

CARLO BARONI (*) & GIUSEPPE OROMBELLI (**)

IL GHIACCIAIO STRANDLINE (BAIA TERRA NOVA, ANTARTIDE) (***)

ABSTRACT: BARONI C. & OROMBELLI G., *The Strandline Glacier. Terra Nova Bay, Antarctica* (IT ISSN 0084-8948, 1987).

The Strandline Glacier is a small local alpine glacier (0.79 km²) on the coast of Gerlache Inlet, Terra Nova Bay, Victoria Land. It is a cold glacier with accumulation and ablation areas controlled by wind and irregularly distributed. The main ablation area coincides with the terminal convex zone, crossed by transverse and splaying crevasses. The AAR is of about 0.8. The front of the glacier in the central part is an ice cliff 25 m high, changing laterally into a short dome and ramp margin. The foliation is well evident along the frontal margin, showing a syncline structure. A small and discontinuous apron of snow and ice is present at the foot of the ice cliff. Inner moraines, ice cored moraines and a sheet of basal melt out till (sublimation till) are present along the marginal zone, partially resting on Holocene raised beaches. Two Holocene ice advances, possibly younger than 4 500 yr B.P., can be recognized. The front of the glacier advanced of more than 60 m the first time and about 50 m the second time, the two advances being separated by a consistent lapse of time, judging from weathering and lichen development. The glacier is presently in a retreat phase, although small push moraines near the front document minor recent advances.

RIASSUNTO: BARONI C. & OROMBELLI G., *Il Ghiacciaio Strandline (Baia Terra Nova, Antartide)* (IT ISSN 0084-8948, 1987).

Il Ghiacciaio Strandline è un ghiacciaio locale (0,79 km²), composto da distinte porzioni che fluiscono in diverse direzioni. Di particolare interesse è il sottobacino che fluisce verso N (0,48 km²). Si tratta di un ghiacciaio di tipo "freddo", che presenta aree di accumulo (porzioni concave e piane) e di ablazione (zone convesse, costituite da ghiaccio vivo), controllate dal vento e distribuite irregolarmente. La principale area di ablazione coincide con la porzione convessa terminale, che presenta modesti crepacci radiali e trasversali. Il rapporto tra area di accumulo ed area totale (AAR) è di 0,81 per il sottobacino settentrionale e di 0,87 per l'intero ghiacciaio. La fronte è, nella zona centrale, del tipo a falesia (25 m) e lateralmente, per brevi tratti, del tipo a cupola ed a rampa. Ben evidente è la foliazione che, lungo la fronte, descrive una struttura di tipo sinforme. Un piccolo apron discontinuo di neve e ghiaccio si trova alla base della fronte a falesia, nei pressi della quale è presente un modesto apparato morenico composto da *inner moraines* (*shear moraines*), morene a nucleo di ghiaccio (*ice-cored moraines*) e di depositi glaciali informi, costituiti da *sublimation till* o *basal melt*

out till. In base ai rapporti tra le morene e le spiagge emerse oloceniche su cui poggiano, sono distinguibili almeno due fasi di avanzata glaciale nell'Olocene superiore (Neoglaciale), probabilmente più recenti di 4 500 anni B.P.

La più antica ha raggiunto un'ampiezza di oltre 60 m, mentre la successiva, separata da un considerevole intervallo di tempo, è stata dell'ordine di una cinquantina di metri. Il ghiacciaio è attualmente in una fase di ritiro, anche se arginelli morenici nei pressi della fronte testimoniano una modestissima recente fase di avanzata.

TERMINI CHIAVE: Ghiacciaio, morene, spiagge emerse, Olocene, Antartide.

1. PREMESSA

Durante le prime due spedizioni del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, svoltesi nelle estati australi 1985/1986 e 1986/1987, è stato preso in esame un piccolo ghiacciaio, ubicato nelle immediate vicinanze della base italiana, in costruzione nella Baia Terra Nova. Questa è un'ampia rientranza lungo le coste della Terra Vittoria, delimitata a Nord dal Vulcano Melbourne, a Sud dalla Lingua di Ghiaccio Galleggiante Drygalski. La base italiana è ubicata sui rilievi sgombri di ghiaccio denominati Northern Foothills, in un piccola penisola che chiude a Sud l'insenatura Gerlache, ad un quota di circa 20 m, nel punto di coordinate geografiche 74° 41' Sud e 164° 6' Est (fig. 1).

Al fondo di un'insenatura minore all'interno della precedente, denominata Tethys Bay da CHINN (1985 a), si affaccia un piccolo ghiacciaio che presenta una fronte a falesia, sovrastante una successione di spiagge emerse oloceniche. Esso è stato denominato da CHINN (1985 a) "Strandline Glacier", a sottolineare i suoi rapporti con le linee di riva oloceniche.

Il ghiacciaio dista circa 2 km dalla base italiana ed essendo di piccole dimensioni e ben individuato rispetto alle placche glaciali e nevose circostanti, si presta ad essere preso in esame sistematicamente nelle future spedizioni e a divenire una sorta di laboratorio per gli studi di glaciologia. In questa nota si descrivono gli aspetti geografico-fisici principali del ghiacciaio, le stazioni di osservazione e misura preliminari ubicate, le morene oloceniche e i loro rapporti con le spiagge emerse.

(*) Museo Civico di Scienze Naturali, Via Ozanam, 4 - 25128 Brescia.

(**) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano e Centro di Studio per la Stratigrafia e la Petrografia delle Alpi Centrali - CNR, Via Mangiagalli, 34 - 20133 Milano.

(***) Lavoro svolto nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, coordinato dal Ministro per la Ricerca Scientifica e Tecnologica.

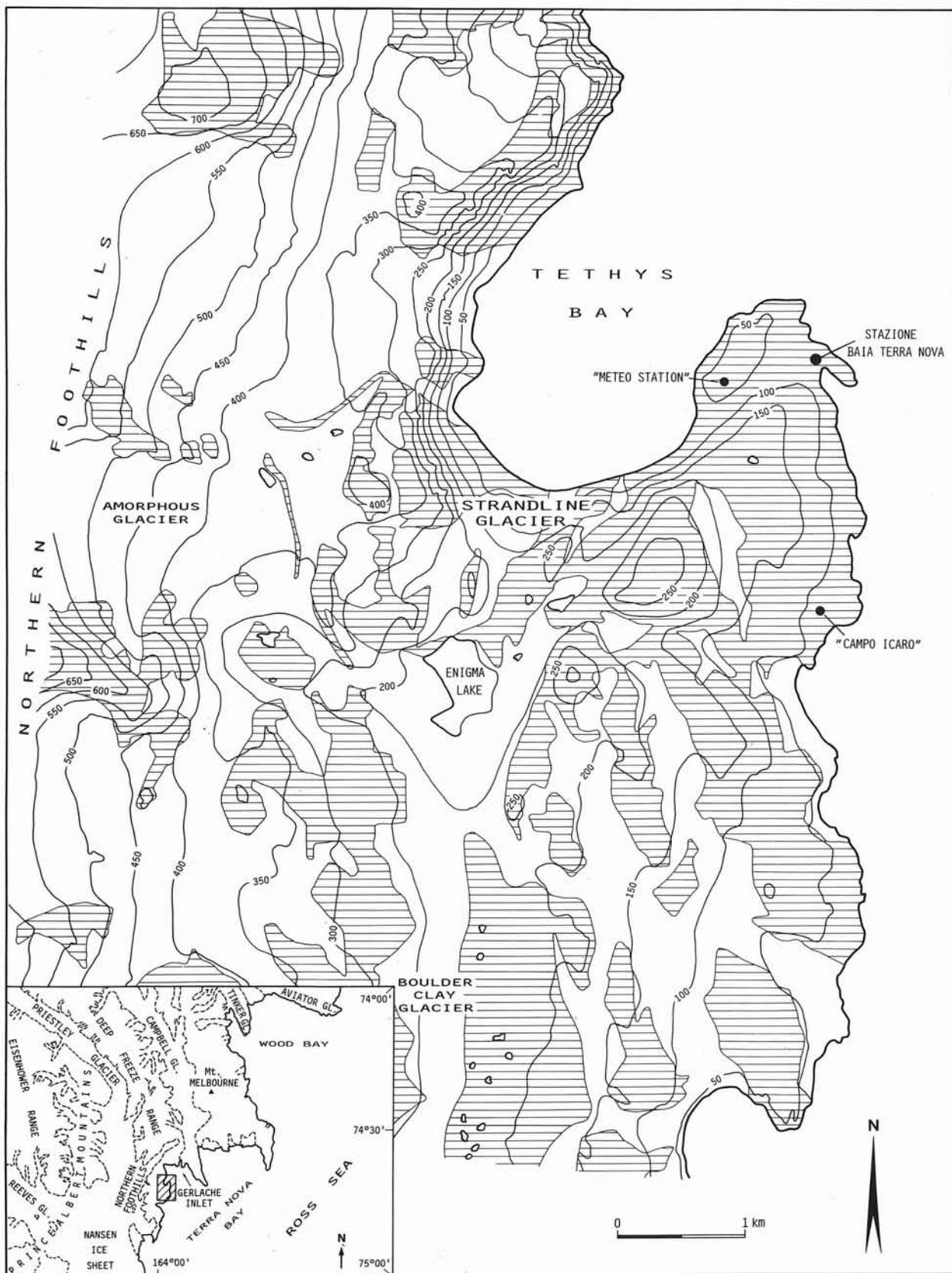


FIG. 1 - Il territorio circostante la Stazione Baia Terra Nova, nella Terra Vittoria. A tratteggio sono indicati i rilievi non ricoperti da ghiaccio o neve.

