

GRUPPI DI GROTTI E MECCANISMI DI ESPANDIMENTO DI CAMPI DI COLATE LAVICHE ALIMENTATE DA TUBI

C. WOOD - Yorkshire Dales National Park, Grassington, England

Riassunto

Le gallerie di scorrimento tendono a formarsi in gruppi. L'analisi di questi gruppi di cavità dimostra che nei campi di colate alimentate da tubi operano differenti meccanismi di spandimento.

Questo lavoro descrive la morfologia, e le modalità di spandimento ipotizzate per quattro differenti campi di lava.

Summary

Lava tube caves tend to occur in groups. Analysis of these cave groups provides evidence for different modes of emplacement of tube-fed flow fields.

This paper describes the morphology and proposed mode of emplacement of four such contrasting flow fields.

Introduzione

Le gallerie di scorrimento lavico tendono a formarsi in gruppi all'interno di singoli campi lavici ed un problema da risolvere frequentemente da parte del ricercatore è quello di trovare la relazione tra una cavità ed un'altra, e il ruolo del gruppo di cavità nello spandimento della colata. Questo lavoro, descrivendo brevemente quattro gruppi di grotte in differenti campi lavici, mostra come lo studio delle cavità faciliti l'interpretazione della sistemazione delle colate, e attira l'attenzione sulla gamma di morfotipi basaltici nei quali si riscontrano gallerie di scorrimento lavico.

Unità di flusso e tubi lavici

La relazione genetica tra unità di flusso e tubi lavici è stata discussa dall'autore in precedenza (Wood, 1978, pp.58-91). Da un'analisi delle strutture di cinque campi lavici alimentati da tubi, egli individuò due tipi di unità di flusso: unità laminari e unità a forma di lingua. Ciascun tipo rappresenta una differente espansione di lava mobile su nuove superfici, o sopra unità formatesi in precedenza, durante il corso di una singola eruzione. Una singola colata di lava sarà dunque costituita da unità formatesi successivamente, di forma e dimensioni variabili.

In base all'esperienza dell'autore, le unità di flusso laminari hanno un'ampiezza variabile, e possono presentare da 6 cm a 2,5 m di spessore.

Esse sembrano derivare da un flusso diffuso di durata relativamente breve, o di portata moderata, proveniente da periodici trabocchi da bocche eruttive e/o da canali. Pertanto è possibile riscontrare ampie unità di flusso laminari intorno a bocche effusive e ai lati di canali aperti, e grandi gallerie di scorrimento (originatesi probabilmente da canali aperti - vedi oltre). Le unità di flusso laminari non formano tubi lavici.

Le unità di flusso a "forma di lingua" sono il prodotto di un flusso più concentrato in senso longitudinale, piuttosto che disperso in senso areale, e sono alimentate esclusivamente da tubi o canali. Nella loro forma più semplice queste unità sono note come digitazioni pahoehoe, o possono presentarsi come vaste estensioni lobate del fronte della colata, come è stato classicamente descritto da Nichols (1936). Un tubo si sviluppa durante la fase di allungamento dell'unità, che viene racchiusa in un guscio esterno indurito (Wentworth e Macdonald, 1953; Macdonald, 1967 e 1972; Peterson e Swanson, 1974). Queste unità di flusso a forma di lingua, più piccole, sono facilmente identificabili nelle esposizioni di colate raffreddate, grazie alle loro forme ellissoidali e al loro tubo assiale che può essere o non essere riempito (Fig.1).

Lingue più grandi, tuttavia, possono raggiungere lunghezze di molti chilometri, e possono di fatto costituire un intero campo lavico. Esse presentano una struttura composita, consistente di molti fogli e lingue più piccoli.

Ogni grande unità di flusso a forma di lingua è il prodotto di un cospicuo efflusso dalla bocca eruttiva, e si sviluppa dopo che una colata inizialmente dispersa viene convogliata in un canale (per esempio, come descritto da Peterson e Swanson, 1974, p.211 - vedere anche il secondo lavoro dello scrivente in questi Atti). Cruikshank e Wood (1972) hanno affermato che, una volta formatosi il canale, la sua sezione diviene più pronunciata a causa di deposizioni di lava per traboccamento, e possibilmente per via di una certa erosione del letto. Infine, un'eccessiva perdita di calore, dalla lava fluente verso l'atmosfera, provoca la progressiva formazione di una volta, trasformando il canale in un tubo (Fig.2).

Come visualizzato dall'autore (Wood, 1978 e 1981), un sistema di tubi lavici che alimenta una grande unità di flusso a forma di lingua, consiste in un tubo principale lungo, sinuoso, parzialmente ramificato, allineato con l'asse dell'unità, il cui fronte termina in una specie di delta ramificato di tubi e canali minori. Complessi di tubi più piccoli che fiancheggiano il tubo assiale fungono da sfioratori di livello quando improvvisi aumenti di portata del fluido colmano il tubo più grande, mentre il flusso dei tubi soprastanti sarà stato "catturato" dal collettore principale. Si è quindi immaginato che, quando il fronte della lingua di lava avanza per successive protrusioni di piccole unità lobate, il tubo alimentatore assiale si estende attraverso i delta lavici di più recente formazione, catturando la colata dispersa e provocando l'ostruzione di molti tubi più piccoli.

