

Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 40 (2004)	pp. 85-94	Trieste 2005
---	----------------	-----------	--------------

DAVIDE LENAZ (\*) – SIMONA INFANTI (\*\*)

## LA MORFOLOGIA DEGLI ZIRCONI E LE POSSIBILI IMPLICAZIONI SULLA LORO PROVENIENZA IN MATERIALI CLASTICI TERRIGENI: UNO STUDIO PRELIMINARE SUGLI ZIRCONI DEL FLYSCH CRETACICO-TERZIARIO DELLE ALPI SUDORIENTALI E LE DINARIDI ESTERNE

### RIASSUNTO

*I minerali pesanti rivestono un'importanza particolare negli studi di provenienza. In questo studio è stata utilizzata la morfologia degli zirconi detritici presenti in rocce arenacee per andare a scoprire in quale ambito tettonico e a quali temperature si sono formati tali minerali. Tali zirconi sono riconducibili a graniti alcalini e si sono formati a temperature comprese tra 750 e 900°C, con delle variazioni tra zirconi presenti in rocce arenacee più o meno recenti. Si può affermare che i bacini sono stati alimentati da una sorgente che si è andata modificando nel tempo, ovvero che via via sono andati in erosione dei corpi la cui alcalinità era minore di quella dei graniti erosi precedentemente.*

### SUMMARY

*Heavy minerals are quite important in paleogeographic reconstructions. In this work the morphology of detrital zircon in sandstone has been used to determine the tectonic environment and temperature in which they formed. The possible source-rocks of these zircons are alkaline granites and they formed at temperatures between 750 and 900°C. Variations within zircons present in sandstones of different ages have been found. It is possible to say that the basins were sandstones sedimented have been supplied by sources that modified with time. In fact alkalinity of the late eroded granites was lower than that of the early eroded granites.*

**Parole chiave:** morfologia, zircone, graniti

**Key words:** morphology, zircon, granites

### POVZETEK

*Izpeljali so raziskave o sestavinah peščenjaka, ki tvori fliš na tržaškem Krasu in v neposredni okolici Trsta, posebno kar se tiče prisotnosti cirkona.*

*Pri teh raziskavah imajo posebno važnost težke kovine; pri tem so uporabili morfologijo drobcov cirkonija v peščenih kamninah, da bi tako določili v katerem tektonskem območju in ob kakšnih temperaturah so nastale.*

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra, Via Weiss 8, 34127 Trieste, Italia; lenaz@univ.trieste.it

(\*\*) Via del lavoro 30, 30028 San Michele al Tagliamento, Italia

*Ti cirkoni izhajajo iz alkalijskih granitov in so se formirali pri temperaturi med 750 in 900 stopinj Celzija, s spreminjanjem cirkonov v peščene kamnine.*

*Trdi se torej lahko, da so se izviri na teh območjih v času spreminjali, oziroma daje prišlo do erozije trdnih teles, katerih alkaličnost je bila nižja glede na granite, ki so bili že predhodno podvrženi eroziji.*

## **Introduzione**

I minerali pesanti rivestono un'importanza particolare nelle ricostruzioni paleogeografiche effettuate studiando le rocce clastiche terrigene. In tale contesto si applicano gli studi riguardanti l'intera paragenesi dei minerali pesanti (WILDI, 1985; VON EYNATTEN & GAUPP, 1999; LENAZ *et al.*, 2001 tra gli altri), ma molto spesso si incontrano anche degli studi focalizzati su un singolo minerale e il suo particolare chimismo. Tra questi studi ricordiamo ad esempio quelli sui pirosseni (CAWOOD; 1983, KRAWINKEL *et al.*, 1998 tra gli altri), sui granati (MORTON, 1985; DI GIULIO *et al.*, 1999) e sugli anfiboli (VON EYNATTEN & GAUPP, 1999). Nell'area oggetto di questo studio nel corso degli ultimi anni l'attenzione è stata focalizzata sul chimismo del Cr-spinello (LENAZ *et al.*, 2000; 2003), dell'anfibolo e del pirosseno (LENAZ & PRINCIVALLE, 2002).

La morfologia dei cristalli è in genere scarsamente considerata negli studi petrologici, ad eccezione di quella dello zircone. La sua morfologia, combinata con altri caratteri quali colore, dimensioni, inclusioni e zonature, è usata infatti per correlazioni ed interpretazioni petrogenetiche. Lo zircone è un minerale accessorio pressoché ubiquitario, si trova infatti in rocce ignee, metamorfiche e sedimentarie. È un minerale poco alterabile, che conserva spesso nel tempo la morfologia acquisita al momento della sua formazione; mineralogicamente appartiene al gruppo degli ortosilicati con formula generale  $ZrSiO_4$  e cristallizza nella classe tetragonale bipiramidale.