2. CARATTERI CLIMATICI

Le condizioni climatiche nel territorio di Baia Terra Nova sono attualmente allo studio ad opera di ricercatori che hanno preso parte alle prime due spedizioni del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide. In attesa delle prime risultanze è necessario fare riferimento alle conoscenze di carattere generale che si posseggono per la Terra Vittoria ed a quelle più dettagliate relative alle stazioni di misura da tempo attive presso le basi di McMurdo e Scott, circa 350 km più a Sud.

Secondo PHILLPOT (1985) lungo la costa del settore centrale della Terra Vittoria la temperatura media in Gennaio è compresa tra $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, in Luglio tra $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$, mentre le precipitazioni nevose medie annue sono comprese tra 100 e 200 mm d'acqua. La velocità

media del vento in Gennaio è di circa 6-7 m/s ed analoghi valori si osservano in Luglio. I venti catabatici nel settore di Baia Terra Nova sono particolarmente intensi (KURTZ & BROMWICH, 1985; BROMWICH, in stampa).

Circa 350 km più a Sud della Baia Terra Nova, presso la Base Neozelandese Scott, la temperatura media annua (1957-1980) è di $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. La temperatura media mensile nel mese più caldo (Gennaio) è di $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, mentre in quello più freddo (Agosto) è di $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$. Temperature di pochi gradi superiori allo $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ possono essere raggiunte nei mesi estivi (da Novembre a Febbraio). I giorni di neve variano da un minimo di 4 in agosto a un massimo di 8 in Febbraio (dati forniti da «Antarctic Division», Christchurch, N.Z.).

Circa 80 km a NW di Scott Base (300 km circa a Sud di Baia Terra Nova), la stazione automatica di Marble Point

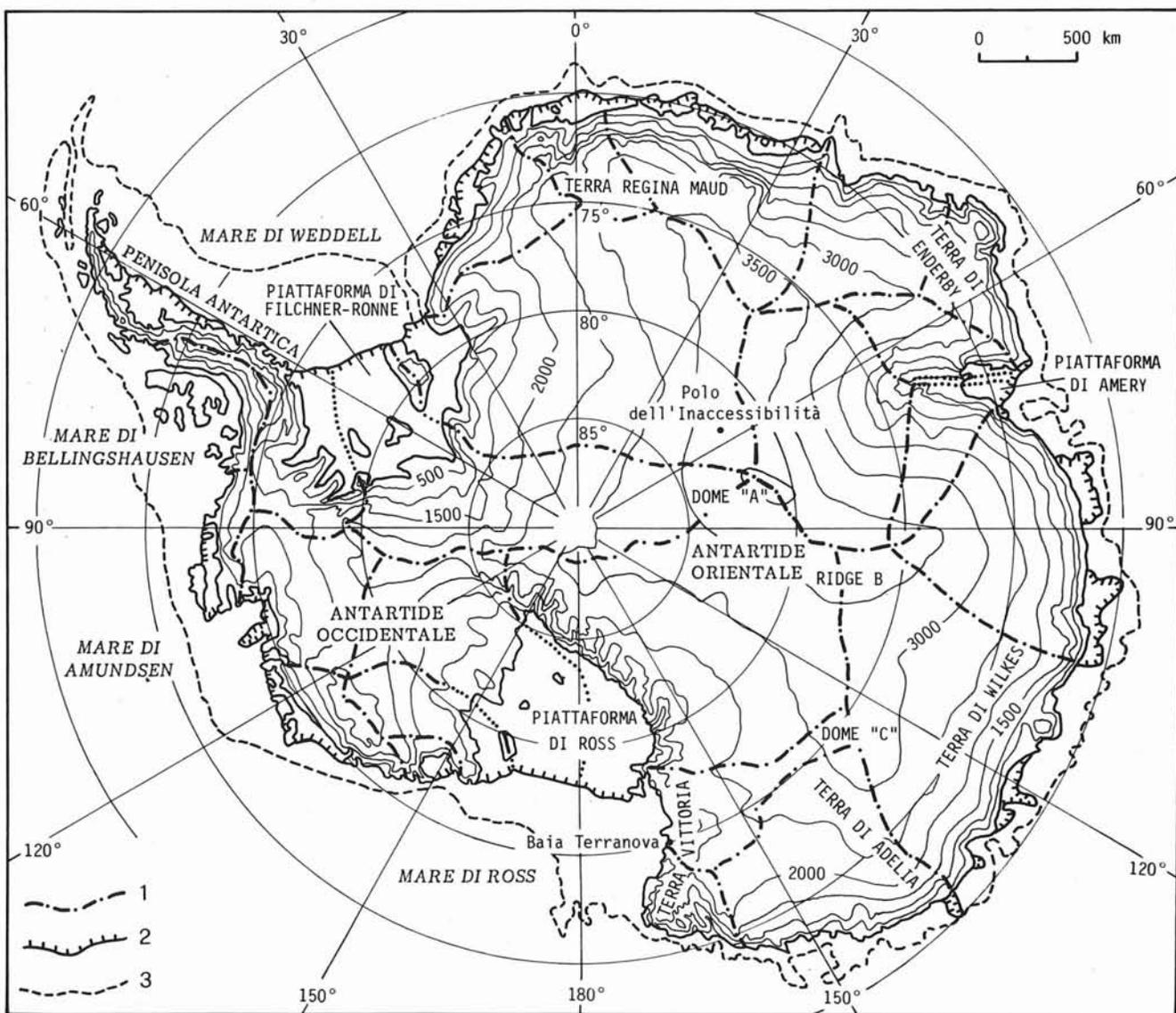


FIG. 2 - Il continente antartico 1) *ice divide*; 2) margine delle piattaforme di ghiaccio (barriere); 3) limite della piattaforma continentale (da GIOVINETTO & BENTLEY, 1985) ridis.

(SAVAGE & STEARNS, 1985) ha indicato una temperatura media annua di -17°C , con temperatura media del mese più freddo (Agosto) di -28°C e del mese più caldo (Gennaio) di $-3,5^{\circ}\text{C}$. La velocità media mensile del vento varia da 3,0 a 4,3 m/s, mentre la velocità massima registrata è stata di 31,8 m/s.

3. I GHIACCIAI DI BAIÀ TERRA NOVA

I ghiacciai presenti nel territorio di Baia Terra Nova hanno caratteri e dimensioni assai svariati. Ad una distanza di 30-60 km dalla costa si affaccia, al margine dei rilievi delle Montagne Transantartiche, ad una quota indicativa di 2000 m, la calotta o inlandis dell'Antartide orientale, estesa oltre 9 milioni di chilometri quadrati, che culmina in alcune ampie cupole, delle quali la più elevata (Dome A o Dome Argus) supera i 4000 m. Lo spessore della calotta est-antartica, che in parte poggia su bacini a quota inferiore al livello del mare, è in media di oltre 2 km, superando localmente 4,5 km.

La porzione di calotta est-antartica che fluisce verso Baia Terra Nova appartiene al bacino glaciale del versante orientale del «Dome C» (fig. 2), che ha una superficie di 265 000 km² (GIOVINETTO & BENTLEY, 1985).

In prossimità dei varchi aperti nei rilievi delle Montagne Transantartiche la calotta si deprime in ampi emicicli ad imbuto, dai quali si dipartono i ghiacciai di sbocco che giungono alla costa, ove si prolungano in mare con lingue di ghiaccio galleggianti. I principali, nel territorio di Baia Terra Nova sono, da Sud a Nord, i ghiacciai David, Reeves, Priestley e Campbell, mentre subito a Nord del Mt. Melbourne scendono i ghiacciai Tinker ed Aviator. Questi ultimi due e il Campbell non provengono dal «Dome C» ma dai rilievi delle Southern Cross Mts. e dal Half Ration Nevè. La lunghezza e la larghezza dei ghiacciai di sbocco in questo settore sono dell'ordine delle decine di chilometri (fino ad oltre un centinaio) e dei chilometri (fino ad una quindicina), rispettivamente.

I rilievi delle Montagne Transantartiche, che localmente superano i 3000 m (Mt. Hewson, 3720 m), mostrano una scultura di tipo alpino e ospitano numerosissimi ghiacciai che, nella maggior parte, confluiscono nei ghiacciai di sbocco. Alcuni di essi, sottodimensionati rispetto alla valle in cui sono contenuti e sottoalimentati, hanno difficoltà ad immergersi nei ghiacciai di sbocco e presentano alla giunzione ghiaccio morto coperto da detriti sopragliaciali e da laghetti gelati. Altri infine sono individui completamente indipendenti e terminano o direttamente in mare o presentano fronti proprie sulla terra emersa. Questi, nelle Dry Valleys, sono indicati come ghiacciai locali o alpini. Un'ultima categoria di ghiacciai è, infine, rappresentata dalle porzioni marine galleggianti, le lingue di ghiaccio (*ice tongues*), lunghe fino oltre 50 chilometri e larghe oltre una decina, come quella di Drygalski, e le piattaforme di ghiaccio (*ice shelves*) quali quella nota come Nansen Ice Sheet, allo sbocco dei ghiacciai Reeves e Priestley, estesa per un migliaio di chilometri quadrati (fig. 1). Il loro spessore è dell'ordine delle centinaia-numerose decine di metri. Ovviamente da questi ghiacciai galleggianti vanno tenuti distinti i ghiacci marini della banchisa, che stagionalmente si dissolvono (in-

teramente o quasi) e che hanno mediamente uno spessore di pochi metri.

