

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
CENTRO DI STUDIO PER LA GEOGRAFIA FISICA

G. B. CASTIGLIONI

SUL MORENICO STADIALE NELLE DOLOMITI

(Con una carta fuori testo in scala 1:125'000)



PADOVA
SOCIETÀ COOPERATIVA TIPOGRAFICA
1964

Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell' Università di Padova

Volume XXIV



Sarebbe poco utile cercar di descrivere in forma riassuntiva, in breve spazio, i depositi morenici sparsi in una regione assai vasta com'è la regione dolomitica. Sembra più utile indicare, almeno nelle linee generali, quali sono state le vicende dei fenomeni glaciali che a quei depositi hanno dato origine, durante il Pleistocene, e di cui i depositi stessi sono testimonianza. Sarà così possibile, da un lato, comprendere la genesi di questi depositi morenici, o almeno di gran parte di essi; dall'altro stabilire delle correlazioni cronologiche, che, sia pure con molti punti incerti, permettano di seguire la successione dei fatti attraverso il tempo, e di tentare qualche confronto fra una parte e l'altra del territorio (¹).

La carta che è stata costruita, pur nella sua schematicità, indica le località e i depositi più significativi, e presenta in forma visiva le conclusioni che si possono trarre su quelle vicende glaciali. Naturalmente essa non soddisfa che in piccola parte le esigenze di una dettagliata descrizione. L'elenco bibliografico posto alla fine di questo capitolo ha lo scopo, fra l'altro, di aiutare il lettore desideroso di conoscere, su opere che ne trattino diffusamente, qualcuno degli elementi descrittivi che qui mancano.

E' indispensabile un breve richiamo alle principali fonti bibliografiche e ai nomi di alcuni studiosi che maggiormente hanno contribuito a tale campo di studi. A. PENCK ed E. BRÜCKNER, nella loro opera fondamentale sulle Alpi nell'età glaciale, hanno dedicato numerose pagine alla nostra regione, pagine che oltre a riassumere le conoscenze già acquisite per merito di Autori precedenti, contengono ricco materiale di osservazione personale, e presentano un'interpretazione dei fatti locali bene inquadrata nella storia delle glaciazioni alpine.

Gli studi sulla regione dolomitica di un nostro illustre geografo, O. MARINELLI, che pure risalgono alla fine dell'altro e all'inizio del nostro secolo, riguardano più il glacialismo attuale che quello antico. Molte pubblicazioni di carattere geologico,

(¹) Il presente lavoro è stato compiuto per invito del Prof. P. LEONARDI, Direttore dell'Istituto di Geologia dell'Università di Ferrara, perchè potesse far parte di un'ampia monografia sulle Dolomiti, in corso di preparazione.

Ringrazio il Prof. LEONARDI per avermi invitato a collaborare a quell'opera, e per avermi concesso la pubblicazione separata di queste pagine. Ringrazio pure il Prof. MORANDINI, Direttore dell'Istituto di Geografia dell'Università di Padova, per i consigli e per il contributo finanziario del Centro Studi di Geografia fisica del C. N. R., e il Prof. Gb. DAL PIAZ, Direttore dell'Istituto di Geologia dell'Università di Padova, per aver accolto la pubblicazione nelle « Memorie » da lui dirette.

forniscono, se non delle descrizioni complete dei depositi morenici antichi, almeno delle notizie; e le numerose carte geologiche che interessano l'area dolomitica sono abbastanza ricche di indicazioni, per esempio sulla posizione degli argini morenici. L'argomento è però spesso più ampiamente trattato in studi di carattere morfologico, o misto, o in pubblicazioni speciali.

Di particolare importanza sono gli studi di « geologia glaciale », riguardanti le Dolomiti, di R. v. KLEBELSBERG, che, in seguito a vaste ricerche, ha potuto segnalare e descrivere numerosi apparati morenici prima non noti, ed è poi ritornato più volte sui problemi della loro datazione. A questi studi si dovrà frequentemente far riferimento nelle pagine che seguono.

Tra gli italiani, emerge l'opera di BRUNO CASTIGLIONI, che ha approfondito lo studio degli apparati morenici stadiali nei suoi lavori dedicati a singole parti del territorio. Le sue ricerche originali furono anche estese a gran parte della regione dolomitica, per quanto i risultati siano rimasti inediti in larga misura. Dell'ampiezza delle sue conoscenze sono testimonianza due brevi note riassuntive [1930 e 1936], in cui vengono affrontate questioni di interpretazione e di datazione, molto utili per un confronto con le idee che nel frattempo si andavano sviluppando particolarmente da parte del KLEBELSBERG e dei suoi allievi.

La nota di B. CASTIGLIONI del 1930 fa riferimento ad una sua grande carta di insieme, che non fu poi pubblicata, per ragioni non chiarite ⁽¹⁾.

Fino ad allora esisteva soltanto una cartina del KLEBELSBERG (annessa al lavoro del 1927), molto schematica e a scala molto piccola (1: 400.000), con l'ubicazione degli apparati morenici coordinati cronologicamente.

Essendo state trovate le minute di quella carta di B. CASTIGLIONI, sufficientemente complete, su fogli in scala 1: 100.000, è oggi possibile pubblicare una carta di insieme che ripeta il disegno di quella, e in tal modo anche valorizzi, almeno in parte, quel materiale inedito, frutto di molti anni di pazienti ricerche sul terreno.

Il figlio, che qui scrive, con animo riverente ha tentato l'utilizzazione di quelle minute, colmandone le lacune sulla base delle fonti bibliografiche e cartografiche esistenti, anche posteriori al 1930.

Naturalmente, per tener conto di alcuni progressi che nel frattempo le conoscenze in tale campo di studio sembrano aver acquisito, è stato necessario portare qualche modifica e qualche adattamento nel nuovo disegno rispetto agli originali, soprattutto per non incorrere in contraddizioni. Il lavoro comunque vuole soltanto avere il significato di un tentativo, ancora provvisorio.

