

MASSIMO NICOLETTI \*, CLAUDIO PETRUCCIANI \*

CONTRIBUTO ALL'ANALISI CRITICA  
DEI METODI DELL'« ISOCRONA »  
NELLA CRONOLOGIA ASSOLUTA CON IL METODO K-Ar

RIASSUNTO. — I risultati che si ottengono utilizzando le rappresentazioni grafiche dei metodi dell'isocrona:

$$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}} \text{ Vs } \% \text{ K} \quad \text{e} \quad (^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_p \text{ Vs } (^{40}\text{K}/^{39}\text{Ar})_p$$

possono risultare identici solamente in due casi.

Entrambi i metodi sono basati su assunzioni che impongono di procedere con cautela nella loro utilizzazione. In questo lavoro vengono analizzati criticamente i due metodi e si cerca di stabilire un criterio unico di procedimento. Vengono infine analizzate alla luce di questa impostazione una serie di datazioni eseguite su formazioni intrusive.

ABSTRACT. — There are two kinds of isochron methods:

$$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}} \text{ Vs } \% \text{ K} \quad (^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_p \text{ Vs } (^{40}\text{K}/^{39}\text{Ar})_p .$$

Only in two cases both methods lead to the same isochron age. Each method has its own assumptions and it is important to regard them carefully. On the basis of nine isochron ages worked out on intrusive formations the two methods are evaluated and compared.

### Introduzione

L'età di una roccia ignea o di un livello geologico ottenuta con i metodi geometrici delle « isocrone » si fonda sulla rappresentazione grafica di alcuni parametri ottenuti o su diverse fasi minerali dello stesso campione di roccia o su più determinazioni eseguite sullo stesso livello stratigrafico. Le rappresentazioni usate da vari autori: C. T. HARPER (1970); A. HAYATSU, C. M. CARMICHAEL (1970); M. SHAFIQULLAH, P. E. DAMON (1974); A. HAYATSU, C. M. PALMER (1974); J. C. HUNZIKER (1974); D. W. MELLOR, A. E. MUSSETT (1975); A. HAYATSU, C. M. CARMICHAEL (1977) sono due e vanno sotto il nome di « isocrona di Harper » e « isocrona degli isotopi ».

Nel seguito del lavoro useremo le seguenti notazioni:

$^{40}\text{Ar}_p$  :  $^{40}\text{Ar}$  radiogenico (presunto tale, M. SHAFIQULLAH, 1974);

$^{40}\text{Ar}_o$  :  $^{40}\text{Ar}$  presente nel campione;

$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$  :  $^{40}\text{Ar}_a + ^{40}\text{Ar}_{oo} = ^{40}\text{Ar}$  iniziale;

$^{40}\text{Ar}_{oo}$  : sommatoria algebrica di tutte le forme di  $^{40}\text{Ar}$  iniziale escluso quello di origine atmosferica;

$^{40}\text{Ar}_a$  :  $^{40}\text{Ar}$  di origine atmosferica;

\* Centro di studio per la Geocronologia e la Geochimica delle formazioni recenti - Istituto di Geochimica dell'Università, Città Universitaria, Roma.

- $^{36}\text{Ar}_{00}$  :  $^{36}\text{Ar}$  presente nel campione ;  
 $^{36}\text{Ar}_p$  :  $^{36}\text{Ar}$  iniziale =  $^{36}\text{A}_{00} + ^{36}\text{A}_a$  ;  
 $^{36}\text{Ar}_o$  : sommatoria algebrica di tutte le forme di  $^{36}\text{Ar}$  iniziale escluso quello di origine atmosferica ;  
 $^{36}\text{Ar}_a$  :  $^{36}\text{Ar}$  di origine atmosferica ;  
 $\lambda\varepsilon, \lambda\beta$  : costanti di decadimento del  $^{40}\text{K}$  ;  
 $t$  : tempo trascorso dalla chiusura del sistema.