4. CARATTERI DEI GHIACCIAI LOCALI O ALPINI

Nel territorio di Baia Terra Nova ghiacciai locali indipendenti sono presenti sui rilievi di Northern Foothills, di Andersson Ridge, Mt. Gerlache, Mt. Crummer ed in poche altre località che hanno caratteristiche affini alle Dry Valleys. Si tratta di aree in gran parte libere da copertura nevosa e glaciale. Questa è sostanzialmente limitata a placche più o meno estese, dovute ad accumulo eolico a ridosso di ostacoli orografici. Le scarse precipitazioni e l'intensa ablazione esercitata dai venti catabatici impediscono, infatti, in queste aree lo sviluppo di ghiacciai, salvo nei luoghi in cui il vento stesso non accumuli la neve. Su di una topografia di erosione glaciale ereditata da passate differenti condizioni di sviluppo glaciale, sono attualmente presenti placche di neve e piccoli ghiacciai, generalmente di esiguo spessore (metri, poche decine di metri). I ghiacciai hanno in prevalenza margini mal definiti e sfumano in campi di neve. Si tratta di ghiacciai freddi, la cui temperatura è nettamente inferiore alla temperatura di fusione in funzione della pressione, privi di scivolamento basale, nei quali il movimento è assai lento e si realizza esclusivamente per deformazioni interne (1).

(1) Le velocità misurate nei ghiacciai locali delle Dry Valleys variano da 0,1 a 3 m a⁻¹ (CHINN, 1985b).

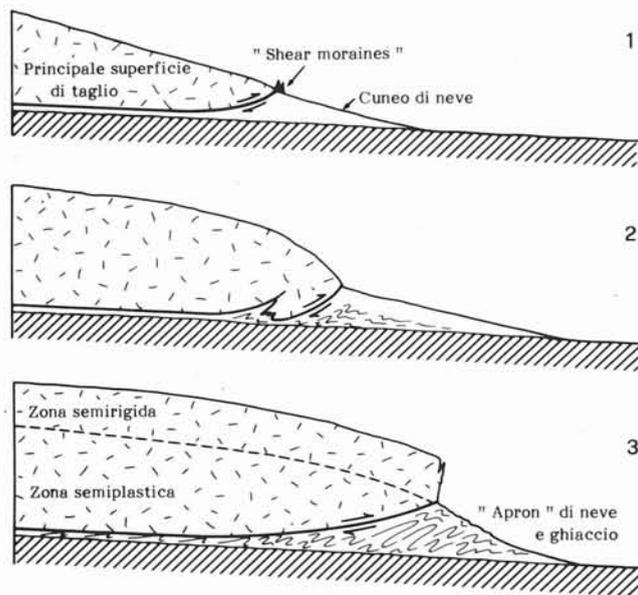


FIG. 3 - Diversi tipi di fronte nei ghiacciai locali in Antartide: 1) Fronte a "rampa" caratterizzata da un pendio lievemente inclinato; si noti il cuneo di neve antistante al margine attivo e la presenza di *shear moraines* (o *inner moraines*) generate da detriti affioranti lungo superfici di taglio. 2) Fronte a "cupola", più accentuatamente convessa; una evidente rottura di pendio la separa dal cuneo esterno di neve e ghiaccio. 3) Fronte a "scarpata" (o falesia); presenta una parete verticale alta una ventina di metri, ai piedi della quale si sviluppa un pendio o cuneo di ghiaccio e neve (*apron*) più o meno rilevato ed evidente. Crolli dalla scarpata alimentano coni e falde di blocchi di ghiaccio (*ice talus*) (da CHINN, 1985b mod.).

Accumulo ed ablazione sono controllati dal vento e distribuiti irregolarmente; non è pertanto identificabile una linea di equilibrio che separi l'area di accumulo da quella di ablazione. Si riconoscono invece più aree di accumulo e più aree di ablazione, coincidenti le prime con le porzioni concave e piane, le seconde con le porzioni convesse della superficie dei ghiacciai, in cui affiora il ghiaccio nudo.

Nella breve stagione estiva, della durata di circa due mesi, nei giorni più caldi e soleggiati si può avere fusione superficiale e rivoli d'acqua si osservano alla superficie ed ai margini dei ghiacciai, ma l'ablazione dovuta alla fusione deve essere ritenuta minima rispetto a quella dovuta a deflazione e sublimazione, se, in attesa di misure dirette, si tengono presenti i dati pubblicati per le Dry Valleys (CHINN, 1985b).

La superficie dei ghiacciai è sgombra di copertura detritica sopragliaciale (salvo in alcuni casi particolari di ghiacciai stagnanti, facenti transizione a fenomeni del tipo dei *rock glaciers*), mentre sono presenti frequenti crepacci, anche in settori a pendenza molto modesta. Nelle aree convesse di accentuata deflazione e sublimazione sono particolarmente evidenti sul ghiaccio nudo le tracce delle foliazioni che, alla fronte, generalmente disegnano un motivo

sinforme. In prossimità dei margini frontali dei ghiacciai, ma un poco al loro interno, sono presenti sottili morene a nucleo di ghiaccio. Queste sono note come *shear moraines* o *inner moraines* o, più genericamente, come *ice-cored moraines* (BISHOP, 1957; WEERTMAN, 1961; OSTREM, 1964; SOUCHEZ, 1967; 1971). Non si tratta di morene terminali deposte ma piuttosto di sottili strisce di detrito sopragliaciale, che giunge alla superficie del ghiacciaio dall'interno, attraverso superfici di taglio e che l'ablazione differenziale porta in rilievo rispetto alla superficie contigua del ghiacciaio. Le morene hanno forma di sottili creste allungate, spesso doppie o plurime, ravvicinate, talora costituite da allineamenti di conetti a nucleo di ghiaccio. La loro altezza varia da pochi metri fino ad un massimo di una quindicina di metri circa. Esternamente alle morene vi è un pendio di neve e ghiaccio dell'estensione di parecchi metri-decine di metri. Le *inner moraines* si osservano presso la fronte e talora in posizione laterale. In questo caso hanno profilo trasversale spiccatamente asimmetrico, con il fianco interno poco inclinato e quello esterno più breve e più ripido.

Nelle Dry Valleys i ghiacciai locali presentano tre tipi di margine frontale (CHINN, 1985b; fig. 3). Il margine a



FIG. 4 - Il Ghiacciaio Strandline. La fronte, nella zona centrale, è del tipo a "scarpata" (o "falesia"), alta circa 25 m e, lateralmente, del tipo a "cupola" (per un breve tratto) ed a "rampa". Si noti il pendio di neve e ghiaccio (*apron*) che si sviluppa ai piedi della scarpata, ma che è pressoché assente nella zona centrale. Le caratteristiche della fronte del Ghiacciaio Strandline sono in accordo con quelle di un ghiacciaio in ritiro (CHINN, 1985b). Si notino le morene a nucleo di ghiaccio che si sovrappongono a spiagge emerse oloceniche. Sulla destra, ai piedi della falda detritica, si sviluppa un *rock glacier* (foto ripresa dall'elicottero il 7/2/87).



FIG. 5 - Fronte a "scarpata" del Ghiacciaio Strandline. Alla base si sviluppano un pendio di neve e ghiaccio (*apron*) ed un *ice talus*. Sulla sinistra una piccola morena frontale a nucleo di ghiaccio (foto ripresa il 12/1/1986).



FIG. 6 - Fronte del Ghiacciaio Strandline. Si noti la riduzione dell'*ice talus*, visibile in fig. 5 alla base della scarpata. Con i numeri sono indicate le stazioni di misura (foto ripresa il 27/1/87).

ramp (rampa) è un pendio lievemente inclinato che si raccorda alle superfici esterne. Possiede in generale *inner moraines* e un cuneo di neve e ghiaccio esterno. Il margine a *dome* (cupola) è invece più accentuatamente convesso e una rottura di pendio lo delimita dal cuneo di neve e ghiaccio esterno. Infine il margine a *cliff* (scarpata, falesia) presenta una parete verticale alta circa una ventina di metri, ai cui piedi è generalmente presente un pendio o cuneo di ghiaccio e neve (*apron*) più o meno rilevato ed evidente. Ove si hanno crolli dalla fronte a falesia si formano, ai suoi piedi, coni e falde di blocchi di ghiaccio (*ice talus*). In uno stesso ghiacciaio vi può essere transizione da un tipo di margine all'altro. Il tipo di margine dipende dall'entità dell'accumulo e dell'ablazione eolica, poiché il profilo del ghiacciaio è controllato dal vento. Ove l'accumulo è intenso la superficie del ghiacciaio può, un poco più a valle, rigonfiarsi fino a sporgere a tal punto che l'accennata deflazione compensa il maggior afflusso di ghiaccio. La fronte a scarpata è invece regolata dal comportamento reologico del ghiacciaio e si forma quando la zona più rigida e crepacciata superficiale giunge a contatto con la superficie di scorrimento e deformazione basale (CHINN, 1985b).

