

MANUELA PELFINI - CLAUDIO SMIRAGLIA

L'EVOLUZIONE RECENTE DEL GLACIALISMO SULLE ALPI ITALIANE:

STRUMENTI E TEMI DI RICERCA (*)

Introduzione. — Molteplici sono gli interessi che gli studi glaciologici presentano, sia nel campo strettamente scientifico, sia in quello applicativo. Anche per quanto riguarda il nostro paese, dove il glacialismo attuale è sostanzialmente limitato all'arco alpino, può essere opportuno richiamare sinteticamente alcuni fra i temi di ricerca di maggiore attualità e interesse. Se è vero infatti che oggi in Italia i ghiacciai occupano solo lo 0,2% della superficie totale, è altrettanto vero che le tracce del glacialismo pleistocenico, per quanto riguarda gli aspetti morfologici e le influenze del glacialismo attuale, soprattutto nei suoi aspetti idrologici, sono sensibili su buona parte dell'Italia settentrionale. Le ripetute fasi di espansione e di ritiro nel Pleistocene hanno modellato in modo durevole la catena alpina e il suo avampase: i grandi laghi prealpini, le ondulazioni della Brianza o di Rivoli, gli ampi valichi del Brennero o del Gran San Bernardo, porte aperte alle migrazioni di intere popolazioni o al passaggio di eserciti, non sono che alcuni esempi di questo modellamento. Tuttavia va sottolineato in modo particolare il peso notevole che gli attuali ghiacciai italiani rivestono in vari settori dell'economia, peso che, come osserva G. Zanon (*I ghiacciai italiani*, 1980), molto spesso non viene valutato nel suo pieno significato. Gli apparati glaciali rappresentano innanzitutto un grandioso serbatoio idrico, le cui acque sono maggiormente disponibili proprio nei periodi in cui i deflussi derivanti da altri tipi di alimenta-

(*) Lavoro realizzato e pubblicato con il contributo (1987) MPI 60%. La ricerca è stata svolta congiuntamente dai due autori. Per quanto riguarda la stesura del testo, a M. Pelfini si devono i paragrafi 2 e 4, a C. Smiraglia i paragrafi 1 e 3. Gli autori ringraziano il prof. S. Belloni per i consigli ricevuti e la lettura critica del testo.

zione sono più ridotti. I corsi d'acqua che hanno origine da bacini ampiamente glacializzati posti all'interno della catena alpina, come la Dora Baltea, il Ticino, l'Adda, l'Oglio, l'Adige, presentano portate notevoli anche durante la stagione estiva, quando il fabbisogno idrico tende ad aumentare. Nelle grandi valli longitudinali delle Alpi italiane, come la Valle d'Aosta e la Valtellina, le precipitazioni estive sono solitamente ridotte e solo le acque derivanti dalla fusione dei ghiacciai consentono, attraverso l'irrigazione, di soddisfare le esigenze delle colture. Per secoli i valligiani hanno costruito e hanno curato la manutenzione dei canali che, attraverso vere e proprie opere di ingegneria idraulica, come scriveva U. Monterin (1936), captavano le acque dei torrenti glaciali e le ridistribivano con numerosi canaletti e rigagnoli nei campi posti a quote inferiori. Dei ghiacciai va anche ricordato il massiccio contributo all'alimentazione dei bacini idroelettrici. Come osservava C. Somigliana (1914) all'inizio del secolo, «fra i problemi più importanti per l'economia nazionale di un Paese, come il nostro, privo di giacimenti carboniferi e ricco di acque correnti, sono indubbiamente quelli che si riconnettono alla utilizzazione delle energie idrauliche disponibili sulle nostre Alpi». Senza arrivare ai livelli di Francia e Svizzera (in quest'ultimo paese, all'inizio degli anni '70, le centrali idroelettriche coprivano ancora il 64% del fabbisogno di energia elettrica), sono numerosi sul versante italiano delle Alpi i bacini artificiali situati in zone ampiamente glacializzate. Fra i maggiori si possono ricordare quelli di Beaugregard e del Goillet in Valle d'Aosta, la cui capacità è rispettivamente di 70 e di 13 milioni di m³; quelli di Alpe Gera e Campo Moro in Val Malenco (Valtellina), con una capacità complessiva di 75 milioni di m³.

Non si può trascurare, d'altra parte, l'utilizzazione ludica dei ghiacciai, che si inserisce con un peso non trascurabile nel variegato quadro del turismo montano del nostro paese. Il ghiacciaio come elemento di richiamo nel contesto del paesaggio alpino e come sede dello sci estivo: sono questi i due principali aspetti, più tradizionale il primo, di più recente sviluppo il secondo, dello sfruttamento turistico delle masse glaciali. Sono in effetti indiscutibili il fascino e l'attrazione che il ghiacciaio esercita su alpinisti ed escursionisti (o, per usare un termine ormai diffuso, su coloro che praticano il *trekking*). La nascita e il primo sviluppo dei più noti centri alpini, soprattutto nelle Alpi Occidentali e Centrali, sono indissolubilmente legati al sorgere e al diffondersi dell'alpinismo, che nelle cime più elevate ed ampiamente glacializzate trovava la meta e la palestra più ricercate. Courmayeur, Valtournenche, Chiesa Valmalenco, Bormio non sono che alcuni degli esempi possibili di località per le quali la presenza di vaste colate glaciali costituisce uno fra i motivi maggiori di richiamo e di interesse. Più recente è l'utilizzazione delle aree glaciali per lo sci estivo (anche se una delle zone più note, quella dello Stelvio, cominciò ad essere fre-

quentata sin dagli anni '30): Courmayeur e il Ghiacciaio del Gigante, Cervinia e il Plateau Rosa, Alagna Valsesia e il Ghiacciaio d'Indren, Bormio e i ghiacciai del Passo dello Stelvio, il Passo del Tonale e il Ghiacciaio di Presena sono alcuni fra i binomi «località alpina-ghiacciaio per lo sci estivo» più affermati e conosciuti. A questo vanno aggiunte realizzazioni più recenti, come quello della Marmolada (Dolomiti), del Giogo Alto (Venoste occidentali), dello Scerscen (Valtellina). L'utilizzazione di queste aree implica naturalmente la costruzione e la manutenzione di un complesso di infrastrutture, che vanno dagli impianti funiviari per collegare le località di fondovalle con i bordi del ghiacciaio agli impianti di risalita che si distribuiscono a ragnatela sul ghiacciaio stesso, alle vie di comunicazione che raggiungono i centri di partenza delle funivie, ai parcheggi che raccordano strade e funivie. Si tratta quindi di interventi massicci sul paesaggio dell'alta montagna, che in taluni casi si concretizzano in vere e proprie alterazioni ambientali. Gli effetti dell'impatto antropico sulle aree glaciali rappresenta certo uno dei temi di glaciologia applicata più stimolanti e attuali. Non bisogna dimenticare fra l'altro che la frequenza massiccia dei ghiacciai per lo sci estivo presenta tutta una serie di problemi di agibilità e di sicurezza, fra i quali l'identificazione dei crepacci più pericolosi e il loro colmamento artificiale, oltre allo studio del movimento delle masse glaciali che danneggia gli impianti di risalita e le altre infrastrutture su di queste collocate. Anche le condizioni meteorologiche (soprattutto l'entità delle precipitazioni nevose invernali e primaverili, nonché le temperature estive) condizionano in misura massiccia la possibilità di utilizzazione dei ghiacciai per lo sci estivo. Ciò è particolarmente evidente per gli apparati di minori dimensioni, privi di un vasto bacino collettore, per i quali le temperature estive molto accentuate e il conseguente innalzamento del limite delle nevi provocano l'apertura dei crepacci e l'emersione del morenico e in casi estremi l'impossibilità di praticarvi lo sci.

Le relazioni fra dinamica glaciale e dinamica climatica (nell'ambito delle quali potremmo inserire anche l'esempio appena citato) rappresentano certamente una delle grandi tematiche più trattate e dibattute nell'ambito della ricerca glaciologica. I vasti interessi scientifici, anche nell'ottica di analisi pluridisciplinari, e i numerosi addentellati applicativi giustificano ampiamente l'attenzione che sin dagli esordi della glaciologia è stata rivolta ai rapporti clima-ghiacciai. I termini del problema possono essere semplicisticamente ricondotti alla constatazione che il *clima*, unitamente ai *caratteri fisici del ghiaccio*, determina l'estensione e il comportamento degli apparati glaciali. Questa relazione, come sottolinea W.S.B. Paterson (1981), è tuttavia molto più complessa di quanto non appaia a prima vista. Infatti le variazioni frontali di breve periodo di un ghiacciaio solo in parte sono legate ai

caratteri meteorologici del periodo stesso, e questa limitazione vale soprattutto per le precipitazioni. Le modificazioni alle fronti rappresentano l'ultimo anello di una serie di eventi, il primo dei quali può essere considerato il mutare dei caratteri «medi» del clima su una regione piuttosto vasta, così come emergono dai dati di una rete più o meno ampia di stazioni meteorologiche. Modificazioni si produrranno anche nell'ambito del clima «locale» che caratterizza il ghiacciaio e le aree contermini. Cambieranno dunque i rapporti negli scambi di massa e di energia fra ghiacciaio ed atmosfera e questi mutamenti si concretizzeranno in una variazione di volume, che solo in un secondo tempo verrà messa in evidenza da un arretramento o da un avanzamento della fronte. Come osserva Zanon (1984), quest'ultima fase avverrà in un tempo («tempo di reazione» o «di risposta») più o meno lungo, ma sempre estremamente variabile da un ghiacciaio all'altro. Su questa successione di fenomeni intervengono infatti numerosi fattori locali, quali ad esempio le dimensioni dei singoli ghiacciai, il loro spessore, i caratteri morfologici del substrato roccioso sul quale appoggiano, l'esposizione. Ne derivano dunque l'estrema difficoltà e la delicatezza di una ricerca che voglia correlare il fenomeno glaciale con il fenomeno climatico, tenendo conto soprattutto che nella quasi totalità dei casi si dispone solamente dei dati riguardanti il primo e l'ultimo anello della successione indicata, cioè i caratteri generali del clima e le variazioni frontali. Queste difficoltà di analisi trovano la loro espressione più emblematica nelle interpretazioni talora contraddittorie che vengono fornite a proposito degli stessi dati. Valga per tutti l'esempio delle relazioni fra clima e dinamica glaciale nelle Alpi austriache, esaminate da H.W. Posamentier (1977); questi ha individuato significative correlazioni fra variazioni positive e negative dei ghiacciai delle Alpi austriache e varie combinazioni di valori di temperatura e di precipitazioni registrate in alcuni osservatori meteorologici della stessa regione. L'autore citato sottolinea la validità delle metodologie che consentono di determinare il comportamento del «ghiacciaio medio» e il tempo di risposta «medio», tenendo anche conto che la tendenza delle temperature estive sulle Alpi austriache sembra essere piuttosto uniforme. Di contro, M. Kuhn (1978), meteorologo, sostiene la non linearità della risposta delle fronti glaciali rispetto alle variazioni climatiche e nega la validità del concetto di «ghiacciaio medio», in quanto ciascun individuo glaciale si adatta a nuove situazioni di equilibrio con un tempo di risposta differente in rapporto ai propri caratteri dimensionali e morfologici; a tutto ciò Kuhn aggiunge la disomogeneità e la limitata attendibilità di molti dati riguardanti le variazioni frontali, specialmente per quanto riguarda il secolo precedente, quando erano scarsamente diffuse le misurazioni strumentali. Per quanto riguarda gli studiosi italiani, dopo la classica ricerca di U. Monterin (1932, che pose in relazione la varia-

