

FIRENZO BENVENÙ, ALDO BRONDI, ORNELLA FERRETTI,
LUIGI RABOTTINO

RICERCHE DI CONCENTRAZIONI DETRITICHE DI MINERALI DI INTERESSE NUCLEARE IN SARDEGNA

RIASSUNTO. — Il Laboratorio Geominerario del CNEN ha effettuato una breve campagna di prospezioni su alcune aree della Sardegna, al fine di determinare l'eventuale presenza di concentrazioni detritiche di minerali di interesse nucleare. Il campionamento non è stato eseguito su basi rigidamente geometriche, ma sulla scorta delle caratteristiche geo-morfologiche locali, ritenute favorevoli alla formazione di tali concentrazioni.

Le ricerche hanno evidenziato un certo numero di aree interessate da anormale concentrazioni alluvionali di monazite e zirconio, in associazione con cassiterite. Due di queste aree (Pula, presso Cagliari, e valle del Cixerri), risultate particolarmente interessanti specialmente per la cassiterite, sono state oggetto di ulteriori e più dettagliate indagini. Le due zone presentano analoga situazione geo-morfologica, caratterizzata dalla presenza di rilievi granitici e metamorfici, e da una piana sedimentaria più recente in cui sono stati localizzati gli accumuli detritici contenenti i minerali cercati.

Studi morfologici condotti per zirconio e monazite, sia per tutta la regione che nelle aree studiate più in dettaglio, hanno permesso di stabilire alcune correlazioni tra differenti facies dei due minerali e la litologia locale.

Particolarmente significativo, per la maggiore frequenza dei due minerali, è risultato il contatto tra graniti e metamorfiti. A tale contatto sono risultate anche associate le maggiori anomalie di cassiterite.

SUMMARY. — *Mineralogical Prospecting for Detritic Concentrations of Minerals of Nuclear Interest in Sardinia.*

The Laboratorio Geominerario of CNEN (Italian Atomic Energy Commission) carried out a mineralogical prospecting on some areas of Sardinia, in order to recognize the possibility of occurrence of detritic concentrations of minerals of nuclear interest. The sampling has been mainly based on local geomorphic characteristics; generally have been searched the most favourable conditions to the constitution of concentrations of this type.

The work carried out allowed to recognize some areas containing anomalous alluvial concentrations of monazite and zircon with associated cassiterite. On two

of these areas (Pula, near Cagliari and the Cixerri Valley), especially interesting for the cassiterite content in alluvial sediments, supplementary and more detailed investigations were carried out. These two zones show similar geomorphic situations, that is a series of hills made of granites and metamorphites and alluvial plains nearby in which limited concentrations of monazite, zircon and cassiterite have been recognized.

Morphoscopic studies carried out for zircon and monazite, both on the whole territory and in the areas studied more in detail, allowed to state some relationships between the different facies of the above mentioned two minerals and local lithology. The contact between granites and metamorphites has proved to be particularly important for the greater amounts of these minerals. The greatest anomalous elastic concentrations of cassiterite correspond to this contact too.

Introduzione.

La necessità di reperire, sul territorio nazionale materiali di interesse nucleare ha indotto il Laboratorio Geominerario del CNEN, a intraprendere una ricerca orientativa di minerali specifici in Sardegna, regione già di notevole interesse minerario nell'ambito nazionale. Le ricerche sono state principalmente indirizzate su minerali resistenti che potessero dar luogo a concentrazioni detritiche secondarie, per l'individuazione dei quali la tecnica più adatta è la prospezione mineralogica alluvionale. Come prevedibile, fra i minerali più interessanti capaci di dar luogo a concentrazioni detritiche si sono rivelati zircon e monazite. Fra i numerosi minerali detritici convenzionali si è tenuto conto di uno particolarmente pregiato, la cassiterite che, per essere risultata associata in numerosi casi ai minerali sopra indicati, avrebbe potuto contribuire a far assumere un valore economico alle concentrazioni detritiche dei tre minerali. Non si è invece tenuto conto dei correnti minerali industriali. Per quanto la ricerca abbia portato al riconoscimento di numerose aree nelle quali i suddetti tre minerali sono stati rinvenuti in associazione, allo stadio raggiunto nessuna delle aree evidenziate è risultata contenere concentrazioni di interesse economico.

Articolazione delle ricerche.