Le grandi unità di flusso a forma di lingua sono quindi strutturalmente complesse, e con ogni probabilità in questa sede sono state semplificate eccessivamente. Tuttavia, ai lati del canale o del tubo assiale, si trovano potenti ammassi di unità laminari (normalmente osservabili nelle pareti dei canali e in grandi segmenti di cavità in cui il rivestimento lavico è crollato), intersecati da piccole occasionali unità a forma di lingua, che in assoluto rappresentano successivi trabocchi del canale (Foto 1). D'altronde, lungo gran parte dell'unità, alla sua base e ai suoi margini, l'esposizione di sezioni trasversali rivela molte unità di flusso minori a forma di lingua, che rappresentano le estensioni lobate del fronte in movimento (Foto 2).

Le unità di flusso laminari, e quelle a forma di lingua, sono il materiale da costruzione dei campi lavici, e la conoscenza delle loro forme e strutture consente l'interpretazione della genesi delle grotte e dell'espandimento delle colate.

Grotte dell'Hallmundarhraun, Islanda centro-occidentale

L'Hallmundarhraun é un singolo, grande campo di lave a forma di lingua, del tipo descritto in precedenza. Esso é lungo 38 Km e mai piú ampio di 7 Km, e fu emesso nel 775 d.C. ± 100 anni (Saemundsson, 1966) da due, o possibilmente tre, bocche eruttive situate nei pressi del bordo occidentale della copertura glaciale Langjokull (Atkins, 1971).

Tre grandi gallerie di scorrimento lavico - Vidgelmír, Surtshellir e Stephánsellir - complessivamente circa 6 Km di lunghezza, sono allineate lungo l'asse della colata nella sua parte distale, nel tratto in cui essa é decisamente confinata nella valle sovraescavata del fiume Nordingarfljot (Fig.3). La colata lavica, nella zona delle grotte, é larga solo 1-2 Km, e presumibilmente riempie la valle per una considerevole profonditá. Queste sono le cavitá islandesi meglio sviluppate e piú frequentemente visitate, ma nonostante le numerose esplorazioni di geologi e speleologi, non sono state trovate altre cavitá di uguale estensione nelle restanti parti della colata.

Il crollo che costituisce l'unico ingresso di Vidgelmír si trova a 33 Km dalle bocche effusive, ed é il piú distante da esse. L'enorme, sinuoso, unico condotto della grotta, lungo 1,59 Km é allineato col centro della colata. Surtshellir (2,2 Km) e Stephánsellir (2 Km di lunghezza) sono probabilmente parti di una singola cavitá interrotta da un crollo della volta. Queste cavitá sono anche situate nella parte centrale della colata, sebbene il collasso a valle nella volta di Surtshellir (la cavitá a valle) é situato 28 Km oltre le bocche eruttive, e 5 km a monte dell'ingresso di Vidgelmír. Surtshellir consiste in un condotto sinuoso di grandi dimensioni, dal quale divergono e nel quale confluiscono una serie di diramazioni. I pavimenti dei condotti laterali sono situati 3 m piú in alto del pavimento del condotto principale, dando l'impressione che quest'ultimo abbia intersecato gli altri. Stephánsellir si presenta in maniera diversa da Vidgelmír o Surtshellir, poiché il suo condotto principale é meno voluminoso ed ha una topografia relativamente complessa e ramificata.

Il gruppo di cavitá di Hallmundarhraun ha tutte le caratteristiche per essere considerato come il relitto di un tubo alimentatore assiale svuotato. Esso si adatta bene al modello fornito dall'autore (Wood, 1978 e 1981), poiché presenta un collettore di grande ampiezza, sinuoso e ramificato, insieme ad alcuni tubi laterali di trabocco nella sezione Surtshellir.

Si ritiene dunque che le tre cavitá abbiano preso origine da un singolo sistema di tubi lavici che si estendeva per tutta la lunghezza della colata. L'autore ha preliminarmente mostrato (Wood, 1977) che il drenaggio delle cavitá é in relazione con la pendenza variabile della colata. L'Hallmundarhraun, nella valle del Nordingarfljot, é disposta a gradoni. Al cessare dell'attivitá delle bocche, il piú rapido svuotamento del tubo sull'alzata di ogni gradone (a valle di Vidgelmír e tra Vidgelmír e Surtshellir) significó che si era creato un certo spazio in seguito al drenaggio del fluido residuo dalle parti del sistema di tubi situate sulle pedate del gradone. Probabilmente il drenaggio agí anche in altre parti del sistema, ma queste rimangono nascoste finché un crollo nella volta non aprirá un'ingresso per l'esplorazione.

Grotte nelle lave del Mauna Ulu, Kilauea, Hawaii

Il campo di lava del Mauna Ulu é il prodotto di un abbondante efflusso di lava, che fu emessa dalla parte piú elevata della rift-zone orientale del vulcano Kilauea, fra il 1969 e il 1974. L'effusione provocó la formazione di un nuovo rilievo vulcanico avventizio a scudo, a cavallo della frattura, e sviluppó un campo lavico composto da sovrapposizioni di grandi unitá di flusso a forma di lingue.