Nel territorio di Baia Terra Nova i ghiacciai locali hanno, in generale, margini del primo tipo, più raramente del secondo. Solamente lo Strandline Glacier presenta un margine del terzo tipo (figg. 4, 5, 6).

5. IL GHIACCIAIO STRANDLINE

Il Ghiacciaio Strandline si sviluppa sul versante meridionale di Tethys Bay, da una quota di 330 m circa fino quasi al livello del mare (figg. 7, 8). Ha una superficie complessiva di 0,79 km². Nel suo tratto sommitale il ghiacciaio è esposto a SE e riveste una sorta di crinale, per cui fluisce in parte verso Est e poi NE verso la fronte a falesia, in parte verso SE e poi Sud, in direzione di Enigma Lake. Nell'ambito del ghiacciaio emerge poi un dosso roccioso allungato, culminante a quota 256 m, su cui affiorano depositi glaciali dell'ultima espansione glaciale (Terra Nova I; OROMBELLI, 1986). Il ghiacciaio risulta così composto da distinte porzioni che fluiscono in direzioni diverse, originando diversi margini frontali con relative *inner moraines* (fig. 8). Il sottobacino che viene preso in considerazione in questa nota è quello più settentrionale che fluisce verso Tethys Bay, dando origine alla fronte a falesia. Esso misura una superficie di 0,475 km². Il suo profilo longitudinale presenta una porzione superiore con una pendenza media del 23% circa, un tratto intermedio più ripido con una pendenza del 32% ed un tratto terminale rigonfio e convesso con una pendenza del 24% che termina con una falesia subverticale (fig. 7).

La porzione superiore del ghiacciaio è innevata, con accumuli di *snow drift* (neve ventata) che localmente formano dossi allungati nella direzione del vento, a sua volta controllata dalla topografia dei rilievi. Particolarmente evidente è lo *snow drift* al margine sinistro con apice interno a quota 250m (fig. 8). Un'area di ablazione in cui è esposto il ghiaccio nudo è presente nella porzione convessa termi-

nale. Aree minori di ablazione sono presenti al margine superiore del ghiacciaio e all'apice (convesso) dello *snow drift* sopra descritto (fianco sinistro).

Se, almeno in prima approssimazione ed in attesa di ulteriori osservazioni e misure, si identificano le aree di ablazione con quelle a ghiaccio nudo e le aree di accumulo con quelle innevate, quali appaiono nelle foto aeree USN-Dic. 1956 in scala circa 1 : 30 000, si ottiene un rapporto tra area di accumulo e area totale (AAR) di 0,81. Per l'intero ghiacciaio il rapporto vale 0,87. Tali valori risulterebbero essere superiori a quelli propri di ghiacciai temperati in situazioni di equilibrio.

Modesti crepacci trasversali sono presenti in più punti, connessi a rotture convesse di pendenza. Crepacci longitudinali e radiali si trovano sul fronte convesso del ghiacciaio. Nel tratto di ghiaccio nudo frontale, particolarmente evidente è la foliazione, le cui tracce sono arcuate parallelamente al margine glaciale. La superficie del ghiacciaio è quasi interamente sgombra di detrito sopraglaciale. *Inner moraines* sono presenti ai margini della fronte a falesia. *Inner moraines* appartenenti agli altri sottobacini sono inoltre presenti nella sella di quota 230 a W del rilievo di quota 256, che emerge dalla zona centrale del ghiacciaio (fig. 8).

Nel Gennaio 1986 è stata eseguita una perforazione a mano con carotaggio continuo fino ad una profondità di 11,8 m, nel settore terminale del ghiacciaio, ad una quota di circa 90 m. La temperatura misurata a fondo pozzo era di -10 °C. Fino a 2,9 m di profondità si sono osservate alternanze di livelli di ghiaccio/nevato granulare e sottili livelli di ghiaccio bollosi; da 2,9 m a fondo-pozzo in prevalenza ghiaccio granulare (2).

Il 7/2/87, per misurare la temperatura alla base del ghiacciaio è stato trivellato a mano un foro orizzontale nella falesia ad un'altezza di 50 cm circa dal suolo, profondo 30 cm, nel quale è stato inserito un termometro. Il valore ottenuto è stato di -3 °C, mentre la temperatura dell'aria era di -1 °C. Date le modalità di misura è possibile che il valore ottenuto sia superiore al reale. In attesa di misure più accurate rimane per ora confermato che il Ghiacciaio Strandline è composto da ghiaccio freddo fino alla sua base e che modesti fenomeni di fusione si possono avere solamente alla sua superficie.

5.1 CARATTERISTICHE DELLA FRONTE

Alla data 27/1/87 la fronte del ghiacciaio mostrava le seguenti caratteristiche da W a E. Lungo il margine sinistro (occidentale) il ghiacciaio ha superficie concava e passa senza soluzione di continuità a nevai laterali (fig. 4). La fronte comincia ad individualizzarsi ove il ghiacciaio si rigonfia e forma una rampa, ai piedi della quale si sviluppa un pendio meno inclinato (circa 28°) di neve, interrotto dall'estremità della morena sinistra, che qui ha caratteri di *inner moraine*. La rampa si rigonfia e, pochi metri più ad Est, evolve in un settore a cupola, che dopo breve trat-

(2) Si ringraziano J. KOTHE del *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe* di Hannover che ha prestato il carotiere a mano, M. FREZZOTTI dell'ENEA, G. CANEVA dell'Università di Genova e le due guide norvegesi, che hanno eseguito la perforazione.

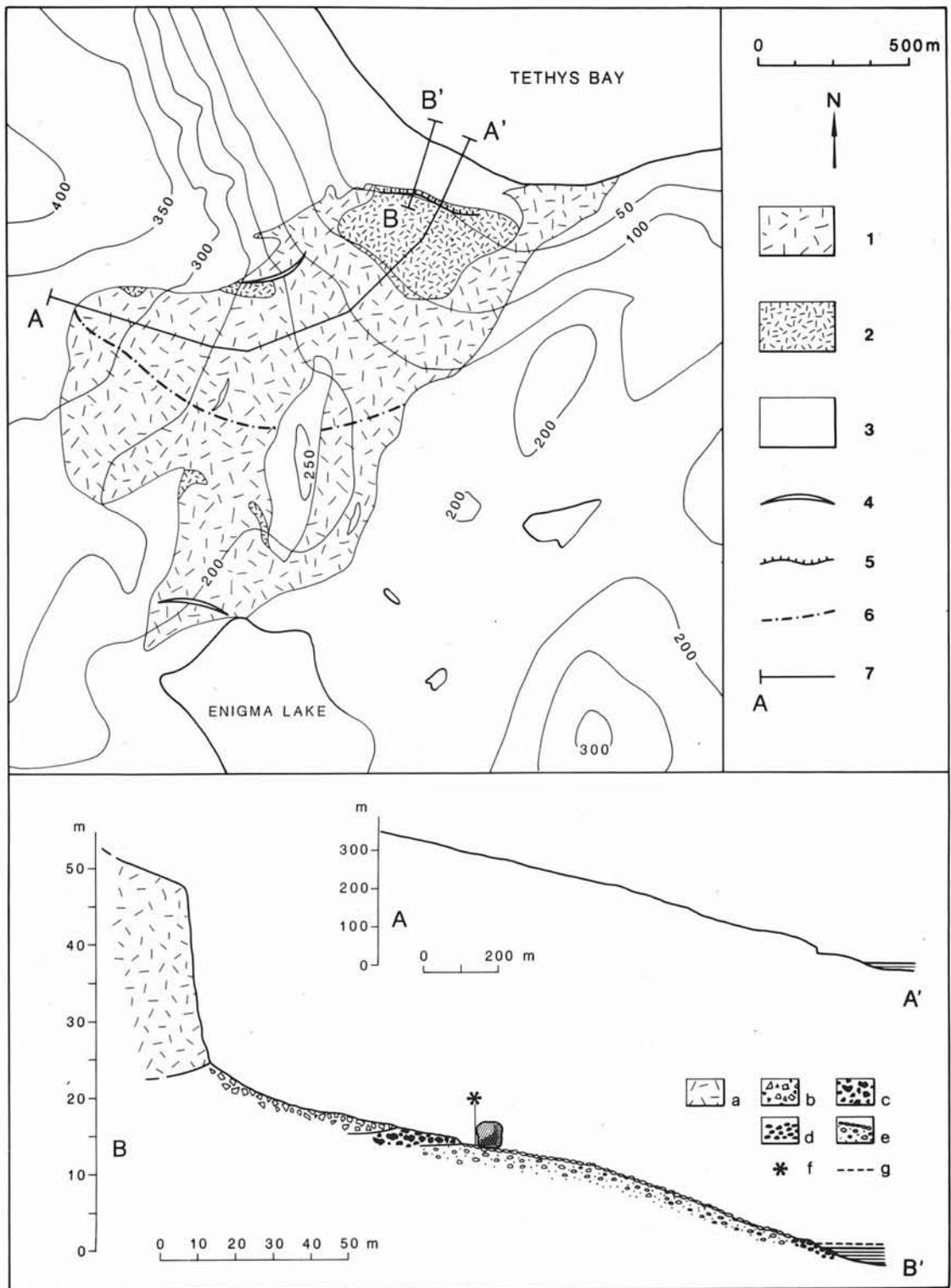


FIG. 7 - Ghiacciaio Strandline. *In alto*: carta topografica semplificata, ridisegnata dalla carta in scala 1:10 000 redatta a cura dell'*Aquater* (F. "Tethys Bay"); 1) ghiacciaio; 2) aree di ablazione, prive di copertura nevosa; 3) substrato roccioso e depositi glaciali; 4) accumuli di neve trasportata dal vento (*snowdrift*); 5) scarpata terminale (*ice cliff*); 6) *ice divide*; 7) traccia di sezione. *In basso*: sezione topografica (A-A') e sezione geologica (B-B'); a) ghiacciaio; b) depositi glaciali olocenici; c) depositi glaciali olocenici, più antichi di "b"; d) spiaggia attuale; e) spiagge emerse oloceniche, composite (nella zona superiore è presente un pavimento eolico di deflazione); f) ubicazione della stazione fotografica; g) limite superiore del ghiaccio marino. Il livello del mare è stato rilevato il 26/1/87, alle ore 10 ca.

