

BRUNO CASTIGLIONI

**Di alcune strutture del suolo di tipo artico
osservate sulle Alpi**

Estratto dal *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano*, n. 11, anno 1931-IX.

Di alcune strutture del suolo di tipo artico osservate sulle Alpi.

Negli ultimi anni si sono fatte più frequenti le segnalazioni sulle Alpi di certi fenomeni, molto noti e studiati nelle regioni artiche, ossia dei movimenti lenti del suolo detritico e fangoso soggetto al gelo (colate di blocchi, colate di fango, ecc.), e delle speciali strutture che assume il suolo in riposo (suolo a cerchi, a poligoni, ecc.). Nelle pagine che seguono mi limito a trattare di queste forme di assestamento, rivelate specialmente dalle disposizioni assunte dalle pietre di cui il terreno è cosparso.

L'argomento è di piena attualità, sia per quanto riguarda la distribuzione geografica e le condizioni climatiche e di suolo, sia per la possibile spiegazione generale di questi fenomeni, sui quali le opinioni sono molto diverse (1).

Interessano i seguenti tipi principali, fra i quali però esiste tutta una gradazione di forme di passaggio (cfr. la classificazione di HÖGBOM [9, pag. 308] (2).

1. Suolo terroso o fangoso privo di sassi, fessurato per lo più a forme poligonali, spesso rigonfiato nel mezzo di ogni poligono (suolo poligonale p. d. secondo MEINARDUS [17], che lo tiene separato dai seguenti tipi di veri suoli strutturali).

2. Reticolato a maglie poligonali, più o meno regolari, di pietre accumulate attorno a spazi occupati da pietre più minute o da terreno fangoso con poche pietre o del tutto privo.

3. Cerchi (« aiuole ») di pietre, costruiti come i poligoni del n. 2, ma isolati in un terreno privo di altre strutture.

4. Isole o mucchietti di terriccio o di ghiaia o pure di pietre minute, in mezzo a distese di grossi blocchi (mari e colate di pietre).

(1) Le più importanti trattazioni generali di questo argomento da me consultate sono quelle di W. MEINARDUS [17, 18], K. SAPPER [24, 25], B. HÖGBOM [9], HUXLEY e ODELL [10, 10 bis], oltre alla buona rassegna bibliografica compilata da J. SÖLCH (Geog. Jahrbuch 1926).

(2) I numeri in grassetto, fra parentesi quadre, rimandano alla bibliografia raccolta alla fine dell'articolo.

5. Suolo a strisce, dovute a un lento movimento di flusso in direzione della pendenza: varî sottotipi, equivalenti ad alcuni dei tipi precedenti, proprî dei terreni in piano.

Altri tipi, come i poligoni o i rigonfiamenti del suolo della tundra, escono da questa trattazione.

Nelle Alpi sono noti già da qualche tempo alcuni esempi di suoli reticolati, striati, lastricati, ecc. ALLIX [1] se ne occupò nel Delfinato; TARNUZZER [28, 29], WILCKENS [32], WALDBAUR [31] nei Grigioni; varie indicazioni si hanno per le Alpi Calcareae settentrionali, per l'Ortler, le Alpi di Zillertal e i monti di Carinzia.

Ora l'interesse è risvegliato da due importanti lavori: W. SALOMON [23] ritorna sugli esempi dell'Engadina; H. KINZL [11] descrive numerosi casi osservati lungo la catena centrale alpina dal Silvretta all'Ankogel.

Questi esempi del KINZL si trovano nei depositi morenici abbandonati dai ghiacciai dopo la piena del 1850, in qualche caso anche dopo il 1900. Sembra che tale terreno, ricco di fanghiglia minuta (morena profonda), imbevuto dall'acqua scolante dai ghiacciai, sia il più adatto allo stabilirsi di queste speciali strutture, e che quindi esse si dovrebbero trovare diffuse presso le fronti glaciali in ogni parte delle Alpi. A me però non fu dato finora di trovarne, in simili circostanze.