Le ricerche orientative hanno interessato l'intero territorio della regione, secondo criteri non geometrici. Il campionamento è stato impostato considerando parametri geografici, morfologici, geologici generali e particolari; soprattutto sono state considerate le situazioni

morfolgiche favorevoli alla costituzione di accumuli detritici secondari. Il campionamento alluvionale è stato effettuato adottando schemi già utilizzati in altre occasioni (Brondi 1968). Complessivamente sono

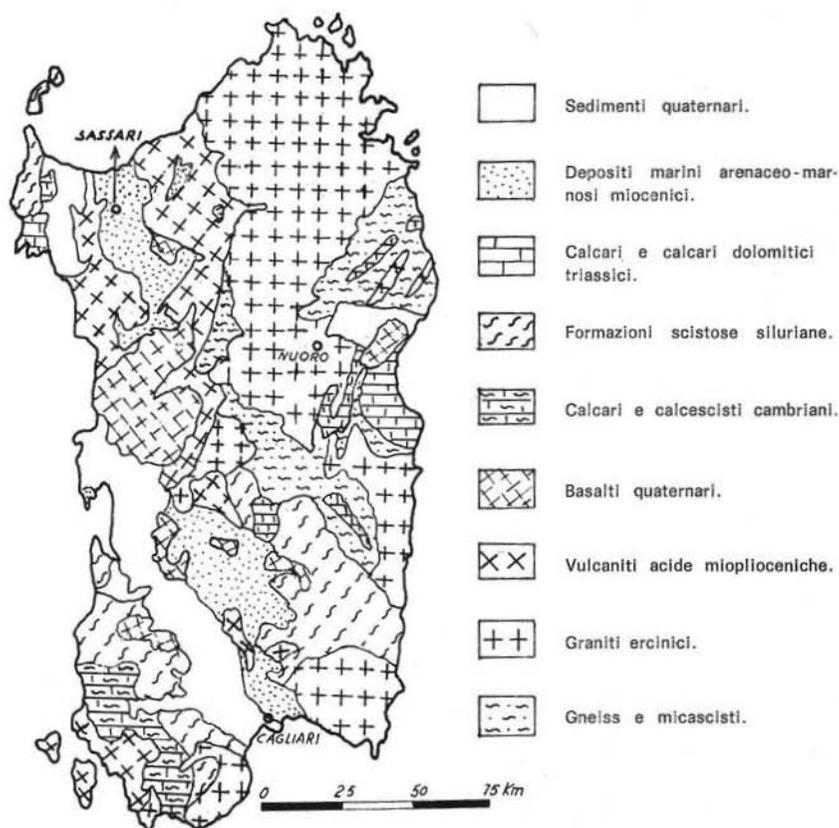


Fig. 1. — Schema geologico della Sardegna desunto dalla carta geologica d' Italia alla scala 1/1.000.000.

stati raccolti in una prima fase 130 campioni (fig. 2). In una seconda fase sono state sviluppate ricerche in alcune delle aree risultate più indiziate con raccolta ed esame di 150 campioni.

Oltre alla valutazione di dati quantitativi, si è proceduto sulla base di esperienze precedenti (Brondi 1972), all'esecuzione di studi morfoscopici dello zirconio e della monazite, che permettessero possibili

correlazioni genetiche con le varie situazioni geolitologiche. I dati scaturiti da tali studi possono notevolmente facilitare l'individuazione, ed eventualmente la localizzazione, delle sorgenti primarie dei minerali detritici.