Durante l'eruzione fu osservata l'attivitá di tubi alimentatori che si estendevano fra la bocca e i fronti avanzanti (Greeley, 1971 e 1972; Cruikshank e Wood, 1972; Swanson, 1973; Peterson e Swanson, 1974; Holcomb, Peterson e Tilling, 1974), e i loro traccianti furono rilevati piú tardi, durante il rilievo topografico, da parte di Holcomb (1976), del campo di lave raffreddato. In seguito l'autore ha riportato sulla mappa i segmenti esplorabili delle cavitá

della colata (Wood, 1981).

Nella lava del Mauna Ulu furono localizzati quattro gruppi di brevi cavità, in totale oltre 3 km di condotti (Fig.4). Ogni gruppo presentava le caratteristiche di un tubo assiale alimentatore, e le loro ubicazioni coincidevano con i tracciati dei tubi alimentatori sulla mappa di Holcomb. Così, ogni sistema di tubi alimentava una unità di flusso a forma di lingua di maggiori dimensioni, sebbene sia anche evidente che alcuni tubi, in unità di flusso formatesi in precedenza, catturarono il flusso dai tubi o da unità successive.

Il campo di colate del Mauna Ulu é differente dall'Hallmundarhraun poiché, invece di un singolo, voluminoso tubo alimentatore, esso presenta un complesso sistema di tubi divergenti nel quale ogni ramo maggiore alimentava una lunga unità a forma di lingua. Sebbene alcuni di questi tubi cessarono di funzionare prima della fine della eruzione, che duró cinque anni, alcuni funzionarono simultaneamente. Non c'è dubbio che se la lava si fosse riversata in un'ampia vallata, anche essa avrebbe generato un singolo tubo alimentatore assiale.

Cavità del Gullborgarhraun, Snaefellnes, Islanda

Il Gullborg é uno dei sei piccoli scudi lavici monociclici, ubicati sul pavimento di Hnappadalur, nella penisola dello Snaeffells, Islanda. Nella forma lo scudo é del classico tipo "Eldborg" (per coincidenza il vulcano-tipo, Eldborg, é un membro di questo gruppo), avendo la forma di un piatto capovolto, del diametro di 2-3 Km, e sormontato da un ripidissimo cratere formato da scorie e spruzzi di materiale saldato. Il campo di lava é noto come Gullborgarhraun, e raggiunge lo spessore, al di sotto dell'area sommitale, di circa 60 m. L'espandimento del campo di lava non fu uniforme, poiché tre lunghe unità di flusso, a forma di lingua, si estendono rispettivamente verso S-O, N-O e N-E. A parte i tubi di lava, i canali che si dipartivano dal lato orientale e da quello occidentale del cratere, ebbero un ruolo importante nel convogliare la lava fluida lontano dalla bocca.

Il gruppo di cavità é composto da quattro grotte molto diverse. Due di queste - Íshellir e Thrihellir (rispettivamente della lunghezza di 120 m e 365 m) - sono ciò che rimane di una complessa combinazione di tubi sovrapposti, sviluppatasi all'interno di una conoide di deflusso sotto la frattura occidentale dell'orlo craterico. Questi piccoli tubi sovrapposti, intercomunicanti per mezzo di cascate di lava, hanno un termine di paragone negli strati multipli di tubi intercomunicanti notati nella zona effusiva, durante l'eruzione del Mauna Ulu sul Vulcano Kilauea (Peterson e Swanson, 1974). La piú grande grotta del gruppo é Borgarhellir. Questa grotta é lunga 670 m, e rappresenta la parte drenata di un grande tubo alimentatore. L'ampiezza della sua sezione trasversale, la sua profondità all'interno della colata, la posizione e l'orientamento dentro una cresta allungata all'estremità della grande unità di flusso nord-occidentale, fanno ritenere che essa abbia svolto le funzioni di principale condotto di alimentazione per questa unità. La quarta cavità - Vegghellir (320 m di lunghezza) - giace proprio accanto a Borgarhellir, ma é caratterizzata da un orientamento leggermente differente, non si trova alla stessa profondità nella colata e non é ampia come la sua vicina. La grotta é un singolo condotto nel quale molta parte del tubo originario é andato distrutto per progressivo sgretolamento. L'orientamento di Vegghellir fa ritenere che essa può aver convogliato la lava in movimento verso l'unità di flusso nord-orientale.

Le relazioni rilevate tra la posizione delle cavità, il cratere eruttivo, i due canali lavici aperti e le maggiori unità di flusso, ha consentito una ricostruzione dello spandimento di questo campo di lava (Wood, 1978, pp.145-163). Lo scudo lavico si formó come prodotto di simultanei trabocchi dal cratere e dai canali lavici, e di una distribuzione radiale di lava mobile dalle bocche attraverso canali e tubi. Il campo lavico é quindi composto da unità di flusso a forma di lingua che si diramano e si sovrappongono, e le cui radici si saldano e si intrecciano con estese unità laminari attorno alla bocca e ai canali superiori.



Foto 1 - Digitazioni pahoehoe con tubi, lave Mauna Ulu, Hawaii.



Foto 2 - Finestre nelle lave Mauna Ulu del 1971 mostranti trabocchi di unità a foglio.