L'occasione di occuparmi dell'argomento mi è data invece da un caso di suolo poligonato molto caratteristico, da me osservato nel Gruppo di Sella nelle Alpi Dolomitiche. Per questa regione non ho notizie di osservazioni anteriori, salvo un cenno, riguardante l'Alpe di Siusi, che si legge in un'opera di C. S. ELTON [5, pag. 170]. Ivi cioè sarebbero stati visti da O. W. RICHARDS, fra 2100 e 2400 m. s. m., alcuni « mud-polygons » molto rigonfiati, probabilmente dovuti all'espansione del terreno erboso umido durante il gelo. Nel caso che vengo a descrivere si tratta invece di « stone-polygons », dove entra in gioco anche il caratteristico processo di selezione del materiale.

È noto che il Gruppo di Sella consta essenzialmente di un tavolato, formato dalla sovrapposizione, più o meno regolare, di dolomie triassiche, e terminato in gran parte da un singolare altipiano, mentre alla periferia si sviluppano a varia altezza terrazze e piccole conche. In queste affiorano spesso strati di calcari marnosi, appartenenti al livello di Raibl, oppure molto più recenti, neocomiani (1). Al modellamento delle depressioni hanno partecipato ovviamente i ghiacciai locali, ora quasi scomparsi, e in minor misura anche la corrosione carsica. Nell'interno di queste conche e sui

(1) Vedasi la carta geologica al 25.000 di O. REITHOFER (Vienna, 1928).

terrazzi pianeggianti si sono venuti formando depositi dei prodotti di disgregazione, trascinati dall'acqua di dilavamento o da quella di fusione della neve. Al detrito minuto dei calcari dolomitici si uniscono in proporzione varia, secondo le posizioni e gli agenti prevalenti, una sabbia calcarea più fina e del limo finissimo scuro, più o meno argilloso. Entro determinate zone il suolo ha caratteri relativamente costanti, per la quantità e le dimensioni medie dei frammenti calcari frammisti al terriccio. Quest'ultimo appare abbondante di solito soltanto al fondo delle depressioni. Non è raro il caso che sulle alte terrazze, dove la neve rimane giacente fino ad estate inoltrata, alla sua sparizione il suolo detritico omogeneo appaia così bene livellato, coi singoli frammenti così bene giustapposti fra loro, che pare giustificato il paragone con un acciottolato artificiale. Sembrano infatti alludere allo stesso fenomeno vari autori, che fanno uso di termini espressivi come « dallage » (DE MARTONNE [3]), « Pflasterboden » o « Strassenpflaster » (SALOMON [23], KINZL [11], WALDBAUR [31]), « Steinplattenboden » (STINY [27]). Io l'ho spesso osservato in alta montagna; e certamente è fenomeno molto comune, fra quelli che il DE MARTONNE chiama processi di *nivation*. Lo ricordo qui perchè credo che in qualche modo esso si colleghi con altre più complesse forme di assestamento del suolo, in analogo ambiente di terreno e di clima. Il suolo è più o meno imbevuto d'acqua, e su di esso si riceve la sensazione di affondare leggermente ad ogni passo; asciugando, dopo un certo tempo dalla scomparsa della neve, perde un po' del suo caratteristico aspetto. Il terriccio imbevuto compie probabilmente la funzione di lubrificante, se non proprio di veicolo per i movimenti di assestamento delle pietruzze. La coltre nevosa, che mantiene il suolo uniformemente bagnato, forse influisce anche esercitando una compressione uniforme ed eguagliatrice.

Ben maggiore interesse presentano quei caratteristici terreni in cui avvengono spostamenti differenziali degli elementi, con cernita secondo le dimensioni, fino a raggiungere disposizioni finali caratteristiche. La mia attenzione fu attirata da un esempio molto appariscente, incontrato discendendo il versante Est della Cima Vallon; ed allora provai l'impressione di avere già visto altre forme simili, senza badarvi, anche in altri punti dell'altipiano, sul quale non ebbi ancora occasione di tornare. Come località più adatte per eventuali ricerche vorrei indicare, per esempio, le bassure della Val Lerghia, l'avvallamento retrostante alla Torre Berger, e specialmente la piccola conca a Sud della Cima Vallon, dove nell'abbondante terriccio di disfacimento della dolomia glauconitica ho osservato raggrinzamenti arcuati del suolo, forse dovuti a lenta fluizione.

Lo sperone quotato 2771 m. è in alto quasi spianato. Qualche decina di metri sotto il sentiero che scende dal Boè il terreno è percorso da un intreccio di segmenti scuri, disposti a formare tanti poligoni di 5-6-7 lati.