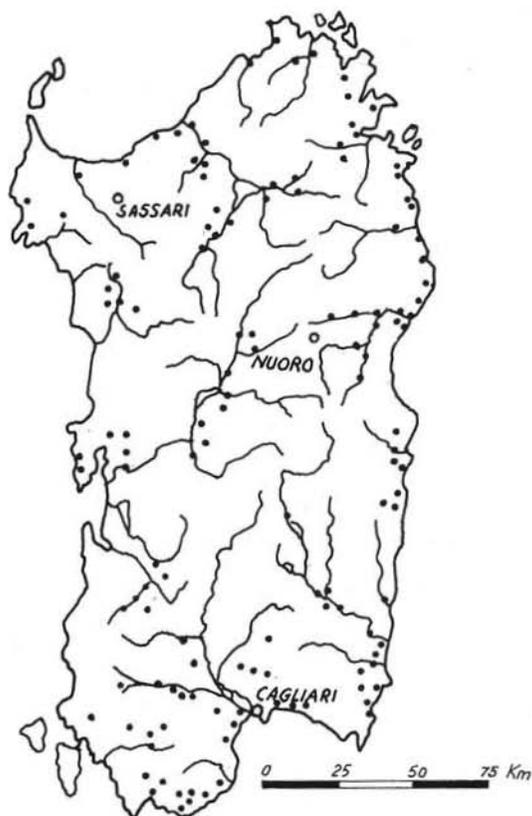


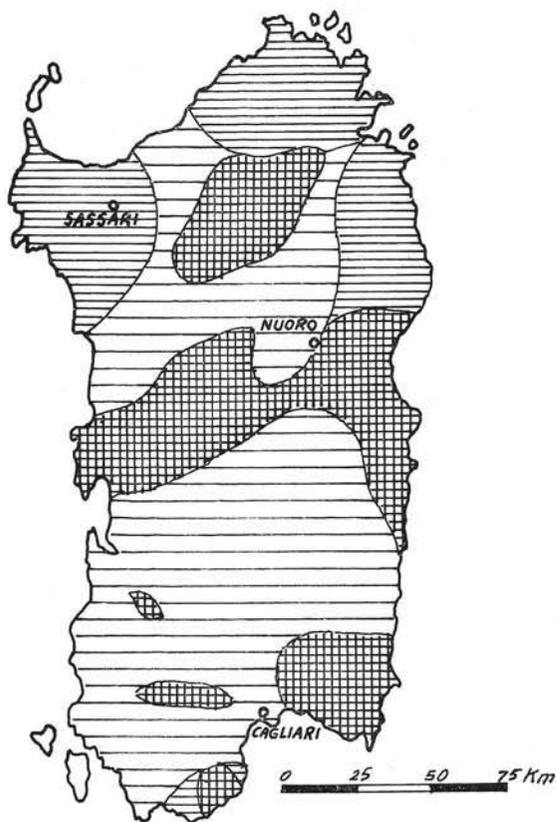
Fig. 2. — Campionamento eseguito.

Ricerche orientative regionali.

In tale fase delle ricerche sono stati campionati sedimenti alluvionali e di spiagge. Generalmente per ogni campione sono stati raccolti 3-5 Kg. di sabbia di granulometria inferiore a 2 mm.

Nelle figure 3, 4, e 5 sono riportate le distribuzioni di zirconio, monazite e cassiterite, espresse secondo scale di concentrazione con i

semplici termini di scarso, medio ed abbondante. Tali termini corrispondono per lo zirconio e la monazite alla semplice presenza per il termine scarso, ad una concentrazione dell'ordine di 10 g/t per il ter-



1  Scarso 2  Medio 3  Abbondante

Fig. 3. — Distribuzione areale di zirconio.

mine medio e a concentrazioni sull'ordine dei 100 g/t, con punte fino a 1000, per il termine più elevato. Per la cassiterite sono stati riportati tenori di 1 g/t, corrispondenti al termine medio della scala, e tenori di 10 g/t corrispondenti al termine abbondante della scala.

A parte la diffusione generale dello zirconio su tutta l'isola, tale minerale, unitamente alla monazite, presenta più elevate concentrazioni in corrispondenza delle fasce di contatto fra graniti e metamor-