zioni secolari del clima al Gran San Bernardo dal 1818 al 1931 con le oscillazioni del Ghiacciaio del Lys dal 1789 al 1931, relativamente pochi sono stati i lavori dedicati ai rapporti fra il comportamento dei ghiacciai e i parametri meteorologici, come appare dalla bibliografia compilata da G. Zanon (*Ghiacciai, neve e valanghe*, 1980). Da segnalare fra questi lo studio di S. Belloni (1967) sui ghiacciai dell'Ortles-Cevedale e quelli di A.V. Cerutti (1971, 1975 e 1977) sui ghiacciai del Monte Bianco. Negli ultimi anni un nuovo impulso allo studio di queste problematiche viene dato, come osserva G. Zanon (*Glaciology*, 1985), dal Progetto nazionale «Glaciologia», finanziato dal Ministero della Pubblica Istruzione e coordinato dal Comitato Glaciologico Italiano, e dal V Convegno Glaciologico Italiano, sempre organizzato dal Comitato Glaciologico, svoltosi a Bolzano nel 1983. Tra i lavori più recenti, alcuni dei quali presentati al convegno citato, ne segnaliamo alcuni su tutto il versante italiano delle Alpi (S. Belloni, G. Catasta e C. (A.V. Cerutti, 1985), sulle Alpi Giulie (R. Rabagliati e R. Serandrei Barbero, 1982), sul Ghiacciaio della Ventina in Valmalenco (C. Smiraglia, *Il Ghiacciaio della Ventina*, 1986), e altri dedicati a tentativi di sintesi per quanto riguarda l'interpretazione delle relazioni con parametri climatici su tutto il versante italiano delle Alpi (S. Belloni, G. Catasta e C. Smiraglia: *Parametri climatici e oscillazioni frontali*, 1985; *Parametri climatici e variazioni glaciali*, 1985).

Le fonti e gli strumenti della ricerca. — Le fonti che permettono di ricostruire l'evoluzione recente del glacialismo sulle Alpi italiane sono sostanzialmente di tre tipi: le relazioni delle campagne glaciologiche annuali; le monografie con eventuali rilievi cartografici a grande scala; i catasti. Ciascuna di queste offre un contributo di tipo diverso all'individuazione delle vicende glaciali e presenta contemporaneamente problemi e difficoltà di utilizzazione e di confronto con le fonti di tipo diverso, che verranno discussi successivamente. Le prime osservazioni con intenti scientifici sulle variazioni annuali dei ghiacciai italiani si collocano tra la fine del secolo scorso e l'inizio del nostro secolo. Si pongono presso le fronti i primi segnali fissi dai quali misurare, con tecniche che diverranno tradizionali, le distanze rispetto al limite del ghiacciaio e quindi le variazioni da un anno all'altro. Si pubblicano le prime relazioni ad opera di studiosi come L. Marson (1897) per i ghiacciai del Disgrazia-Bernina, G. Dainelli (1902) per i ghiacciai del Monte Rosa, O. Marinelli (1902) per quelli delle Alpi Orientali, E. Mariani (1905) per l'Ortles-Cevedale, oltre ai numerosi studi di autori di lingua tedesca che si occupano dei ghiacciai allora collocati in territorio austriaco, come H. Reishaner (1907) per l'Adamello-Presanella. Sono lavori rintracciabili in varie pubblicazioni, soprattutto nelle riviste geogra-

fiche e in quelle dei club alpini; un primo tentativo di coordinamento degli studi in questo settore viene compiuto proprio dal Club Alpino Italiano, che nel 1895, su proposta di F. Porro e di G. Marinelli, costituisce una Commissione Glaciologica. Circa un ventennio più tardi veniva ufficialmente costituito un apposito ente di ricerca, il Comitato Glaciologico Italiano, con sede a Torino, con il compito di promuovere e coordinare le ricerche in campo glaciologico. Come scrive C. Somigliana, primo presidente del Comitato, nel 1914, ci si propone di «racogliere con i metodi scientificamente più attendibili il maggior numero di dati utili dal punto di vista fisico, idraulico e morfologico per lo studio del fenomeno glaciale nelle nostre Alpi. Il periodo trascorso finora, dal 1895, quando si iniziarono le prime ricerche, ha avuto un carattere prevalentemente descrittivo. Noi ci proponiamo di entrare ora in un periodo, per così dire, metrico». Sempre nel 1914 viene pubblicato il primo numero del «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano» che in due serie di fascicoli verrà dato alle stampe fino al 1977, mentre con la terza serie muterà nome e diverrà «Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria», allargando il campo di interessi scientifici. Nell'organo ufficiale del Comitato appaiono le relazioni annuali sulle variazioni frontali dei ghiacciai, dapprima in modo piuttosto discontinuo, poi a partire dal 1925 in modo più regolare e sistematico. Si dispone dunque di un vasto complesso di dati, che in taluni casi abbraccia quasi ottant'anni e costituisce l'elemento imprescindibile di qualsiasi esame delle variazioni glaciali in Italia. I recenti tentativi di sintesi compiuti da diversi autori hanno tuttavia mostrato come questo imponente *corpus* di dati e di osservazioni non possa essere utilizzato in modo acritico (1). In generale va sottolineata la scarsa raffrontabilità del materiale disponibile, derivante da diversi fattori, fra i quali soprattutto la non omogeneità del campione di ghiacciai. Questi infatti ogni anno variano come numero e anche come singoli apparati, in relazione alle condizioni meteorologiche, che spesso impediscono l'osservazione di un certo ghiacciaio, e alla disponibilità degli operatori. Ciò diminuisce notevolmente la possibilità di confronti del complesso delle variazioni da un anno all'altro e riduce il numero dei ghiacciai per i quali si dispone di una serie storica di variazioni frontali sufficientemente lunga. Come è emerso da un lavoro di S. Belloni, G. Catasta e C. Smiraglia (*Parametri climatici e oscillazioni frontali*, 1985), solo una sessantina di ghiacciai dispone di una serie di dati che copre in modo continuo più della metà del periodo 1921-1984. Se si vogliono utilizzare se-

(1) Tra i vari lavori ricordiamo quelli di G. Zanon (*L'attuale tendenza evolutiva dei ghiacciai*, 1985) e di S. Belloni, G. Catasta e C. Smiraglia (*Parametri climatici e oscillazioni frontali*, 1985, *Parametri climatici e fluttuazioni glaciali*, 1985, *Un sessantennio di variazioni dei ghiacciai italiani*, 1987).

rie pressoché complete, il numero dei ghiacciai si riduce ancora. Si tratta soprattutto di apparati vallivi, le cui misure alle fronti sono solitamente più agevoli rispetto ai ghiacciai di altro tipo. Va comunque sottolineato che ci si trova di fronte a un campione sufficientemente significativo, il quale nella sua distribuzione è ben rappresentativo della varia estensione del glacialismo nei diversi gruppi montuosi delle Alpi italiane. Accanto a questa disomogeneità di base, bisogna anche ricordare le diverse metodologie nella raccolta dei dati di variazione, che vanno dall'uso della semplice cordella metrica a quello del teodolite a onde, le interruzioni nelle misure, che solitamente vengono colmate attraverso dati medi, il susseguirsi di operatori diversi, i cambiamenti dei segnali fissi di riferimento, la frammentazione di alcuni ghiacciai in unità minori. Vanno infine aggiunte le diverse interpretazioni date a concetti tradizionali come quello di ghiacciaio «innevato per neve residua» dell'annata che spesso nelle relazioni non è distinguibile dal ghiacciaio «innevato per neve recente». Come sottolinea Zanon (*L'attuale tendenza evolutiva dei ghiacciai*, 1985) in quest'ultimo caso il termine «innevato» significa solitamente l'impossibilità di effettuare misurazioni, mentre l'innevamento per neve residua ha un preciso significato glaciologico. Se a questi inconvenienti di natura pratica si somma quanto osservato precedentemente circa la successione dei fenomeni che determinano una variazione frontale, si constata che, specialmente per un arco di tempo alquanto breve, le misure alle fronti non consentono di delineare in modo sufficientemente corretto la tendenza di un ghiacciaio. Poiché le variazioni frontali derivano soprattutto da variazioni di volume è necessario considerare anche i fenomeni che avvengono su tutta la superficie del ghiacciaio, in particolare per quanto riguarda i rapporti fra l'accumulo nevoso e l'ablazione: si tratta cioè di compiere il cosiddetto *bilancio di massa*. Questa esigenza di carattere scientifico si scontra con problemi di ordine pratico. Effettuare un bilancio di massa richiede disponibilità di tempo, di finanziamenti, di strumentazione, di personale, enormemente superiore rispetto a quella richiesta dalle misurazioni delle semplici variazioni frontali. Se vogliamo riferirci alla vicina Svizzera, dove gli studi glaciologici dispongono di ben altri supporti, possiamo constatare che, secondo gli ultimi dati disponibili (P. Kasser, M. Aellen e H. Siegenthaler, 1986), nel 1979 sono state compiute misurazioni sulle fronti per 120 ghiacciai, ma bilanci di massa per meno di una decina di ghiacciai. Nel nostro paese, dopo le prime ricerche di questo tipo effettuate nel 1965 sulla Marmolada da G. Zanon, si ha un solo ghiacciaio, il Carès nel gruppo del Cevedale, sul quale vengono effettuati, con il contributo dell'ENEL, bilanci di massa da un quindicennio. Recentemente sono stati calcolati bilanci di massa anche per due ghiacciai dell'Alto Adige, mentre sono in corso lavori per la realizzazione di questo tipo

di indagine anche su un ghiacciaio della Lombardia (2). Notevole complessità presenta anche la realizzazione del *bilancio idrologico*, attraverso il quale si determina il contributo glaciale al deflusso dei torrenti. Fra gli studi più recenti ricordiamo quello di Belloni sulle Vedrette di San Giacomo (1970).