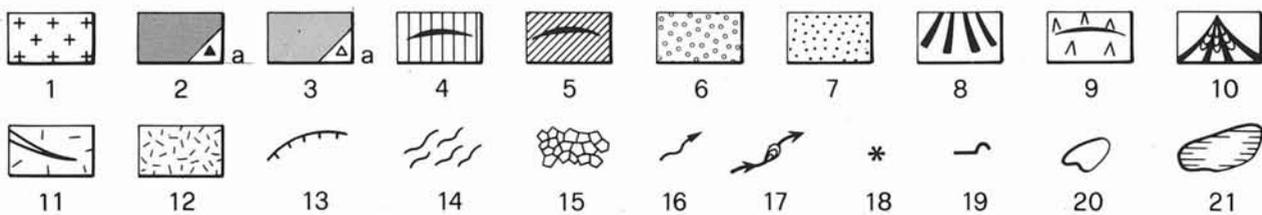
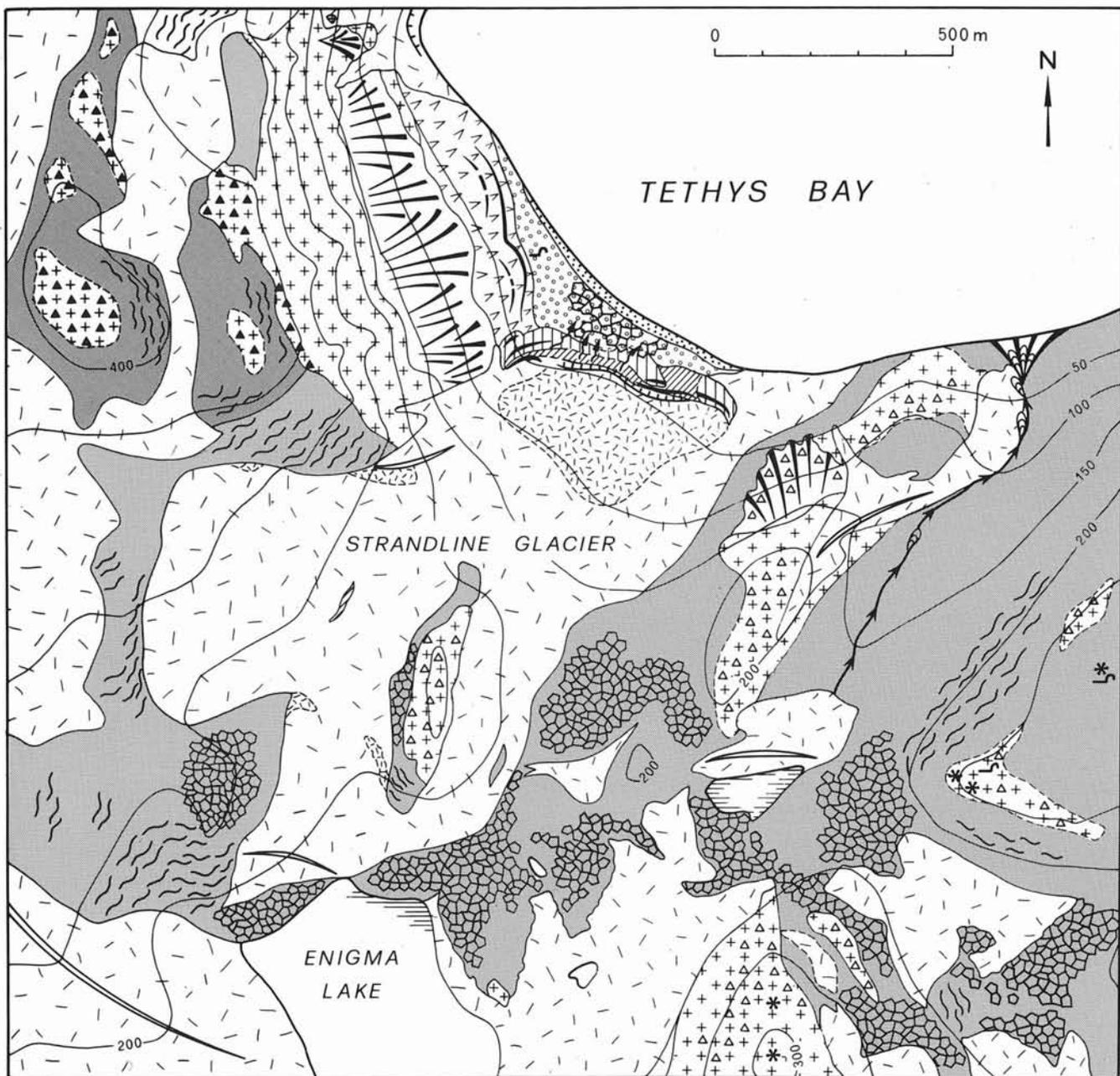


FIG. 8 - Ghiacciaio Strandline, Carta Geomorfologica: 1) substrato roccioso (graniti, mafiti, paragneiss e micascisti); 2) depositi glaciali del Complesso Terra Nova II (Pleistocene inf.-medio); 2a) id., erratici; 3) depositi glaciali del Complesso Terra Nova I (Pleistocene sup.); 3a) id., erratici; 4) morene oleneciche; 5) morene oleneciche, più recenti di 4; 6) spiagge emerse oleneciche; 7) spiaggia attuale; 8) falde e coni di detrito; 9) *rock glacier*; 10) cono di deiezione con lobi di *debris flow*; 11) ghiacciai e nevai, il simbolo inserito indica accumuli di neve trasportata dal vento (*snowdrift*); 12) aree di ablazione, prive di copertura nevosa; 13) scarpate terminali e falesie di ghiaccio (*ice cliff*); 14) "terrazzette di geliflusso"; 15) poligoni di cunei di ghiaccio (*ice wedge polygons*); 16) rigagnoli originati da fusione glaciale; 17) alveo torrentizio (con lobi di *debris flow*); 18) rocce e massi granitici intensamente ossidati ed arrossati; 19) "tafoni" in rocce granitiche; 20) lago ghiacciato; 21) lago.



FIG. 9 - Scarpata terminale del Ghiacciaio Strandline, ripresa dalla stazione fotografica (26/1/87).

to, a sua volta fa transizione laterale, per accentuazione del pendio, ad una falesia di ghiaccio. Lungo tutta questa porzione della fronte si sviluppa un *apron* (pendio basale) di ghiaccio e neve, alto pochi metri (figg. 4, 5 e 6).

Il settore centrale della fronte a falesia è subverticale e raggiunge un'altezza massima di circa 25 m (fig. 9). Ai suoi piedi si sviluppa un ridottissimo *apron* discontinuo, di altezza inferiore ai due metri. Ove questo non è presente la fronte a falesia giunge fino al suolo e mostra una rientranza basale alta e profonda pochi decimetri, in corrispondenza della fascia basale di ghiaccio sporco, di cui si dirà tra poco.

Nel settore orientale la falesia diminuisce di altezza fino ad evolvere nuovamente in un margine a cupola e successivamente a rampa. Lungo tutto questo tratto si sviluppa

un *apron* di neve e ghiaccio, alto al massimo circa 6 m, inclinato di 35° nella sua parte superiore, meno acclive in quella inferiore.

Ai piedi della falesia è presente un sottile livello basale di ghiaccio sporco dello spessore di 30-40 cm. È costituito da detriti eterometrici, dal limo ai ciottoli, cementati da ghiaccio. Sono presenti clasti allungati isorientati, con asse lungo perpendicolare alla fronte e, se appuntiti, con la punta rivolta verso l'interno del ghiacciaio (fig. 10). Segue superiormente una fascia di ghiaccio dello spessore di circa 5-6 m, nella quale sono presenti livelli sottili e discontinui di ghiaccio sporco che nell'insieme impartiscono ad essa un colore più scuro. L'altezza di tale fascia coincide circa con l'altezza massima dell'*apron* (fig. 9). La falesia soprastante è costituita da ghiaccio pulito nel quale si



FIG. 10 - Ghiacciaio Strandline: "ghiaccio sporco" basale (foto ripresa il 26/1/87).

individuano numerose superfici di discontinuità (foliazioni) che nell'insieme descrivono un'ampia struttura sinforme, con locali deformazioni complesse del tipo pieghe-faglia e pieghe isoclinali. La foliazione passa dalla fronte a falesia ai margini a cupola ed a rampa.

