una delle quali scende a -180 m, massima profondità finora registrata sui ghiacciai del pianeta.

Da questi rilievi sta uscendo, anche attraverso una modellistica avanzata, un quadro di notevole interesse sulle caratteristiche interne dei ghiacciai e sull'idrografia endoglaciale, argomenti ben poco approfonditi dai glaciologi «esterni». Sono state distinte tre regioni che all'interno del ghiacciaio trasportano acqua verso valle: 1) la zona epidermica, 2) la zona interna (in entrambe il flusso di energia è legato ad aria, acqua e vapor d'acqua), 3) la zona freatica. Si è constatato inoltre che i pozzi sono diffusi soprattutto sui ghiacciai temperati con una densità abbastanza costante (10-30 grotte sul Biafo per km<sup>2</sup>) e che mediamente tendono a chiudersi per deformazione plastica verso 50-60 m di profondità (i pozzi che scendono oltre i 150 m sono rarissimi e si interrompono immergendosi in acqua) (BADINO, 1990).

Un discorso a parte merita la Groenlandia, non solo per le dimensioni della sua calotta di ghiaccio (oltre 1.700.000 km<sup>2</sup>), che rendono tutto l'insieme dei ghiacciai di cui si è trattato finora quasi insignificante, almeno dal punto di vista numerico, ma soprattutto perchè, conclusa la fase esplorativa, nella quale la glaciologia italiana non è stata praticamente presente, i rilievi e gli studi in atto si collocano appieno nella fase più avanzata della ricerca. Glaciologi italiani hanno infatti partecipato alla perforazione del GRIP (*Greenland Ice Core Project*) e stanno attualmente lavorando in collaborazione con studiosi stranieri all'analisi dei materiali raccolti. Il Progetto GRIP, patrocinato dall'*European Science Foundation*, si è sviluppato all'interno di un consorzio europeo fra i cui paesi finanziatori è presente l'Italia. Il progetto prevedeva la perforazione della calotta glaciale nella zona di massimo spessore, in località Summit a 3250 m di quota. In tre anni di lavoro (1990-1992) è stata raggiunta la base della calotta glaciale a 3028 m di profondità, dove l'età del ghiaccio viene stimata intorno ai 250.000 anni dal presente. Analisi fisiche (conducibilità elettrica, densità, caratteristiche elastiche, suscettività ma-



gnetica) e chimiche (misura dell'acqua ossigenata, del calcio, dell'ammonio, della formaldeide) sono state compiute in loco sulle carote appena recuperate. Per altri tipi di analisi i campioni sono stati inviati presso vari laboratori europei (MAGGI & CORAZZA, 1994). La partecipazione italiana si è concretizzata sia attraverso la presenza in sito di ricercatori impegnati nelle fasi di processo della carota, sia in analisi condotte in laboratorio. È fra l'altro in corso di studio il particolato atmosferico insolubile contenuto nel ghiaccio soprattutto per quanto riguarda la tipologia delle particelle e i livelli vulcanici. I primi risultati indicano che il pulviscolo solido osservato nella carotta GRIP si presenta in basse concentrazioni durante i periodi caldi (Eemiano), mentre nei periodi freddi (Ultimo Massimo Glaciale) le concentrazioni sono molto elevate; si ritiene inoltre che l'area di provenienza del particolato sia da collocarsi nella zona settentrionale del continente africano e che le sue variazioni qualitative e quantitative dipendano da uno spostamento verso sud di masse d'aria fredda proveniente dal polo e dalla risalita verso nord di masse d'aria calda presenti sull'Atlantico centro-orientale e sul Sahara (MAGGI, 1993). In collaborazione con altri Paesi sono state effettuate misure sulle caratteristiche chimiche dei campioni (FUHRER & alii, 1993) e sulle variazioni della temperatura all'interno della calotta glaciale.