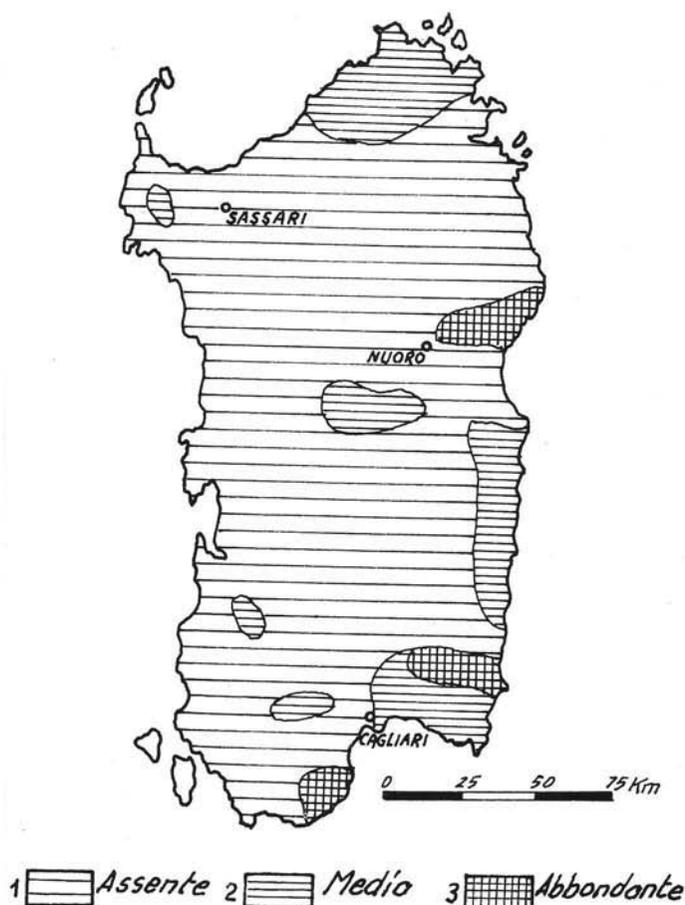


Fig. 4. — Distribuzione areale di monazite.

fiti (confr. fig. 1). Importanti quantità di zirconio risultano inoltre strettamente collegate sia con le vulcaniti acide mio-plioceniche, sia con quelle basaltiche quaternarie.

I tenori più elevati di cassiterite si riscontrano quasi esclusivamente ancora nelle fasce di contatto tra graniti e metamorfiti in asso-

ciazione con alcune delle massime concentrazioni di zircono e monazite.

Gli studi morfologici eseguiti per zircono e monazite meglio definiscono i rapporti di provenienza litologica di questi due minerali.

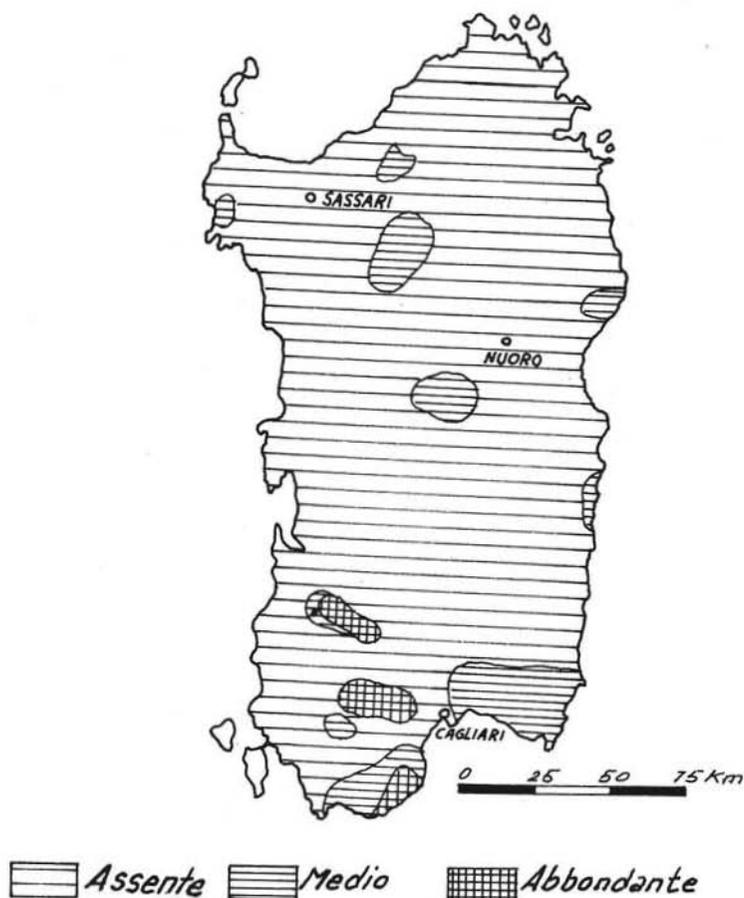


Fig. 5. — Distribuzione areale di cassiterite.