Accanto alle relazioni annuali delle *campagne glaciologiche*, gli studi monografici sul glacialismo di singoli gruppi montuosi costituiscono un altro insostituibile strumento di ricerca, specie quando questi sono arricchiti da rilievi topografici a grande scala. Si tratta per la maggior parte di lavori reperibili nelle pubblicazioni ufficiali del Comitato Glaciologico; fra le eccezioni più recenti si ricordano quelli di U. Mattana, 1983, sul gruppo di Tessa nelle Alpi Venoste e di C. Smiraglia, *Il Ghiacciaio dei Forni*, 1985, e *I ghiacciai della provincia di Brescia*, 1986). Nei primi decenni del nostro secolo prevalgono le monografie che si potrebbero definire di tipo esplorativo-descrittivo, dedicate solitamente a interi gruppi montuosi, nell'ambito dei quali vengono individuati e accuratamente descritti gli individui glaciali. Sono lavori spesso imponenti per la quantità di osservazioni in essi contenute, che danno un contributo essenziale alla conoscenza di base del glacialismo delle Alpi italiane e che ricostruiscono, anche attraverso l'uso di carte e di varie fonti iconografiche, le variazioni glaciali dei primi decenni del nostro secolo (3). Dopo la seconda guerra mondiale, se da un lato iniziano le revisioni dei rilievi precedenti (C. Saibene, 1953, per il gruppo dell'Adamello), dall'altro si cerca soprattutto di dedicare analisi più approfondite alle tendenze dei singoli ghiacciai e alle motivazioni delle loro variazioni. Un caso particolare è rappresentato dalla ponderosa opera di A. Desio e collaboratori (1967), che costituisce una *summa* di tutte le conoscenze glaciologiche per l'intero massiccio dell'Ortles-Cevedale. Vengono inoltre determinate le variazioni delle lingue terminali di alcuni importanti ghiacciai mediante rilievi fotogrammetrici oppure attraverso approfondite ricerche iconografiche e di terreno (4).

(2) Per il Ghiacciaio del Caresèr si rimanda a G. Zanoni (1982) e per quelli dell'Alto Adige a F. Secchieri e P. Valentini (1985).

(3) Queste ricerche spaziano dalle Alpi Marittime (C.F. Camoletto, 1930) al Monviso (F. Sacco, 1927), dal Gran Paradiso (L. Peretti, 1935) al Monte Bianco (C.F. Capello, 1936), dalla Valpellina (M. Vanni, 1939) alla Valtellina (G. Nangeroni, 1929 e 1933), fino alla Presanella (G. Merciai, 1930), alle Venoste e alle Breonie (B. Castiglioni, 1928 e 1930).

(4) Un esempio di revisione dei rilievi precedenti è in C. Saibene (1953) per il gruppo dell'Adamello; una ricerca accurata sulle cause delle variazioni, in F. Abbadessa (1955) per il Ghiacciaio dei Forni e in F. De Gemini (1962) per quello di Verra. Per l'utilizzazione della fotogrammetria si rinvia, ad esempio, a C. Lesca (*Determinazione delle variazioni dal 1965 al 1970 della lingua terminale del Ghiacciaio di Brouillard*, 1972, e *l'espansione della lingua terminale del Ghiacciaio della Brenva*, 1972); per l'uso di documentazioni iconografiche a complemento delle indagini sul terreno, a G. Orombelli e S.C. Porter (1982).

Se le campagne glaciologiche annuali, unitamente agli studi monografici, consentono di ottenere sequenze pluridecennali di dati sulle variazioni frontali, ponendo in evidenza le tendenze recenti e attuali del glacialismo, i *catasti* offrono un quadro completo del fenomeno glaciale in un determinato momento e ne quantificano le caratteristiche fondamentali. L'esigenza di una catalogazione delle masse glaciali italiane è sentita sin dagli anni '20. Il primo tentativo di elencazione sistematica viene compiuto da C. Porro (1925) con l'Elenco dei Ghiacciai Italiani, cui segue un Atlante dei ghiacciai italiani in scala 1:500.000 ad opera di C. Porro e P. Labus (1927). È però nel secondo dopoguerra, in occasione dell'Anno Geofisico Internazionale (1957-1958), che viene programmata e realizzata dal Comitato Glaciologico Italiano e dal Consiglio Nazionale delle Ricerche l'opera probabilmente più importante e più conosciuta del Comitato stesso: il Catasto dei Ghiacciai Italiani. Pubblicato in quattro volumi fra il 1959 e il 1962 e coordinato da G. Nangeroni, il Catasto elenca tutti gli apparati glaciali esistenti sul versante meridionale delle Alpi (oltre all'unico ghiacciaio appenninico) e numerosi apparati estinti nel cinquantennio precedente. Ad ogni unità è dedicata una scheda con una nutrita serie di dati morfometrici e di osservazioni descrittive, accompagnate da una carta topografica e da fotografie. Pur con le inevitabili inesattezze dovute soprattutto alla mancanza di una valida base cartografica e aerofotogrammetrica, nonché all'elevato numero di collaboratori, il Catasto rappresenta una tappa fondamentale della ricerca glaciologica in Italia e uno strumento conoscitivo indispensabile. L'inevitabile invecchiamento dei dati, derivante anche dalle mutazioni nelle tendenze del glacialismo nell'ultimo ventennio, ha suggerito un aggiornamento del Catasto; questo si è concretizzato nell'ambito della realizzazione del *World Glacier Inventory* (WGI). È stata un'iniziativa congiunta dell'IAHS (*International Association of Hydrological Sciences*) e dell'UNESCO, che si è proposta il compito di elencare e quantificare tutte le masse di ghiaccio e di neve permanente della superficie terrestre. Seguendo la normativa del *Temporary Technical Secretariat* (TTS) per il WGI insediato a Zurigo, i dati sono stati raccolti e trascritti su schede e inviati in Svizzera, dove ne verrà curata una sintesi da pubblicarsi nell'ambito del Catasto Internazionale. I lavori sono stati compiuti fra il 1979 e il 1985 e si sono articolati con varie metodologie, che presupponevano l'utilizzazione di strisciate di foto aeree, di singole foto aeree oblique appositamente eseguite, di carte tecniche regionali a grande scala, di carte ufficiali IGM e di rilievi sul terreno. Per alcune regioni (Valle d'Aosta, Piemonte, Veneto, Alto Adige), il nuovo Catasto è stato finanziato dalle amministrazioni locali. La raccolta e l'elaborazione dei dati sono state effettuate per i ghiacciai lombardi da C. Smiraglia e G. Catasta, per tutti gli altri settori delle Alpi (tranne le Alpi Giulie, curate da R. Serandrei

Barbero) da F. Secchieri. I problemi emersi da questa iniziativa e le prime realizzazioni sono già stati presentati in varie pubblicazioni (C. Lesca, 1974; F. Secchieri, 1985; S. Belloni, G. Catasta e C. Smiraglia, *Problematiche e indicazioni per un nuovo Catasto dei ghiacciai*, 1985; P. Valentini, 1985). Attualmente il Comitato Glaciologico, attraverso la sua Commissione Catasto, sta provvedendo a un ulteriore aggiornamento delle schede del WGI per la compilazione di un vero e proprio nuovo catasto italiano, che proponga in modo analitico tutti i dati disponibili. Fra le altre metodologie è previsto anche l'uso di immagini da satellite, la cui utilità è già stata posta in evidenza, fra gli altri, da A. Della Ventura e collaboratori (1985 e 1986).

Le tendenze recenti e attuali del glacialismo sulle Alpi italiane.

— Le regolari osservazioni sulle variazioni frontali dei ghiacciai italiani da parte degli operatori del Comitato Glaciologico iniziano in un momento molto particolare della storia del glacialismo sulle nostre montagne. Nella prima decade del Novecento si ha infatti il proseguimento della fase di intenso regresso che aveva caratterizzato, pur con qualche oscillazione (ad esempio l'avanzata del 1890), il comportamento degli apparati glaciali durante la seconda metà del secolo scorso. A partire dalla seconda decade del Novecento si verifica una lieve ripresa che è testimoniata da un progresso delle fronti, con incrementi volumetrici delle lingue, non certo paragonabili a quelli della «piccola età glaciale» (secoli XVII-XIX). Di questa modesta fase positiva si trova traccia nelle sequenze di rilievi frontali per un limitato numero di ghiacciai, in particolare il Lys in Valle d'Aosta, che fra il 1913 e il 1921 è avanzato di circa 180 m, con una media annua di una ventina di metri, superando le morene deposte nella seconda metà del secolo scorso; anche il Ventina, in Valtellina, fra il 1915 e il 1923 ha fatto registrare un progresso di circa 30 m, mentre il Ghiacciaio di Solda, sul versante atesino dell'Ortles-Cevedale, fra il 1923 e il 1927 ha segnato un'avanzata di una quindicina di metri. Le testimonianze di questa modesta oscillazione positiva sono invece ben osservabili sul terreno per un gran numero di ghiacciai e sono rappresentate da cordoni morenici frontali e laterali di esigue dimensioni rispetto a quelli ottocenteschi, ma ben evidenti. Nel 1925, quando le osservazioni alle fronti divengono sistematiche, la fase di progresso era quasi conclusa ed aveva praticamente preso l'avvio quel periodo di ritiro che quasi senza eccezione avrebbe caratterizzato il successivo quarantennio. L'analisi di questi eventi e di quelli degli ultimi vent'anni può essere compiuta in due modi. Da un lato si può tenere conto delle variazioni frontali di tutti i ghiacciai osservati ed arrivare quindi a delineare le tendenze annuali «medie» del glacialismo fra il 1925 e il 1984; dall'altro si possono uti-

lizzare solo i dati di variazione dei ghiacciai che dispongono di serie statistiche sufficientemente lunghe e porre dunque in evidenza per ogni gruppo montuoso il comportamento degli apparati più significativi, ossia dei ghiacciai cosiddetti «campione». Nel presente lavoro, basandoci anche su esperienze precedenti, sono state utilizzate entrambe le metodologie, che si integrano a vicenda e consentono di avere un quadro più ampio e anche più preciso delle tendenze del glacialismo.

Come già si è fatto notare, il numero dei ghiacciai osservati durante le campagne glaciologiche annuali del periodo 1925-1984 è molto vario: si va infatti da un minimo di 25 apparati durante gli anni della seconda guerra mondiale fino ad un massimo di 158; di questi ultimi solo una percentuale limitata presenta dati quantitativi sicuri di variazione positiva o negativa. Si deve però osservare, come si sottolinea nella Relazione generale della Campagna Glaciologica 1985 per il Settore lombardo (Smiraglia, 1986), che non solo varia da un anno all'altro il numero complessivo dei ghiacciai misurati, ma anche che i dati delle misure non sempre riguardano gli stessi ghiacciai e che le variazioni talora non si riferiscono allo stesso intervallo temporale (un anno), ma spesso rappresentano valori medi di due o più anni. È quindi evidente che il confronto a breve termine diventa difficoltoso, in quanto la valutazione sulla definizione stessa della variazione globale può mutare in maniera sensibile secondo i dati che si prendono in considerazione. È altrettanto vero che l'accorpere tutti i dati quantitativi disponibili può invece offrire una significativa indicazione di tendenza, quando si opera su una scala pluridecennale, come nel presente caso, in cui ci si riferisce a un sessantennio.