Intorno, dove il terreno prende a declinare leggermente verso gli orli della spianata, da detto reticolato si partono linee parallele incurvate, in direzione della massima pendenza.

La superficie libera interna ai poligoni e fra le strisce parallele è costituita da terriccio cosparso di sassetti bianchi, giacenti orizzontalmente. Le strisce ed i segmenti sono invece costituiti da sassi ammassati, e spiccano pel colore scuro, sia perchè lungo di essi vegetano cuscinetti di muschio, sia per la patina scura che ricopre le pietre, dovuta a licheni. Secondo le dimensioni degli elementi detritici — abbastanza omogenei nei singoli tratti — varia la larghezza delle strisce di sassi e in proporzione anche il diametro dei poligoni e l'ampiezza dell'intervallo tra le strisce: da circa mezzo metro (con frammenti di 5-10 cm.) a 20 cm. o anche meno, per le strisce di materiale più minuto.

I ciottolotti sono ammassati sulle strisce in modo da averne per lo più le dimensioni maggiori disposte verticalmente e nella direzione delle strisce stesse; risultano quindi come incuneati e danno l'impressione di subire una compressione laterale. Gli interstizi fra le pietre sono liberi dal terriccio.

Sembra che anche in profondità, almeno per pochi decimetri, si mantenga la stessa distribuzione del materiale. Scavando colla piccozza da ghiaccio, trovavo minore resistenza nelle strisce di pietre, libere da ogni coesione, che non nelle zone intermedie di terriccio compatto, non molto umido, e con ciottoli verso il basso ancora più rarefatti. Non ho potuto prolungare molto lo scavo. È certo che questo suolo poggia su roccia in posto a poca profondità, forse minore di un metro.

Su certi piccoli ripiani della roccia sopra la spianata che ho descritto, si vedono alcune brevi raccolte di suolo terroso, di poca spessore. Vi si può osservare lo stesso fenomeno in miniatura, con strisce e poligoni di sassolini ad intervalli di 10 cm. o meno. Si può credere che le dimensioni delle figure dipendano anche dallo spessore dello strato di terriccio, sopra la roccia.

Con queste poche osservazioni, forzatamente affrettate per l'ora tarda e il tempo minaccioso d'una giornata di settembre avanzato, non pretendo naturalmente di portare una spiegazione completa della genesi — tanto dibattuta — di queste forme. Tuttavia le seguenti considerazioni mi sembrano non prive di interesse.

Ho avuto l'impressione che nei poligoni esista un movimento superficiale centrifugo. Nelle zone fra le strisce si manifesterebbe invece soltanto un movimento divergente, perpendicolare alle strisce stesse, e quindi al pendio: perchè nelle altre direzioni prevarrebbe un lento movimento di discesa di tutto il suolo, sollecitato dalla gravità. Fin qui le mie osserva-

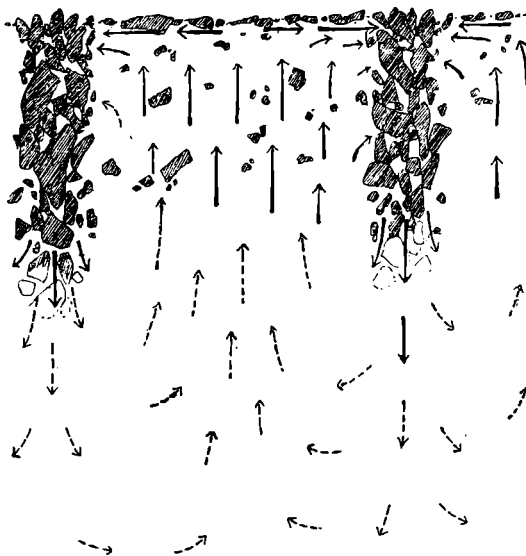
zioni coincidono con quelle di quasi tutti gli autori, indipendentemente dalle spiegazioni date.

Le pietre, incastrate verticalmente lungo le strisce parallele e lungo i lati dei poligoni, subirebbero dunque una compressione sui due lati; ma si è pure portati a credere che esista in esse anche una tendenza ad affondare; e che le pietre raccolte nelle strisce a una certa profondità vi siano pervenute dall'alto. Se davvero esiste un simile risucchio nel terreno, si comprende facilmente che il terriccio sottile discenda molto più rapidamente, lasciando liberi gli interstizi fra i ciottoli angolosi, che saranno invece tanto più ostacolati nella discesa, quanto maggiori le loro dimensioni. L'acqua che penetra può poi aiutare il ripulimento delle fenditure.