Nel metodo di « Harper » vengono riportati su un diagramma cartesiano  $^{40}\text{Ar rad/g Vs } ^{40}\text{K} (\% \text{ K})$  i valori ottenuti per ogni campione esaminato e la retta che si ottiene è del tipo  $y = m_1 x + C_1$ , dove:

$$m_1 = \frac{\lambda\varepsilon}{\lambda\varepsilon + \lambda\beta} \cdot [e^{(\lambda\varepsilon + \lambda\beta)t} - 1]$$

$$C_1 = ^{40}\text{Ar}_{00}.$$

Nel metodo dei rapporti isotopici i parametri presi in considerazione sono

$$(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_p \text{ Vs } (^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar})_p$$

anche in questo caso la retta è del tipo

$$y = m_2 x + C_2$$

dove

$$m_2 = \frac{\lambda\varepsilon}{\lambda\varepsilon + \lambda\beta} \cdot [e^{(\lambda\varepsilon + \lambda\beta)t} - 1]$$

$$C_2 = (^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_o.$$

Per un esame dettagliato dei due metodi si rimanda ai lavori citati, tuttavia ci preme far rilevare quali sono le fondamentali assunzioni su cui si fondano.

Per « l'isocrona di Harper » esse sono:

- 1)  $^{36}\text{Ar}_p = ^{36}\text{Ar}_a$  (cioè  $^{36}\text{Ar}$  presente è solo di origine atmosferica);
- 2) il rapporto  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} = 295,5$  nell'atmosfera attuale, è sempre stato costante nel corso della storia della terra;
- 3) specie mineralogiche diverse hanno capacità uguali di trattenere o perdere le stesse quantità di  $^{40}\text{Ar}_{00}$  nonostante le loro differenze strutturali.

Mentre per quella degli « isotopi »:

- 1)  $^{40}\text{Ar}_o/^{36}\text{Ar}_p = (^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_o$  (SHAFIQUZZAH (1974) ha messo in evidenza che questa condizione può essere sufficientemente accettata);
- 2)  $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_o$  uguale per tutti i campioni componenti l'« isocrona ».

Risulta evidente che le assunzioni per « l'isocrona di Harper » sono assai più limitative che non quelle per l'isocrona degli isotopi.

### Discussione

Frequentemente i due metodi forniscono valori di età diversi. In quel che segue intendiamo stabilire i seguenti punti:

- a) quali sono le condizioni analitiche per cui i due metodi forniscono risultati uguali;  
 b) entro quali limiti sono accettabili le assunzioni sulle quali si basano i due metodi.

Siano disponibili le seguenti grandezze misurate:

$$\begin{array}{cccc} x_1 & x_2 & x_3 & \dots \dots \dots x_n \\ y_1 & y_2 & y_3 & \dots \dots \dots y_n \\ Z_1 & Z_2 & Z_3 & \dots \dots \dots Z_n \end{array}$$

Si nota una costante  $\alpha$  per la quale

$$A_1 = \alpha Z_1; \quad A_2 = \alpha Z_2; \quad A_3 = \alpha Z_3; \quad \dots \dots \dots A_n = \alpha Z_n.$$

Consideriamo i due insiemi costituiti dalle seguenti coppie:

$$\left| \begin{array}{c} y_1 - A_1 \\ x_1 \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{c} y_2 - A_2 \\ x_2 \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{c} y_3 - A_3 \\ x_3 \end{array} \right| \quad \dots \dots \dots \left| \begin{array}{c} y_n - A_n \\ x_n \end{array} \right| \quad (I)$$

e

$$\left| \begin{array}{c} y_1/Z_1 \\ x_1/Z_1 \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{c} y_2/Z_2 \\ x_2/Z_2 \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{c} y_3/Z_3 \\ x_3/Z_3 \end{array} \right| \quad \dots \dots \dots \left| \begin{array}{c} y_n/Z_n \\ x_n/Z_n \end{array} \right| \quad (II)$$

si dimostra (vedi *appendice*) che se i punti dell'insieme (I) risultano allineati nel piano cartesiano  $(y-A) \text{ Vs } x$  su una retta di coefficiente  $m_1$ , l'insieme (II) può risultare allineato su una retta di coefficiente angolare  $m_2$  nel piano cartesiano  $y/Z \text{ Vs } x/Z$  e sarà  $m_1 = m_2$  solamente in due casi, e precisamente:

CASO (1)

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = \dots \dots \dots Z_n$$

da cui

$$\begin{aligned} \alpha Z_1 = \alpha Z_2 = \alpha Z_3 = \dots \dots \dots \alpha Z_n &= \alpha \bar{Z} \\ A_1 = A_2 = A_3 = \dots \dots \dots A_n &= \bar{A} \end{aligned}$$

CASO (2)

$$Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3 \neq \dots \dots \dots Z_n$$

ma deve essere soddisfatta la condizione:

$$\frac{y_1 - Z_1}{x_1} = \frac{y_2 - Z_2}{x_2} = \dots \dots \dots \frac{y_n - Z_n}{x_n}$$

cioè la retta che congiunge i punti dell'insieme (I), deve passare per l'origine degli assi.

Qualora queste condizioni non si verifichino, i punti, ciascuno nel suo insieme, non possono giacere su rette con il medesimo coefficiente angolare: cioè sarà  $m_1 \neq m_2$ .

Sostituendo ai simboli di carattere generale quelli caratteristici del nostro problema abbiamo:

$$\begin{array}{ccccccc} ({}^{40}\text{Ar}_p)_1, & ({}^{40}\text{Ar}_p)_2, & ({}^{40}\text{Ar}_p)_3 & \dots\dots\dots \\ K_1 & K_2 & K_3 & \\ ({}^{36}\text{Ar}_p)_1, & ({}^{36}\text{Ar}_p)_2, & ({}^{36}\text{Ar}_p)_3 & \dots\dots\dots \end{array}$$

e possiamo affermare: i casi per i quali le due rappresentazioni producono « isocrone » dai valori di età uguali, sono due, e precisamente:

$$(1) \quad ({}^{36}\text{Ar}_p)_1 = ({}^{36}\text{Ar}_p)_2 = ({}^{36}\text{Ar}_p)_3 \dots\dots\dots = \overline{{}^{36}\text{Ar}_o}$$

$$\begin{array}{l} e \\ \quad ({}^{40}\text{Ar}_o)_1 = \alpha \overline{{}^{36}\text{Ar}_o} \\ \quad ({}^{40}\text{Ar}_o)_2 = \alpha \overline{{}^{36}\text{Ar}_o} \\ \quad ({}^{40}\text{Ar}_o)_3 = \alpha \overline{{}^{36}\text{Ar}_o} \end{array} \quad \alpha = \text{costante qualsiasi}$$

da cui:

$$({}^{40}\text{Ar}_o)_1 = ({}^{40}\text{Ar}_o)_2 = ({}^{40}\text{Ar}_o)_3 = \overline{{}^{40}\text{Ar}_o}$$

${}^{36}\text{Ar}_p$  è lo stesso in tutti i campioni esaminati e in rapporto costante con  ${}^{40}\text{Ar}_o$ .

$$(2) \quad ({}^{36}\text{Ar}_p)_1 \neq ({}^{36}\text{Ar}_p)_2 \neq ({}^{36}\text{Ar}_p)_3$$

ma

$$\begin{array}{l} ({}^{36}\text{Ar}_p)_1 = ({}^{36}\text{Ar}_n)_1 \\ ({}^{36}\text{Ar}_p)_2 = ({}^{36}\text{Ar}_n)_2 \\ ({}^{36}\text{Ar}_p)_3 = ({}^{36}\text{Ar}_n)_3 \end{array}$$

e inoltre

$$\begin{array}{l} (\text{Ar}_{oo})_1 = 0 \\ (\text{Ar}_{oo})_2 = 0 \\ (\text{Ar}_{oo})_3 = 0 \end{array}$$

da cui

$$\begin{array}{l} ({}^{40}\text{Ar}_o)_1 = ({}^{36}\text{Ar}_n)_1 \cdot 295,5 \\ ({}^{40}\text{Ar}_o)_2 = ({}^{36}\text{Ar}_n)_2 \cdot 295,5 \\ ({}^{40}\text{Ar}_o)_3 = ({}^{36}\text{Ar}_n)_3 \cdot 295,5 \end{array}$$

L'argon iniziale ha la stessa composizione isotopica dell'argon atmosferico.