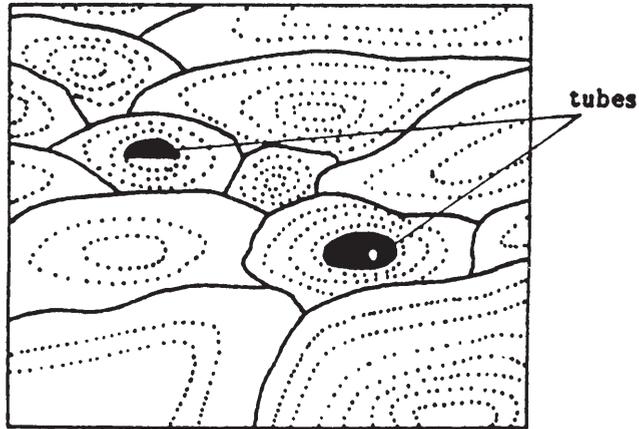


Fig.1 - Sezione trasversale idealizzata di digitazioni pahoehoe secondo Macdonald.

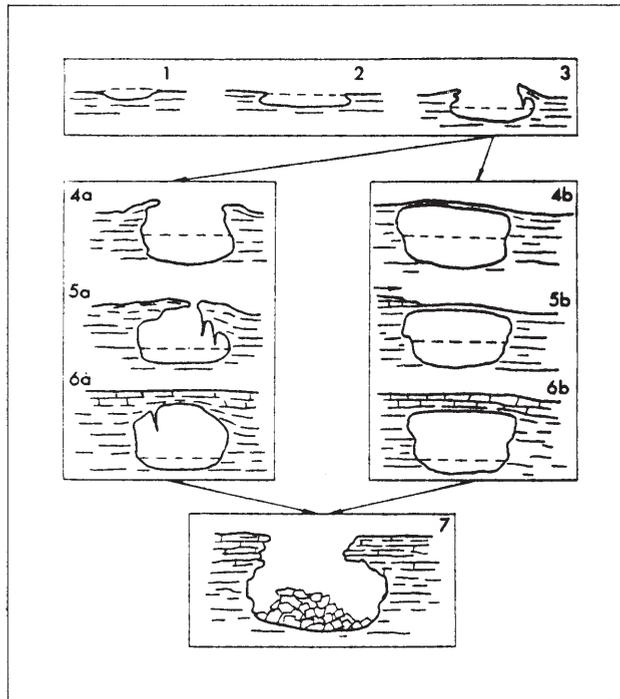


Fig.2 - Lo sviluppo di volte coprenti secondo Cruikshank e Wood (1972). "In 1-3 una sottile colata sviluppa argini laterali tramite spruzzi lungo i suoi margini e intagliando lentamente le pareti del canale. Negli stadi 4a-6a, gli spruzzi laterali si accrescono fino a congiungersi e vengono poi coperti da flussi di superficie. Negli stadi 4b-6b una crosta superficiale sulla lava fluente si salda e cresce con le modalità descritte da Wentworth e Macdonald (1953), fino ad essere coperte da flussi superficiali. Lo stadio 7 mostra una forma di collasso della volta di un tubo lavico spesso osservata ad Hawaii, generando lunghe trincee con pavimenti ingombri di sfasciumi, o catene di craterini circolari o allungati.