Nell'estate australe 85/86 la fronte a falesia presentava un *apron* maggiormente sviluppato e vistosi accumuli di blocchi di ghiaccio crollati ai suoi piedi (*ice talus*), per una fascia larga una decina di metri. Si notava inoltre una più intensa fusione testimoniata da ghiaccioli pendenti dalla fronte e rivoli d'acqua scorrenti alla sua base (fig. 8).

5.2 SEGNALI E MISURE

Nei pressi della fronte, nei giorni 26-27/1/87 sono stati posti alcuni segnali dai quali sono state effettuate misure di distanza e riprese fotografiche; ne diamo di seguito la descrizione (figg. 5, 6 e 9; tab. 1).

— *Stazione fotografica*. È sita presso lo spigolo SW del più grande masso granitico presente nella zona antistante il ghiacciaio, posto su di una spiaggia emersa a quota 13 m circa s.l.m. Ai piedi dello spigolo è presente un piccolo blocco granitico quasi completamente interrato, nel quale è stata incisa una intaccatura a croce, circondata da un cerchio di vernice rossa. Da questo segnale, non numerato, la distanza minima dalla fronte, misurata con bindella metrica lungo pendio, è risultata di 62,6 m.

— *Stazione 1*. È posta sopra un grande masso appiattito di granito porfirico con grossi inclusi femici. Il segnale è costituito da un piccolo incluso femico di forma rettangolare attorno al quale è stato tracciato un cerchio in vernice rossa con accanto il numero 1. La distanza minima misurata con bindella metrica dal segnale alla fronte, lungo pendio, è risultata di 14,4 m alla base dell'*apron* e di 15,3 m al tetto del medesimo.

TABELLA 1

DISTANZE (IN M) DELLE STAZIONI DI MISURA (S) DALLA SCARPATA TERMINALE (ICE CLIFF) DEL GHIACCIAIO STRANDLINE.

S	a	b	c	d
1	15,1	—	—	—
2	—	—	—	3,0
3	6,8	7,0	—	—
4	—	—	4,8	5,8
5	—	—	9,0	11,5
6	5,1	5,4	—	—
7	35,1	—	—	—
8	62,6	—	—	—

a) misure riferite alla base della scarpata; b) misure riferite all'interfaccia «ghiaccio sporco»/sedimenti depositi; c) misure riferite alla base dell'*apron*; d) misure riferite al tetto dell'*apron*. La stazione indicata con il numero 8 è quella fotografica.

Le misure, che non sono riferite al piano orizzontale, indicano le distanze tra le stazioni ed i punti più vicini della fronte.

— *Stazione 2*. È costituita da un grosso masso granitico poliedrico equidimensionale. Intorno allo spigolo rivolto verso il ghiacciaio è stato tracciato un cerchio di vernice rossa. La distanza minima misurata con bindella metrica, lungo pendio, dall'apice dello spigolo alla fronte, è risultata di 3 m alla sommità del piccolo *apron*.

— *Stazione 3*. È costituita da un grosso masso granitico tabulare semisepolto. Un cerchio di vernice rossa è stato tracciato intorno ad una piccola concentrazione femica di forma allungata. Da questa la distanza minima alla fronte è risultata di 6,8 m e di 7 m quella all'interfaccia ghiaccio sporco basale — sedimenti depositi.

— *Stazione 4*. È costituita da un piccolo masso granitico di forma prismatica a spigoli vivi, attraversato da una vena aplitica. Un cerchio di vernice rossa è stato tracciato intorno al vertice più aguzzo rivolto verso la fronte del ghiacciaio. La distanza minima, misurata con la bindella metrica lungo il pendio dal segnale alla fronte è risultata di 4,8 m alla base dell'*apron*, di 5,8 m alla sommità del medesimo.

— *Stazione 5*. È costituita da un masso granitico di forma irregolare con spigoli acuti. Intorno ad un vistoso incluso femico del diametro di circa 10 cm, è stato tracciato un cerchio di vernice rossa. La distanza minima lungo il pendio con bindella metrica è risultata di 9 m alla base dell'*apron* e di 11,5 m alla sua sommità.

— *Stazione 6*. È costituita da un masso di granito di forma prismatica, inclinato e semisepolto negli arginelli morenici ai piedi della falesia di ghiaccio. Un cerchio di vernice rossa è stato tracciato attorno al vertice aguzzo superiore, rivolto verso la fronte del ghiacciaio. La distanza minima misurata dal segnale alla fronte è stata di 5,1 m e di 5,4 m all'interfaccia ghiaccio basale sporco-sedimenti depositi.

— *Stazione 7*. È costituita da un masso granitico prismatico, posto al margine esterno della fascia di morena informe. Un cerchio di vernice rossa è stato tracciato intorno al vertice più aguzzo, dal quale la distanza minima alla fronte è risultata di 35,1 m.

Infine sono stati dipinti con vernice gialla quattro blocchi posti esattamente al piede della falesia di ghiaccio, ove questa dà luogo alla piccola rientranza in connessione con il ghiaccio sporco.

5.3 LE MORENE ALLA FRONTE DEL GHIACCIAIO

Presso la fronte del Ghiacciaio Strandline si osserva un modesto apparato morenico che consiste di *inner moraines*, *ice-cored moraines* e di una sottile coltre di depositi glaciali informi (fig. 4, 5, 6 e 8). Sul lato destro-frontale, ove comincia ad individualizzarsi il margine a rampa, dal ghiaccio e dalla neve emergono detriti sopragliaciali che disegnano un piccolo arco. Questo, da E verso W, assume via via maggiore rilievo, sino a costituire un argine rilevato a nucleo di ghiaccio, ove il margine del ghiacciaio passa da rampa a cupola. L'argine, alto oltre una decina di metri, sovrasta direttamente le spiagge antistanti. Più ad W, ove la fronte del ghiacciaio diviene a falesia, l'argine si deprime in breve tratto, sino a perdere ogni evidenza morfologica, ed è sostituito da una morena informe, costituita da una sottile coltre di depositi glaciali.

Nel dettaglio, l'argine destro risulta costituito da almeno due morene; quella più esterna, sviluppata per una lunghezza di circa 300 m, presenta una sommità a crinale smussato ed è costituita da depositi glaciali d'ablazione (*supraglacial sublimation till*; EYLES, 1983) grossolani con massi e blocchi subangolari in matrice ghiaioso-sabbiosa. Tali depositi sono relativamente stabilizzati, un poco ossidati, poveri di matrice fine in superficie (salvo piccole chiazze di fini coesivi grigi), con pavimento eolico di deflazione attraversato da fessure di cunei di ghiaccio.

La morena più interna si sviluppa parallelamente alla precedente, localmente sormontandola sino a ricoprirla totalmente. Presenta un crinale nettamente più affilato e longitudinalmente ondulato. Alla sua terminazione verso la falesia di ghiaccio la morena appare suddivisa in tre minori creste subparallele. È costituita da depositi glaciali simili ai precedenti, sciolti, non ossidati, non stabilizzati, ricchi di matrice sabbiosa fine in superficie. Mentre su questa morena non si sono osservati licheni, su quella più esterna si sono osservati talli circolari del genere *Buellia* con diametro fino a 42 mm.

Sul fianco esterno di entrambe le morene si notano tracce di piccoli smottamenti.

Nel tratto antistante la parte centrale della fronte a falesia, si osserva una sottile coltre di depositi glaciali senza particolare risalto morfologico, con topografia subpianeggiante, debolmente ondulata ed inclinata verso il mare. Per i caratteri dell'alterazione si distinguono in essa due fasce, separate da un netto limite di colore. La fascia più interna è costituita da massi, blocchi e ciottoli subangolari, spesso disposti in festoni irregolari, allungati nel senso del flusso del ghiacciaio; essi prendono origine da grossi massi, sottoflusso dei quali si allineano ciottoli e blocchi. Al centro dei festoni sono presenti, in prevalenza, sabbia e ghiaia minuta; queste spesso si sovrappongono ai massi ed ai blocchi, ricoprendoli parzialmente sul lato sottoflusso. Questi depositi non sono alterati e ossidati né stabilizzati, ma risultano particolarmente sciolti e mobili.

Alla base della falesia, ancora a contatto con il ghiaccio od a brevissima distanza, i depositi glaciali formano localmente modestissimi arginelli, discontinui, dell'altezza di pochi decimetri fino ad 1 m circa.

La genesi della fascia di morena informe è riconoscibile alla base della falesia frontale, ove è presente un sottile livello di ghiaccio sporco, dal quale sporgono ciottoli e blocchi (fig. 10). I clasti allungati sono orientati parallelamente all'asse del ghiacciaio. Ciottoli e blocchi allungati appena depositi mantengono tale orientazione. Il deposito in questione non è addensato e compresso e non è quindi assimilabile ai depositi delle morene di fondo dei ghiacciai a base calda. Deve invece essere interpretato come un deposito glaciale basale di sublimazione (*sublimation till* o *basal melt out till*; SHAW, 1977; EYLES, 1983).

Anche le strutture asimmetriche nel senso del flusso glaciale sopra descritte sono indicative di una genesi basale. Esse sono paragonabili allo *streaming of basal debris* (EYLES, 1983, f. 2.13) e non possono essere confuse con i suoli poligonali presenti sulle superfici circostanti stabilizzate (spiagge più elevate e morena informe più esterna).