In questo lavoro, gli zirconi, sono stati studiati tramite il metodo tipologico proposto da PUPIN & TURCO (1972) che si basa su una classificazione basata sullo sviluppo relativo di facce cristallografiche di piramide (INDICE A) e di prisma (INDICE T). I fattori principali ritenuti responsabili delle variazioni tipologiche degli zirconi sono, rispettivamente, il chimismo (carattere alluminoso o alcalino) e la temperatura dell'ambiente di cristallizzazione.

Questo tipo di approccio si può applicare anche su rocce soggette ad alterazione piuttosto intensa o a importanti trasformazioni secondarie, in quanto lo zircone presenta forte carattere refrattario a tali trasformazioni. Sarebbe quindi interessante riuscire a studiare lo zircone nei depositi di riempimento delle grotte in maniera da poterli correlare con le eventuali rocce sorgenti.

L'obiettivo di questo lavoro è stato quello d'applicare il metodo tipologico di PUPIN & TURCO (1972) agli zirconi contenuti in sei campioni di Flysch delle Alpi sudorientali e delle Dinaridi esterne allo scopo di identificare eventuali variazioni nelle rocce sorgenti.

## **Inquadramento geologico**

Durante il Cretacico sup. le Prealpi Giulie sono comprese tra una zona meridionale in cui si sviluppa una piattaforma carbonatica (Piattaforma Friulana) ed una zona settentrionale con formazioni pelagiche e pelagico terrigene (Solco di Tolmino; COUSIN, 1970). Si tratta di un solco con orientazione est-ovest attualmente compreso nell'area del Friuli orientale. È stato denominato Bacino Giulio (AUBOUIN, 1963), ma data la sua estensione in territorio sloveno in bibliografia è anche citato come Solco di Tolmino (COUSIN, 1970) o Bacino Sloveno (BUSER, 1987).

Nella zona centrale del Bacino Sloveno la deposizione del flysch (criptoflysch) ha inizio durante il Senoniano p.p. con la presenza di calcilutiti, calcareniti e calciruditi selcifere (OGORELEC *et al.*, 1976). Successivamente, durante il Santoniano-Campaniano (TUNIS & VENTURINI, 1987), la deposizione del flysch continua nella zona di Caporetto (Kobarid) e Tolmino (Tolmin) in Slovenia. Qui il flysch si presenta come una successione marnoso-arenaceo-conglomeratica (KUSCER *et al.*, 1974). La potenza di questi ultimi depositi supera i 3000 metri (KUSCER *et al.*, 1974).

Già dal Maastrichtiano le spinte orogenetiche dovute alla fase tettonica laramica causano la migrazione del Bacino Sloveno verso SW accompagnata dall'arretramento della Piattaforma Friulana (BUSER, 1987). Questo movimento causa l'emersione del Bacino Sloveno e, come già detto, delle aree settentrionali dell'Istria e del Carso. Alla fine del Maastrichtiano si ha una nuova ingressione marina (BUSER, 1987). Come conseguenza di questi movimenti si ha un restringimento del bacino che si chiude nell'Eocene medio (TUNIS & VENTURINI, 1987). La chiusura del solco nella zona del Collio, è testimoniata dalla presenza di apparati deltizi (TUNIS & VENTURINI, 1989). Una progressiva diminuzione della batimetria che porta alla deposizione finale di sedimenti molassici è riscontrabile anche nel bacino del Brkini (TUNIS & VENTURINI, 1996) e nelle isole del Quarnero.

KUSCER *et al.* (1974) esaminano la zona di Bovec (Slovenia), e descrivono i sedimenti flyschoidi cretaci. Nel Senoniano superiore si ha una deposizione prevalentemente marnosa. La porzione basale del flysch comprende anche dei sottili strati arenacei o di calcareniti (torbiditi distali).

Le intercalazioni arenacee (grovacche e subgrovacche) diventano sempre più numerose e più spesse procedendo verso l'alto della sequenza. La parte sommitale è rappresentata da torbiditi prossimali e da olistostromi costituiti da ciottoli di Scaglia (Giurassico) e altre rocce carbonatiche triassiche e giurassiche, immersi in una matrice calcilutitica o marnosa. Le paleocorrenti registrate tramite lo studio delle controimpronte di erosione indicano una direzione da NW dove si trovava probabilmente ad un sistema deltizio. La potenza del flysch in quest'area raggiunge gli 800 metri. Nell'area di Bovec è stato prelevato il campione BG1.