La carta è stata costruita secondo uno schema già largamente adottato: si limita, in pratica, ad indicare gli *apparati morenici*; elementi morfologici che, opportunamente interpretati, permettono di ricostruire almeno in parte le dimensioni e l'andamento degli antichi ghiacciai. I simboli adottati consentono di stabilire, anche con una semplice occhiata, i rapporti cronologici tra i resti morenici segna-

⁽¹⁾ La carta era stata presentata alla XIX Riunione della Soc. Ital. per il Progresso delle Scienze. Nel 1936 B. CASTIGLIONI scriveva: « Purtroppo la carta... da me presentata in quella circostanza non potè essere pubblicata » (Atti del III Congresso INQUA, Vienna 1936, p. 106).

lati; quindi permettono di riconoscere, almeno fino ad un certo punto, le principali tappe della storia del glacialismo dolomitico dal würmiano ad oggi (¹).

Quanto alla glaciazione würmiana, le carte paleogeografiche già pubblicate in precedenza sono sufficientemente ricche di particolari malgrado la piccola scala (²). Si è data qualche indicazione, nella carta che viene ora pubblicata, soltanto sulla direzione delle colate würmiane (mediante frecce); e sul contorno dei ghiacciai würmiani. Quest'ultimo è stato tracciato limitatamente al Bellunese, dove era più agevole farlo. Tuttavia è il caso di avvertire che anche tale contorno meriterebbe di essere riveduto con nuove ricerche sul terreno.

Nel würmiano è noto che tutte le valli erano ricolme di ghiaccio fino a grande altezza, cosicchè le colate scendenti dai gruppi dolomitici maggiori si fondevano assieme, perdevano la loro individualità, formavano una rete di rami glaciali che interferivano fra loro, tra valle e valle, passando al di sopra degli attuali valichi.

Solo verso le valli meridionali (del Cismon, del Cordevole, del Maè, del Piave) per la maggior pendenza delle colate dirette verso la zona prealpina, il livello del ghiaccio scendeva al di sotto del limite delle nevi persistenti: solo in tali valli potevano quindi deporsi morene di sponda durante il massimo würmiano. Per gran parte della regione dolomitica, invece, la superficie glaciale era al di sopra di quel limite, e quindi era tutta compresa nell'area d'alimentazione. Ma vari resti di morene di fondo, e materiali sparsi abbandonati dai ghiacciai nel corso della loro fusione, sono comunque da riferire al würmiano. Non mancano indizi per riconoscere, assieme agli spessori delle antiche colate, la direzione del movimento del ghiacciaio, osservando la morfologia dei rilievi, e specialmente la distribuzione dei ciottoli morenici trasportati lungo le valli o da una valle all'altra. Si riconosce così, per esempio, che nella Pusteria ristagnava il ghiaccio fino ad un'altitudine di 2300 m ed oltre, per poi muoversi non solo verso il bacino dell'Isarco, ad ovest, e quello della Drava, ad est, ma anche verso il Piave superando il Passo di Monte Croce Comelico: questo ghiaccio pusterese, alimentato specialmente dalle valli della catena centrale alpina, si insinuava profondamente anche in Val Badia, respingendo in parte verso sud, oltre i valichi delle Dolomiti, i ghiacci locali (³). La grande colata della Val

(¹) Non risultano noti nella regione dolomitica resti morenici più antichi dell'ultima glaciazione, se non in affioramenti limitatissimi: quello descritto dal KLEBELSBERG [1956, p. 191] presso Brunico; forse un altro segnalato dal BRÜCKNER lungo il Piave, presso Ponte nelle Alpi [1909, p. 998]; la morena appena nominata dal MUTSCHLECHNER [1935, p. 47] al letto di una breccia interglaciale presso l'Albergo M. Pana, a sud di S. Cristina in Val Gardena (non più confermata successivamente); infine i piccoli resti di morene antiche molto alterate, segnalati da G. DAL PIAZ [1912, p. 85] nei pressi di Feltre.

In valli periferiche come quelle della Rienza, dell'Isarco, dell'Adige, del Piave e in alcune valli dolomitiche, sono stati studiati depositi pleistocenici che risalgono, secondo l'interpretazione generalmente data dagli studiosi, ad un interglaciale precedente al würmiano. Si tratta in molti casi di depositi ciottolosi e ghiaiosi, talora anche più fini, più o meno cementati, che sono stati spiegati con fenomeni di intenso alluvionamento da parte dei corsi d'acqua. In tali formazioni sono contenuti talvolta anche ciottoli che, per la loro natura e per la loro ubicazione, si devono ritenere provenienti da rimaneggiamento di più antichi depositi morenici.

(²) PENCK e BRÜCKNER [1909, Vol. III, carte a p. 852 e a p. 960]; KLEBELSBERG [1935, carta a p. 540]; B. CASTIGLIONI [1940].

(³) Il KLEBELSBERG [1956] ricorda i principali ritrovamenti (dovuti specialmente al MUTSCHLECHNER) di ciottoli cristallini, provenienti dalle Alpi Aurine, nel bacino della Val Badia e in altri luoghi delle Dolomiti.

Le questioni che sorgono per comprendere il modo di penetrazione del ghiaccio estraneo in queste valli, sono esposte dal KLEBELSBERG nella parte generale della sua « Guida » [1928].

d'Isarco, e poi della Val d'Adige, investiva le montagne più occidentali, penetrando nella parte inferiore delle valli dolomitiche che scendono su quel lato.

Gli spessori del ghiaccio nelle valli che circondano le Dolomiti a nord e ad ovest erano molto notevoli, in genere sorpassavano 1500 m; per esempio, a Bolzano lo spessore era di circa 1800 m.

Ben diverse le condizioni nella Val Belluna, che delimita a sud la regione: il ghiaccio occupava la conca fino a un'altitudine di circa 900-1200 m secondo i punti, con uno spessore di circa 700 m, al centro, e riusciva a traboccare verso sud attraverso la sella di Fadalto, il soleo del Piave e il Passo di S. Boldo.

Si suol porre verso 15.000 anni a. C. l'inizio della fusione dei ghiacciai würmiani, immediatamente dopo l'ultima fase di rigonfiamento. Un certo tempo deve essere trascorso perchè, pur in condizioni di clima meno freddo, quegli ingenti volumi di ghiaccio potessero fondersi.