Se tutto ciò risponde al vero, si rendono necessarie alcune deduzioni. Rimanendo costante la quantità di materiale (perchè non è pensabile un apporto continuato d'altro materiale che si distribuisca in quelle particolarissime con-

dizioni), bisogna ammettere che i due movimenti — divergente in superficie, e discendente entro le zone neutre d'incontro — siano compensati da una salita di materiale dalla profondità verso la superficie nelle parti centrali, e infine da uno spostamento convergente negli strati profondi. In contrasto colla patina scura delle pietre accumulate nelle strisce, le fresche superfici bianche di quelle giacenti sul terreno intermedio sono forse una prova della loro recente apparizione all'aria aperta.

Si avrebbe dunque una circolazione chiusa, teoricamente. Il movimento sarebbe più sensibile alla superficie e nelle strisce, perchè ivi è costretto in sezioni più anguste. Ma nella discesa avverrebbe la selezione del materiale, rimanendo indietro, come ho spiegato, i frammenti più grossi. Questi dunque rimarrebbero accumulati sempre di più nelle strisce, con lentissima discesa, mentre continuerebbe la circolazione del terreno, e quindi l'eliminazione progressiva delle pietre dalle zone intermedie. Continuando il



SEZIONE VERTICALE ATTRAVERSO DUE STRISCE DI PIETRE
E SCHEMA DEI MOVIMENTI SUPPOSTI IN PROFONDITÀ.

Lo spazio in bianco è occupato dal terriccio compatto, ad eccezione degli interstizi fra le pietre nella parte superiore delle strisce.

processo, quando la selezione fosse compiuta, anche le strisce di sassi poco per volta scomparirebbero in profondità, lasciando delle semplici fenditure. Questa mi sembra una semplice e chiara spiegazione di quella curiosa selezione del materiale, originariamente frammisto senz'ordine alcuno.

Fin qui la mia esperienza, e le deduzioni possibili. A convalidare la supposta circolazione del terreno, sta il fatto che nella maggior parte delle descrizioni di queste o analoghe strutture del suolo, quali si leggono nella ricca letteratura sull'argomento, si parla non solo di spostamenti centrifughi nello strato superficiale, ma anche della salita del materiale (supposta o constatata) nel centro di ogni cerchio o poligono.

Resta la grave incognita della forza agente. In base alle mie poche osservazioni nulla posso dire al riguardo, salvo consentire colla maggior parte degli autori, che occorre cercare la causa nei processi legati alle particolari condizioni d'ambiente climatico delle regioni subartiche e dell'alta montagna.

Il limite nivale passa almeno 200 m. più alto della località descritta. Si deve pensare che la neve ricopra il nostro terrazzo durante la maggior parte dell'anno, sebbene, data l'esposizione ai venti, essa non dovrebbe raggiungere mai un grande spessore. Il suolo rimane quindi la maggior parte dell'anno a temperatura eguale o inferiore a zero. Cadendo la mia visita alla fine dell'estate, non ho potuto trovare alcun residuo di suolo gelato, fino a 30-40 cm. di profondità. Che esso si possa trovare a maggiore profondità, non posso escludere a priori, ma non lo credo probabile, pur sapendo che la presenza di un vero sottosuolo ghiacciato è stata riscontrata in qualche località delle Alpi (1). Del resto ho trovato forme minuscole ma perfette di suolo reticolato su uno strato di terriccio profondo soltanto da 10 a 20 cm. Il fondo roccioso sostituisce evidentemente lo strato di suolo ghiacciato delle regioni artiche (2), per mantenere il terreno imbevuto d'acqua per molto tempo, anche durante l'estate: e questa credo sia la condizione essenziale. Probabilmente lo strato più profondo è più ricco d'acqua. Lo si può pensare anche per analogia con quanto si è trovato in casi simili, descritti da altri, a cominciare dal MIETHE [19].