Per quanto riguarda il settore italiano del Bacino Sloveno sono state riconosciute la seguenti unità paleogeniche (TUNIS & VENTURINI, 1987):

- *Flysch di Calla* (Paleocene inf. – medio p.p.)  
Costituito da un'alternanza di marne e arenarie più sottili nella parte inferiore e più spesse e arenacee in quella superiore.
- *Flysch di Masarolis* (Paleocene medio p.p. – Paleocene sup. p.p.)  
Costituita da arenarie torbiditiche, strati calciruditi e rari banchi costituiti da paraconglomerato e passanti a marne.
- *Flysch di Grivò* (Paleocene sup. – Eocene inf.)  
Nella parte inferiore e media prevalgono le torbiditi silicoclastiche e calcitorbiditi, mentre in quella sommitale prevalgono apporti silicoclastici prossimali. Nell'area di Nimis è stato prelevato il campione denominato BG23.
- *Flysch di Cormons* (Eocene inf. p.p. – Eocene medio p.p.)  
La successione di questa unità è caratterizzata da batimetrie via via più ridotte (TUNIS & VENTURINI, 1989). Nell'area di Monte Candia è stato prelevato il campione denominato BG26. Si riconoscono torbiditi epibatiali argilloso-arenacee e arenaceo-argillose, argille siltose e siltiti, talora ciottolose, con frequenti intercalazioni arenacee (ambiente di pro-delta), arenarie, siltiti, arenarie conglomeratiche, conglomerati (ambiente di fronte e piana deltizia).

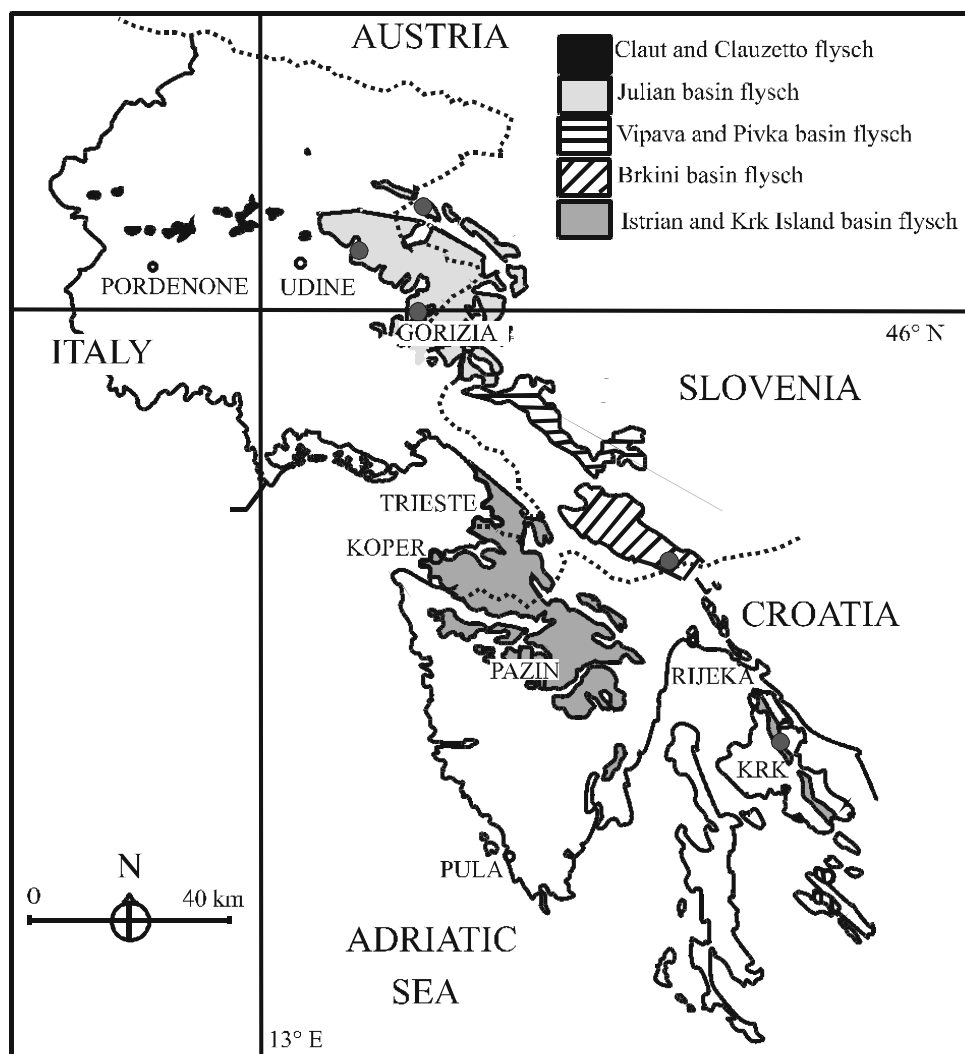


Fig. 1 – Distribuzioni dei bacini flyschoidi delle Alpi Sudorientali e delle Dinaridi Esterne (modificato da LENAZ *et al.*, 2003). I punti indicano le posizioni dei campioni analizzati

L'ambiente deposizionale più recente (Eocene medio) corrisponde alla zona di delta, caratterizzata quindi da una sedimentazione alquanto grossolana. Si ha quindi un sollevamento in cui questi delta si vengono a trovare in strette piane costiere circondate da giovani montagne (TUNIS & PIRINI RADRIZZANI, 1987).