Nella fig. 1 è presentato l'andamento dal 1925 al 1982 delle percentuali annue dei ghiacciai in avanzata rispetto al totale dei ghiacciai misurati. Sono state quindi escluse dal computo tutte le altre categorie che appaiono nelle relazioni del «Bollettino del Comitato Glaciologico»: i ghiacciai incerti, quelli stazionari e quelli innevati, la cui definizione è spesso variata nel corso dei decenni. Va tuttavia aggiunto che la presenza di ghiacciai di tendenza incerta, stazionari oppure con il settore terminale ricoperto da neve residua può fornire utili indicazioni di tipo qualitativo, che si aggiungono a quelle derivanti dalle percentuali sopra citate. Dal grafico emerge con chiarezza come per un quarantacinquennio (1925-1970) la percentuale dei ghiacciai in avanzata sia stata costantemente e senza eccezione al di sotto del 45%, con minimi estremamente bassi (quasi sempre inferiori al 10% e con punte dello 0% nel 1928 e nel 1929) fra il 1927 e il 1935 e fra il 1947 e il 1960. Fino al 1945 ci sono però da segnalare almeno tre picchi che sfiorano il 30%: nel 1926 (si tratta probabilmente di una «coda» della piccola espansione degli anni '20), nel 1936 e nel 1940. Fino alla seconda guerra mondiale, pur nell'ambito di un deciso regresso, non appare

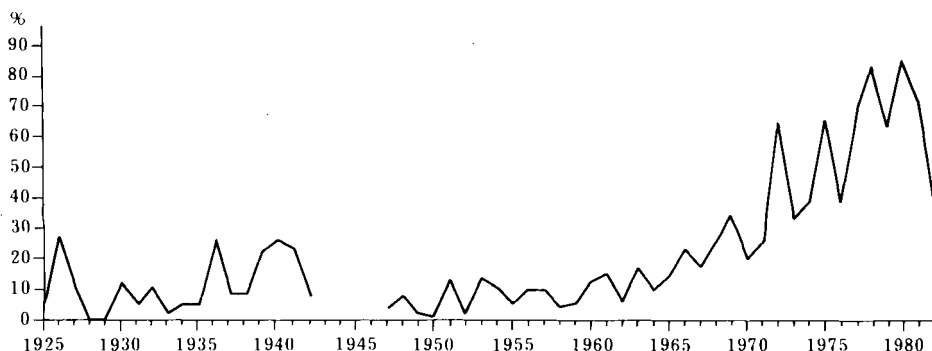


FIG. 1 — PERCENTUALE DEI GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE IN PROGRESSO (1925-82) RISPETTO AL TOTALE DEI GHIACCIAI MISURATI.

(Da G. Zanon, *L'attuale tendenza evolutiva dei ghiacciai delle Alpi italiane*, 1985, ridisegnata).

dunque una precisa tendenza a scala cronologica più ampia. Nel decennio 1950-1960, anche se con lievi oscillazioni, il regresso è costante e le percentuali dei ghiacciai in avanzata sono sempre minime. Il 1960 si presenta tuttavia come un anno particolarmente significativo, come sottolinea G. Zanon (*L'attuale tendenza evolutiva dei ghiacciai*, 1985), riprendendo i dati di M. Vanni (1963). Dalle osservazioni della campagna glaciologica 1960 emerge infatti che in quell'anno si ha il più basso numero di ghiacciai in regresso a partire dal 1925 e un aumento dei ghiacciai innevati, stazionari oppure di tendenza incerta. Un altro indizio di questa possibile inversione di tendenza (e qui emerge anche il significato delle osservazioni qualitative e delle semplici descrizioni), è rappresentato dalla presenza di vaste placche di neve residua, le quali da qualche anno persistono in aree che prima ne erano completamente prive e che vanno assumendo il carattere di glacionevati. Dal 1965 in avanti la tendenza all'inversione di fase si chiarisce, anche se il grafico presenta un tipico andamento a «denti di sega». Dal 1970 la percentuale dei ghiacciai in avanzata è sempre superiore al 20% con punte al di sopra del 60% nel 1975 e dell'80% nel 1978 e nel 1980. Per un utile confronto, nella fig. 2 sono presentati i diagrammi tratti da Belloni, Catasta e Smiraglia (1987), ove sono indicate le percentuali annue dei ghiacciai in progresso e in regresso dal 1925 al 1984. Sono anche state calcolate e riportate negli stessi grafici le medie mobili di ordine cinque di queste percentuali. È noto che con tale artificio statistico si smorzano i picchi più accentuati nella successione dei dati, cosa che può essere utile nel nostro caso, dato l'alto numero di operatori che hanno raccolto i dati stessi; con le medie mobili dunque emergono in modo più netto le tendenze e le oscillazioni. Si osservi innanzitutto la non perfetta coincidenza fra il diagramma di Zanon (fig. 1) e quello di

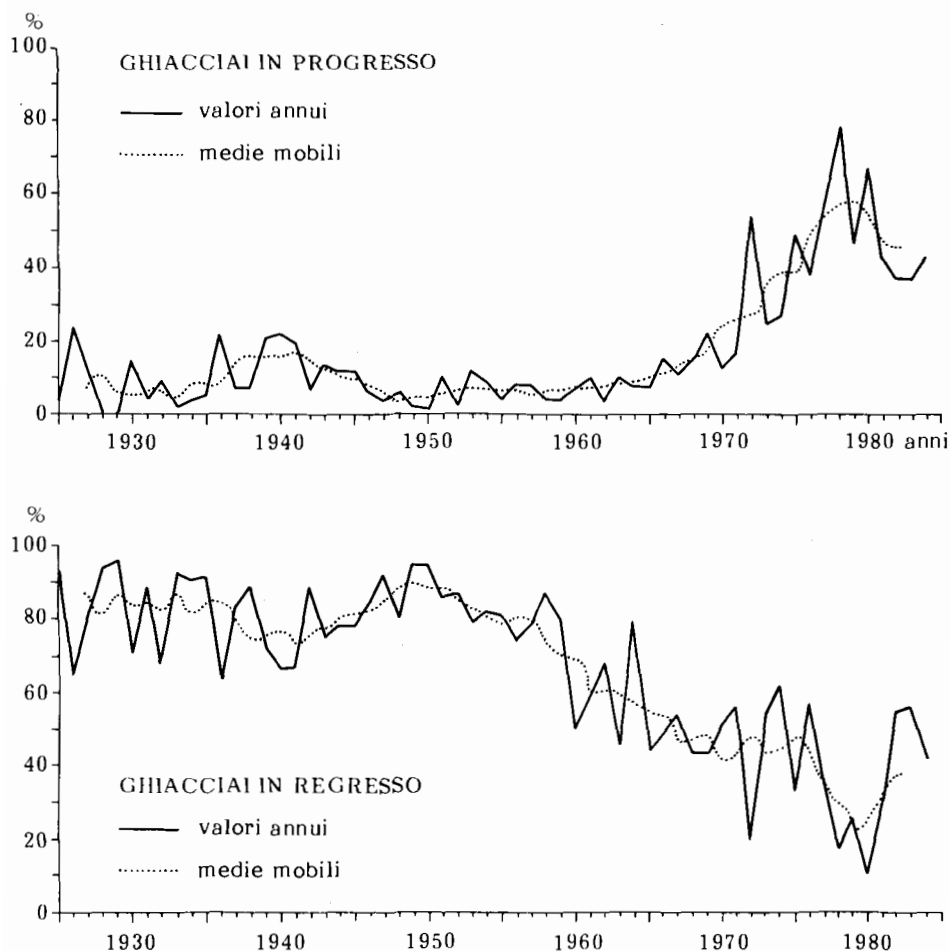


FIG. 2 — PERCENTUALI DEI GHIACCIAI ITALIANI IN PROGRESSO E IN REGRESSO (1925-84).

(Da S. Belloni, G. Catasta e C. Smiraglia 1987).

Belloni, Catasta e Smiraglia; questi ultimi autori prendono infatti in considerazione come termine di riferimento il numero totale dei ghiacciai in progresso, stazionari e in regresso nell'arco di tempo considerato. Si tratta tuttavia di differenze non sostanziali, come appare da un confronto accurato tra i grafici, dai quali si ricavano le stesse indicazioni di massima. L'utilizzazione delle medie mobili mette inoltre nettamente in evidenza la tendenza all'aumento della percentuale dei ghiacciai in avanzata a partire dagli anni '60, l'accentuarsi di tale fenomeno alla fine del decennio seguente e il suo successivo smorzarsi. È

anche chiaramente distinguibile la limitata oscillazione positiva del glacialismo attorno agli anni '40.

Le metodologie fin qui usate permettono dunque di individuare le linee di tendenza generali nel sessantennio preso in considerazione, ma non dicono nulla sulle eventuali differenziazioni di questo movimento generale nell'ambito delle intere Alpi italiane. È quindi opportuno, come già si è precedentemente accennato, selezionare i dati disponibili sulle variazioni frontali e utilizzare come campione solo quel complesso di ghiacciai per i quali si dispone di serie storiche sufficientemente lunghe. Tenendo conto dell'esistenza di dati pluridecennali, a volte raccordabili attraverso valori medi, e della necessità di una distribuzione significativa nell'ambito del versante italiano delle Alpi, i ghiacciai utilizzabili risultano una trentina. Un buon numero di questi si concentra nel gruppo dell'Ortles-Cevedale e dell'Adamello-Presanella, che raccolgono circa il 30% delle aree glaciali italiane, mentre per altri gruppi montuosi di più limitata glaciazione si hanno solo uno o due ghiacciai. È questo il caso delle Alpi Marittime, dove sono localizzati i ghiacciai più meridionali della catena alpina. Si tratta di piccoli apparati di circo e di pendio, situati alla base delle cime più elevate delle Marittime, come il Monte Clapier, la Maledia, il Gelask, l'Argentiera, i quali già all'inizio del nostro secolo avevano suscitato l'interesse di studiosi come A. Roccati (1912), che ne iniziò il rilievo topografico. La loro tipologia li rende però scarsamente adatti a uno studio delle variazioni frontali annuali, i cui dati non sono facilmente interpretabili. Fino agli anni '40 le osservazioni disponibili non rivelano una chiara tendenza; lievi avanzate (2 m per il Clapier fra il 1932 e il 1934; 7 m per il Muraion nel 1936) si alternano ad altrettanti limitati ritiri. Un regime di deciso regresso si nota però a partire dall'inizio degli anni '50 e durerà, salvo una brevissima fase di avanzata verso il 1960 che interessa tutte le fronti, per almeno vent'anni. Successivamente il settore terminale di questi ghiacciai risulta costantemente innevato e, anche se si ricavano dalle relazioni annuali aumenti di volume e di superficie, non si hanno dati quantitativi su tali variazioni.

Anche per le Alpi Cozie l'assenza di apparati vallivi dotati di una lingua ben delineata, e quindi più facilmente osservabile a scadenza annuale, ha reso discontinue le serie di dati disponibili. Per gli apparati maggiori, come il Ghiacciaio del Galambra, dei Fourneax, dell'Agnello, si osserva comunque un ritiro pressoché continuo fino all'inizio degli anni '60 (il Galambra, ad esempio, uno dei più vasti della regione, arretra di circa 180 m fra il 1928 e il 1961). Segue un periodo alquanto incerto che alterna ritiri, stasi e avanzate; queste ultime assumono maggiore consistenza fra il 1975 e il 1981.