La fascia più esterna ripete gli aspetti fin qui descritti ma risulta un poco più alterata (ossidata), meglio stabiliz-

zata e più povera di fini in superficie. Essa è inoltre attraversata da fessure di cunei di ghiaccio. Mentre nella fascia interna non sono stati osservati licheni, in quella esterna sono presenti talli del genere *Buellia* con diametri fino a 40 mm.

Sul margine sinistro del ghiacciaio sono presenti tre morene a probabile nucleo di ghiaccio. La più esterna è costituita da un piccolo argine sviluppato per una decina di metri o poco più, costituito da massi e blocchi polilitologici. Al suo esterno si sviluppa un *rock glacier* di versante, la cui composizione litologica è meno varia di quella della morena. Un secondo e più lungo argine morenico, in posizione intermedia, ha sommità arrotondata ed è costituito da depositi grossolani un poco ossidati e stabilizzati. Sui massi sono presenti licheni del genere *Buellia*, con diametro fino a 28 mm. Infine un terzo e più interno argine morenico ha cresta aguzza ed è formato da blocchi e massi grossolani spigolosi, privi o poveri di matrice, non ossidati, non o poco stabilizzati. Il profilo trasversale di questo argine morenico è spiccatamente asimmetrico, con fianco interno lungo e poco inclinato (18°) e fianco esterno breve e assai ripido (50°), in alcuni tratti costituito da grossi massi appilati e spinti quasi a formare un muro verticale con massi aggettanti. Sui massi di questa morena sono presenti sporadici licheni del genere *Buellia* con diametro fino a 15 mm.

Per i caratteri dell'alterazione, copertura lichenica e per continuità morfologica, la morena interna sinistra si correla con la fascia interna della morena informe e con la morena interna destra. La morena intermedia sinistra si correla con la fascia esterna della morena informe e con la morena esterna destra (fig. 8).

6. I RAPPORTI TRA LE MORENE E LE SPIAGGE OLOCENICHE EMERSE

Come si è detto nella premessa, il Ghiacciaio Stran-dline si affaccia con la sua fronte e le sue morene sopra un complesso di spiagge emerse oloceniche, al fondo della Tethys Bay (figg. 4 e 7). Spiagge emerse oloceniche sono presenti in numerosi tratti della costa di Terra Nova Bay sino ad una quota massima di circa 30 m. Si tratta generalmente di cordoni litorali di ciottoli e blocchi depositi al fondo delle insenature più protette e sollevati dal recupero glacio-isostatico del territorio dopo il ritiro della Piat-taforma Glaciale di Ross, alla fine del Pleistocene e nell'Olocene (STUIVER & *alii*, 1981; OROMBELLI, 1986).

Nel caso di Tethys Bay si osserva la seguente successione di spiagge (fig. 7). Quella attuale, costituita da una berma ordinaria e da una berma più elevata di tempesta, localmente articolata in cuspidi, si sviluppa dal livello di bassa marea fino a 2,5 m ed è composta da ghiaie e ciottolami a clasti arrotondati ed appiattiti, localmente embricati (*shingle beach*). Segue un lungo pendio, da 2,5 a 11 m circa, costituito da ghiaie con ciottoli appiattiti e arrotondati, a matrice sabbiosa, e localmente da grossi blocchi granitici isolati, semisevolti, arrotondati per esfoliazione e disgregazione. Un netto limite di colore separa questo pendio dalla spiaggia attuale, dovuto ad un inizio di ossidazione dei clasti cui si accompagna una maggiore stabi-

lizzazione della superficie. Questa è assimilabile ad un pavimento eolico di deflazione ed è attraversata da fessure di cunei di ghiaccio, organizzate in una rete di poligoni con diametro da alcuni metri fino a 10-15 m. I poligoni sono localmente deformati e tendono ad evolversi in suoli striati. Nel dettaglio si osservano ciottoli verticalizzati, spesso disposti a formare piccoli poligoni «a rosetta». Questo pendio probabilmente risulta da coalescenza di più berme ravvicinate e successivamente modificate da fenomeni periglaciali.

Da 11 a 13,7 m si osserva un ampio ripiano a debole inclinazione verso mare, interpretabile come superficie superiore di una berma. È costituito da ghiaie con ciottoli arrotondati ed appiattiti a matrice sabbiosa. Isolati blocchi e massi, arrotondati per alterazione e semisepolti, sono sparsi in questo ripiano; al margine occidentale dello stesso si osserva una maggiore concentrazione di blocchi e massi, spigolosi, provenienti per crollo dai versanti soprastanti. Anche la superficie di questo ripiano è assimilabile ad un pavimento di deflazione eolica, attraversato da fessure di cunei di ghiaccio.

Al margine del ripiano verso il ghiacciaio si osservano massi di varia dimensione sovrapposti ai depositi di spiaggia. Tra questi vi è il grosso masso granitico presso il quale è stata ubicata la stazione fotografica. Su questi massi sono presenti licheni del genere *Buellia* con diametro fino a 40 mm. Un'ulteriore spiaggia più elevata è presente più ad Ovest, esternamente alle morene del margine sinistro del ghiacciaio, ad una quota compresa tra 14 e 16,5 m, e presenta le medesime caratteristiche della spiaggia precedente, con una maggiore concentrazione di blocchi spigolosi di crollo dalle pareti soprastanti. Sui massi sono presenti localmente licheni del genere *Buellia*, con diametro fino a 71 mm. Questa successione di spiagge è stata in parte raggiunta dal ghiacciaio che ha deposto sopra di esse le sue morene. In particolare si nota che le morene di destra si sovrappongono alla spiaggia di quota 11-13,7 m e, con il loro versante esterno, anche ai depositi di spiaggia sottostanti, non attuali. In quest'ultimo caso si ritiene, tuttavia, che la sovrapposizione sia dovuta a rimobilizzazione del fianco esterno delle morene dopo la loro deposizione, per fenomeni di assestamento di versante, come comprovato anche dagli smottamenti in atto e dall'assenza di copertura lichenica.

Nel tratto antistante la fronte a falesia i depositi basali di sublimazione ricoprono la spiaggia più elevata giungendo a contatto con il ripiano di quota 11-13,7 m. Il contatto è evidenziato da un piccolo gradino alto pochi decimetri che separa due zone dai distinti caratteri tessiturali. Infatti, a contatto con i sedimenti di spiaggia descritti, caratterizzati da una elevata percentuale di ciottoli appiattiti ed arrotondati (> 80%), si osservano i sedimenti più eterometrici e con clasti in prevalenza spigolosi o subarrotondati (> 80%) della fascia morenica informale più esterna, già descritta.

Pertanto, sulla base dei rapporti morfologici, stratigrafici e tenuto conto del grado di alterazione e dello sviluppo dei licheni, si può ricostruire la seguente successione di eventi:

- 1) Genesi della spiaggia più elevata a quota 14-16,5 m.
- 2) Progressivo sollevamento glacio-isostatico e formazione della spiaggia a quota 11-13,7 m.

3) Avanzata della fronte del ghiacciaio, con deposizione delle morene più esterne, ossidate e con copertura lichenica. Per quanto riguarda la morena più esterna, in sinistra della fronte, data la sua limitata estensione, non sono osservabili rapporti con le spiagge, né vi è sufficiente sviluppo dei licheni, così da inserirla con maggior precisione in questa successione di eventi.

4) Dopo un intervallo di tempo, durante il quale si è probabilmente completata l'emersione delle spiagge tra quota 2,5 ed 11 m e si è avuta una fase di ritiro glaciale di almeno 17 m, nuova oscillazione positiva del ghiacciaio, con deposizione delle morene interne, non ossidate e prive di copertura lichenica o con licheni di piccolo diametro.

5) Ritiro della fronte glaciale di circa 50 m fino alla posizione attuale e formazione della spiaggia attuale.

7. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE E CONSIDERAZIONI SULLE OSCILLAZIONI GLACIALI OLOCENICHE NEL TERRITORIO DI BAIA TERRA NOVA

I caratteri salienti del Ghiacciaio Strandline, quali risultano dopo una preliminare analisi, sono i seguenti. Si tratta di un piccolo ghiacciaio locale di ghiaccio freddo, cioè a temperatura inferiore a quelle di fusione, terminante con una fronte a falesia alta circa 25 m, facente lateralmente transizione a brevi tratti con caratteri di margine «a cupola» ed «a rampa». Presso la fronte del ghiacciaio sono presenti morene che dai margini al centro della fronte passano da *inner moraines* totalmente galleggianti (sopraglaciali), ad *ice-cored moraines* che rivestono ghiaccio morto ed hanno evidente morfologia ad argine, a morene prive di evidenza morfologica (generate per ablazione alla base della falesia frontale).

Il ghiacciaio attraversa attualmente una fase di ritiro, a giudicare dalla fascia morenica, ampia almeno 50 m, recentemente deposta, del tutto priva dei caratteri di alterazione, non colonizzata da licheni e con detriti sciolti, non assestati, né riorganizzati da processi periglaciali. Tuttavia, in questa fase di regresso, si è recentemente verificata una modestissima pulsazione positiva, documentata da arginelli morenici a contatto con la fronte.