In contemporanea al Flysch di Grivò (Paleocene sup. – Eocene inf.) e al Flysch di Cormons (Eocene inf. p.p. – Eocene medio p.p.) si ha deposizione anche nell'area del bacino di Brkini. Dalla molassa che chiude il ciclo di sedimentazione in tale bacino è stato prelevato il campione BK35.

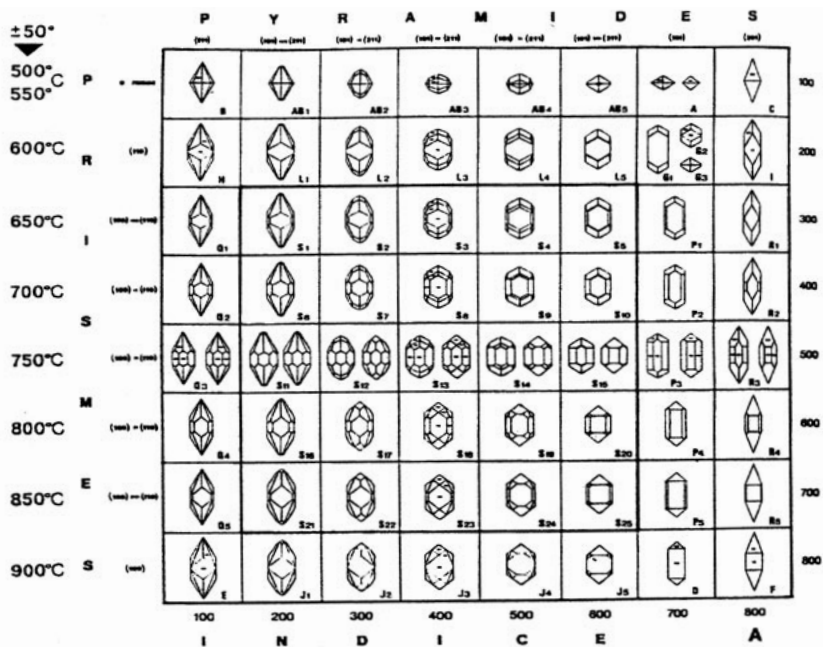


Fig. 2 – Diagramma tipologico dello zircone (con tipi e sottotipi principali) e corrispondente scala geotermometrica (PUPIN & TURCO, 1972)

Il ciclo clastico ha inizio con torbiditi silicoclastiche sottili intercalate a banchi calcarenitici che sfumano a marne verso l'alto (TUNIS & VENTURINI, 1996). Successivamente prevalgono facies arenaceo-marnose sottili con abbondanti tracce fossili. Verso la sommità compaiono livelli di paraconglomerati e si nota l'ispessimento della porzione arenitica.

Per il bacino di Brkini OREHEK (1972; 1991) segnala delle paleocorrenti da SE e in parte da E e indica, come possibili sorgenti, delle rocce sepolte sotto l'Adriatico e le rocce della zona del Gorski Kotar. Contrariamente a ciò TUNIS & VENTURINI (1996) segnalano numerosi flute casts che mostrano una direzione opposta, analoga quindi alle direzioni misurate nella zona di Cormons, Dornberk (Slovenia) e Aidussina. I due autori ritengono quindi verosimile la continuità paleogeografica del bacino di Brkini con i bacini posti immediatamente ad ovest.

Per quanto riguarda i depositi clastici dell'isola di Veglia (Krk) le informazioni sono piuttosto carenti. In quest'isola è stato campionato il campione omonimo.

## Materiali e metodi

I campioni, prelevati durante campagne di rilevamento diverse, sono stati inizialmente sottoposti a frantumazione meccanica tramite frantoio e a pulitura attraverso lavaggio ad ultrasuoni. Una volta eseguite queste due fasi, si sono andati a separare i minerali pesanti non magnetici, fra cui gli zirconi, mediante separatore magnetico isodinamico Frantz.

Gli zirconi successivamente sono stati isolati dal resto dei minerali pesanti, messi su vetrini portaoggetti e osservati al microscopio ottico.

Il diagramma tipologico proposto da PUPIN & TURCO (1972) (Fig.2), in cui sono riportati i principali tipi morfologici che hanno da 0 a 2 facce di prisma (100) e (110) in combinazione

con facce di piramide (101), (211) e (301). Il tipo S è l'habitus più frequente; ci sono poi dei sottotipi che derivano dai tipi principali aggiungendovi una o più facce di piramide (generalmente con sviluppo minore), essenzialmente (301) e (112). In questa classificazione non è presa in considerazione l'elongazione del cristallo (rapporto lunghezza/larghezza), utilizzata invece in altre classificazioni.