Nel gruppo del Gran Paradiso e negli altri settori delle Alpi Graie

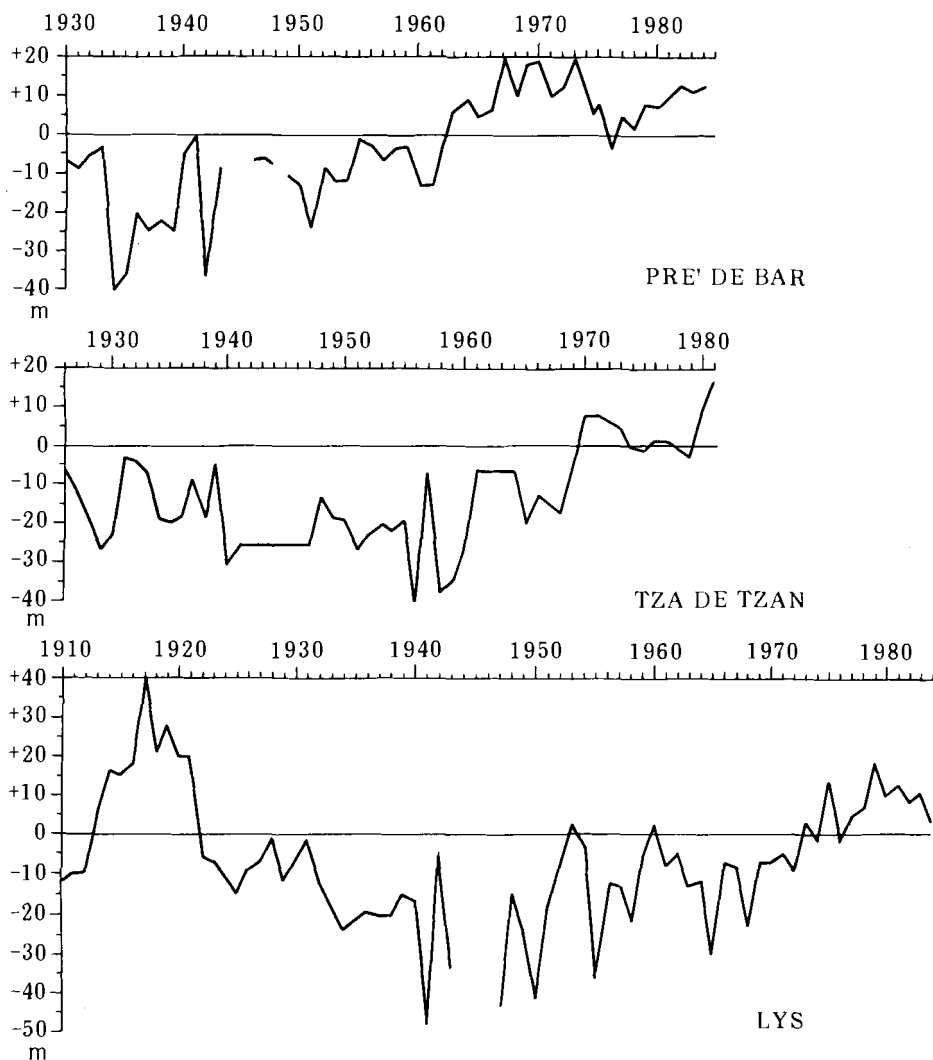


FIG. 3 — VARIAZIONI FRONTALI DEI GHIACCIAI PRÈ DE BAR, TZA DE TZAN E LYS.

I dati di questi grafici e di quelli delle figure seguenti sono tratti dal «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano» (Torino) per gli anni fino al 1979 e da «Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria» (Torino) per gli anni successivi.

che si estendono dal Rocciamelone fino al Monte Bianco escluso si trovano alcuni ghiacciai ben noti e di vaste dimensioni come quelli della Tribolazione, di Gliaietta-Vaudet, del Rutor. Anche se per queste aree si dispone di ampie monografie come quella di F. Sacco (1921), le serie di dati frontali sono alquanto frammentarie e i rilievi recenti sono

piuttosto rari. Si osserva tuttavia un regresso quasi ininterrotto fino alla fine degli anni '70 (più di 150 m di ritiro per il Ghiacciaio della Tribolazione e per il Monciair; quasi 500 m fra il 1942 e il 1968 per il Lavassey). Più tardi si alternano valori positivi e negativi della dinamica frontale. Le avanzate delle fronti del Moncorvè e del Monciair (1969) e del Rutor (1979) restano sporadiche e non trovano conferme nelle osservazioni recenti.

Ben più numerosi sono i dati disponibili per i ghiacciai del massiccio del Monte Bianco, ove sono situati alcuni degli apparati vallivi più noti e caratteristici delle Alpi italiane, come il Ghiacciaio della Lex Blanche, del Miage, della Brenva e di Pré de Bar. La vasta documentazione disponibile, esaminata tra gli altri dalla Cerutti, ai cui lavori (1977 e 1985) si rimanda per maggiori approfondimenti, permette di individuare nei primi decenni del Novecento una lieve fase di espansione; questa, che culmina nel 1920-21, è testimoniata soprattutto da morene frontali ben riconoscibili, anche se di limitate dimensioni. Successivamente ha inizio una fase intensissima di regresso, che provocherà notevoli arretramenti delle fronti e massicce riduzioni volumetriche. Per il Ghiacciaio della Lex Blanche, ad esempio, si assiste nel trentennio 1927-1957 ad un ritiro frontale di circa un chilometro e mezzo, per il Toula di 200 m, per il Planpincieux di oltre 250 m, per il Pré de Bar di circa 650 m. Fa eccezione in questo periodo il comportamento dei due «ghiacciai neri», Miage e Brenva. Soprattutto quest'ultimo, ricoperto da una grandiosa frana nel 1920, continua ad avanzare (G. Orombelli e S.G. Porter, 1982), giungendo nel 1940 quasi a lambire le morene che documentano la massima espansione dell'Ottocento. Da quel momento anche per la Brenva inizia la fase di regresso, che durerà fino alla prima metà degli anni '60. È questo infatti il momento in cui si osserva una netta inversione di tendenza, che, pur con qualche oscillazione di lieve entità, continuerà nei decenni successivi. Dal 1963 al 1984 le fronti del Pré de Bar e del Toula avanzano rispettivamente di 210 m e di 270 m e anche la Lex Blanche fa registrare un progresso di circa 130 m fra il 1970 e il 1983.

La fase di progresso delle fronti viene osservata nelle Alpi Pennine con qualche ritardo rispetto al Monte Bianco.

Nel gruppo Dent d'Hérens-Grandes Murailles la grande colata del Tza de Tzan, che dal 1926 si era ritirata di circa 800 m frammentandosi in due distinte unità glaciali, inizia ad avanzare nel 1970 (Smiraglia, 1975). Anche nel vicino gruppo del Monte Rosa la fase di regresso è avvertibile fino all'inizio degli anni '70. In particolare il Ghiacciaio del Lys, certamente uno dei più studiati delle Alpi italiane (ricordiamo solo i lavori di U. Monterin e quelli di G. Aliverti), fa registrare un'avanzata fra il 1912 e il 1921, le cui morene frontali superano quelle del 1891. Segue un intenso regresso, che porta la fronte ad arretrare di quasi

800 m, fino al 1972. Dopo qualche oscillazione, il progresso diviene continuo (in totale circa 100 m), con evidenti incrementi volumetrici del settore terminale del ghiacciaio. Riprese del glacialismo per il Monte Rosa si segnalano negli anni '70 anche sul versante valsesiano e su quello di Macugnaga.

Per quanto riguarda le Alpi lombarde si osserva che, mentre l'intensità e gli effetti della fase di regresso sono comparabili con quelli delle Alpi Occidentali, non solo si ha un ritardo nella variazione di tendenza, ma l'entità di quest'ultima è nettamente inferiore. Ciò è visibile particolarmente per il gruppo Disgrazia-Bernina. Notevoli arretramenti frontali (per il Ventina quasi un chilometro), frantumazione dei settori terminali con formazione di placche di ghiaccio morto e soprattutto separazione di colate già confluenti sono i fenomeni che più caratterizzano il periodo 1925-1970. La frammentazione dello Scerscen in due distinte unità glaciali (Scerscen Inferiore e Scerscen Superiore) avviene verso la metà degli anni '40; quella del Fellaria, già ghiacciaio vallivo composto, si era verificata verso la fine del decennio precedente e aveva dato origine al Fellaria Occidentale e al Fellaria Orientale. Il disfaccimento delle lingue rallenta solo all'inizio degli anni '70. Per il Fellaria Occidentale una lieve ripresa (circa 30 m) si registra fra il 1977 e il 1983; il Ventina avanza di poco più di 100 m fra il 1973 e il 1986.

Il gruppo dell'Ortles-Cevedale, con i suoi diversi versanti ben glacializzati (è la regione che presenta la più vasta superficie glaciale delle Alpi italiane, con quasi 100 km²), offre un valido esempio degli effetti dell'esposizione, oltre che della localizzazione topografica, sui tempi di risposta delle fronti glaciali alle variazioni climatiche, soprattutto nel caso di oscillazioni positive. Dalla metà degli anni '20, su tutti i versanti del massiccio, come appare dalla monografia di Desio e collaboratori (1967), il regresso è intenso e generalizzato; sul versante lombardo questa fase si prolunga anche fino agli anni '70. Il Ghiacciaio dei Vitelli, ad esempio, fra il 1923 e il 1977 arretra di circa 800 m; il Dosegù di quasi mezzo chilometro fra il 1926 e il 1971; quello dei Forni a partire dal 1925 fa registrare un costante regresso frontale che lo porta ben più a monte dell'Albergo dei Forni, sfiorato dalla lingua glaciale ancora all'inizio del nostro secolo. La ricca documentazione iconografica sul più vasto ghiacciaio italiano permette di seguire accuratamente l'arretramento dei Forni, molto rapido e intenso (anche 60 m all'anno) dopo la piccola oscillazione degli anni '20, che lascia a valle vaste coperture moreniche e lembi di ghiaccio morto.