E' facile pensare ad una fusione non continua, bensì irregolare, per cause generali, per esempio legate al modo con cui variava il clima, o talora per qualche causa locale. Nel caso di oscillazioni climatiche di una certa importanza, l'intensificarsi o l'arrestarsi della riduzione, eventualmente con fenomeni di rinnovato avanzamento, dovettero farsi sentire in qualche modo su tutti i ghiacciai di una regione molto ampia: a tale concetto corrispondono i cosiddetti « stadi postwürmiani », definiti da PENCK e BRÜCKNER per l'intera regione alpina. Uno « stadio » rappresenta una fase di avanzamento, seguita dal ritiro dei ghiacciai. Morene frontali e laterali ci indicano la posizione raggiunta dalle lingue glaciali in un determinato stadio. Ma non è sempre facile trovare una sicura corrispondenza cronologica delle tappe seguite dai vari ghiacciai in valli diverse. Di qui i problemi di datazione dei resti morenici stadiali, che ci documentano il succedersi di queste tappe, e ci forniscono delle notizie sul modo con cui è variato il clima alla fine del periodo glaciale.

Poichè questi ghiacciai stadiali rimanevano compresi del tutto o in parte entro le valli della nostra regione, lasciarono proprio in esse abbondanti resti morenici dalle forme caratteristiche, ed anche archi frontalini, che talvolta assumono ancor oggi importanza non indifferente nella morfologia e nel paesaggio. L'analisi di questi resti morenici ci permette talvolta di compiere indagini collaterali, sull'origine e sull'età dei depositi di materiali sciolti (morenici o d'altra natura) che rivestono i fianchi montuosi, le valli, i circhi di montagna; inoltre di precisare certi fenomeni di sbarramento fluviale, di colmamento vallivo, e di spiegare l'esistenza di alcune conche lacustri. Contemporaneamente, oltre al formarsi di questi depositi, dovevano verificarsi dei processi di erosione, come la degradazione intensa dei monti emergenti sopra i ghiacciai, e l'erosione sul fondo dei ghiacciai stessi. Anche se non si riesce di solito a valutare con sicurezza l'entità di questi processi, si può affermare che l'analisi dei resti glaciali stadiali apre la via allo studio di un importante capitolo dell'evoluzione del rilievo dolomitico.

A titolo di esempio, si possono ricordare quei depositi di frana che si verificarono sopra le lingue terminali, e che hanno lasciato talora depositi molto vistosi (« marocche », « masiere »); i principali vengono indicati sulla carta con apposito

simbolo. Del resto si nota spesso nei materiali morenici della regione un aspetto grossolano che ricorda le frane: dagli erti fianchi montuosi che attorniavano gli antichi ghiacciai crollavano, sulla superficie di questi, materiali con grossi blocchi, che logicamente andavano a far parte delle morene.

Sempre a titolo di esempio, meritano un cenno alcuni laghi delle Dolomiti, che si devono proprio alla presenza di argini morenici stadiali, i quali hanno formato come una diga naturale alle conche lacustri, o le avvolgono da ogni parte. Alcuni di questi laghi sono dei più famosi: Misurina, Carezza, Braies, quest'ultimo sbarrato non proprio da un argine morenico, ma da una frana rimaneggiata da trasporto glaciale. Tanti altri possono essere ricordati: il Lago di S. Pellegrino, il Lago d'Ajal presso Cortina, il Lago di Valparola, il Lago di Calaita presso Primiero, il Lagusèl in Val di Fassa (¹), il Lago d'Aiarnola, forse anche il Lago di Sorapis.

Le caratteristiche del rilievo così originali nella regione dolomitica, determinano condizioni un po' particolari per lo studio del glacialismo antico (come di quello attuale); ma in generale gli stadi glaciali vi si possono riconoscere bene, e si possono inquadrare negli schemi generalmente validi per altre regioni alpine.

I resti morenici si possono raggruppare in « stadi tipo », definiti dall'altitudine del limite delle nevi persistenti, o meglio dai dislivelli di tale limite rispetto al limite delle nevi attuale. Sono generalmente noti i classici stadi designati da PENCK e BRÜCKNER con i nomi di *Bühl*, *Gschnitz* e *Daun*: il primo sarebbe stato caratterizzato da un limite nivale 900 m più basso di quello odierno, lo « stadio di Gschnitz » corrisponderebbe ad un dislivello, sempre del limite nivale, di 600 m, lo « stadio di Daun » ad un dislivello di 300 m (²).

Si vedrà tra poco come convenga scostarsi in parte da questo schema. Del resto non dappertutto ci si deve aspettare di trovare la serie completa di tali morene.

Infatti, la conservazione di questi depositi non è buona dovunque, e particolarmente lungo i fondovalle il rimaneggiamento dei materiali è stato intenso.

Ancor oggi i terreni morenici sono tra quelli che offrono maggior presa all'erosione accelerata. Si deve pensare altresì che taluni ghiacciai possono aver lasciato fin dall'origine scarse tracce moreniche, o depositi di forma irregolare.

Ma viceversa, secondo B. CASTIGLIONI, « spesso si hanno tracce di soste frontali in numero maggiore » degli stati ora elencati, così nelle Dolomiti come in tante altre parti delle Alpi; « cosicchè è necessario riunirne alcune in un solo gruppo », e, per la presenza di soste intermedie tra un gruppo e l'altro, risulta difficile tener ben separati questi « stadi tipo »; quindi può risultare poco esatto, talvolta, considerarli ben definiti e ben distanziati, nello spazio e nel tempo.

Un primo gruppo di resti morenici si può attribuire a stadi antichi, che dovevano corrispondere a condizioni climatiche non molto diverse da quelle del würmiano, con un limite delle nevi ancor molto basso. Lungo alcune delle valli maggiori si trovano molteplici argini e terrazzi morenici appoggiati ai fianchi, seaglionati a

(¹) Sulle vecchie carte dell'I.G.M., figura come L. Usel. Si trova a nord della catena della Costabella.

(²) Non mi consta che nelle Dolomiti sia mai stata riconosciuta esplicitamente l'esistenza di un successivo « stadio di Egesen » (dislivello 100-120 m rispetto al limite nivale attuale).

diversa altezza, che indicano le tappe del progressivo assottigliamento delle colate glaciali, con varie soste. La carta non li indica certo in modo completo, soprattutto per mancanza di fonti cartografiche sufficientemente dettagliate a questo riguardo. Qua e là, dove oltre alla riduzione di spessore, si era determinato anche uno spezzarsi dell'antica rete di colate, poterono restare dei ghiacciai staccati, indipendenti, che infatti ci hanno lasciato i loro sistemi di morene laterali e frontali, ancor oggi riconoscibili. Tali fenomeni si possono seguire bene per esempio sui fianchi della conca bellunese, e attorno alle Alpi Feltrine; dal Col Visentin e dalle Vette di Feltre discendevano alcuni ghiacciai piccoli e medi, già staccati dai ghiacciai principali, quando questi ancora persistevano, pur essendosi ridotti in spessore di alcune centinaia di metri (¹).