## Discussione e conclusioni

Lo studio della morfologia degli zirconi presenti all'interno di diversi bacini flyschoidi delle Alpi sudorientali e delle Dinaridi esterne ha portato ad evidenziare come, in tutti i campioni esaminati, tali minerali siano riconducibili al campo degli zirconi associati a graniti alcalini. La genesi di tali graniti sarebbe probabilmente relazionata ad un'interazione tra materiale crostale e di mantello. Questa conclusione risulta essere valida indifferentemente dal colore degli zirconi stessi, che alcuni autori ritengono invece essere talvolta discriminante. Ad esempio, come suggerito da MIKES (comunicazione personale), la maggioranza degli zirconi rosa potrebbe essere precambriana. Pertanto, nella tabella 1, sono riportate le percentuali degli zirconi trovati per ciascun colore nei cinque campioni analizzati. In tabella 2, sono visibili i risultati riferiti sia ai frammenti che ai cristalli.

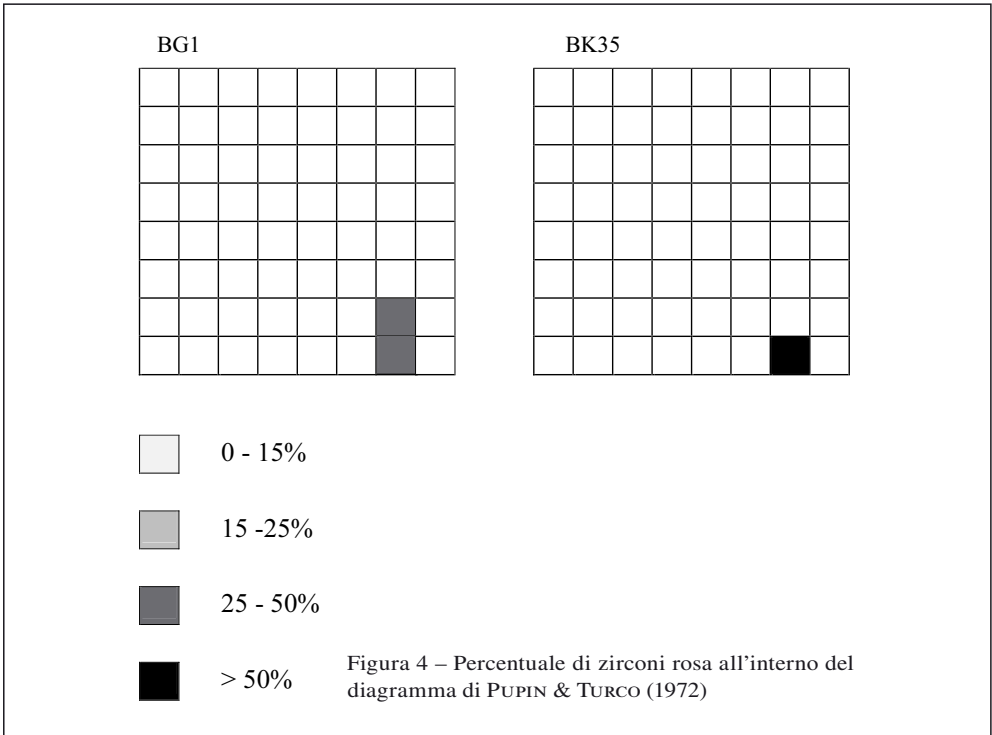
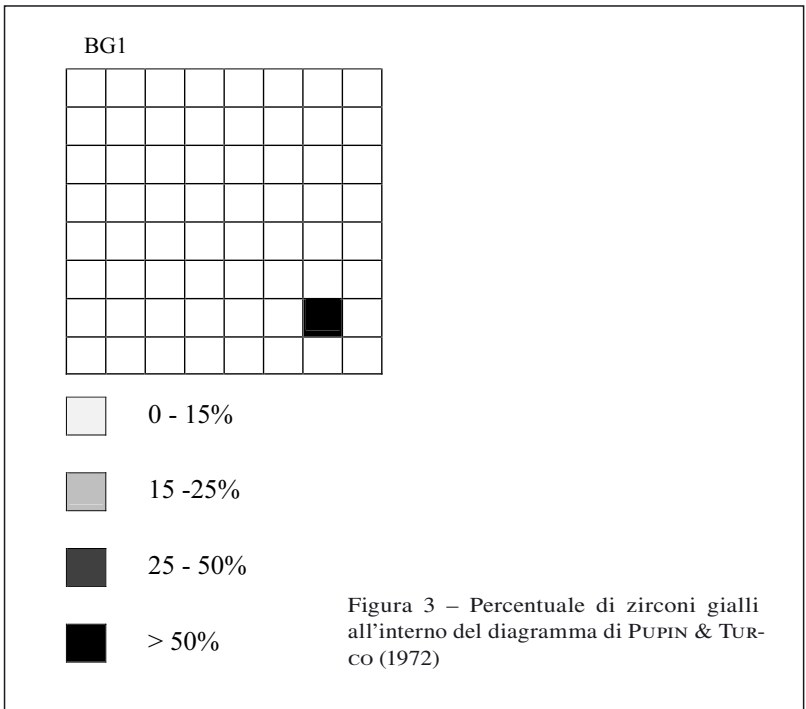
Solo i cristalli interi di zircone sono stati usati per l'interpretazione con il diagramma tipologico. I risultati sono visibili nelle figure 3, 4 e 5. Il colore degli zirconi è determinato dal tipo di elementi in tracce presenti in essi. I cristalli incolore, brillanti e trasparenti sono caratterizzati da percentuali bassissime di elementi in tracce. Invece, cristalli colorati sul giallo, sul rosa, sul rosso, sul marrone, sull'arancione, ma che conservano la brillantezza e trasparenza, sono caratterizzati da contenuti misurabili di elementi in tracce.