È evidente che il caso (1) ha ben poche probabilità di presentarsi anche perchè il contributo da « fondi strumentali » di  ${}^{36}\text{Ar}$  è del tutto casuale mentre il caso (2) rappresenta quello piuttosto frequente di « isocrone » passanti per la O (rapp. I) e per 295,5 (rapp. II); ne consegue che a parte questa favorevole circostanza, il ricercatore si troverà di fronte assai spesso a situazioni reali in cui i punti non si allineano perfettamente e le rette che si ottengono nelle due rappresentazioni per interpolazione lineare, oltre ad avere coefficienti angolari diversi (e quindi età isocrone diverse), avranno anche coefficienti di correlazione diversi.

Come abbiamo accennato nell'introduzione, il metodo di Harper ha in sè una condizione estremamente restrittiva; infatti è impensabile tranne che si tratti della stessa fase mineralogica dello stesso livello geologico (ma in tal caso i punti non riuscirebbero a disperdersi nel piano ( ${}^{40}\text{Ar}$  rad Vs % K), che fasi minerali diverse

perdano per diffusione o occludano la stessa quantità di  $^{40}\text{Ar}_{00}$  (il K feldspato è il minerale che da questo punto di vista rappresenta il sistema più « aperto » di tutti).

Il metodo isotopico contiene delle condizioni molto meno restrittive. I campioni geologicamente coerenti con i quali si cerca di costruire una retta isocrona possono avere perso o trattenuto quantità diverse di argon iniziale senza che per questo il rapporto  $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_0$  sia apprezzabilmente diverso da campione a campione.

Per questa ragione è prevedibile in generale che i punti appartenenti a una « isocrona » saranno più allineati nella rappresentazione « isotopica » che non in quella di « Harper ».

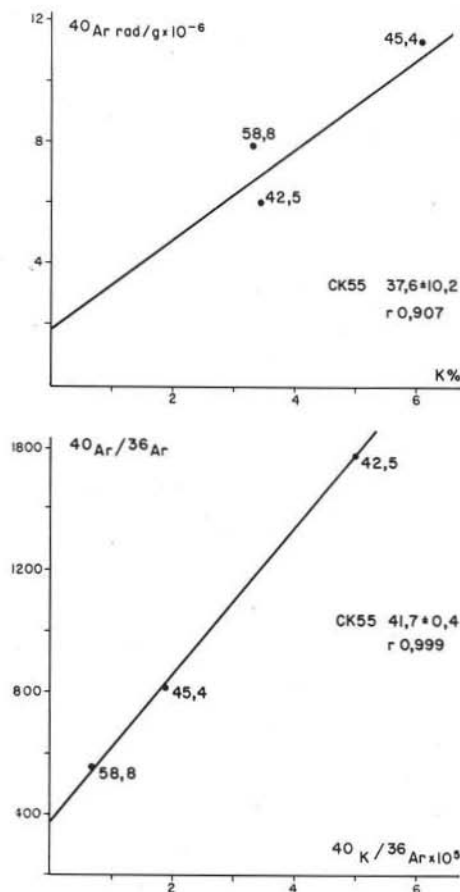


Fig. 1. — Rette isocrone relative al campione CK 55. - *Sopra*: « isocrona di Harper »,  $t = 37,6$  M.A.  $\pm 10,2$ ;  $r = 0,907$ . *Sotto*: « isocrona degli isotopi »,  $t = 41,7 \pm 0,4$  M.A.;  $r = 0,999$ .