Vari Autori hanno da tempo riconosciuto nelle Alpi e cercato di definire questi più antichi stadi, attribuendo ad essi nomi diversi su cui qui è inutile soffermarsi. Cronologicamente essi si collocano tra 15.000 e 10.000 anni a. C., all'incirca. Ultimamente lo SPREITZER [1961] ha riconosciuto una vera e propria nuova ripresa dei ghiacciai postwürmiani (« *Neuer Hochstand* », in due fasi distinte) nella valle della Mur, in Austria. Non vi sono però finora elementi sicuri nella nostra regione per valutare l'entità delle eventuali nuove avanzate glaciali in questo intervallo di tempo.

Dopo questi stadi più antichi, si trovano per lo più resti morenici di ghiacciai di forma più semplice, con le fronti ritirate entro le singole valli dolomitiche, essendosi ormai completamente spezzato tutto il grande sistema della rete di colate würmiane. Già il PENCK e il BRÜCKNER avevano trovato le tracce di questi ghiacciai minori anche nelle Dolomiti, e successivamente nuove osservazioni e contributi di vari ricercatori hanno arricchito le conoscenze sulla distribuzione dei resti morenici, e sulla loro interpretazione.

Seguendo un indirizzo introdotto dal KLEBELSBERG, si preferisce oggi far delle riserve sul primo dei tre termini sopra indicati, lo « stadio di Bühl », per una certa difficoltà di definirne i caratteri. Al suo posto si è introdotto un nuovo stadio, quello di « Sciliar » (*Schlernstadium*), definito per la prima volta dallo stesso KLEBELSBERG nelle Dolomiti, e oggi largamente riconosciuto in molte parti delle Alpi dai ricercatori, con un significato in parte diverso dal « Bühl » degli Autori precedenti (²).

(¹) Cfr. B. CASTIGLIONI [1923, 1936, 1939].

(²) Non dovrebbe dunque trattarsi di un puro cambiamento di nome. Tuttavia praticamente in certi casi si può dire solo che un determinato stadio implica un limite nivale circa 900 m più in basso dell'attuale; in tali casi diventerebbe abbastanza indifferente parlare di « stadio di Bühl » o di « stadio dello Sciliar ».

Curiosa sorte di queste denominazioni! Nei « Bühel » presso Kitzbühel nella Valle dell'Inn, che hanno dato il nome allo stadio di Bühl, lo stesso PENCK ha poi visto che non esiste una morena frontale, ma solo forme di erosione in depositi d'altra natura.

Ma una sorta analoga è toccata ad altri di questi nomi (senza che perciò diventi necessario cambiarli): le morene di Trins nella Valle di Gschnitz (Tirolo), che erano state considerate come il prototipo delle morene gschnitziane, sono state, dopo accurato studio, attribuite ad un ghiacciaio più antico, cioè allo stadio di Sciliar (H. PASCHINGER, in « *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* », II, 1952).

A loro volta, le morene di Fiè e di Siusi, sotto lo Sciliar, che hanno permesso al KLEBELSBERG [1927] di battezzare il nuovo « stadio dello Sciliar », sono state rimesse in discussione da ricercatori successivi [HEISSEL e LADURNER, 1936] per la scarsa evidenza della loro morfologia e la prevalenza dell'aspetto di « frane »; per questo motivo si è ritenuto di indicarle, nella carta che accompagna questo capitolo, col segno a trattini, come forme incerte.

Questi stadi, di Sciliar, di Gschnitz, di Daun, sarebbero posteriori ad una fase di intensa fusione delle grandi colate glaciali, residuali, della glaciazione würmiana: un « interstadiale » di una certa importanza, corrispondente ad un'oscillazione positiva della temperatura, è stato infatti riconosciuto nelle Alpi, come nell'Europa settentrionale (« oscillazione di Alleröd », datata tra 10.000 e 9.000 anni a. C.) (¹). La successiva recrudescenza climatica, che riportò il limite delle nevi persistenti forse ad appena 300 m sopra il limite del würmiano, per la sua insufficiente durata non determinò il ricostituirsi di una rete di colate glaciali paragonabili a quelle würmiane, ma solo il ricostituirsi di singoli ghiacciai di valle, con lingue di qualche decina di chilometri al massimo, prossime alle rispettive aree di alimentazione. Questo sarebbe il significato che oggi si attribuisce allo « stadio dello Sciliar » (²), probabilmente indicante una vera e propria avanzata glaciale successiva all'interstadiale ora ricordato.

Non deve meravigliare l'idea di una successione di oscillazioni climatiche relativamente brevi e ravvicinate, nel corso di un complessivo miglioramento, che sfociò nel « periodo caldo postglaciale » (circa 5000-3000 a. C.); è probabile che le oscillazioni climatiche siano state effettivamente numerose, tali da causare ripetuti arresti nel ritiro delle lingue glaciali, talvolta veri e propri progressi: donde la molteplicità degli archi morenici. Nè si deve dimenticare che le oscillazioni climatiche più brevi potevano avere effetti di importanza variabile per ghiacciai vallivi di grandi dimensioni o per piccoli ghiacciai, anche in dipendenza da fattori locali, come l'esposizione, la forma del bacino, ecc. A ciò si aggiunga che « molte avanzate glaciali, spesso molto ravvicinate fra loro, erano dovute, più che a cause climatiche, a cause intrinseche dei singoli ghiacciai come a condizioni topografiche, o a fenomeni di valanga e di franamenti di roccia. Un maggior numero di soste, e con morene meglio conservate, si riscontra appunto per i ghiacciai che erano più ricchi di morene super-

(¹) Si può tuttavia ammettere che residui di vecchio ghiaccio würmiano persistessero in alcune delle valli alpine anche a bassa altitudine, anche dopo questo interstadiale. Ciò viene ad esempio affermato per la Valle dell'Inn; per la nostra regione, ciò è stato supposto in via puramente ipotetica, sembra, in un solo caso [KLEBELSBERG, 1950, p. 54].