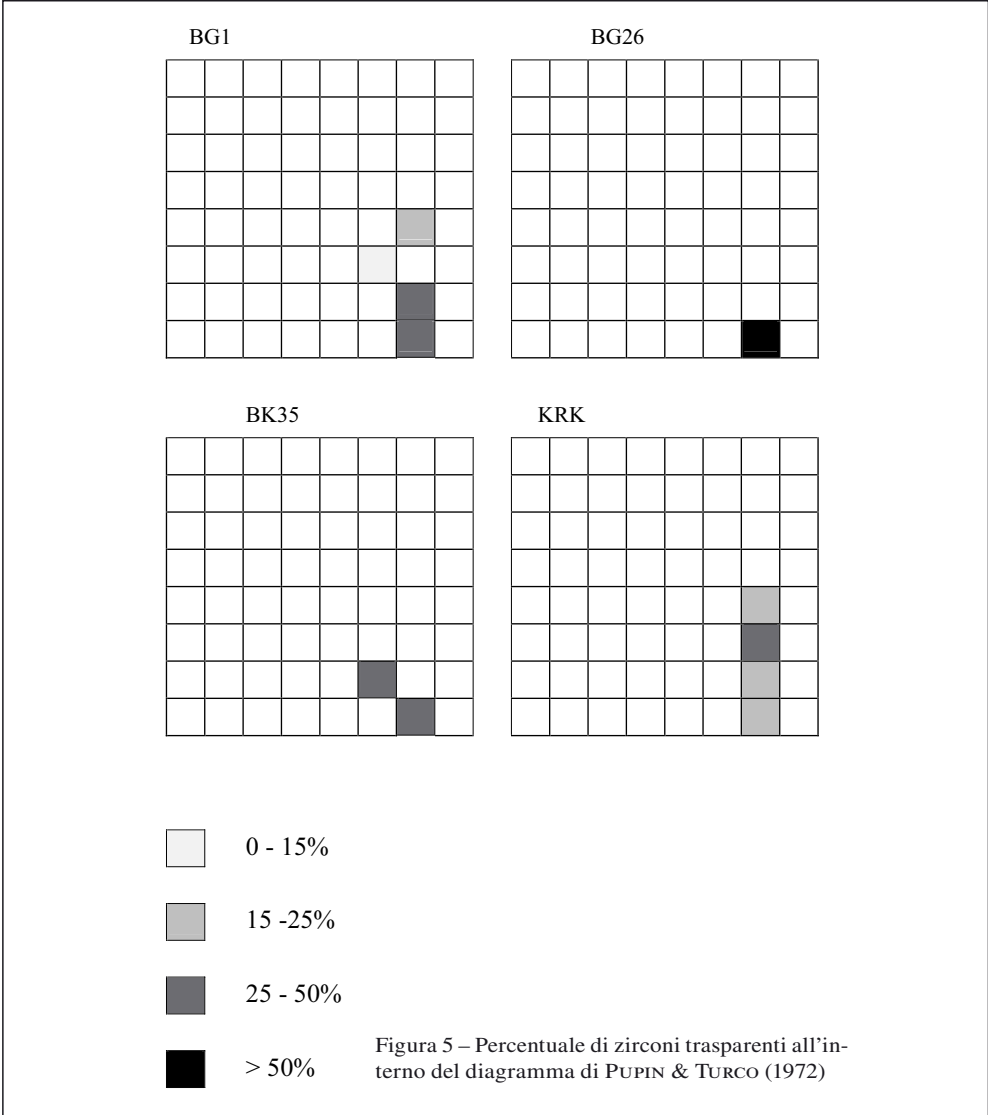
Campioni	Colore		
	%trasparenti	% Rosa	% Gialli
<b>BG1</b>	51	27	22
<b>BG23</b>		100	
<b>BG26</b>			50
<b>BK35</b>	33	22	45
<b>KRK</b>	100		