## CONCLUSIONI

Da quanto osservato nelle pagine precedenti, si può constatare come l'evoluzione delle ricerche glaciologiche condotte da studiosi italiani in ambito extraeuropeo abbia seguito un itinerario comparabile con quanto verificatosi sulle montagne del nostro paese. Concentrata per decenni in aree preferenziali, in particolar modo sulle grandi catene montuose asiatiche, l'attenzione è stata prevalentemente dedicata ai grandi temi tradizionali della glaciologia classica (come l'identificazione e la tipologia degli apparati, le loro variazioni recenti, la misura delle loro caratteristiche geometriche e dinamiche, le relazioni con le vicende climatiche, la morfologia superficiale e i processi in atto). Solo in tempi recenti motivazioni diverse di tipo estrinseco, fra cui l'accresciuto interesse per le tematiche ambientali globali con la rivalutazione dei ghiacciai come archivi climatici, e di tipo intrinseco, come lo sviluppo della glaciologia antartica e la conseguente positiva ricaduta sulle ricerche effettuabili in altri ambiti geografici, stanno favorendo una transizione e un superamento della fase esplorativa. A parte la Groenlandia, le cui tematiche glaciologiche e i cui risultati attesi sono paragonabili a quelli antartici, i ghiacciai extraeuropei offrono alla ricerca italiana ancora numerosi spunti di interesse. Le informazioni da questi ricavabili sui mutamenti ambientali e climatici permettono innanzitutto integrazioni e confronti con quanto ottenuto dai ghiacci polari: contribuiscono inoltre a colmare le lacune nella distribuzione geografica della documentazione glaciochimica, soprattutto per quanto riguarda l'impatto antropico recente sull'atmosfera e sull'ambiente in generale, come è dimostrato dai dati che stanno emergendo dalle perforazioni ef-

fettuate sui ghiacciai dell'Himalaya Nepalese (WATANABE & alii, 1984), delle Ande Peruviane (THOMPSON & alii, 1984) e del Kunlun (NAKAWO, 1990).

Anche la glaciologia più tradizionale tuttavia non ha ancora esaurito il proprio compito. Le dimensioni ridotte dei ghiacciai non polari, ad esempio, comportano tempi di risposta più brevi nei confronti delle variazioni climatiche, le cui relazioni possono essere esaminate anche con dati strumentali, mentre è tutt'altro che conclusa la definizione quantitativa del glacialismo extraeuropeo. Vasti settori di numerose catene montuose, come l'Himalaya del Sikkim o del Buthan, sono infatti ancora prive di dati attendibili sull'estensione delle masse glaciali. È questo un settore dove gli sviluppi delle tecniche di telerilevamento potranno offrire un supporto essenziale a questa nuova fase della glaciologia esplorativa. Infine un campo vastissimo e quasi del tutto trascurato finora dai ricercatori italiani, è rappresentato dagli aspetti applicativi, soprattutto a proposito delle catastrofi e ai problemi di sicurezza legati ai ghiacciai o comunque riguardanti l'ambiente glaciale (basti pensare agli eventi di Yungai sulle Ande Peruviane o più recentemente ai GLOF, *Glacial Lake Outburst Flood*, del Nepal).

I ghiacciai extraeuropei continueranno dunque a rappresentare anche per i ricercatori italiani un laboratorio essenziale, un oggetto di studio insostituibile, cui ben s'addicono le parole di HAEBERLI & WALLEN (1992, pag. 23), con le quali si può chiudere questa rassegna: «*A century ago, when glacier monitoring began, it was clear that decades of patient work would be needed before the scientific study of glaciers could bear useful fruit. This it has now done, just in time, probably, to help in the battle against the effects of the enhanced greenhouse effect and the global warming that seems likely to follow ... Glaciology has always been interesting; more recently it also became important. Now its developments has become urgent*».

## BIBLIOGRAFIA

- AUTORI VARI (1908) - *Il Ruwenzori. Parte scientifica. Risultati delle osservazioni e studi compiuti dal materiale raccolto dalla spedizione*. Hoepli, Milano.
- AIMONE DI SAVOIA AOSTA, DUCA DI SPOLETO & DESIO A. (1936) - *La spedizione geografica italiana al Karakoram (1929). Storia del viaggio e risultati geografici*. Bertarelli, Milano.
- BADINO G. (1990) - *Fisica dei buchi nell'acqua*. Atti I Simp. Intern. «Grotte glaciali e Carsismo in zone polari», Madrid, 119-133.
- BADINO G. (1994) - *In attesa del prossimo «jökulhlaup»*. Speleologia, 30, 25-29.
- CALCIATI D'ANGUISSOLA C. (1953) - *Esplorazioni di Calciati nel Karakoram*. In: «Alpinismo italiano nel mondo», a cura di A. DESIO, CAI-TCI, Milano, 85-87.
- CALCIATI C. (1930) - *Al Caracorum. Diario di due esplorazioni*. Bemporad, Firenze.
- CLARKE G.K.C. (1987) - *A short history of scientific investigation on glaciers*. Journ. Glaciol., Special Issue, 4-24.
- DAINELLI G. (1922) - *Relazioni scientifiche della Spedizione Italiana De Filippi nell'Himalaya, Caracorum e Turchestàn Cinese 1913-1914. Studi sul Glaciale*. Ser. 2, 3, Zanichelli, Bologna.
- DAINELLI G. (1933) - *La mia spedizione al Ghiacciaio Siacén nel Caracorum Orientale*. Boll. Com. Glac. It., ser. I, 13, 39-57.
- DAINELLI G. & MARINELLI O. (1928) - *Relazioni scientifiche della Spedizione Italiana De Filippi nell'Himalaya, Caracorum e Turchestàn Cinese 1913-1914. Le condizioni fisiche attuali*. Ser. 2,4, Zanichelli, Bologna.