(²) Se così stanno effettivamente le cose, si comprende come sia più semplice distinguere questo stadio nelle valli dolomitiche settentrionali, dirette verso la Pusteria e l'Isarco (il campo di studio del KLEBELSBERG), che non poterono avere ghiacciai indipendenti finché non scomparvero i residui delle potentissime masse würmiane che avevano occupato l'intera rete delle valli principali e secondarie. I primi veri ghiacciai indipendenti, con morene frontali, sono quelli dello stadio di Sciliar.

Nelle valli meridionali si è visto invece come la separazione di alcuni ghiacciai indipendenti avesse potuto verificarsi già prima; quindi, in tali valli, i nuovi ghiacciai dello « stadio dello Sciliar » non si distaccano per i loro caratteri sempre nettamente da quelli di oscillazioni stadiali più antiche.

Nella compilazione della carta, i resti morenici indicanti una « depressione » del limite nivale di 800-900 (-1000) m, sono stati riferiti allo stadio di Sciliar, anche dove i lavori editi o inediti di B. CASTIGLIONI indicavano « stadio di Bühl ». È stato fatto questo, per uniformare la datazione degli stadi della intera regione qui considerata (indipendentemente dalla fonte a disposizione), ai criteri oggi generalmente adottati in sede internazionale. Vi è naturalmente un certo grado di arbitrarietà in questo modo di procedere; si è cercato di raggiungere, dato il carattere del presente lavoro, risultati di uniformità e comparabilità entro e fuori del territorio considerato, operando una certa semplificazione.

Ulteriori studi potranno precisare la liceità o meno dei parallelismi qui istituiti, e soprattutto approfondire il significato esatto dei fenomeni.

Avverto che gli apparati morenici della valle del Boite e della Val d'Oten (Cadore), qui indicati come apparati di incerta datazione, erano stati dal KLEBELSBERG [1927] attribuiti allo stadio di Bühl.

ficiali, fornite in abbondanza dalle pareti dolomitiche nei circhi d'origine, o dai fianchi scoscesi delle valli anche sopra le lingue terminali » [B. CASTIGLIONI, 1930].

Malgrado ciò, conviene conservare la classificazione secondo gli « stadi tipo » prima ricordati (Sciliar, Gschitz, Daun): essi permettono indubbiamente di stabilire dei parallelismi cronologici tra valle e valle; e si deve ritenere che corrispondano effettivamente a gruppi di oscillazioni climatiche di importanza abbastanza generale, che hanno dato luogo ad oscillazioni glaciali per lo più complesse e molteplici, e si manifestano a noi con più archi morenici.

Sulla carta vengono indicati con segni distinti i gruppi di morene degli stadi principali. Nel caso di archi morenici paleamente in posizione intermedia, o comunque in posizione incerta tra due stadi tipo, si è usato un apposito segno non impegnativo, che del resto fa vedere meglio la presenza di soste in soprannumerario, e fa risaltare l'incertezza di certe attribuzioni ⁽¹⁾.

Esaminando la carta, ci si forma un'idea delle dimensioni e del tipo dei ghiacciai esistenti nelle Dolomiti durante i vari stadi. Durante lo *stadio di Sciliar* alcune valli possedevano propri ghiacciai con lingue allungate per decine di chilometri, spesso risultanti dalla fusione di più rami. La Val di Fassa ospitava forse il più lungo di questi ghiacciai, con circa 25 Km di sviluppo; non si può dire tuttavia che le morene frontali corrispondenti, tra Soraga e Moena, siano ben conservate. Stando ai resti morenici che ci sono rimasti, in questo stesso stadio grandi ghiacciai ospitavano la Valle di Landro, la Val Badia, la Val Fiscalina, l'alto Comelico, con ogni probabilità la Valle del Boite, ed altre.

Molto diverse risultano invece le condizioni nello *stadio di Gschitz*. Lo spezzettamento orografico delle Dolomiti, caratterizzate da massicci e gruppi isolati, permetteva in tale stadio solo l'esistenza di ghiacciai limitati, nell'ambito di ciascun gruppo montuoso. Non venivano quasi mai a congiungersi nelle valli o sui valichi interposti, lingue glaciali provenienti da due gruppi contigui. I rilievi minori, culminanti sui 2000-2200 m, rimanevano ormai al di sotto della zona delle nevi persistenti. Tuttavia lo stadio di Gschitz ci presenta ancora un buon numero di ghiacciai vallivi, sviluppati specialmente lungo i valloni scendenti da ciascun gruppo montuoso verso settentrione.

Non così nello *stadio di Daun*, per il quale si conoscono soltanto le morene di ghiacciai all'incirca limitati alle alte conche, ai circhi, e alle spianate di sommità.

I ghiacciai erano molto più numerosi e più estesi di oggi, ed ogni gruppo montuoso ne possedeva, almeno sul fianco settentrionale. Se si trovano i resti morenici a quote relativamente basse, lo si deve, analogamente a quanto avviene per i ghiacciai

(1) Alla complessità dei fenomeni, si aggiungono come è noto difficoltà di interpretazione, essenzialmente per i seguenti motivi.

1) L'indeterminatezza del « limite delle nevi persistenti » riferito ad un ghiacciaio, così attuale, come scomparso; e ciò soprattutto per ghiacciai molto grandi, di forma complessa, e con forti dislivelli.

2) La difficoltà di valutare certi effetti locali che abbassano o innalzano il limite delle nevi locale, e modificano l'ablazione o l'alimentazione dei ghiacciai: esposizione, effetti d'ombra, valanghe, azione del vento, copertura morenica, ecc.; la loro importanza nell'ambiente dolomitico è ben nota.

3) L'indeterminatezza del limite delle nevi attuale, a cui fare riferimento per calcolare i valori di « depressione »; a tale scopo sono servite come base le *isochrone* tracciate dal MARINELLI [1910], con alcune modifiche.

attuali, a particolari condizioni di riparo orografico, offerte dalle pareti dolomitiche, e agli apporti di valanghe da parte di queste.

Si comprende così perchè le morene dauniane restino per lo più ben accostate al piede delle pareti, talvolta si confondono con i cumuli detritici.