Per lo zircono sono stati riconosciuti quattro tipi fondamentali corrispondenti in linea generale ai graniti, alle metamorfite, alle vulcaniti acide ed ai basalti (fig. 6 e 7). Fondamentalmente gli zircono granitici si differenziano in almeno cinque facies. Si distinguono infatti zircono dell'area granitica settentrionale, zircono del Tirso e me-

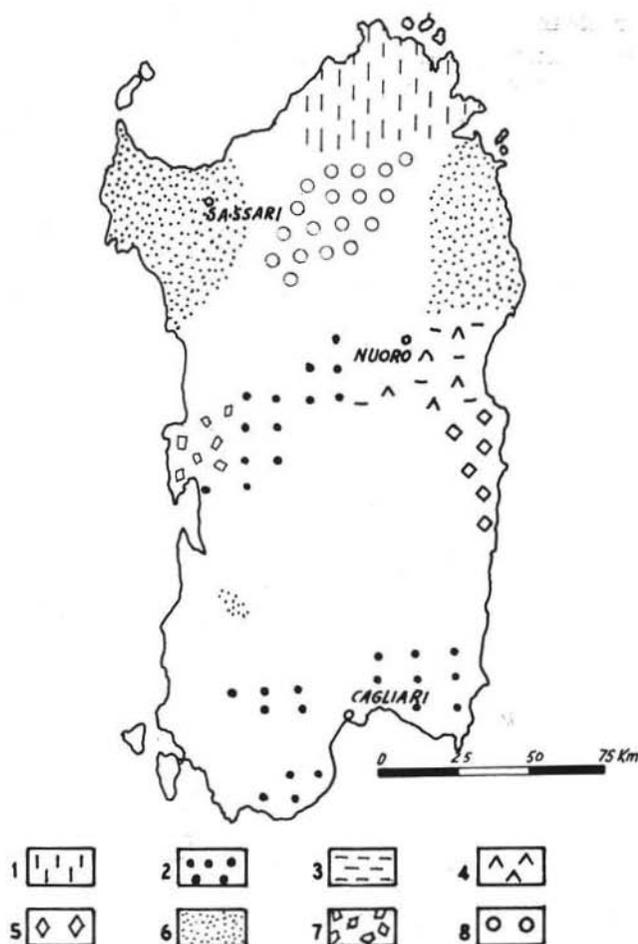


Fig. 6. — Distribuzione areale di zircone a diverso abito morfologico.

LEGENDA (Figg. 6-7)

- Aree con prevalenza di zircone di origine granitica.
- 2 - Zirconi eudrali di medie e piccole dimensioni, con prisma ditetragonale, piramide poco sviluppata, color giallo opaco (Sardegna meridionale e bacino del Tirso - Fig. 7-b).
- 3 - Zirconi eudrali di dimensioni medio grandi, con prisma molto allungato, piramide smussata color giallo opaco (Sardegna meridionale e bacino del Tirso - Fig. 7-b).
- 3 - Zirconi eudrali di dimensioni medio grandi, con prisma molto allungato, piramide smussata e ben sviluppata, colore rosa violetto trasparente (Sardegna orientale bacino del Cedrino - Fig. 7-c).
- 4 - Zirconi tondeggianti di dimensioni grandi, con piramide ben sviluppata ma molto smussata color violetto trasparente (Sardegna orientale bacino del Cedrino - Facies periferiche).
- 5 - Zirconi eudrali di dimensioni medie, con prisma ridotto, individui color rosa trasparente e giallo opaco (Sardegna orientale - Fig. 7-d).
- Aree con prevalenza di zirconi di origine metamorfica.
- 6 - Zirconi di piccole dimensioni, forma tondeggianti, colore violetto.
- Aree con prevalenza di zirconi di origine basaltica.
- 7 - Zirconi eudrali di dimensioni grandi con prisma tetragonale estremamente ridotto, piramide smussata, color rossastro trasparente (Sardegna occidentale zona di Milis - Fig. 7-e).