Tabella 1 – Percentuale di zirconi trasparenti, rosa e gialli nei campioni analizzati

	Trasparenti		Rosa		Gialli	
	<i>N. frammenti</i>	<i>N. cristalli</i>	<i>N. frammenti</i>	<i>N. cristalli</i>	<i>N. frammenti</i>	<i>N. cristalli</i>
<b>BG1</b>	10	9	9	1	7	1
<b>BG23</b>			18			
<b>BG26</b>		1	2		3	
<b>BK35</b>	1	2		2	4	
<b>KRK</b>	18	5				

Tabella 2 – Numero di frammenti e cristalli interi nei campioni analizzati





Quando però la presenza di alcuni elementi in tracce, quali ad es. Th e U, è elevata (nell'ordine delle centinaia di ppm), i cristalli colorati diventano opachi o torbidi e vengono generalmente considerati metamittici. Lo stato metamittico, il quale causa la torbidità del cristallo quando viene osservato al microscopio in luce riflessa, è dovuto al fatto che gli elementi sopraccitati tendono a decadere in Pb causando una distruzione del reticolo cristallino. Le variazioni dei contenuti di elementi in tracce sono legati alla roccia in cui tali zirconi si sono formati. Pertanto le nostre osservazioni sul colore degli zirconi mostrano come effettivamente ci possano essere delle differenze genetiche, purtroppo non valutabili in assenza di un'analisi chimica.



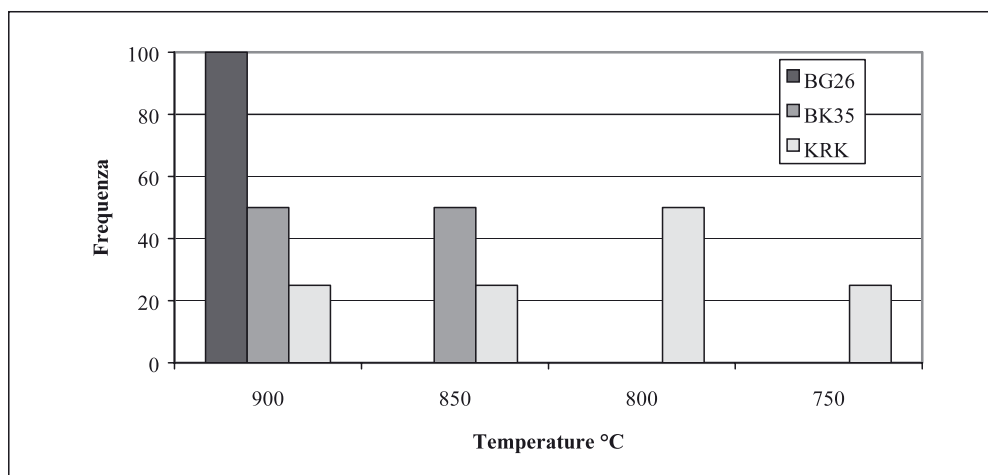


Figura 6 – Relazione tra temperatura (°C) e percentuale di zirconi trasparenti in BG26, BK36 e Krk

La presenza di un magmatismo periadriatico attorno ai 55 Ma (MIKES, comunicazione personale) potrebbe essere responsabile della presenza di zirconi nei campioni più recenti. Pertanto dalle considerazioni finali si è preferito escludere il campione BG1 sedimentato qualche milione di anni prima di tale data. Rimangono quindi i campioni BG26, BK36 e Krk. Andando a considerare gli zirconi trasparenti, presenti in tutti i tre campioni, si può notare come tutti gli zirconi di BG26, in base al diagramma di PUPIN & TURCO (1972) si siano formati alla temperatura approssimativa di 900°C; i campioni di BK36 abbiano temperature tra 850 e 900°C, mentre quelli di Krk variano tra 750 e 900°C. Si nota cioè che esiste una relazione tra la morfologia del cristallo (e quindi la sua temperatura di formazione e il grado di alcalinità del granito) e l'età del bacino (Fig. 5). Si può pertanto affermare che i bacini sono stati alimentati da una sorgente che si è andata modificando nel tempo, ovvero che via via sono andati in erosione dei corpi la cui alcalinità era minore di quella dei graniti erosi precedentemente.