Nei poligoni del Sella non ho poi trovato traccia, fin dove ho scavato, di altre particolarità, segnalate finora da autori isolati, le quali potrebbero

(1) Cfr. SALOMON [23, pag. 4 e 28]. Tale presenza è ammessa anche dal KREBS [13]. Il KINZL [11] sotto i depositi morenici ha talvolta trovato dei lembi di ghiaccio « morto », che evidentemente stavano in rapporto colla vicina fronte del ghiacciaio in ritiro.

(2) Del resto già il NANSEN ha descritto suoli strutturali giacenti su fondo roccioso, alle Spitzbergen. Ma la teoria sostenuta da questo autore è per conto mio fra le meno accettabili [20].

avere importanza nella genesi del fenomeno. Voglio dire: dei grossi sassi che a poca profondità occuperebbero il centro dei cerchi, osservati dal KINZL [11] nei depositi morenici delle Alpi austriache; e delle colonne di ghiaccio o neve ghiacciata, parimenti al centro di ogni « compartimento », che l'ALLIX [1] ha segnalato nell'Oisans, e paragonato (credo a torto) coi cunei di ghiaccio occupanti i crepacci del suolo nella tundra dell'Alasca, ampiamente descritti dal LEFFINGWELL [15]. In altri poligoni l'ALLIX trova soltanto nuclei di « fango gelato »; ciò che proverebbe il più lento disgelo del centro rispetto alle parti periferiche, che d'estate possono meglio riscaldarsi ed asciugarsi, per le fessure aperte ed il materiale più grosso che vi si raccoglie, come ha già supposto qualche autore.

Quali che siano il processo e le sue cause, non si può assolutamente prescindere dalla grande regolarità del fenomeno, dalla costanza delle dimensioni dei poligoni ed equidistanza delle strisce, finchè non muti la grossezza media delle pietre. Questo fatto non si spiega, se si immagina, come hanno fatto i più, che il reticolato poligonale derivi sempre dall'approssimarsi e combinarsi di tanti « cerchi di pietre » indipendenti, distribuiti qua e là senza regola, e poi dilatati fino a occupare tutta la superficie. Per questa e per altre ragioni paiono inadeguate le principali teorie che hanno prevalso finora, come quelle del HÖGBOM (1) [9], del NANSEN [20], di HUXLEY e ODELL [10, 10 bis], ecc. Per rendersi conto della regolarità delle forme è invece necessario pensare che fin dall'origine del processo i centri di attività (si tratti di dilatazione, di contrazione, di movimenti verticali, o d'altro ancora) fossero regolarmente distribuiti nel terreno caoticamente cosperso di ciottoli. Si è quindi portati ad ammettere, con altri autori, una più stretta parentela (2) fra i reticolati poligonali di pietre e le fessurazioni poligonali formate per semplice contrazione uniforme del suolo argilloso. Così non andrebbero rigettati i tentativi, come quelli di CHOLNOKY [2], THORODDSEN [30], ecc., di combinare il processo di contrazione (per disgelo, più che per disseccamento) con altri possibili processi di espansione e di selezione del materiale dovuti al gelo (3). Ma anche per questa via si è ancora lungi da una spiegazione soddisfacente di tutto il fenomeno.

(1) Però in qualche caso il HÖGBOM ammette che il punto di partenza sia dato dalle spaccature poligonali di contrazione [9, pag. 325]. Del resto la sua teoria più di tutte ha il merito di porre in luce l'effetto della dilatazione del suolo bagnato durante il congelamento e la sua contrazione per disgelo.

(2) Tale parentela è recisamente negata dal MEINARDUS [17, 18]. È invece ammessa da altri autori, che hanno osservato forme di passaggio fra i due tipi: così ultimamente anche il NIELAND [21, pag. 347], in modo molto esplicito.

(3) Fra tali processi conviene ricordare il fatto constatato del lento affiorare alla superficie di oggetti prima sepolti nel suolo gelato (HÖGBOM, ecc.) e fors'anche la crescita del ghiaccio capillare (*Kammeis, Piphrake*).

L'impressione da me ricevuta dell'esistenza di correnti discendenti, e la logica deduzione di una circolazione più o meno completa, mi hanno fatto cercare negli scritti riguardanti quest'argomento gli accenni all'esistenza, sia pure ipotetica, di una tale circolazione.