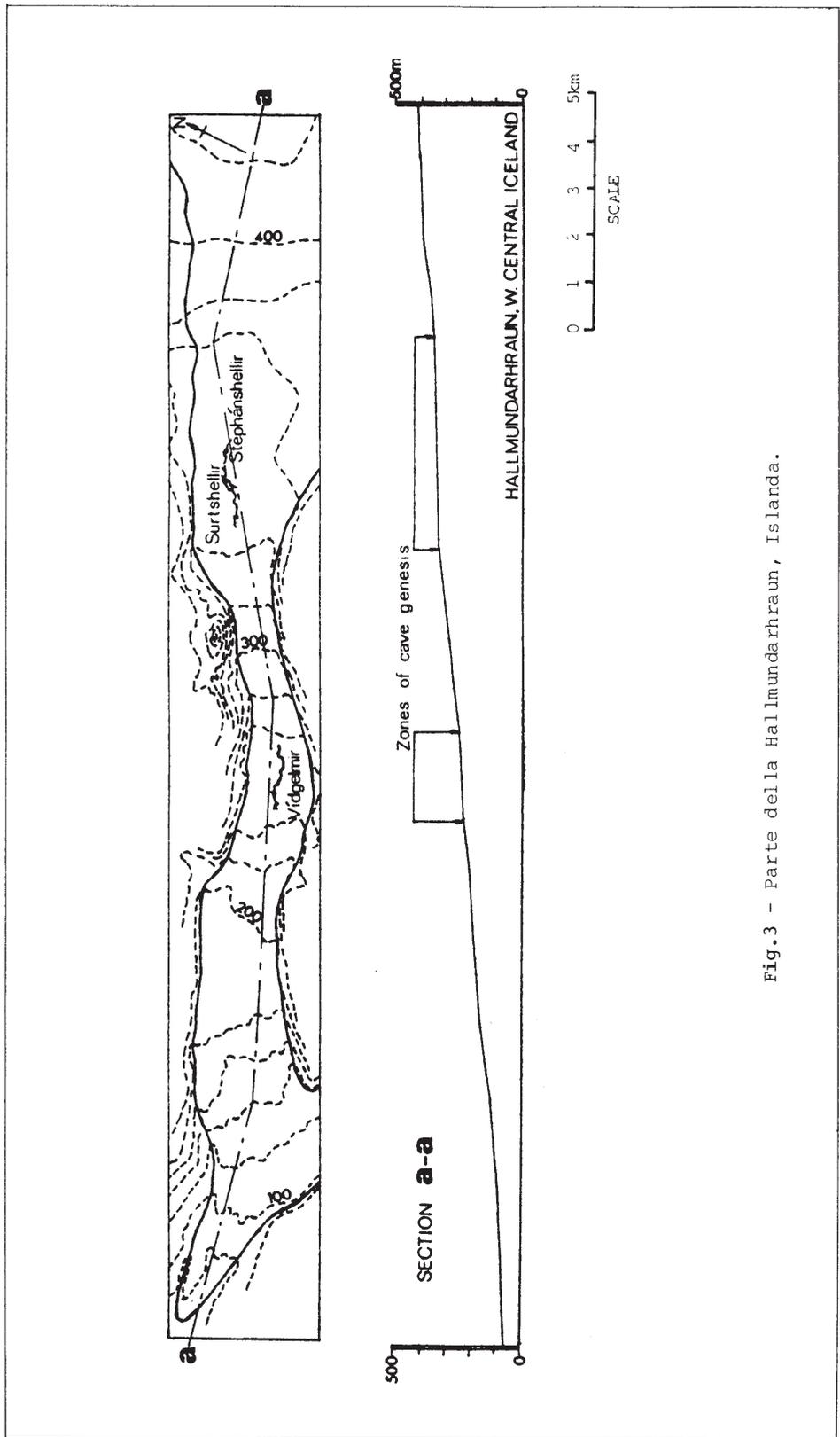


Fig.3 - Parte della Hallmundarhraun, Islanda.