Una lingua abbastanza cospicua si sviluppava ancora verso la Val Venegia sul versante settentrionale del Cimon della Pala, un'altra usciva dall'ombroso vallone di Antersass, nel gruppo del Sassolungo. Estesi dovevano essere i ghiacciai d'altopiano sulle elevate superfici pianeggianti del gruppo di Sella, e traboccavano in parte sugli orli e verso i valloni che vi sono incisi; una colata cospicua si incanalava certamente lungo la profonda Val de Mesdì.

Sono mal note le condizioni del ghiacciaio della Marmolada, nel *Daun*, ma è certo che esso scendeva ad occupare il valico di Fedaia. E pure l'altopiano delle Pale era certamente ricoperto da un ghiacciaio.

Le morene finora descritte si possono ancora ascrivere al Pleistocene, sia pure alla sua parte finale, comunemente indicata come « tardo glaciale ». Esse sono anteriori a quel « periodo caldo postglaciale » che, per la temperatura ormai decisamente elevata (i limiti altimetrici delle nevi e del bosco salirono più in alto di oggi) e per la sua durata, pone decisamente fine alle ultime manifestazioni del grande periodo freddo della glaciazione würmiana.

Nell'Olocene, ritroviamo nelle Dolomiti, per quanto è dato sapere, solo archi morenici corrispondenti a fasi di avanzamento glaciale ormai dell'epoca storica, e molto vicine a noi.

Ne sono testimonianza le morene che fronteggiano da vicino i ghiacciai attuali, e che risalgono per lo più alle fasi di avanzamento verificatesi all'inizio e alla metà del secolo XIX. Qualche arco morenico in posizione intermedia tra queste morene e quelle dauniane può forse essere riferito ad oscillazioni del secolo XVII.

Le morene del secolo scorso sono ormai in posizione prossima al contorno dei ghiacciai attuali; in taluni casi possono confondersi con archi morenici ancora a contatto più o meno diretto con i ghiacciai, o che lo erano alcuni decenni fa; in ogni caso sono riconoscibili per la loro freschezza, e per essere coperte di vegetazione solo scarsamente.

Il materiale accumulato in queste morene è di solito abbondante, e ciò si spiega tenendo conto di quanto detrito viene a deporsi sui ghiacciai attuali, su cui incombono erte pareti rocciose spesso da più lati.

I ghiacciai attuali, con poche eccezioni, sono annidati nelle parti più ombrose dei circhi, a ridosso delle cime più elevate, da cui ricevono, oltre che protezione, alimento, per mezzo delle valanghe. La forma delle montagne dolomitiche infatti non offre di solito molte possibilità per accumuli regolari di neve su superfici elevate, oltre il limite delle nevi persistenti, pur essendo numerose le cime che superano tale limite. Offre invece, specialmente con effetti d'ombra, la possibilità di conservazione della neve di valanga al piede delle pareti e sul fondo dei canaloni, ove possono quindi generarsi veri e propri ghiacciai. Nelle Alpi Dolomitiche se ne contano oggi complessivamente circa una quarantina, tra cui numerosi sono quelli posti a un'alti-

tudine media tra 2400 e 2700 m, cioè assai in basso. Si tratta di ghiacciai piccoli e piccolissimi, in maggioranza del tipo dei ghiacciai di falda, di circo, di vallone. Non si può d'altra parte non menzionare il più vasto ghiacciaio attuale, quello della Marmolada, che presenta uno sviluppo più regolare, con i suoi 3 chilometri quadrati di superficie, distesa sui pendii e sui pianori settentrionali della grande montagna; e il ghiacciaio della Fradusta che, pur nelle sue piccole dimensioni, rientra tra i ghiacciai di altopiano.

PADOVA - *Istituto di Fisica Terrestre, Geodesia e Geografia fisica dell'Università* -
gennaio 1964.

B I B L I O G R A F I A

- AMPFERER O., 1928 - *Beiträge zur Glazialgeologie der westlichen Südtiroler Dolomiten.* « Zeitschrift für Gletscherkunde », Vol. XVI, p. 242-260.
- BEVILACQUA E., 1953 - *Aspetti morfologici della Regione di Fanes.* Bologna, Centro di Studi per la Geografia fisica del C.N.R.
- BIANCHI CASTIGLIONI G., 1960 - *Osservazioni morfologiche sulla Valle di San Pellegrino nelle Dolomiti.* « Riv. Geogr. Ital. », LXVII, p. 393-415.
- CASTIGLIONI B., 1922 - *Osservazioni morfologiche in Val di Fassa.* Nota preliminare. « Atti Acc. scientif. Ven.-Trent.-Istriana », Vol. XII-XIII (Serie III).
- CASTIGLIONI B., 1923 - *Le tracce glaciali del Col Visentin presso Belluno.* « Atti Acc. scientif. Ven.-Trent.-Istriana », Vol. XIV.
- CASTIGLIONI B., 1925 - *Alcuni ghiacciai nelle Dolomiti e il loro ambiente orografico e climatico.* « Boll. del C.A.I. », Vol. XLII, n. 75, p. 323-379.
- CASTIGLIONI B., 1926 - *Sulla morfologia della Valle del Biois.* « Boll. Soc. Geol. Ital. », Vol. XLV, fasc. 2.
- CASTIGLIONI B., 1930 - *Risultati di una recente visita ai Ghiacciai Cadorini.* « Memorie Geol. e Geogr. di G. Dainelli », Vol. I, p. 293-317.
- CASTIGLIONI B., 1930 - *Tracce glaciali postwürmiane nelle Dolomiti.* « Atti XIX Riunione Soc. Ital. Progr. Scienze », Vol. II.
- CASTIGLIONI B., 1930 - *Ricerche glaciologiche in Alto Adige.* « Atti XI Congr. Geogr. Ital. », Napoli, Vol. II, p. 107-114.
- CASTIGLIONI B., 1931 - *Il Gruppo della Civetta (Alpi Dolomitiche).* « Memorie Ist. Geol. Università Padova », Vol. IX.
- CASTIGLIONI B., 1935 - *Relazione sui rilevamenti geologici nella regione dolomitica eseguiti per incarico dell'Ufficio Idrografico del R. Magistrato alle acque.* Padova, Soc. Coop. Tipografica, pp. 23.
- CASTIGLIONI B., 1936 - *Sugli stadi glaciali postwürmiani nelle Alpi Orientali.* « Verhandl. der III Intern. Quartär-Konferenz », Vienna, p. 106-109.
- CASTIGLIONI B., 1939 - *Il Gruppo delle Pale di San Martino e le valli limitrofe.* « Memorie Ist. Geol. Università Padova », Vol. XIII.
- CASTIGLIONI B., 1940 - Carta dell'Italia settentrionale (scala 1:1.200.000) nella tavola « *L'Italia nell'età quaternaria.* » Tav. n. 3 dell'« Atlante Fisico Economico d'Italia » di G. DAINELLI, Milano, T. C. I.
- CASTIGLIONI G.B., 1957 - *Studi morfologici di R. von Klebelsberg nell'Alto Adige.* « Riv. Geogr. Ital. », LXIV, p. 327-333.
- CASTIGLIONI G.B., 1961 - *I depositi morenici del Gruppo Adamello-Presanella con particolare riguardo agli stadi glaciali postwürmiani.* « Memorie Ist. Geol. e Mineral. Università Padova », Vol. XXIII.