## BIBLIOGRAFIA

- AUBOUIN J., 1963 – *Essai sur la paléogéographie post-triasique et l'évolution secondaire et tertiaire du versant sud des Alpes orientales (Alpes méridionales; Lombardie et Vénétie, Italie; Slovénie occidentale, Yougoslavie)*. Bull. Soc. Geol. Fr. 71(5): 730-766.
- BUSER S., 1987 – *Development of the Dinaric and the Julian carbonate platforms and the intermediate Slovenian Basin (NW Yugoslavia)*. Mem. Soc. Geol. It. 40: 313-320.
- CAWOOD P.A., 1983 – *Modal composition and detrital clinopyroxene geochemistry of lithic sandstones from the New England fold belt (east Australia): a Paleozoic forearc terrain*. Bull. Geol. Soc. Am. 94: 1199-1214.
- COUSIN M., 1970 – *Esquisse géologique des confins italo-yougoslaves: leur place dans les Dinarides et les Alpes méridionales*. Boll. Soc. Geol. Fr. (7), XII, 6: 1034-1047.

- DI GIULIO A., TRIBUZIO R., CERIANI A., RICCARDI M.P., 1999 – *Integrated analyses constraining the provenance of sandstones, a case study: the Section Peak Formation (Beacon Supergroup, Antarctica)*. Sed. Geol. 124: 169-184.
- KRAWINKEL H., WOZAZEK S., KRAWINKEL J., HELLMANN W., 1999 – *Heavy-mineral analysis and clinopyroxene geochemistry applied to provenance analysis of lithic sandstones from the Azuero-Sonà Complex (NW Panama)*. Sed. Geol. 124: 149-168.
- KUŠČER D., GRAD K., NOSAN A., OGORELEC B., 1974 – *Geološke raziskave soške doline med Bovcem in Kobarid (Geology of the Soca Valley between Bovec and Kobarid)*. Geologija 17: 425-476.
- LENAZ D., ALBERTI A., TUNIS G., PRINCIVALLE F., 2001 – *Heavy mineral association and its paleogeographic implications in the Eocene Brkini flysch basin (Slovenia)*. Geologica Carpathica 52: 239-245.
- LENAZ D., KAMENETSKY V.S., CRAWFORD A.J., PRINCIVALLE F., 2000 – *Melt inclusions in detrital spinels from SE Alps (Italy-Slovenia): a new approach to provenance studies of sedimentary basins*. Contrib. Mineral. Petrol. 139: 748-758.
- LENAZ D., KAMENETSKY V., PRINCIVALLE F., 2003 – *Cr-spinel supply in Brkini, Istrian and Krk Island flysch basins (Slovenia, Italy and Croatia)*. Geological Magazine 140: 335-342.
- LENAZ D., PRINCIVALLE F. 2002 – *Detrital high pressure – low temperature minerals in Lower Eocene deep-sea turbidites of the Julian Alps (NE Italy)*. Periodico di Mineralogia: 71: 127-135
- MORTON A.C., 1985 – *A new approach to provenance studies: electron microprobe analysis of detrital garnets from Middle Jurassic sandstones of the northern North Sea*. Sedimentology 32: 553-566.
- OGORELEC B., ŠRIBAR L., BUSER S., 1976 – *O litologiji in biostratigrafiji volcanskega apnenca*. Geologija 19: 126-151.
- OREHEK S., 1972 – *Eocensli fliš Pivške Kotline in Brkinov: 7. Kongres Geolog. SFRJ, Predavanja*, 252-270.
- OREHEK S., 1991 – *Palaeotransport of SW Slovenian Fysch. Field Trip Guidebook. IGCP Project 286 – Early Paleogene Benthos, 2nd Meeting Postojna*, p. 27-31.
- PUPIN J.P., TURCO G., 1972 – *Une tipologie originale du zircon accessoire*. Bull. Soc. Fr. Mineral. Cristallogr. 95: 348-359.
- TUNIS G., PIRINI RADRIZZANI C., 1987 – *Flyschoid deposits of Goriška Brda (Collio) between Soča (Isonzo) River and Idrija (Iudrio) River – facies and paleoenvironments*. Geologija 30: 123-148.
- TUNIS G., VENTURINI S., 1987 – *New data and interpretation on the geology of the southern Julian Prealps (Eastern Friuli)*. Mem. Soc. Geol. It. 40: 219-229.
- TUNIS G., VENTURINI S., 1989 – *Geologia dei Colli di Scriò, Dolegna e Ruttars (Friuli orientale): precisazioni sulla stratigrafia e sul significato paleoambientale del Flysch di Cormons*. Gortania 11: 5-24.
- TUNIS G., VENTURINI S., 1996 – *L'Eocene delle Prealpi Carniche, dell'altipiano di Brkini e dell'Istria: precisazioni biostratigrafiche e paleoambientali*. Natura Nascosta 13: 40-49.
- VON EYNATTEN H., GAUPP R., 1999 – *Provenance of Cretaceous synorogenic sandstones in the Eastern Alps: constraints from framework petrography, heavy mineral analysis and mineral chemistry*. Sed. Geol. 124, 81-111.
- WILDI W., 1985 – *Heavy mineral distribution and dispersal pattern in Penninic and Ligurian Flysch basins (Alps, Northern Apennines)*. Gior. Geol. Ser. 3, 47: 77-99.