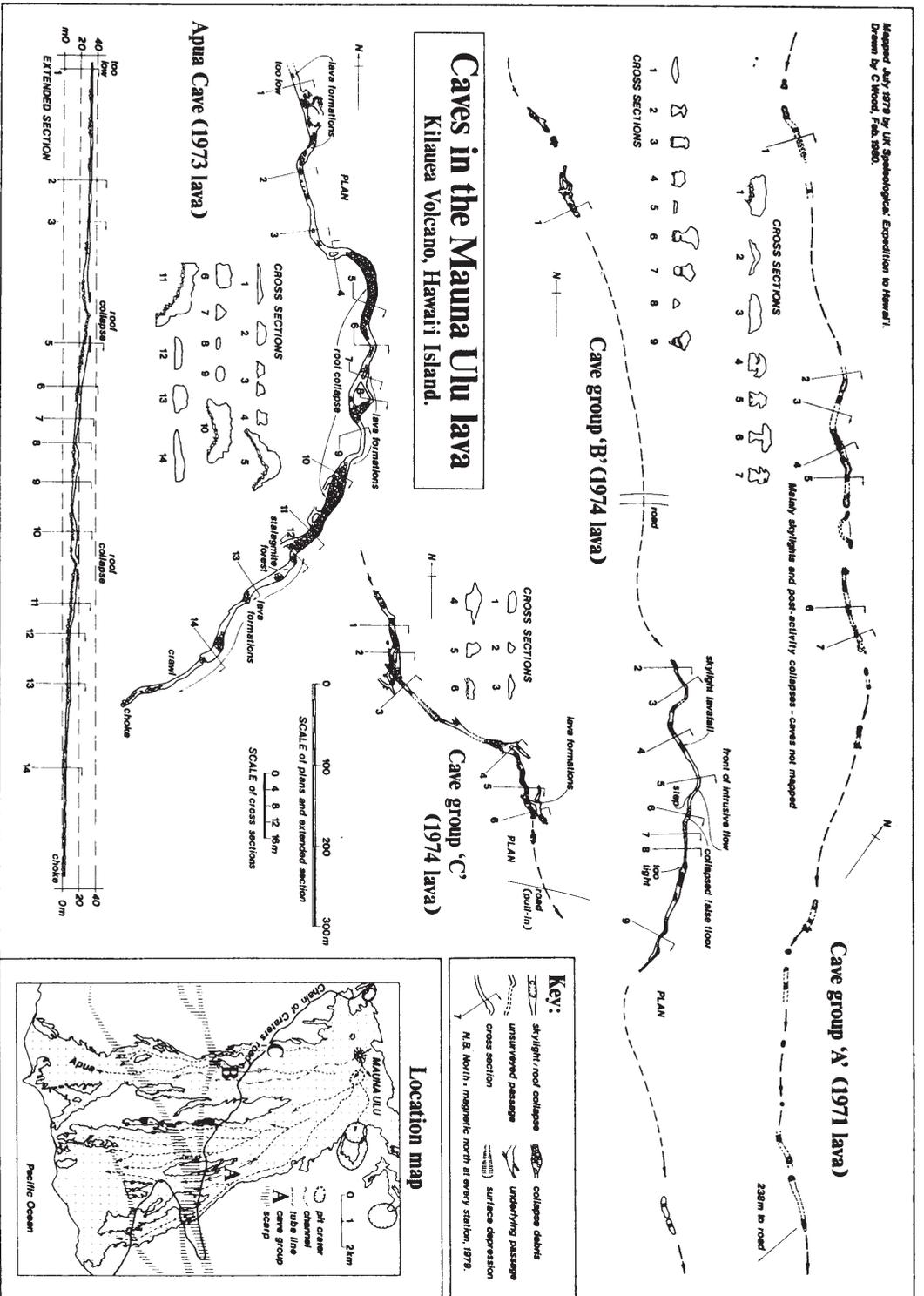
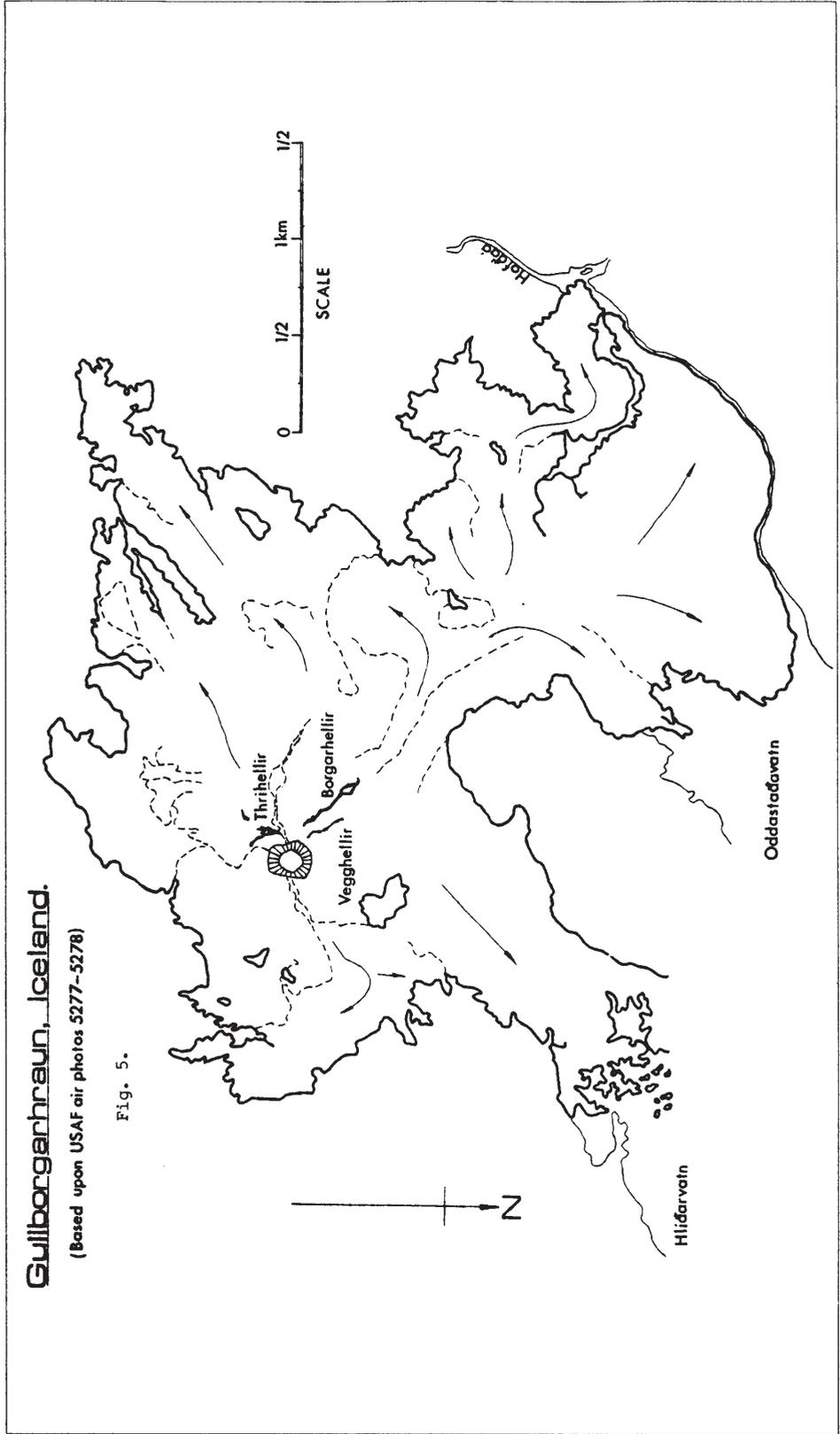


Fig. 4 - Grotte nella lava Mauna Ulu, Hawaii.

Gullborgarhraun, Iceland.

(Based upon USAF air photos 5277-5278)

Fig. 5.