- COMEL A., 1955 - *I terreni dell'alta pianura trevigiana compresi nel foglio « Conegliano ».* Staz. Chimico-Agraria Sperimentale di Udine, « Annali », Serie III, Vol. VIII, p. 7-216.
- DAL PIAZ G., 1895 - *Note sull'epoca glaciale del Bellunese.* « Atti Società Ven.-Trentina di Sc. Nat. », II Serie, Vol. II.
- DAL PIAZ G., 1907 - *Le Alpi Feltrine.* « Memorie R. Ist. Veneto di Sc. Lett. Arti », Vol. XXVII, n. 9.
- DAL PIAZ G., 1912 - *Studi geotettonici sulle Alpi Orientali. Regione fra il Brenta e i dintorni del Lago di Santa Croce.* « Memorie Ist. Geol. Università Padova », Vol. I.
- DAL PIAZ G., 1918 - *Descrizione geologica del bacino della Piave.* Uff. Idrogr. R. Magistrato alle Acque (pubbl. n. 74), Venezia.
- DAL PIAZ G., 1944 - *La conca della Fedaia.* « Mem. Ist. Geol. Univ. Padova », Vol. XV.
- DAL PIAZ G.B., 1935 - *Le alluvioni interglaciali dell'Alta Valle della Rienza.* « Boll. Comit. Glaciol. Ital. », n. 15.
- D'AMBROSI C., 1960 - *Il laghetto pseudocarsico di Varna presso Bressanone (Alto Adige) nel quadro di alcune osservazioni preliminari sul morenico della bassa Pusteria e della valle del medio Isarco.* Università d. Studi, Trieste, Istituto di Mineralogia, n. 8.
- DESIO A., 1926 - *L'evoluzione morfologica del bacino della Fella in Friuli.* « Atti Soc. Ital. Sc. Natur. », Vol. LXV, p. 205-461.
- GORTANI M., 1953 - *Un lago glaciale nella Valle del Piave a monte di Quero.* « Mem. Acc. Scienze Istituto di Bologna », Serie X, Tomo X, p. 8.
- GUILLIEN Y., 1962 - *Néoglaciale et Tardiglaciale: Géochimie, Palynologie Préhistoire.* « Annales de Géographie », n. 383, Ann. LXXI, p. 1-35.
- HEISSEL W., LADURNER J., 1936 - *Geologie des Gebietes von Villnöss - Gröden - Schlern - Rosengarten.* « Jahrbuch der Geol. Bundesanstalt », Vol. LXXXVI, fasc. 1-2.
- KLEBELSBERG R. v., 1926 - *Über die Verbreitung interglazialer Schotter in Südtirol.* « Zeitschrift für Gletscherkunde », Vol. XIV.
- KLEBELSBERG R. v., 1927 - *Rückzugsstände der Eiszeitgletscher in den Dolomitentälern.* « Zeitschrift der Deutschen Geol. Gesellschaft », Vol. LXXIX, Abh. n. 3, p. 280-337. Cfr. la recensione di B. CASTIGLIONI in « Studi Trentini di Scienze Nat. », IX, 1928, fasc. 1, p. 116-118.
- KLEBELSBERG R. v., 1928 - *Geologischer Führer durch die Südtiroler Dolomiten.* (« Sammlung geologischer Führer XXXIII ») Ed. Borntraeger, Berlino.
- KLEBELSBERG R. v., 1929 - *Alte Gletscherstände in den Dolomitentälern.* « Zeitschrift für Gletscherkunde », Vol. XVII, p. 218-226.
- KLEBELSBERG R. v., 1935 - *Geologie von Tirol.* Ed. Borntraeger, Berlino.
- KLEBELSBERG R. v., 1936 - *Die « Stadien » der Gletscher in den Alpen.* « Verhandl. der III Intern. Quartär-Konferenz », Vienna, p. 102-105.
- KLEBELSBERG R. v., 1942 - *Das Schlern - Stadium der Alpengletscher.* « Zeitschrift für Gletscherkunde », Vol. XXVIII, fasc. 1-2, p. 157-165.
- KLEBELSBERG R. v., 1942 - *Nacheiszeitliche Gletscher der Plose bei Brixen.* « Zeitschrift für Gletscherkunde », Vol. XXVIII, p. 173-176.
- KLEBELSBERG R. v., 1950 - *Südtiroler geomorphologische Studien. Das mittlere Eisacktal (II. Die höheren Tallagen und die einfassende Berge).* « Veröffentlichungen des Museum Ferdinandeum in Innsbruck », Vol. XXX.