È evidente che sistemi geologici in cui le fasi minerali siano divenute sistemi chiusi in un ristretto intervallo di tempo in condizioni chimico-fisiche costanti possono dare risultati comparabili utilizzando entrambi i metodi, ma è altrettanto evidente che è poco probabile che ciò avvenga e che pertanto è il metodo « isotopico » quello che in genere deve essere preferito.

### Controprove sperimentali

In un recente lavoro in corso di stampa (CASNEDI et al., 1978) sono state studiate dal punto di vista geocronologico alcune rocce granitoidi provenienti dai maggiori corpi intrusivi del Karakorum; i materiali più antichi provengono dai massicci di Umalsit e Gamugal (media valle dello Yasin), quelli di età intermedia provengono dal versante meridionale della valle del T. Gilgit e possono essere correlati col grande affioramento granitico del « Deosai ». Quelli più recenti sono stati raccolti al Darkot-Pass sull'Hindu-raj. Non crediamo necessario trattare in questa sede argomenti di natura geopetrologica e tettonica riguardanti i sistemi studiati, essi infatti non sono essenziali per la natura della presente nota e sono stati ampiamente trattati nel lavoro citato (CASNEDI et al., 1978). Intendiamo invece sottolineare che quanto esposto analiticamente trova valida conferma nei risultati sperimentali ottenuti: sono stati

infatti studiati nove campioni, ciascuno proveniente da una unità geologica intrusiva distinta e per ciascuno di essi sono state determinate le «età convenzionali» di più fasi minerali coesistenti nello stesso campione e le età «isocrone» ottenute con i due metodi (sempre sullo stesso campione); dalla tabella dei risultati sperimentali (tab. 1) si possono trarre le seguenti considerazioni:

TABELLA 1

Campione	Minerale	Età "convenzionale"	Età "isocrone" I r	$^{40}\text{Ar}_{\text{CO}}$ cc.STP/g $\times 10^{-6}$	Età "isocrone" II r	$(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_0$
CK 57	R. T.	23, 2 + 0, 7	16, 4 + 2	1, 332	19, 2 + 0, 1	541 + 24
	Bi	23, 1 + 0, 7				
	K. F.	10, 1 + 0, 6	r = 0, 877		r = 0, 999	
CK 5	R. T.	72, 4 + 2, 2	19, 0 + 9	7, 460	25, 1 + 2	732 + 46
	Bi	57, 8 + 1, 7				
	K. F.	36, 9 + 0, 7	r = 0, 812		r = 0, 989	
CK 55	R. T.	42, 5 + 1, 2	37, 6 + 10, 2	1, 790	41, 7 + 0, 4	371 + 8
	Bi	58, 8 + 2				
	K. F.	45, 4 + 1	r = 0, 907		r ca. 1	
CK 21	R. T.	62, 5 + 1, 9	49, 5 + 20, 4	3, 116	40, 3 + 1, 0	659 + 21
	Bi	81, 4 + 2, 4				
	K. F.	49, 9 + 1, 5	r = 0, 815		r = 0, 995	
CK 45	R. T.	47, 3 + 1, 4	60, 5 + 17, 2	-1, 543	37, 4 + 1, 6	725 + 52
	Mu	65, 3 + 1, 9				
	K. F.	46, 4 + 1, 4	r = 0, 899		r = 0, 993	
CK 54	R. T.	46, 5 + 1, 4	41, 1	0, 302	N. D.	---
	K. F.	42, 4 + 1, 3	r = 1 !!!			
CK 23	R. T.	88, 7 + 2, 7	53, 9 + 2, 3	5, 039	54, 2 + 2, 2	1085 + 99
	Bi	85, 6 + 2, 6				
	K. F.	64, 9 + 2	r = 0, 987		r = 0, 997	
CK 38	R. T.	58, 7 + 1, 8	52, 5 + 0, 4	0, 637	55, 1 + 0, 5	367 + 20
	Bi	56, 6 + 1, 7				
	K. F.	54, 5 + 1, 5	r = 0, 999		r = 0, 999	
CK 42	R. T.	61, 3 + 1, 9	47, 9 + 14	3, 216	50, 3 + 1, 7	638 + 59
	Bi	78, 3 + 2, 3				
	K. F.	54, 3 + 1, 6	r = 0, 892		r = 0, 997	