Così, per quanto imperfetta, sarebbe da tener conto della già citata interpretazione del CHOLNOKY (1). Più precise osservazioni a questo riguardo ha fatto H. M. EAKIN [4] in Alasca, e interessante è il suo tentativo di spiegazione basato sull'ipotesi di differenti espansioni per congelamento delle varie zone del terreno con diverso contenuto d'acqua (si riallaccia quindi alla teoria del HÖGBOM). All'infuori di questi, gli autori che hanno parlato di circolazione, a cominciare dal NORDENSKÖLD, si riferiscono ad un'esperienza di H. BÉNARD, secondo la quale le correnti convettive create da differente riscaldamento in un fluido vischioso si disporrebbero in tante cellule a base poligonale. Finalmente il LOW [16] ne trasse una teoria più adeguata alle reali condizioni termiche in cui si verifica il fenomeno che trattiamo. I moti convettivi sarebbero generati dalla differenza di densità che si stabilisce durante l'estate nell'acqua di cui il suolo è imbevuto, che al limite del sottosuolo gelato si trova a 0°, mentre presso la superficie raggiunge temperature più prossime a 4°, cioè possiede la massima densità. Tale teoria è stata criticata dall'ELTON [5] e ripresa invece dal GRIPP [8], che la applicò al ricco materiale di osservazione da lui raccolto alle Spitzbergen.

Più che non avesse fatto l'EAKIN, il GRIPP, nelle sezioni praticate attraverso i « focolai di ribollimento » (*Brodelherde*), come egli li chiama; raccoglie sufficienti prove del movimento ascendente nel centro, di spostamenti laterali in superficie, e di riassorbimento delle pietre nel suolo nelle zone di contatto fra due « focolai » vicini (2). Stabilito tutto ciò, si è fatto un notevole passo nell'interpretazione del fenomeno, ma si resta ancora all'oscuro sulle cause: perchè la teoria del Low, accolta e difesa dal GRIPP, per quanto ingegnosa, non pare che possa reggere. Le invocate differenze di densità dell'acqua (3) (si badi: della sola acqua, contenuta nel terreno,

(1) Purtroppo conosco questo autore [2] solo attraverso quanto se ne riferisce in altri scritti, specialmente dal SAPPER [25].

(2) Finora tale assorbimento o caduta non è provato per i cerchi di pietre isolati, nei quali, pur verificandosi la salita del materiale nel centro e la sua espansione in superficie, non è detto che debbano esistere anche gli altri movimenti, e quindi la circolazione chiusa. Le osservazioni del GRIPP giustificano abbastanza bene (per ciò che riguarda i movimenti) i suoi schemi delle figure 9 (pag. 17) e 11 (pag. 23), non altrettanto quello della fig. 7 (pag. 15). Non si vedono inoltre le ragioni per ammettere un arricchimento di pietre, quale appare in questi schemi, in uno strato che limita inferiormente i movimenti circolatori.

(3) Queste differenze sono *mille volte più piccole* dei valori dati — dimenticando tre zeri — dal GRIPP (pag. 21, in nota), e tali ripetuti anche dal SALOMON [23, pag. 9].

non del terreno intero, considerato come massa vischiosa, che ha una densità molto superiore e risentirebbe in misura minima di quelle già piccolissime differenze per riscaldamento di pochi gradi) dovrebbero poter generare lievi moti convettivi nell'acqua che fosse perfettamente libera di circolare, ma mi paiono assolutamente trascurabili per spiegare movimenti del suolo. Se entrassero davvero in gioco le differenze di densità, si dovrebbe vedere prima di tutto scomparire in profondità, anzichè rimontare alla superficie, le pietre sparse nel terreno, che sono certo specificamente più pesanti della fanghiglia imbevuta d'acqua.

La questione non è dunque risolta. Rimane acquisita l'esistenza dei movimenti circolatori in molti (non in tutti) tipi di suoli strutturali (1), così delle regioni artiche, come delle alte montagne sotto ogni latitudine.