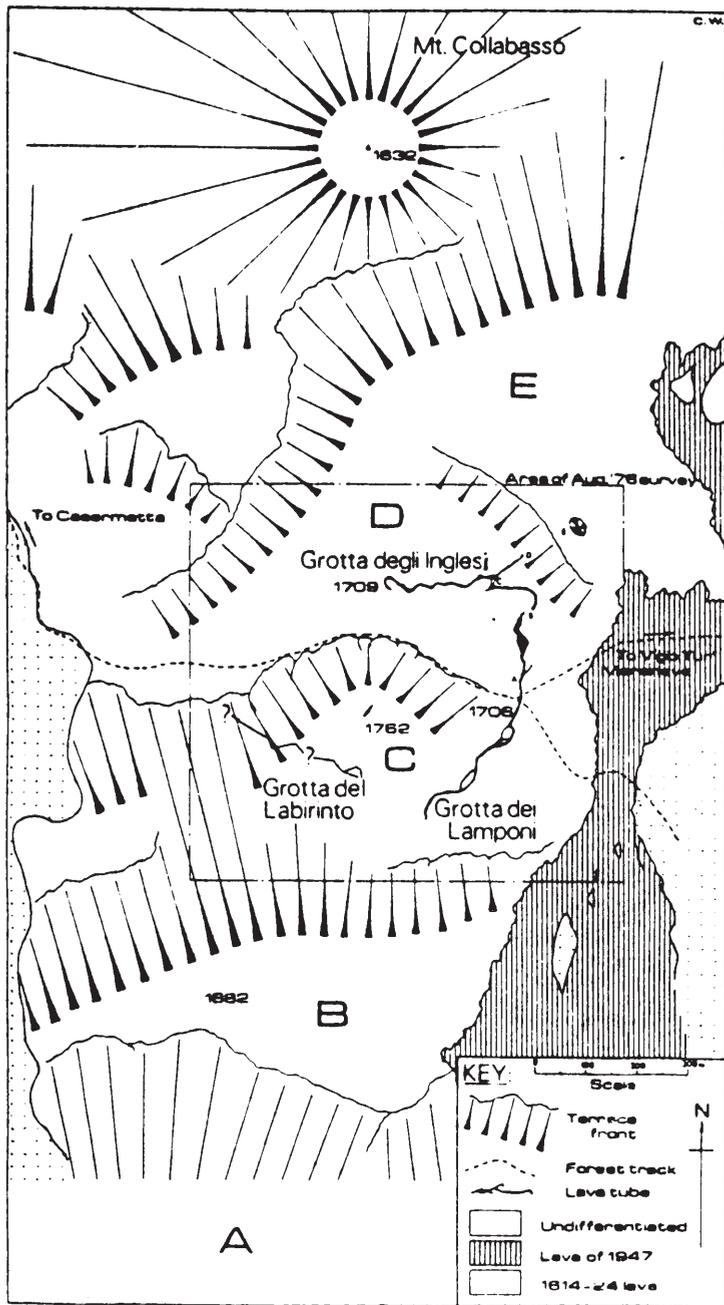


Fig.6 - Terrazze e cavità da tubi lavici sulla parte orientale della colata lavica del 1614-24, M.Etna (rilievo basato principalmente su fotografie da satellite).

Cavitá della colata lavica del 1614-24, M.Etna, Sicilia

Il campo delle lave del 1614-24 é il piú complesso fra quelli descritti in questo lavoro, dal momento che le sue unitá di flusso alimentate da tubi differiscono significativamente nella loro morfologia e formazione da quelle degli altri campi lavici descritti in precedenza. Una piú dettagliata descrizione della geologia della colata del 1614-24 é data da Guest, Greeley e Wood altrove in questi Atti.

L'effusione che inizió nella metà del 1614 dal rift nord-orientale dell'Etna, produsse in volume uno dei maggiori campi lavici del vulcano. Tre unitá di flusso maggiori si svilupparono a ventaglio, ed ogni unitá si estese per 7 Km o piú sul versante settentrionale del vulcano. Il campo lavico é degno di nota specialmente a causa della sua insolita morfologia. In primo luogo, gran parte di esso ha una tessitura di lava pahoehoe, caratteristica insolita sull'Etna. Ancora, alcune parti sono caratterizzate da terrazzamenti lavici, i cui fronti vanno da 20 a 150 m di altezza, mentre altre parti sono coperte da grandi strutture a forma di cupola, alte fino a 130 m, che sono state chiamate "mega-tumuli" da Guest, Greeley e Wood.

Nella colata del 1614-24 si conoscono 6 cavitá principali, però due di queste, poste ad una quota intermedia, sono state solo superficialmente esaminate dall'autore. Di esse la Grotta di Aci, situata a 2150 m di altitudine, é lunga approssimativamente 0,5 Km ed é evidentemente solo un segmento di un piú grande tubo alimentatore (sebbene la sua relazione con la struttura della colata non sia conosciuta), mentre la Grotta del Gelo (2030 m s.m.) é un breve tubo riempito di ghiaccio e di forma indefinibile.