-----

R. T. → Roccia in toto  
K. F. → K - Feldspato

Età espresse in milioni anni  
r = coefficiente di correlazione lineare

N. D. : non determinabile

- i valori delle «età convenzionali» ottenute coprono un arco di tempo quasi continuo che va da 19 a 88 M.A.;
- escluso il campione CK 45, tutti presentano un valore dell'intercetta sull'asse y positivo nel metodo di Harper, e un valore del rapporto ( $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ) > 295,5 nel metodo isotopico;
- entrambi i metodi delle isocrone raggruppano i risultati in tre periodi abbastanza ristretti e dal significato geotettonico particolarmente importante (CASNEDI et al., 1978);
- i valori delle «età isocrone» sono diversi nei due metodi;

e) i coefficienti di correlazione lineare sono anch'essi diversi; nel metodo degli isotopi esso è quasi sempre così elevato da far escludere ogni casualità, mentre nel metodo di Harper l'allineamento dei punti sperimentali lascia in alcuni casi alquanto a desiderare.

In fig. 1, a titolo di esempio, vengono riportate le rette «isocrone» relative al campione CK 55 ottenute con entrambi i metodi.

## APPENDICE

### Dimostrazione

(Per semplicità la dimostrazione è effettuata nel caso di due punti)

#### CASO I

$$\frac{(y_2 - A_2) - (y_1 - A_1)}{x_2 - x_1} = m_1 \quad Z_1 = Z_2 = Z \quad (1)$$

$$\frac{\left(\frac{y_2}{Z_2}\right) - \left(\frac{y_1}{Z_1}\right)}{\left(\frac{x_2}{Z_2}\right) - \left(\frac{x_1}{Z_1}\right)} = m_2 \quad (2)$$

$\alpha = \text{costante};$

segue

$$\begin{aligned} A_1 &= \alpha Z_1 & A_1 &= A_2 = \bar{A} \\ A_2 &= \alpha Z_2 \end{aligned}$$

$$\frac{\left(\frac{y_2}{A_2}\right) - \left(\frac{y_1}{A_1}\right)}{\left(\frac{x_2}{A_2}\right) - \left(\frac{x_1}{A_1}\right)} = \frac{\left(\frac{y_2}{\bar{A}}\right) - \left(\frac{y_1}{\bar{A}}\right)}{\left(\frac{x_2}{\bar{A}}\right) - \left(\frac{x_1}{\bar{A}}\right)} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = m_2$$

ma anche dalla (1)

$$\frac{(y_2 - \bar{A}) - (y_1 - \bar{A})}{x_2 - x_1} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = m_1$$

da cui

$$m_1 = m_2$$

## CASO II

$$\frac{(y_2 - A_2) - (y_1 - A_1)}{(x_2 - x_1)} = m_1 \quad (1)$$

dove è inserita la condizione che la retta (1) passa per l'origine: per cui

$$\frac{(y_2 - A_2)}{x_2} = \frac{(y_1 - A_1)}{x_1} = m_1 \quad (1')$$

$$\frac{\left(\frac{y_2}{Z_2}\right) - \left(\frac{y_1}{Z_1}\right)}{\left(\frac{x_2}{Z_2}\right) - \left(\frac{x_1}{Z_1}\right)} = m_2 \quad (2)$$

dove  $\alpha = \text{costante}$

Essendo:

$$\begin{array}{ll} Z_1 \neq Z_2 & A_2 = \alpha Z_2 \\ A_1 = \alpha Z_1 & A_1 \neq A_2 \end{array}$$