- DE AGOSTINI A.M. (1953) - *Nella Terra del Fuoco*. In: «*Alpinismo italiano nel mondo*», a cura di A. Desio, C.A.I.-T.C.I., Milano, 313-318.
- DE FILIPPI F. (1900) - *La spedizione di S.A.R. Luigi Amedeo di Savoia, Duca degli Abruzzi, al Monte Sani'Elia (Alaska)*, 1897. Hoepli, Milano.
- DE FILIPPI F. (1912) - *La spedizione di S.A.R. il Principe Luigi Amedeo di Savoia, Duca degli Abruzzi, nel Karakoram e nell'Himalaya Occidentale*, 1909. Zanichelli, Milano.
- DESIO A. (1934) - *Sull'esistenza di piccoli ghiacciai nella Persia occidentale*. Boll. Com. Glac. It., ser. I, 14, 39-52.
- DESIO A. (1954) - *An exceptional glacier advance in the Karakoram - Ladakh region*. Journ. Glaciol., 2, 16, 383-385.
- DESIO A. (1964) - *Italian expeditions to the Karakorum (K2) and If Indu Kusb, scientific reports*. N.R. Brill, Leiden.
- DESIO A. (1974) - *Una visita al Ghiacciaio Kutbiab nel Karakorum Centrale (Pakistan)*. Boll. Com. Glac. It., ser. II, 22, 39-44.
- DESIO A. (1987) - *Sulle Vie della Sete, dei Ghiacci e dell'Oro. Avventure straordinarie di un geologo*. De Agostini, Novara.
- DESIO A., MARUSSI A. & CAPUTO M. (1961) - *Glaciological Research of the Italian Karakorum Expedition 1953-1955*. IAHS, n. 54, 224-232.
- D'ERMAN M. (1949) - *Osservazioni su recenti fenomeni di ritiro nei ghiacciai del Monte Kenya*. Atti 14° Congr. Geogr. It., Bologna, 8-12 Aprile 1947, 354-356.
- DORO ALTAN F. (1954) - *La seconda spedizione al «Hielo Continental»*. Riv. Mens. C.A.I., 78, 33-34.
- FANTIN M. (1972) - *Alpinismo italiano nel mondo*. Club Alpino Italiano, Milano.
- FANTIN M. (1978) - *Himàlaya e Karakoròm*. Club Alpino Italiano, Milano.
- FERUGLIO E. (1933) - *La glaciazione attuale, le fasi glaciali quaternarie e i loro rapporti coi terrazzi marini nella Patagonia*. Boll. Com. Glac. It., ser. 1, 13, 60-90.
- FRANCESCHETTI B. (1972) - *Considerazioni sui ghiacciai himalayani*. In Alto-S.A.F.
- FUHRER K., NEFFTEL A., ANKLIN M., MOLL M. & MAGGI V. (1993) - *Continuous NH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>CO and Ca Record over the Last 40.000 Years from the GRIP Deep Drill Core*. Atmos. Environ.
- HAEBERLI W. & WALLEN C.C. (1992) - *Glaciers and the Environment*. UNEP, Nairobi.
- KASER G. (1992) - *Le fluttuazioni dei ghiacciai del Ruwenzori (Africa Orientale) dalla spedizione del Duca degli Abruzzi (1906) sino agli anni '90*. Atti VI Conv. Glac. It., Gressoney 26-28 Settembre 1991, Geogr. Fis. Dinam. Quat., 15, 121-125.
- KASER G., AMES A. & ZAMORA M. (1990) - *Glacier fluctuations and climate in the Cordillera Blanca, Peru*. Ann. Glaciol., 14, 136-140.
- LUIGI AMEDEO DI SAVOIA, DUCA DEGLI ABRUZZI (1908) - *Il Ruwenzori*. Hoepli, Milano.
- MAGGI V. (1993) - *Significati paleoclimatici e paleoambientali dei ghiacciai polari attraverso lo studio di carote di ghiaccio provenienti dall'Antartide e dalla Groenlandia*. Univ. Studi Milano, Dipartimento di Scienze della Terra, Tesi di Dottorato VI Ciclo.
- MAGGI V. & CORAZZA E. (1994) - *Greenland Ice-Core Project (GRIP): tre anni di attività*. In: «Verso una nuova geografia delle Terre Polari: sintesi e prospettive». Atti del Convegno, Roma, 21-22 Novembre 1991. Mem. Soc. Geogr. It., 51, 135-156.
- MERCALLI L., MORTARA G., ROSSI G.C. & SMIRAGLIA C. (1995) - *Neige et glaciers dans les Alpes Italiennes: un siècle de recherche*. Colloque d'Hydrotechnique «Glaciologie et Nivologie. Etat des recherches et des connaissances a la fin du Xe siècle», Grenoble, 15-16 février 1995, 217-226.