Fra gli autori che più recentemente si sono occupati della questione, S. PASSARGE [22, pag. 50] e P. WOLDSTEDT [33, pag. 37-39] aderiscono alla soluzione proposta dal GRIPP, e così sembra fare anche K. SAPPER [26]. F. KLUTE [12] e F. KREKELER [14] portano nuove conferme di fatto a questa interpretazione, pur facendo giuste riserve circa la causa invocata. J. W. GREGORY [6], descrivendo alcuni casi della Scozia, parla solo di spostamenti laterali, orizzontali; ma non porta alcun nuovo contributo, pro o contro, alla soluzione del problema com'è posto dopo i lavori del Low e del GRIPP, che egli sembra ignorare. H. MEINARDUS [18] giustamente attribuisce scarsa importanza all'eventuale gradiente verticale di densità, di fronte alla forza espansiva del gelo; ma pone in dubbio, senza sufficienti argomenti, anche l'esistenza d'una vera circolazione quale è descritta dal GRIPP. Un'altra critica a questa teoria è data dal SALOMON [23], il quale inoltre dichiara che non gli riesce di applicare l'interpretazione del GRIPP alle « aiuole di terra fina » descritte dal KINZL, contenenti un nucleo di pietre.

Da queste critiche risulta chiaro (2) che i movimenti circolatori descritti dal GRIPP e da altri autori, e da me pure supposti con molta verosimiglianza per i reticoli osservati nel Sella, sono accertati finora soltanto per alcune delle forme di suoli strutturali, e precisamente per quelle strutture complete che si palesano alla superficie con reticolati poligonali (in piano) e

(1) Ammettendo tale circolazione del suolo e la selezione meccanica che ne deriva, nel senso da me prospettato (pag. 41), viene facile spiegare molte forme strutturali che si trovano descritte ma non sufficientemente spiegate nella letteratura sull'argomento; tra l'altro anche quel caso di concomitanza di poligoni di fessure e di poligoni di pietre, portato dal NANSEN [20, pag. 120 e fig. 14], ricordato e discusso anche da altri.

(2) Come avevo già notato: v. pag. 44, nota 2.

rigature parallele (in pendio) (1); attendono ancora di esserlo per le altre svariate forme (suoli a cerchi, a ghirlande di pietre, a monticelli, ad aiuole o isole di sabbia fina, ecc.), per le quali si dovrebbe finora credere che la circolazione di materiale non esista, e solo si verificchino spostamenti laterali, o tutt'al più anche spostamenti ascendenti centrali, ammessi da quasi tutti gli autori, indipendentemente dalla spiegazione da ciascuno preferita. Comunque sia, è certo che, specialmente dopo l'opera del GRIPP, si è aperto da alcuni anni un nuovo indirizzo di ricerca, alla quale possiamo partecipare anche noi Italiani, senza muoverci di casa nostra, dal momento che è constatata la presenza, pur entro modesti limiti, anche sulle nostre montagne di quei fenomeni che sì largo sviluppo hanno sotto climi più freddi, così da dare uno speciale carattere al paesaggio su vaste estensioni delle terre artiche, associati ai grandiosi fenomeni di solifluizione.

Padova, Istituto di Geografia Fisica, *dicembre* 1930-IX.

BRUNO CASTIGLIONI.

(1) Neppure in tutti i casi; chè per i suoi esempi di « stone-polygons » l'ELTON nega che i ciottoli scendano in profondità: « the stones in the borders occur only at the surface, and are not "carried down" to the rock-surface again » [5, pag. 184].

CITAZIONI.