Anche sul versante trentino e su quello atesino la fase di deglaciazione presenta caratteri di notevole intensità e durata. I ghiacciai contigui della Forcola e del Cevedale arretrano di oltre 600 m fra il 1923 e il 1969. Sull'intero massiccio il quasi cinquantennale periodo di ritiro provoca anche l'estinzione di una trentina degli apparati più piccoli

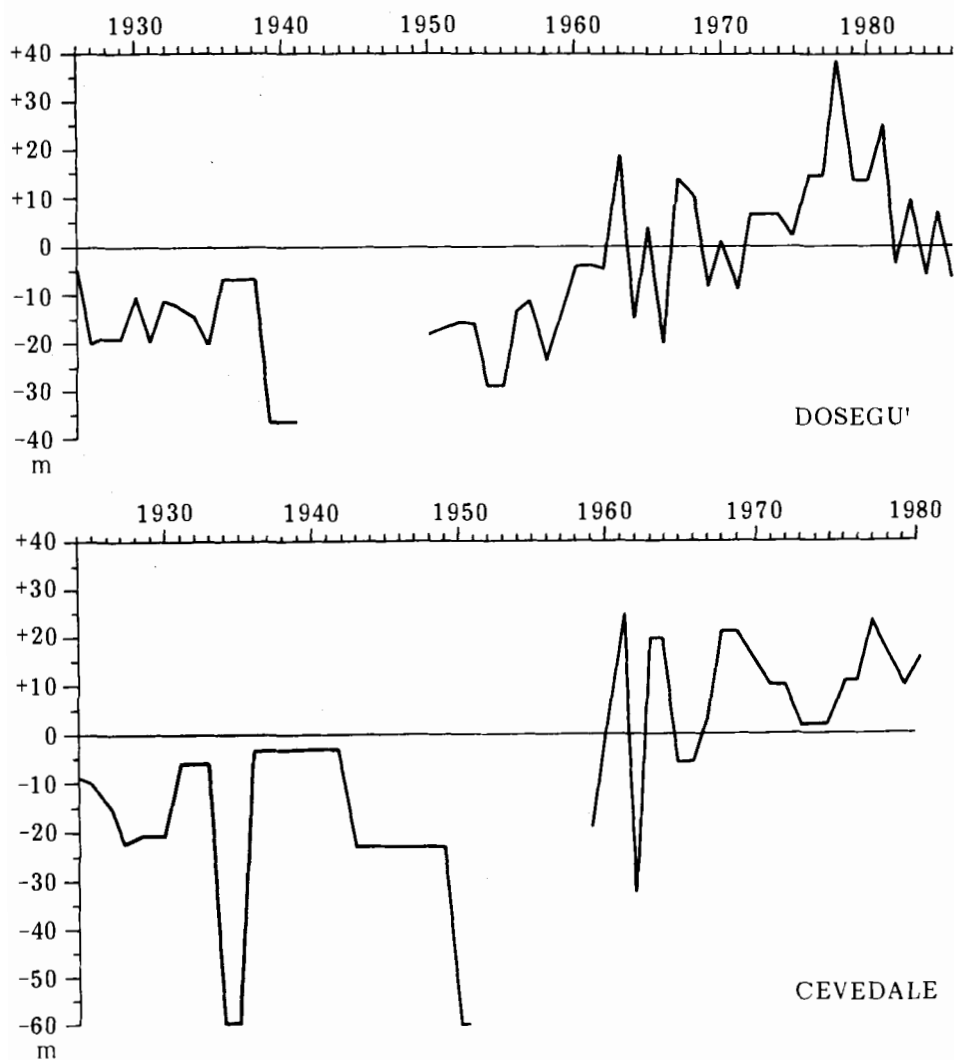


FIG. 4 — VARIAZIONI FRONTALI DEI GHIACCIAI DOSEGU' E CEVEDALE.

(come quelli del Confinale sul versante lombardo), che si riducono ad esigue placche di ghiaccio e neve oppure spariscono completamente. Le prime indicazioni su un'inversione di tendenza appaiono soprattutto sul versante atesino all'inizio degli anni '60. Si tratta dapprima di segnalazioni di aumenti di volume nei bacini collettori e della presenza e persistenza pluriennale di placche di nevato; iniziano poi le misure positive alle fronti, per esempio della Vedretta Ultima (dal 1961),

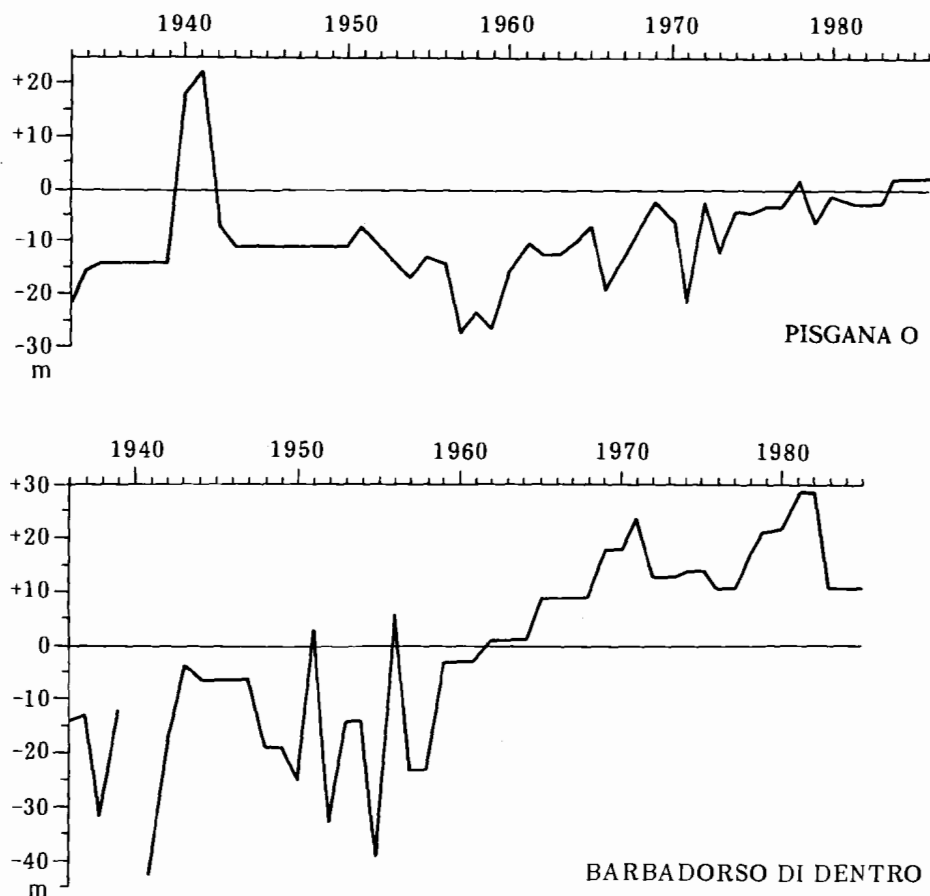


FIG. 5 — VARIAZIONI FRONTALI DEI GHIACCIAI PISGANA OCCIDENTALE E BARBADORSO DI DENTRO.

del Ghiacciaio di La Mare (dal 1964), della Forcola (dal 1970). Circa un decennio più tardi la fase di espansione è ben avvertibile e consolidata anche sul versante lombardo: le fronti di tutti i principali ghiacciai sono in avanzata. Quello dei Forni si allunga di nuovo verso valle per oltre 300 metri.

La dinamica recente e attuale del glacialismo presenta i connotati già indicati anche negli altri gruppi delle Alpi Orientali. Variano comunque tempi e dimensioni del fenomeno. Sull'Adamello, ad esempio, in particolar modo sul versante lombardo, l'inversione di tendenza si manifesta piuttosto con un rallentamento nei ritmi del regresso, come nel caso del Ghiacciaio Pisgana. Sul versante trentino per le lingue del

Mandrone, della Lobbia e del Lares, che si dipartono dal pianalto glaciale dell'Adamello, i progressi delle fronti divengono decisamente avvertibili a partire dal 1974-1978, così come avviene per il Ghiacciaio dell'Agola nel vicino gruppo di Brenta.

Di maggiori dimensioni appare la ripresa del glacialismo nelle Alpi Venoste. Nel massiccio della Pala Bianca i ghiacciai Barbadorso di Dentro e di Vallelunga sono in netto progresso, anche se l'inversione di fase è avvenuta con uno sfasamento notevole fra i due apparati. Nella Gioaia di Tessa il ghiacciaio omonimo, dopo un ritiro di mezzo chilometro fra il 1926 e il 1973, è progredito recentemente di 170 m (Mattana, 1983). Per quanto riguarda i ghiacciai delle Alpi Dolomitiche e delle Alpi Giulie, solitamente di dimensioni piuttosto esigue e situati sul fondo di circhi o di valloni, i dati disponibili solo con difficoltà permettono di individuare precise tendenze od oscillazioni. Le serie statistiche delle misure frontali sono infatti spesso interrotte. Anche per l'apparato di maggiori dimensioni e certamente il più noto sulle Dolomiti (Ghiacciaio della Marmolada), caratterizzato da tre fronti ben distinte, i dati si interrompono con la seconda guerra mondiale e riprendono solo all'inizio degli anni '70. Dal complesso delle fonti disponibili emerge tuttavia che anche in questo settore alpino il glacialismo ha subito un'intensa riduzione per quasi mezzo secolo, che ha portato alla completa estinzione di una ventina di apparati (5). Recenti sintomi di ripresa sono tuttavia avvertibili anche per questi ghiacciai, in particolare per quello della Marmolada, che a partire dal 1972 ha rivelato sufficiente continuità nel progresso della sua complessa fronte.

L'utilizzazione di tutto l'insieme dei dati sulle oscillazioni frontali e delle serie storiche dei ghiacciai «campione» ci ha permesso di delineare con sufficiente precisione le tendenze del glacialismo sulle Alpi italiane per almeno un sessantennio. Durante questo periodo si è dunque verificata una lunga fase di deglaciazione, iniziata verso la metà degli anni '20, con ritiro generalizzato delle fronti, seguita da una ripresa avvertita debolmente verso l'inizio degli anni '60 e poi via via rafforzatasi fino a divenire preponderante. Qualche altra indicazione potrebbe derivare da un'analisi dei dati ricavati dai bilanci di massa, i quali, come si è già accennato, sono tuttavia limitati a pochissimi apparati. Fra questi solo per il Ghiacciaio del Caresèr, sul versante trentino del Cevedale, si dispone di una serie sufficientemente lunga (a partire dal 1967). Il bilancio di massa di questo ghiacciaio risulta in media negativo e corrisponde ad una riduzione annuale di 140 mm di equivalente in acqua, pari ad una perdita di massa complessiva di circa 8 milioni di m³ di acqua; di ciò si è avuta una conferma anche dal-

(5) Per le Alpi Giulie si veda lo studio di Rabagliati e Serandrei Barbero (1982).

l'analisi delle variazioni volumetriche nel periodo 1967-1980, effettuata attraverso il confronto fra due rilievi aerofotogrammetrici (M. Giada e G. Zanon, 1985). Il Ghiacciaio del Caresèr si mantiene tuttora in fase di squilibrio; la sua morfologia, unita alla particolare distribuzione altimetrica della sua superficie (il 50% della superficie totale è concentrato nell'intervallo altimetrico 3050-3150), lo rende molto sensibile ad oscillazioni anche relativamente piccole della linea di equilibrio (attualmente a 3112 m).