- MORTARA G. (1987) - *Indici generali 1914-1987 dei Periodici del Comitato Glaciologico Italiano*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 10, 357-399.
- MUSSIO G. (1948) - *Il Ghiacciaio del Thamsar*. Riv. Mens. Club Alpino Italiano, 5, 279-287.
- MUSSIO G. (1962) - *Ghiacciai e fenomeni glaciali del Bacino del Ravi e della V. dell'Uhl (Bac. del Beas) - Himalaya del Punjab*. Vita e Pensiero, Milano.
- NAKAWO M., AGETA Y. & JIANKANG HAN (1990) - *Climatic information from the Chongce Ice Cap, West Kunlun, China*. Ann. Glaciol., 14, 205-207.
- OROMBELLI G. (1971) - *Una visita al Ghiacciaio Sachen, Gruppo del Nanga Parbat, Pakistan Occidentale*. Boll. Com. Glac. It., Ser. II, 19, 43-46.
- PAGANINI P. (1912) - *Rilievi fotogrammetrici nella regione del Karakoram, eseguiti dalla Spedizione di S.A.R. il Duca degli Abruzzi*. Boll. R. Soc. Geogr. It., ser. 8, 819-847.
- RAMPINI L. (non pubblicato) - *Relazioni sui rilievi effettuati sui ghiacciai Biafo (1977), dell'Everest (1980) e dell'Annapurna (1981)*.
- SAIBENE C. (1985) - *La ricerca glaciologica: tendenze e proposte*. Atti V Conv. Glac. It., Bolzano 30 Settembre-2 Ottobre 1993, Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 68-72.
- SMIRAGLIA C. (1980) - *Osservazioni sui ghiacciai attuali del Monte Kenya e sulle loro variazioni più recenti*. Natura-Soc. It. Sc. Nat., 71 (3-4), 191-219.
- SMIRAGLIA C. (1985) - *Il Catasto dei Ghiacciai Sovietici e il glacialismo attuale della Valle dell'Akkem (Altaj, Siberia meridionale)*. Atti V Conv. Glac. It., Bolzano 30 Settembre-2 Ottobre 1993, Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 196-204.
- SMIRAGLIA C. (1986) - *Valutazione dell'ablazione differenziale sul Ghiacciaio Baltoro (Karakorum, Pakistan) e morfologia derivante*. Nota preliminare. Atti Acc. Lincei Rend. Fis., 17-25.
- SMIRAGLIA C. (1992) - *Sviluppi recenti e prospettive della ricerca glaciologica in Italia*. Atti VI Conv. Glac. It., Gressoney 26-28 Settembre 1993, Geogr. Fis. Dinam. Quat., 15, 189-194.
- STEINERGER U., BRAUN L.N., KAPPENBERGER G. & TARTARI G. (1993) - *Assessment of annual snow accumulation over the past 10 years at high elevations in the Langtang region*. Proc. Int. Symp. «Snow and Glacier Hydrology», Kathmandu, 16-21 Nov. 1992, IAHS Publ. No. 218, 155-166.
- TARTARI G., VALSECCHI S., TARTARI G.A. (1993) - *Chemical composition of the snow covering Mount Everest*. In: CHAMOIX B. (ed.) «Everest. moins 2 mètres», Ed. Initiative, Paris, 118-124.
- THOMPSON L.G., MOSLEY-THOMPSON E., GROOTES P.M., POURCHET M. & HASTENRATH S. (1984) - *Tropical glaciers: potential for ice core paleoclimatic reconstruction*. Journ. Geoph. Res., 89, 4638-4646.
- WATANABE O., TAKENAKA S., IIDA H., KAMIYAMA K., THAPA K.B. & MULMI D.D. (1984) - *First results from Himalayan Glacier Boring Project in 1981-1982*. In: HIGUCHI K. (ed.) «Glacial Studies in Langtang Valley, report of the glacier boring project 1981-1982 in the Nepal Himalayas». Data center for Glacier Research, Jap. Soc. Snow and Ice, 7-23.
- ZANON G. (1977) - *Note sul glacialismo dell'alto bacino dell'Imja Khola (Himalaya Orientale)*. In: G. NANGERONI (ed.) «Lhotse '75. Spedizione alpinistico-scientifica del C.A.I. all'Himalaya del Nepal. Le osservazioni scientifiche». Club Alpino Italiano, Milano, 113-125.