Le altre quattro cavitá sono tutte concentrate in una piccola parte dell'unitá di flusso orientale, denominata come Lava del Passo dei Dammusi. La grotta piú piccola - Pozzo superiore - é una sala profonda 8 m, situata nel punto piú alto di una delle terrazze laviche. Leggermente a monte, tuttavia giacente appena al di sotto della superficie della stessa terrazza, vi é il tortuoso complesso di tubi, della lunghezza di oltre 1 km, che si intersecano fra loro e che costituiscono la Grotta del Labirinto. La cavitá piú nota e piú grande é la Grotta dei Lamponi, anch'essa con origine sulla terrazza del Pozzo Superiore, vicino a quella della Grotta del Labirinto. Questa cavitá é lunga oltre 780 m e consiste in un unico grande condotto, ramificato nella sua parte a monte. La parte a valle del tubo é stata notevolmente danneggiata da sgretolamento. La Grotta dei Lamponi é interessante perché si origina nella terrazza del Pozzo superiore, e se ne allontana, mentre la sua metà a valle é sepolta ad una notevole profondità (a piú di 50 m nella parte terminale) sotto la vicina terrazza piú bassa, contenente la quarta cavitá - Grotta degli Inglesi. La Grotta degli Inglesi comprende 565 m di passaggi esplorabili. In pianta essa ha la forma di una lettera Y, ed un orientamento che é in generale a 90 gradi rispetto a quello della Grotta dei Lamponi. Lo stelo della Y e il ramo di sinistra (a valle) si sviluppano apparentemente su un livello piú alto, all'interno della terrazza, rispetto al ramo di destra, dal momento che questi condotti sono separati da un dislivello di 20 m. Il braccio piú alto termina di fronte all'inizio della terrazza, mentre il ramo piú basso discende e curva gradualmente fino a tendere verso monte. Può sembrare che il braccio inferiore comunicasse originariamente con la parte a valle della Grotta dei Lamponi, ma quando sono stati visti in sezione quotata si é osservato che questi rami sono separati verticalmente da almeno 30 m di dislivello.

I tubi lavici si formarono apparentemente da bocche secondarie indipendenti, e per buona parte dei dieci anni dell'eruzione il campo delle lave del 1614-24 deve essere consistito di un grande campo di bocche effimere. Le relazioni spaziali tra le cavitá nella Lava del Passo dei Dammusi hanno consentito la ricostruzione delle relative età e quindi dell'età delle terrazze nelle quali le grotte sono contenute. Con questi presupposti, le terrazze, che possono essersi formate come laghi di lava ognuno trattenuto da uno sbarramento di detriti, si sono formate progressivamente verso valle. Considerando l'intero campo lavico, le terrazze sfumano in mega-tumuli. Si pensa allora che un mega-tumulo si sia formato dopo che la lava, spinta da una considerevole pressione idrostatica all'interno di un sistema di tubi, ha gonfiato un terrazzo, provocando l'inclinazione verso dietro della sua superficie e lo scolamento di lava fluida che ha addolcito la pendenza del fronte della terrazza, e in parte della superficie inclinata.

BIBLIOGRAFIA

- ATKINS F.B. 1971 The Geology of the Eirikjokull Region, West Central Iceland: British Schools Exploring Society Report 1969-1971, 104-111.
- CRUIKSHANK D.P. e WOOD C. A. 1972 Lunar Rilles and Hawaiian Volcanic Features: Possible Analogies; The Moon, 3, 412-447.
- GREELEY R. 1971 Observations of Actively Forming Lava Tubes and Associated Structures, Hawaii; Modern Geology; 2(3), 207-223.
- GREELEY R. 1972 Additional Observations of Actively Forming Lava Tubes and Associated Structures, Hawaii; Modern Geology 3 (3), 157-160
- HOLCOMB R.T. 1976 Preliminary Map Showing Products of Eruptions, 1962-1974 from the Upper East Rift Zone of Kilauea Volcano, Hawaii; USGS Misc. Field Studies, Map MF-811, 1:24,000.
- HOLCOMB R.T., PETERSON D.W. e TILLING R.I. 1974 Recent Landforms at Kilauea Volcano; Hawaiian Planetology Conference Guidebook (Ed. Greeley, R.) NASA/Ames Research Centre, pp 49-86.
- MACDONALD G.A. 1967 Extrusive Basaltic Rocks. Ch. 1 in Hess, H.H. and Poldervaart T.A. (Eds), Basalts: the Poldervaart Treatise on Rocks of Basaltic Composition, 2 Vols. New York, Interscience.
- MACDONALD G.A. 1972 Volcanoes. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 510p.
- NICHOLS R.L. 1936 Flow Units in Basalt: Jour. Geol., 44, 617-630.
- PETERSON D.W. e SWANSON D.A. 1974 Observed Formation of Lava Tubes during 1970-71 at Kilauea Volcano, Hawaii; Studies in Speleol. 2 (6), 209-222.
- SAEMUNDSSON K. 1966 Zwei Neue C¹⁴ Datierungen Isländischer Vulkanausbrüche: Eiszeitalter und Gegenwart, 17, 85-86 (Dec).
- SWANSON D.A. 1973 Pahoehoe Flows from the 1969-71 Mauna Ulu Eruption. Kilauea Volcano, Hawaii; Geol.Soc.Amer.Bull 83, 615-626.
- WENTWORTH C.K. e MACDONALD G.A. 1953 Structures and Forms of Basaltic Rocks in Hawaii; U S Geol.Surv.Bull. 994, 98p.
- WOOD C. 1977 Factors Contributing to the Genesis of Caves in Lava; Atti del Seminario sulle Grotte Laviche, Catania, 27-28 Agosto 1975. Pub.Sez.Etna del Club Alpino Italiano 1977.
- WOOD C. 1978 Lava Tubes: Their Morphogenesis and Role in Flow Formation; unpublished PhD thesis, University of Leicester, England.
- WOOD C. 1981 Exploration and Geology of Some Lava Tube Caves on the Hawaiian Volcanoes; Trans Brit. Cave Research Association 8 (3) 111-129.