Fra il 1977 e il 1979 sono stati eseguiti bilanci di massa anche su due ghiacciai dell'Alto Adige, la Vedretta Alta (Val Martello) e la Vedretta Occidentale di Ries (Val di Riva). Secondo F. Secchieri e P. Valentini (1985), per quanto riguarda la Vedretta di Ries si è avuto un risultato positivo per l'annata 1977-78 con un accumulo netto pari a 1,61 milioni di m³ di equivalente in acqua, mentre per l'annata successiva il bilancio è stato praticamente nullo, in quanto l'ablazione lorda ha pareggiato l'accumulo lordo. A proposito della Vedretta Alta, il bilancio è stato positivo per il primo anno (incremento totale di massa di 0,71 milioni di m³ di equivalente in acqua) e lievemente negativo per l'annata 1978-79. Attraverso il confronto di due diversi rilievi topografici, è stato anche valutato dagli stessi autori il bilancio relativo al decennio 1968-1978 per la Vedretta Alta; ne è risultato un notevole incremento della massa del ghiaccio (11,68 milioni di m³ di equivalente in acqua, pari ad una lama d'acqua mediamente di 6690 mm). Le ricerche sui bilanci di massa fin qui compiute, pur fornendo dati fondamentali sul regime glaciale e sulle relazioni con il clima per alcuni bacini, sono numericamente troppo limitate e anche troppo recenti per inserirsi proficuamente nella sintetica evoluzione del glacialismo sulle Alpi italiane che si è fin qui tracciata. Anche il contributo che può derivare dal confronto fra i vari catasti è alquanto limitato. Le tecniche di raccolta e di elaborazione dei dati sono infatti molto mutate nel tempo; è quindi difficile verificare se le variazioni rilevabili fra un catasto e l'altro riflettano veramente differenze della copertura glaciale o non derivino piuttosto dalle diverse metodologie applicate. Nell'Elenco dei Ghiacciai Italiani di Porro (1925) venivano elencati per le Alpi 773 individui glaciali. Nel Catasto CNR-Comitato Glaciologico Italiano (1959-1962) nell'ambito delle Alpi italiane sono identificati 837 ghiacciai esistenti, per una superficie complessiva di circa 540 km², e così distribuiti: Alpi Occidentali, 207 unità; Alpi Centrali, 528; Alpi Orientali, 102. Per quanto riguarda i bacini idrografici si aveva la seguente ripartizione: bacino del Po, 534 unità; bacino dell'Adige, 255; altri bacini (Brenta, Danubio, Reno), 48. La maggiore estensione del glacialismo era individuabile nel massiccio dell'Ortles-Cevedale con 96 km², nell'Adamello-Presanella con 53 km² e nel gruppo del Monte Bianco con 42 km². Il più vasto fra i ghiacciai italiani risultava quello dei Forni

nell'Ortles-Cevedale con 20 km², un dato però sicuramente sovrastimato; seguivano il Mandrone nell'Adamello con 11,9 km², il Miage sul Monte Bianco con 11,3 km² e il Lys sul Monte Rosa con 10,8 km².

Secondo i dati in corso di pubblicazione del *World Glacier Inventory* sulle Alpi italiane gli apparati glaciali coprirebbero una superficie totale di 607 km², corrispondenti al 20,7% dell'intera superficie glaciale delle Alpi. Rispetto al catasto precedente si avrebbe un incremento areale del 12,4%; bisogna però tenere conto che nei totali del World Glacier Inventory sono compresi anche i glacionevati. Il più vasto dei ghiacciai italiani risulta sempre quello dei Forni, la cui superficie è ridimensionata a 13 km² (6). Per quanto riguarda la Val Malenco, ad esempio (gruppi del Disgrazia e del Bernina), si è passati, sempre tenendo conto delle diverse metodologie di raccolta dei dati, da 41 apparati glaciali nel 1960 con una superficie totale di 34,9 km² a 48 ghiacciai nel 1983 con una superficie totale di 36,2 km²: l'incremento areale sarebbe dunque stato del 3,7%. È anche il caso di ricordare i dati proposti dalla monografia del Nangeroni (1929): 33 ghiacciai con una superficie complessiva di 46,5 km². I tre momenti presi in considerazione confermano, almeno per questo settore delle Alpi Centrali, le tendenze di massima già indicate: riduzione areale delle masse glaciali dalla metà degli anni '20 agli anni '60 (con frammentazione delle colate e conseguente aumento del numero degli individui glaciali); lieve ripresa del glacialismo nei decenni successivi con modesto incremento areale accompagnato dalla formazione di nuovi glacionevati.

Osservazioni conclusive. — Nelle pagine precedenti si è fornito un quadro sintetico, ma il più possibile completo, delle tematiche e dei risultati delle indagini glaciologiche in Italia. Si è dunque cercato di fare il punto su questo settore della ricerca scientifica, senza trascurare le linee essenziali dell'attività recente del Comitato Glaciologico Italiano, che, come scrive G.B. Castiglioni (1985), si compendiano nella rilevazione di tutte le masse glaciali del territorio italiano, nella realizzazione di un nuovo Catasto dei Ghiacciai, dopo quello preparato in occasione dell'Anno Geofisico 1957-1958, e nello studio continuativo delle fluttuazioni glaciali. Si è anche osservato come i dati disponibili abbiano permesso di seguire la fase di regresso pressoché continuo dei ghiacciai italiani dai primi decenni del nostro secolo fino alla fase di progresso di questi ultimi due decenni, già probabilmente in corso di attenuazione. Riteniamo tuttavia che dal lavoro qui presentato siano emersi anche i numerosi problemi dell'organizzazione della ricerca glaciologica nel nostro paese. Come

(6) Alcuni confronti fra i dati dei due Catasti, per singoli gruppi montuosi, sono stati compiuti soprattutto per le Alpi Centrali da vari autori, tra i quali Smiraglia (1982 e 1987).

ha sottolineato Saibene (1985), uno dei motivi sostanziali della riduzione degli interessi scientifici per la glaciologia va ricercato nella «carenza di quella dotazione strumentale che altrove è supporto essenziale anche per la promozione e l'articolazione delle ricerche e per il loro affinamento metodologico». Da un lato è quindi indispensabile non disperdere, ma anzi arricchire ed attingere ampiamente a quel patrimonio di dati sulle variazioni dei margini glaciali, che coprono quasi ottant'anni. Dall'altro lato è indispensabile, per allinearsi ai livelli internazionali, compiere una serie di studi approfonditi e di dettaglio su ghiacciai campione. È quindi necessario incrementare il numero dei bilanci di massa, che possono fornire le correlazioni con i parametri climatici; intensificare gli studi di tipo geofisico (è ormai di uso comune all'estero il *radio-echo sounding* per la misura degli spessori di ghiaccio e per la ricostruzione della morfologia del letto roccioso); ampliare le ricerche che si potrebbero definire di «glaciologia strutturale» (fra l'altro il calcolo di *strain* e *stress*), le quali possono giovare anche dei dati e delle osservazioni provenienti dal recente sviluppo della «speleologia glaciale»; ravvivare le relazioni con i ricercatori di altre discipline, come la climatologia e la geomorfologia o geologia del glaciale, le cui competenze diventano imprescindibili per una corretta e completa comprensione del fenomeno glaciale nelle sue varie manifestazioni; incrementare l'esperienza internazionale dei ricercatori italiani, vista non solo come partecipazione, pur necessaria, a incontri e convegni, ma soprattutto come contatto con realtà glaciali diverse da quelle alpine (a questo proposito il Progetto Nazionale Antartide rappresenta un'occasione che deve essere ampiamente ed efficacemente sfruttata). Riallacciandoci infine a quanto esposto nel paragrafo introduttivo, ci sembra opportuno sottolineare la necessità di sviluppare le ricerche di tipo pratico-applicativo, soprattutto per quanto riguarda i ghiacciai intesi come riserve idriche.

I recenti avvenimenti della Valtellina, a proposito dei quali è stata chiamata in causa anche l'ablazione accelerata delle masse glaciali, possono costituire un valido e stimolante esempio di quanto sia importante conoscere i processi e le loro risultanze (soprattutto per quanto attiene alle dimensioni quantitative) di quello che, seguendo J.T. Andrews (1975), potremmo definire il «sistema glaciale».

BIBLIOGRAFIA

- ABBADESSA F., *Rilievi e indagini sul Ghiacciaio dei Forni (Valtellina)*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1955, serie II, n. 6, pp. 101-128.
- ALIVERTI G., *Sulla struttura del ghiacciaio del Lys presso la linea di nevato*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1948, serie I, n. 25, pp. 13-23.

- ALIVERTI G., *Relazione su una visita ai ghiacciai del M. Rosa versante nord-ovest*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1950, serie II, n. 1, pp. 31-38.
- ALIVERTI G., COLOMBINO P. e DE MAIO A., *Sopra un «Surge» di acqua accaduto sul Ghiacciaio del Lys (Monte Rosa)*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1973, serie II, n. 21, pp. 7-18.
- ANDREWS J.T., *Glacial System. An Approach to glaciers and their environments*, North Scituate, Duxbury Press, 1975.
- BELLONI S., *Le condizioni climatiche*, in DESIO A., *I Ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale*, Torino, CNR - Comit. Glaciol. Ital., 1967, pp. 14-87.
- BELLONI S., *Il bilancio idrologico delle Vedrette di San Giacomo*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1970, serie II n. 18, pp. 19-34.
- BELLONI S., CATASTA G. e SMIRAGLIA C., *Parametri climatici e oscillazioni frontali dei ghiacciai italiani nell'ultimo sessantennio*, in PINNA M. (a cura di), *Contributi di climatologia*, «Mem. Soc. Geogr. Ital.», XXXIX, Roma, 1985, pp. 169-193.
- BELLONI S., CATASTA G. e SMIRAGLIA C., *Parametri climatici e variazioni glaciali nel periodo 1950-1982*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1985, pp. 97-123.
- BELLONI S., CATASTA G. e SMIRAGLIA C., *Problematiche e indicazioni per un nuovo Catasto dei ghiacciai italiani sulla base del confronto fra il Catasto Italiano 1959-1962 e il World Glacier Inventory*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1985, pp. 166-181.
- BELLONI S., CATASTA G. e SMIRAGLIA C., *Un sessantennio di variazioni dei ghiacciai italiani*, in «Il Bollettino-Annuario del Comitato Scientifico Centrale», Milano, Club Alp. Ital., 1987.
- CAMOLETTO C.F., *Osservazioni e rilievi sui Ghiacciai delle Alpi Marittime*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1930, serie I, n. 10, pp. 25-44.
- CAPELLO C.F., *La glaciazione attuale nel massiccio del Monte Bianco. Caratteri morfologici e morfometrici dei ghiacciai sul versante italiano*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1936, serie I, n. 16, pp. 153-230.
- CASTIGLIONI B., *Ghiacciai delle Venoste Orientali*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1928, serie I, n. 8, pp. 91-166.
- CASTIGLIONI B., *Ghiacciai delle Breonie*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1930, serie I, n. 10, pp. 141-192.
- CASTIGLIONI G.B., *Presentazione*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1985, pp. 65-66.
- CERUTTI A.V., *Osservazioni sul progresso dei ghiacciai del Monte Bianco nell'ultimo decennio*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1971, serie II, n. 19, pp. 251-272.
- CERUTTI A.V., *Le condizioni termometriche e nivometriche del periodo 1936-70 sul versante meridionale del Monte Bianco e le variazioni di volume delle precipitazioni nevose nei bacini glaciali*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1975, serie II, n. 23, pp. 31-50.