Anche le caratteristiche della fronte ed il rapporto tra l'altezza dell'*apron* h e l'altezza totale della falesia H come indicati da CHINN (1985b) per i ghiacciai delle Dry Valleys, sono in accordo con una tendenza al ritiro. Infatti, secondo l'Autore citato, le fronti a falesia, per le quali mediante misurazioni strumentali è stato accertato negli ultimi 15 anni un ritiro, sono caratterizzate da un'altezza minore di 20 m e da un rapporto h/H inferiore ad 1/5. Nel caso dello Strandline la fronte a falesia è localmente alta più di 20 m ma il rapporto h/H, ove l'*apron* è presente, varia da 1/25 ad 1/5. I segnali ubicati e le riprese fotografiche eseguite consentiranno nel futuro una più precisa valutazione del comportamento del ghiacciaio.

I rapporti tra le morene e le spiagge emerse su cui appoggiano documentano per il Ghiacciaio Strandline almeno due distinte fasi di avanzata olocenica. Queste ultime, a giudicare dallo sviluppo dei licheni e dai caratteri del-

l'alterazione, devono ritenersi separate da un apprezzabile intervallo di tempo.

In generale il comportamento dei ghiacciai locali in Antartide durante l'Olocene è poco noto e le osservazioni sin qui fatte sono incerte o indicative di una loro sostanziale stabilità attorno a posizioni di massima espansione. Nel territorio di Terra Nova Bay CHINN & WHITEHOUSE (1985a; b) ritengono che attualmente i ghiacciai locali presentino bilancio positivo, mentre in un recente passato siano stati interessati da una modesta fase di ritiro. Per quanto riguarda la loro storia immediatamente precedente i ghiacciai avrebbero raggiunto la massima espansione nell'Olocene superiore con due fasi di avanzata separate da una breve fase di ritiro, testimoniate da coppie di *shear moraines* presso le attuali fronti glaciali.

Queste osservazioni si possono sostanzialmente confermare ma, nel dettaglio, la situazione appare un poco più complessa. Il numero di morene alla fronte dei ghiacciai è spesso superiore a due ed i diversi argini morenici si differenziano tra loro per alterazione, stabilizzazione, copertura lichenica, evidenze di ghiaccio morto, ecc., a testimoniare una storia più articolata. Oltre a ciò i ghiacciai che terminano a mare, come quelli del versante orientale del Mt. Melbourne, mostrano una storia glaciale olocenica connessa alle variazioni del livello del mare. A tutt'oggi non si posseggono ancora riferimenti cronologici precisi per le spiagge emerse, sin qui caratterizzate unicamente da età minime ottenute da resti di colonie di pinguini su di esse sviluppate e da ossa e mummie di foca (?). Tuttavia i rapporti tra le morene del Ghiacciaio Strandline e le spiagge emerse consentono qualche precisazione. Sulla base delle datazioni sin qui in nostro possesso (OROMBELLI, in stampa) le spiagge emerse ad una quota di 11-14 m potrebbero avere un'età non anteriore a circa 4 500 anni B.P. In tal caso le due fasi di avanzata glaciale, entrambe ad essa posteriori, si collocano nel Neoglaciale, in due episodi di avanzata tra loro nettamente separati nel tempo (4).

Gli studi e le datazioni attualmente in corso delle spiagge emerse di Terra Nova Bay consentiranno una ricostruzione della stratigrafia olocenica più dettagliata, che a sua volta permetterà di precisare ulteriormente le vicende glaciali recenti anche al fine di individuarne le relazioni con le variazioni climatiche ed ambientali (5).

(?) Nell'area antistante il Ghiacciaio Strandline sono state raccolte, nel Gennaio 1986, ossa di Foca che si trovavano sparse alla superficie della fascia morenica più esterna. Esse hanno fornito un'età ¹⁴C non corretta di 1485 +/- 135. Poiché le date ¹⁴C ottenute da organismi in equilibrio con le acque antartiche risultano più antiche di oltre un migliaio di anni, le ossa di Foca in questione hanno un'età che al massimo è di pochi secoli. Pertanto rappresentano un'età minima per la più antica avanzata glaciale olocenica, troppo recente per costituire un valido riferimento cronologico.

(4) Una fase di avanzata glaciale olocenica riferita al Neoglaciale (e più precisamente ritenuta avvenuta negli ultimi 2 000 anni) è segnalata nelle Vestfold Hills per il Ghiacciaio Sorsdal da ADAMSON & PICKARD, 1983.

(5) Recenti indagini sugli isotopi dell'ossigeno nella Piattaforma di Ross (GROOTES & STUIVER, 1986) hanno infatti messo in evidenza significative variazioni, ritenute di origine climatica, nel ghiaccio olocenico. Per gli ultimi 3 000 anni si deducono condizioni climatiche nel complesso stabili, ma con alcune marcate oscillazioni della durata dell'ordine dei secoli.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMSON D.A. & PICKARD J. (1983) - *Late Quaternary ice movement across the Vestfold Hills. East Antarctica*. In: «OLIVER R.L., JAMES P.R. & JAGO J.B. eds., Antarctic Earth Science. Cambridge University Press», 465-469, 2 ff.
- BISHOP B.C. (1957) - *Shear moraines in the Thule area, northwest Greenland*. U.S. Snow, Ice and Permafrost Research Establishment, Research Report, 17.
- BROMWICH D.H. (in stampa) - *Boundary layer Meteorology of the western Ross Sea*. Antarctic Journ. U.S., 21, (1986), 10 pp., 3 ff.
- CHINN T.J. (1985a) - *Glacial history and Glaciology of Terra Nova Bay area. Logistic report for K162*. Water Soil Centre, Christchurch. Report WS 998. Christchurch, New Zealand 10 pp., 15 ff.
- CHINN T.J. (1985b) - *Structure and equilibrium of the Dry Valleys Glaciers*. New Zealand Antarctic Record, 6 (sp. suppl.), 73-88, 10 ff.
- CHINN T.J. & WHITEHOUSE I. (1985a) - *Glacial history and Glaciology of Terra Nova Bay area. Intermediate scientific report for K162, 1984-85*. Water Soil Centre, Christchurch. Report WS 999. Ministry Work Development, 10 pp., 2 ff., 1 t. Christchurch, New Zealand.
- CHINN T.J. & WHITEHOUSE I. (1985b) - *Holocene glacial variations. Terra Nova Bay. (Abstract)* New Zealand Antarctic Record, 6 (2), 51, Christchurch, New Zealand.
- DENTON G.H., BORNS H.W., GROSSWALD M.G., STUIVER M. & NICHOLS R.L. (1975) - *Glacial history of the Ross Sea*. Antarctic Journ. U.S., 10, 160-164, 2 fig.
- EYLES N. (1983) - *Glacial Geology. An introduction for engineers and earth scientists*. 408 pp., Pergamon Press, Oxford.
- GIOVINETTO M.B. & BENTLEY C.R. (1985) - *Surface balance in ice drainage systems of Antarctica*. Antarctic Journ. U.S., 20 (4), 6-13, 4 ff., 2 tt.
- GROOTES P.M. & STUIVER M. (1986) - *Ross Ice Shelf Oxygen Isotopes and West Antarctic Climate History*. Quat. Res., 26, 49-67, 5 ff.
- KURTZ D.D. & BROMWICH D.H. (1985) - *A recurring atmospherically forced polynya in Terra Nova Bay*. Oceanology Antarctic Continental Shelf, Antarctic Research Series, 43, 177-201, 5 ff., 6 tt.
- OROMBELLI G. (1986) - *La prima spedizione del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide. Osservazioni geomorfologiche*. Riv. Geogr. Ital., 93, 129-169, 12 ff.
- OROMBELLI G. (in stampa) - *Le spiagge emerse oloceniche della Baia Terra Nova (Terra Vittoria, Antartide)*. Rend. Acc. Naz. Lincei.
- ØSTREM G. (1964) - *Ice-cored moraines in Scandinavia*. Geogr. Annaler, 46, 282-337, 72 ff.
- PHILLIPS H.R. (1985) - *Physical Geography - Climate*. In: «BONNER W.N. & WALTON D.W.H., Key environments. Antarctica. Pergamon Press, Oxford», 23-38, 9 ff.
- SAVAGE M.L. & STEARNS C. (1985) - *Climate in the vicinity of Ross Island. Antarctica*. Antarctic Journ. U.S., 20 (1), 1-9, 9 ff., 6 tt.
- SHAW J. (1977) - *Tills deposited in arid polar environments*. Can. Journ. Earth Sc., 14, 1239-1245, 3 ff., 1 t.
- SOUCHEZ R.A. (1967) - *The formation of shear moraines: an example from South Victoria Land. Antarctica*. Journ. Glaciology, 6, (48), 837-843, 4 ff.
- SOUCHEZ R.A. (1971) - *Ice-cored moraines in south western Ellesmere Island N.W.T. Canada*. Journ. Glaciology, 10, (59), 245-254, 3 ff., 3 tt.
- STUIVER M., DENTON G.H., HUGHES T.J. & FASTOOK J.L. (1981) - *History of the marine ice sheet in West Antarctica during the Last Glaciation: a working hypothesis*. In: «DENTON G.H. & HUGHES T.J. eds., The Last Great Ice Sheets, Wiley, New York», 319-369, 23 ff., 2 tt.
- WEERTMAN J. (1961) - *Mechanism for the formation of inner moraines found near the edge of cold ice-caps and ice-sheets*. Journ. Glaciology, 3, 965-978, 5 ff.