1. ALLIX A., *Nivation et sols polygonaux dans les Alpes Françaises* (La Géographie, 1923, pag. 431-438).
2. CHOLNOKY E. V., *Spitzbergen*, Budapest, 1912.
3. DE MARTONNE E., *Le rôle morphologique de la neige en montagne* (La Géographie, 1920, pag. 255 segg.).
4. EAKIN H. M., *The Yukon-Kogukuk Region, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Bull. 631, 1916, pag. 80-82).
5. ELTON C. S., *The nature and origin of soil-polygons in Spitzbergen* (Quart. Journal Geol. Soc., London, 1927, vol. 83, pag. 163-194).
6. GREGORY J. W., *Stone polygons beside Loch Lomond* (Geog. Journal, 1930, November, pag. 415-418).
7. GRIPP K., *Ueber Frost- und Strukturboden auf Spitzbergen* (Zeits. Ges. Erdkunde, Berlin, 1926, pag. 353-354).
8. ID., *Beiträge zur Geologie von Spitzbergen: II, Ueber Bodenfrost und Auftauboden* (Naturwiss. Verein Hamburg, Abhandl. aus dem Gebiet d. Naturwiss., XXI Bd., 3-4 H., pag. 7-27, 1927).
9. HÖGBOM B., *Ueber die geologische Bedeutung des Frostes* (Bul. Geol. Inst. Univ. Upsala, Bd. 12 (1914), pag. 254 segg.).
10. HUXLEY J. S., ODELL N. E., *Notes on surface markings in Spitzbergen* (Geog. Journal, 1924, pag. 207-229).
- 10 bis. HUXLEY J. S., *Les « sols polygonaux » et l'évolution des phénomènes de dénudation dans les pays arctiques* (Annales de Géog., T. XXXIV, 1925, pag. 60-62).
11. KINZL H., *Beobachtungen über Strukturböden in den Ostalpen* (Petermanns Geog. Mitteilungen, 1928, pag. 261-265).
12. KLUTE F., *Der Kilimandscharo, ein tropischer Riesenvulkan, und seine Vergletscherung einst und jetzt*, Berlin, 1929 (Geol. Charakterbilder H. 36). Tav. 6^a.
13. KREBS N., *Die Ostalpen und das heutige Oesterreich* (Stuttgart, 1928, vol. I, pag. 96).
14. KREKELER F., *Fossile Strukturböden aus der Umgebung von Giessen und Wiesbaden* (Zeits. Deuts. Geol. Ges., 81, pag. 458-470, 1929).
15. LEFFINGWELL K., *The Canning River Region, Northern Alaska* (U. S. Geol. Survey, Prof. Paper 109, 1919).
16. LOW A. R., *Instability of viscous fluid motion* (Nature CXV, London, 1925, pag. 299-300).
17. MEINARDUS W., *Beobachtungen über Detritusorientierung und Strukturboden auf Spitzbergen* (Zeits. Ges. Erdkunde, Berlin, 1912, pag. 250-259).
18. ID., *Arktische Böden*, nel *Handbuch der Bodenlehre*, herausgeg. von E. BLANCK, vol. III, 1930.
19. MIETHE A., *Ueber Karreebodenformen auf Spitzbergen* (Zeits. Ges. Erdkunde, Berlin, 1912, pag. 241-244).
20. NANSEN F., *Spitzbergen*. Leipzig, 1922.
21. NIELAND H., *Ueber Erscheinungen des Bodenfrostes und Auftaubodens in Westgrönland* (Zeits. Gletscherkunde, XVIII, pag. 436-451, 1930).

22. PASSARGE S., *Morphologie der Erdoberfläche* (Breslau, Hirt, 1929).
 23. SALOMON W., *Arktische Bodenformen in den Alpen* (Sitzungsber. Heidelberger Akad. d. Wiss., 1929, 5 Abhandlung).
 24. SAPPER K., *Ueber Fliesserde und Strukturboden auf Spitzbergen* (Zeits. Ges. Erdkunde, Berlin, 1912, pag. 259-270).
 25. ID., *Erdfliessen und Strukturboden in polaren und subpolaren Gebieten* (Geol. Rundschau, 1913, pag. 113 segg.).
 26. ID., *Der neue « Supan »* (Geog. Anzeiger, 1930, pag. 226).
 27. STINY J., *Einiges über Gesteinsklüfte und Geländeformen in der Reiseckgruppe* (Zeits. Geomorphologie, I, 1926).
 28. TARNUZZER C., *Beiträge zur Geologie des Unterengadins* (Beitr. z. Geol. Karte der Schweiz, N. F. 23, Bern, 1909, pag. 105-106).
 29. ID., *Die Schuttfacetten der Alpen und des hohen Nordens* (Petermanns Geog. Mitteilungen, 1911, pag. 262 segg.).
 30. THORODDSEN T., *Polygonboden u. Thufur auf Island* (Petermanns Geog. Mitteilungen, 1913, pag. 253).
 31. WALDBAUR H., *Schuttglättung und Steinströme in Oberengadin* (Petermanns Geog. Mitteilungen, 1921, pag. 195).
 32. WILCKENS O., *Beiträge zur Geologie des Rheinwaldes und von Vals* (Geol. Rundschau, 1920, pag. 100).
 33. WOLDSTEDT P., *Das Eiszeitalter* (Stuttgart, 1929, pag. 37-40).
-