- CERUTTI A.V., *Variazioni climatiche, alimentazione ed oscillazioni glaciali sul Massiccio del Monte Bianco*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1977, serie II, n. 25, pp. 53-88.
- CERUTTI A.V., *Le variazioni glaciali e climatiche durante l'ultimo secolo nei gruppi del Monte Bianco e del Monte Rosa*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1985, pp. 124-136.
- CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE - COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO, *Catasto dei Ghiacciai Italiani*, Torino, 1959-1962.
- DAINELLI G., *Alcune osservazioni sui ghiacciai del versante italiano del Monte Rosa*, in «Boll. Club Alp. Ital.», Torino, 1902, vol. XXXV, pp. 289-384.
- DE GEMINI F., *Il Ghiacciaio Grande di Verra e le sue variazioni negli ultimi decenni*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1962, serie II, n. 12, pp. 23-40.
- DELLA VENTURA A. e altri, *Controllo delle fluttuazioni dei ghiacciai alpini mediante telerilevamento da satellite*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1985, pp. 150-155.
- DELLA VENTURA e altri, *L'evoluzione recente del glacialismo in Valle Aurina (Alpi Pusteresi) nelle immagini Landsat MMS*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1986, pp. 39-48.
- DESIO A., con la collaboraz. di BELLONI S. e GIORCELLI A., *I Ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale (Alpi Centrali)*, Torino, CNR-Comit. Glaciol. Ital., 1967.
- GIADA M. e ZANON G., *Modificazioni volumetriche sul Ghiacciaio del Caresèr (Alpi Centrali, Gruppo Ortles-Cevedale) tra il 1967 e il 1980*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1985, pp. 10-13.
- KASSER P., AELLEN M. e SIEGENTHALER H., *Die Gletscher der schweizer Alpen 1977/78 und 1978/79*, Zurigo, ETH, 1986.
- KUHN M., *On the non-linearity of glacier lenght response to climatic changes: comments on a paper by H.W. Posamentier*, in «Journ. of Glaciol.» 83, Cambridge, 1978, pp. 443-445.
- LESCA C., *Determinazione delle variazioni dal 1965 al 1970 della lingua terminale del Ghiacciaio del Brouillard mediante rilievi aerofotogrammetrici*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1972, serie II, n. 20, pp. 87-92.
- LESCA C., *L'espansione della lingua terminale del Ghiacciaio della Brenva in base ai rilievi fotogrammetrici del 1959, 1970 e 1971*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1972, serie II, n. 20, pp. 93-100.
- LESCA C., *La partecipazione italiana al «World Inventory of Perennial Ice and Snow Masses»*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1974, serie II, n. 22, pp. 127-142.
- MARIANI E., *Osservazioni su recenti oscillazioni di ghiacciai nel gruppo Ortles-Cevedale*, in «Rend. Ist. Lombardo di Scienze e Lettere», XXXVIII, Milano, 1905, pp. 854-858.
- MARINELLI O., *Studi orografici nelle Alpi Orientali*, in «Boll. Soc. Geogr. Ital.», Roma, 1902, pp. 682-716, 757-779 e 833-861.

- MARSON L., *Sui ghiacciai del Massiccio del Monte Disgrazia*, in «Mem. Soc. Geogr. Ital.», VII, Roma, 1897, pp. 61-80.
- MATTANA U., *La recente evoluzione del glacialismo nel gruppo di Tessa (Alpi Venoste)*, Padova, 1983 («Materiali dell'Istituto di Geografia dell'Università di Padova», 6).
- MERCIAI G., *I ghiacciai della Presanella*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1930, serie I, n. 10, pp. 91-140.
- MONTERIN U., *Osservazioni sui ghiacciai del Monte Rosa nel versante di Ayas e Gressoney*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Roma, 1914, serie I, n. 1, pp. 81-103.
- MONTERIN U., *Il Ghiacciaio del Lys al Monte Rosa dal 1901 al 1917*, in «Riv. Geogr. Ital.», Firenze, 1918, pp. 181-194.
- MONTERIN U., *Le variazioni secolari del clima del Gran San Bernardo: 1818-1931 e le oscillazioni del Ghiacciaio del Lys al Monte Rosa: 1789-1931*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1932, serie I, n. 12, pp. 59-184.
- MONTERIN U., *Il clima delle Alpi ha mutato in epoca storica?*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1936, serie I, n. 16, pp. 57-108.
- MÜLLER F., CAFLISCH T. e MÜLLER G., *Firn und Eis der schweizer Alpen. Gletscherinventar*, Zurigo, Geographisches Institut, 1976.
- MÜLLER F., CAFLISCH T. e MÜLLER G., *Instructions for Compilation and Assemblage of Data for a World Glacier Inventory*, Zurigo, Temporary Technical Secretariat World Glacier Inventory-ETH, 1977.
- MÜLLER F., CAFLISCH T. e MÜLLER G., *Instructions for Compilation and Assemblage of Data for a World Glacier Inventory. Supplement: Identification/Glacier Number*, Zurigo, Temporary Technical Secretariat World Glacier Inventory-ETH, 1978.
- NANGERONI G., *Il glacialismo attuale nella Media Valtellina*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1929, serie I, n. 9, pp. 145-234.
- NANGERONI G., *Il glacialismo attuale nell'Alta Valtellina*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1933, serie I, n. 13, pp. 141-171.
- OROMBELLI G. e PORTER S.C., *Late Holocene fluctuations of Brenva Glacier*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1982, pp. 14-37.
- PATERSON W.S.B., *The Physics of Glaciers*, Oxford, Pergamon, 1981.
- PERETTI L., *Considerazioni sul glacialismo attuale nel Gruppo del Gran Paradiso*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1935, serie I, n. 15, pp. 136-154.
- PORRO C., *Elenco dei Ghiacciai Italiani*, Parma, Uff. Idrogr. del Po, 1925.
- PORRO C. e LABUS P., *Atlante dei ghiacciai italiani. Parte I: Carta Corografica 1:500.000*, Firenze, IGM, 1927.
- POSAMENTIER H.W., *A new climatic model for glacier behavior of the Austrian Alps*, in «Journ. of Glaciol.», 78, Cambridge, 1977, pp. 57-65.
- RABAGLIATI R. e SERANDREI BARBERO R., *I ghiacciai delle Alpi Giulie dal 1920 al 1979. Spostamenti delle fronti e variazioni climatiche*, in «Studi Trent. di Scienze Nat., Acta Geol.», 59, Trento, 1982, pp. 105-126.

- REISHANER H., *Revision einiger Gletschermacken in der Presanella-Adamello Gruppe im Sommer 1905*, in «Zeitschr. für Gletscherkunde», Berlino, 1907, vol. II.
- ROCCATI A., *I ghiacciai del gruppo Clapièr-Maledia-Gelas*, in «Riv. Club Alp. Ital.», Torino, 1912, vol. XXXI.
- SACCO F., *Il glacialismo nel gruppo del Gran Paradiso*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1921, serie I, n. 4, pp. 121-168.
- SACCO F., *Il glacialismo nel Gruppo del Monviso*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1927, serie I, n. 7, pp. 58-93.
- SAIBENE C., *Revisione dei ghiacciai del versante lombardo dell'Adamello*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1953, serie II, n. 4, pp. 231-260.
- SAIBENE C., *La ricerca glaciologica: tendenze e proposte*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1985, pp. 66-72.
- SECCHIERI F., *Problematiche relative alla raccolta e all'interpretazione dei dati per un nuovo catasto dei ghiacciai*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1985, pp. 156-165.
- SECCHIERI F. e VALENTINI P., *Indagine glaciologica sulla Vedretta Alta e sulla Vedretta Occidentale di Ries (Alto Adige)*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1985, pp. 137-143.
- SMIRAGLIA C., *Note sull'evoluzione recente del glacialismo dell'alta Valpelline*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1975, serie II, n. 23, pp. 119-130.
- SMIRAGLIA C., *Il glacialismo attuale sul versante italiano del Gruppo del Bernina. Alcuni risultati del Catasto internazionale dei Ghiacciai*, in «Boll. Soc. Geogr. Ital.», Roma, 1982, pp. 95-114.
- SMIRAGLIA C., *Il Ghiacciaio dei Forni (Gruppo Ortles-Cevedale) e la sua storia recente*, in «Il Bollettino-Annuario del Comitato Scientifico Centrale», Milano, Club Alp. Ital., 1985, pp. 28-34.
- SMIRAGLIA C., *Il Ghiacciaio della Ventina (Val Malenco, Alpi Centrali): contributo alla conoscenza del «tempo di risposta»*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1986, pp. 49-55.
- SMIRAGLIA C., *Relazione generale della Campagna Glaciologica 1985. Settore lombardo*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1986.
- SMIRAGLIA C., *I ghiacciai della provincia di Brescia*, in «Adamello», 60, Brescia, 1986, pp. 12-14.
- SMIRAGLIA C., *I ghiacciai della Valmalenco*, in «Atti del Convegno Valmalenco Natura 1, Chiesa Valmalenco, 1986», pp. 205-222.
- SOMIGLANA C., *Relazione della Commissione per lo studio dei ghiacciai*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1914, serie I, n. 1, pp. 5-8.
- VALENTINI P., *Il Catasto dei Ghiacciai della Provincia di Bolzano*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1985, pp. 182-195.
- VANNI M., *Il Ghiacciaio di Tsa-de-Tsan in Valpelline*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1939, serie I, n. 19, pp. 61-97.

- VANNI M., *Le variazioni dei ghiacciai italiani nell'anno 1960*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1963, serie II, n. 10, pp. 3-12.
- ZANON G., *Ricerche sul bilancio glaciale con applicazione al ghiacciaio della Marmolada (Alpi Orientali)*, in «Boll. Comit. Glaciol. Ital.», Torino, 1965, serie II, n. 15, pp. 23-70.
- ZANON G., *Ghiacciai, neve e valanghe*, nel vol. a cura di CORNA PELLEGRINI G. e BRUSA C., *La ricerca geografica in Italia 1960-1980*, Varese, Ask, 1980, pp. 693-702.
- ZANON G., *I ghiacciai italiani*, nel vol. BACHMANN R.C., *Ghiacciai delle Alpi*, Bologna, Zanichelli, 1980, pp. 53-56.
- ZANON G., *Recent glaciological research in the Ortles-Cevedale region (Italian Alps)*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1982, pp. 75-81.
- ZANON G., *Alcune considerazioni sugli attuali orientamenti della ricerca glaciologica in Italia*, in «La Geogr. nelle Scuole», Trieste, 1984, pp. 85-91.
- ZANON G., *Glaciology*, nel vol. *Italian Research on Physical Geography and Geomorphology: an Overview*, Bologna, 1985, pp. 3-6.
- ZANON G., *L'attuale tendenza evolutiva dei ghiacciai delle Alpi italiane*, in «Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.», Torino, 1985, pp. 89-96.

THE RECENT EVOLUTION OF GLACIALISM ON THE ITALIAN ALPS. INSTRUMENTS AND OBJECTS OF RESEARCH. — After pointing out the manifold scientific and practical interests related to the glaciological studies, the authors list the main instruments and sources to be used for the research in this field. In particular they emphasize the different ways of utilizing yearly data on frontal variations, monographies with cartographic reliefs and land registers. Moreover, the recent trends of glacialism on the Italian Alps are pointed out through both the data relating the whole chain (nearly constant and general regression of the fronts from 1925 to 1970 followed by an increase of the number of advancing glaciers) and the exemplifications regarding the main mountain groups. Finally suggestions for a thorough investigation in this sector of research are made particularly for the mass balances and application aspects.

*Università Statale di Milano, Dipartimento di Scienze della Terra.
Università Cattolica di Milano, Istituto di Geografia.*