- KLEBELSBERG R. v., 1956 - Südtiroler geomorphologische Studien. Das Pustertal (Rienz-An teil). « Schlern-Schriften », n. 151.
- LACQUANITI L., 1947 - La frana quaternaria del Monte Peron nelle Dolomiti. « L'Universo », p. 347-357.
- LEONARDI P., 1937 - Notizie sui depositi morenici würmiani e postwürmiani delle Valli di Zoldo, Zoppè e Cibiana. « Boll. Comit. Glaciol. Ital. », n. 17, p. 109-124.
- LEONARDI P., 1943 - Sintesi stratigrafico-tettonica e nuova carta geologica al 50.000 della Val Gardena e dei gruppi dolomitici circostanti. « L'Universo », Vol. XXIV, p. 174-213.
- LEONARDI P., 1961 - Carta geologica della Val di Fassa e dei gruppi dolomitici circostanti. Scala 1:25.000. Ist. Geol. Università Ferrara.
- LEONARDI P., 1962 - Il Gruppo dello Sciliar e le scogliere coralligene dolomitiche. « Annali Università di Ferrara », N. Serie, Sez. IX, Suppl. al Vol. III.
- MANCINI F., 1962 - Le variazioni climatiche in Italia dalla fine del Riss all'Olocene. « Boll. Soc. Geol. Ital. », Vol. LXXXI, fasc. 1, p. 181-214.
- MARINELLI O., 1898, 1900, 1902 - Studi orografici nelle Alpi Orientali. « Memorie Soc. Geogr. Ital. », Vol. VIII, p. 338-445; « Boll. Soc. Geogr. Ital. », Serie IV, Vol. I, p. 776, 873, 984; Serie IV, Vol. III, p. 682, 757, 833.
- MARINELLI O., 1910 - I ghiacciai delle Alpi Venete. « Memorie Geografiche » (Suppl. alla Riv. Geogr. Ital.), n. 11.
- MUTSCHLECHNER G., 1932 - Geologie der St. Vigiler Dolomiten. « Jahrbuch der Geol. Bundesanstalt », Vol. 82, p. 163-273.
- MUTSCHLECHNER G., 1933 - Geologie der Peitlerkofelgruppe. « Jahrbuch der Geol. Bundesanstalt », Vol. 83, p. 75-112.
- MUTSCHLECHNER G., 1933 - Geologie des Gebietes zwischen St. Cassian und Buchenstein. « Jahrbuch der Geol. Bundesanstalt », Vol. 83, p. 199-232.
- MUTSCHLECHNER G., 1935 - Geologie der Langkofelgruppe. « Jahrbuch der Geol. Bundesanstalt », Vol. 85, p. 21-49.
- NANGERONI G., 1938 - Fenomeni glaciali nel Gruppo di Sella. « Boll. Comit. Glaciol. Ital. », n. 18, p. 105-118.
- PASCHINGER H., 1957 - Leitformen der spätglazialen Vergletscherung in den Ostalpen. « Peterm. Geogr. Mitteil. » Erg.-Heft 261, p. 137-144.
- PENCK A., BRÜCKNER E., 1909 - Die Alpen im Eiszeitalter. 3 Volumi, Ed. Tauchnitz, Lipsia.
- PERETTI L., 1929 - Morene stadiarie nelle valli delle Alpi Noriche Occidentali. « Studi Trentini di Sc. Nat. », Vol. XVI, fasc. I.
- REITHOFER O., 1928 - Geologie der Puezgruppe. « Jahrbuch der Geol. Bundesanstalt », Vol. 78, p. 257-362.
- REITHOFER O., 1928 - Geologie der Sellagruppe. « Jahrbuch der Geol. Bundesanstalt », Vol. 78, p. 529-580.
- ROSSI D., 1962 - Geologia della parte meridionale del Gruppo della Marmolada. « Mem. Museo di Storia Nat. Venezia Trident. », Vol. XIV.
- SACCO F., 1935 - Il glacialismo atesino. « L'Universo », Anno XVI, p. 735-751, 845-862, 939-956.
- SACCO F., 1937 - Il glacialismo veneto. « L'Universo », Anno XVIII, p. 553-580, 685-695.
- SACCO F., 1940 - Le marocche del Veneto. « L'Universo », Anno XXI, p. 763-782.

- SCHWINNER R., 1923 - *Die Oberflächengestaltung des östlichen Suganer Gebietes.* « Ostalpine Formenstudien », Ed. Borntraeger, Berlino.
- SPREITZER H., 1961 - *Der eiszeitliche Murgletscher in Steiermark und Kärnten.* « Geogr. Jahresbericht aus Österreich », XXVIII (1959-1960), p. 1-50.
- STINY J., 1919 - *Zur Eiszeitgeologie von Predazzo und Primör.* « Verhandl. der Geol. Reichsanstalt », n. 10.
- TREVISAN L., 1939 - *Il glacialismo quaternario nell'Altipiano dei Sette Comuni (Vicenza).* « Boll. Comit. Glaciol. Ital. », n. 19, p. 99-115.
- TREVISAN L., 1941 - *La struttura geologica dei dintorni di Trento.* « Studi Trentini di Scienze Naturali », Annata XXII, fasc. 3, p. 127-148.
- TREVISAN L., 1943 - *Evoluzione morfologica della Val di Piné.* « Studi Trentini di Scienze Naturali », XXIV, fasc. 1, p. 3-14.
- VARDABASSO S., 1930 - *Studio geo-idrografico del bacino dell'Avisio (Valli di Fassa, Fiemme e Cembra).* Ufficio Idrogr. Mag. Acque, Venezia, Sez. Geologica, Pubbl. n. 129.
- VARDABASSO S., 1930 - *Carta geologica del territorio eruttivo di Predazzo e Monzoni nelle Dolomiti di Fiemme e di Fassa.* Scala 1:25.000.
- VENZO G. A., 1955 - *I depositi del Quaternario e l'evoluzione morfologica della Valle del T. Avisio tra Stramentizzo ed Ischiazzola (Val di Fiemme, Trentino).* « Studi Trentini di Scienze Naturali », XXXII, fasc. 2-3, p. 104-116.
- VENZO S., 1939 - *Osservazioni geotettoniche e geomorfologiche sul rilevamento del foglio Belluno.* « Boll. Soc. Geol. Ital. », Vol. LVIII, fasc. 2-3, p. 433-451.
- VENZO S., 1944 - *Studio geomorfologico sull'Altipiano di Lavarone e sull'alta Valsugana (Trentino). Raffronti colla bassa Valsugana e la Val d'Adige.* « Atti Soc. Ital. Scienze Naturali », Vol. LXXXIII, p. 183-250.
- VENZO S., 1963 - *Il foglio geologico « Conegliano », completamento della Carta Geologica delle Tre Venezie, diretta da G. Dal Piaz, edita dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque.* « Memorie Ist. Geol. e Miner. Università Padova », vol. XXIII.