$$\frac{\left(\frac{y_2}{A_2}\right) - \left(\frac{y_1}{A_1}\right)}{\left(\frac{x_2}{A_2}\right) - \left(\frac{x_1}{A_1}\right)} = m_2$$

mentre le (1') divengono

$$\frac{\left(\frac{y_2}{A_2} - 1\right)}{\left(\frac{x_2}{A_2}\right)} = \frac{\left(\frac{y_1}{A_1} - 1\right)}{\left(\frac{x_1}{A_1}\right)} = m_1$$

che essendo i termini proporzionali è valida anche scritta in questo modo:

$$\frac{\left(\frac{y_2}{A_2} - 1\right) - \left(\frac{y_1}{A_1} - 1\right)}{\left(\frac{x_2}{A_2}\right) - \left(\frac{x_1}{A_1}\right)} = m_1$$

che non è altro che la (2); dunque:  $m_1 = m_2$ .



*Ringraziamenti.* — Gli Autori intendono ringraziare i Prof. HUNZIKER e JÄGER dell'Università di Berna per gli utili scambi di opinione con essi avuti e il Prof. M. FORNASERI per l'attenta lettura critica del manoscritto.

## BIBLIOGRAFIA

- CASNEDI R., DESIO A., FORCELLA F., NICOLETTI M., PETRUCCIANI C. (1978) - *Absolute ages of some granitoid rocks between Hinduraj and Gilgit: Karakorum*. Atti Acc. Naz. dei Lincei (in corso di stampa).
- HARPER C. T. (1970) - *Graphical solutions to the problem radiogenic 40-Argon loss from metamorphic minerals*. *Eclogae Geol. Helv.*, 63, 1, 119-140.
- HAYATSU A., CARMICHAEL C. M. (1970) - *K-Ar isochron method and initial argon ratios*. *Earth plan. Sci. Lett.*, 8, 71-76.
- HAYATSU A., CARMICHAEL C. M. (1977) - *Removal of atmospheric argon contamination and the use and misuse of the K-Ar isochron method*. *Can. J. of Earth Sci.*, 14, 337-345.
- HAYATSU A., PALMER C. H. (1974) - *K-Ar isochron study of the Tudor gabbro, Grenville Province, Ontario*. *Earth Plan. Sci. Lett.*, 25, 208-212.
- HUNZIKER J. C. - *Rb - Sr and K-Ar age determination and the alpine Tectonic history of the Western Alps*. *Mem. Ist. di Geologia e Mineralogia Università di Padova*, 31, 1-55.
- MELLOR D. W., MUSSETT (1975) - *Evidence of initial <sup>36</sup>Ar in Volcanic rocks*. *Earth Plan. Sci. Lett.*, 26, 312-318.
- SHAFIQUILLAH M., DAMON P. E. (1974) - *Evaluation of K-Ar isochron methods*. *Geochim. Cosmoch. Acta*, 38, 1341-1358.

## ERRATA CORRIGE

*RENDICONTI Società italiana di mineralogia e petrologia*: 34 (2), 1978, pp. 549-557.

### Pag. 549 (fondo pagina)

40 Ar <sub>RAD</sub> :		40 Ar <sub>p</sub> :
40 Ar <sub>p</sub> :	Al posto di	40 Ar <sub>o</sub> :
40 Ar <sub>o</sub> :		40 Ar <sub>RAD</sub> :

### Pag. 550 (inizio pagina)

36 Ar <sub>p</sub> :		36 Ar <sub>oo</sub> :
36 Ar <sub>o</sub> :	Al posto di	36 Ar <sub>p</sub> :
36 Ar <sub>oo</sub> :		36 Ar <sub>o</sub> :

FINITO DI STAMPARE NEL DICEMBRE 1980  
CON I TIPI DELLA LITOTIPOGRAFIA VERBANO DI E. ROSSI  
GERMIGNAGA (LAGO MAGGIORE - VA)

Direttore responsabile GUSTAVO FAGNANI