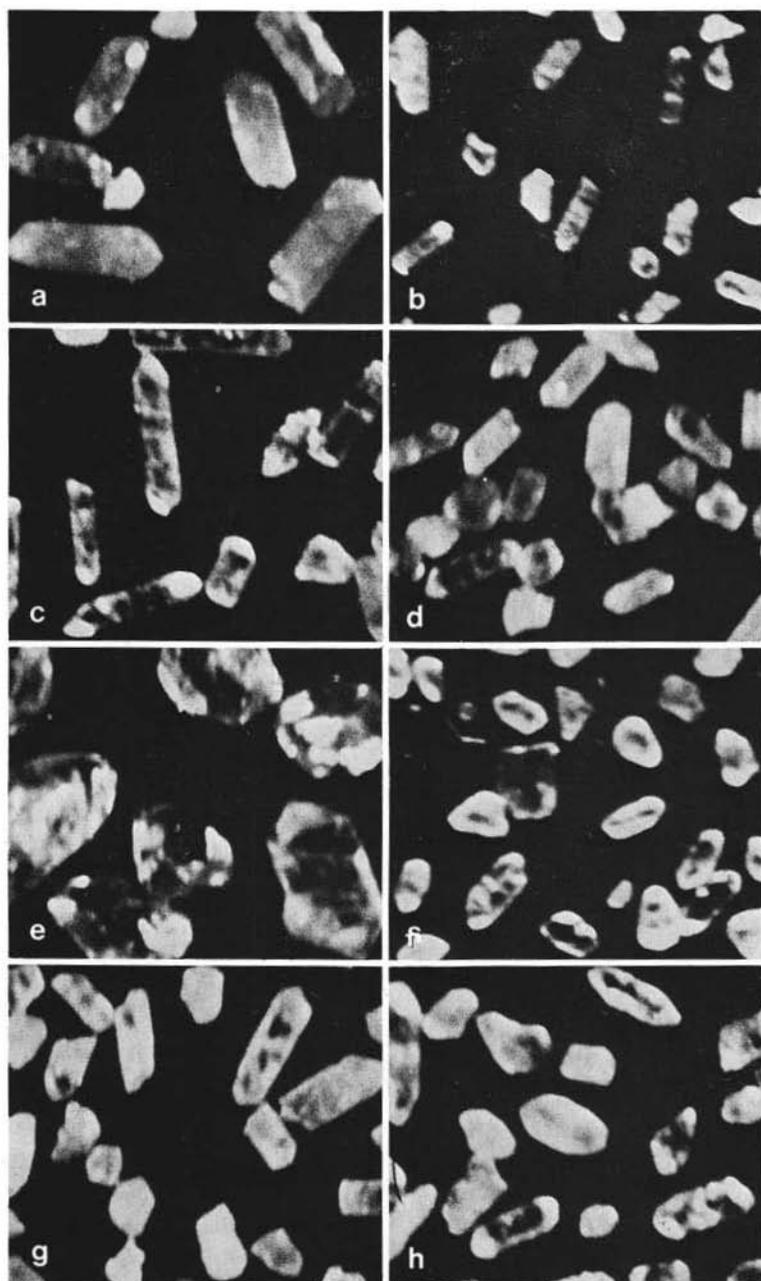


Fig. 7. — Zirconi a diverso abito morfologico.

Segue LEGENDA (Figg. 6-7)

Aree con prevalenza di zirconi provenienti da vulcaniti acide.

8 - Zirconi euedrali di dimensioni piccole con prisma tozzo e piramide smussata, colore bianco trasparente (Bacino del Coghinas - Fig. 7-f).

ridionali, due facies di zirconi del bacino del Cedrino e zirconi della costa centro-orientale dell'isola. La legenda e le foto che l'accompagnano forniscono i dati caratteristici dei vari tipi di zircone individuati.



Fig. 8. — Distribuzione areale di monazite a diverso abito morfologico.

LEGENDA (Figg. 8-9)

Aree con prevalenza di monazite di origine granitica.

- 1 - Monazite euedrale di dimensioni medie, color arancio brillante, molto smussata (Sardegna settentrionale - Fig. 9-a).
- 2 - Monazite euedrale di dimensioni piccole color arancio brillante, molto smussata (Sardegna meridionale e bacino del Cedrino - Fig. 9-b).
- 3 - Monazite euedrale di medie e grandi dimensioni, forma allungata, colore arancio brillante (Bacino del Cedrino - Fig. 9-c).

Per le monaziti il quadro delle variazioni morfologiche è alquanto più semplice (fig. 8 e 9). Sono state infatti riconosciute monaziti dei graniti e monaziti delle metamorfiti. Le prime sono suddivisibili in varietà differenziate: settentrionali, meridionali, del bacino del Tirso, del Cedrino e della costa centro-orientale.

In linea generale zirconi e monaziti delle fasce di contatto fra graniti e metamorfiti presentano, a parità di tipo morfologico, le dimensioni maggiori.

La Tabella 1 riporta in forma sinottica i caratteri morfologici di zirconio e monazite precedentemente descritti.

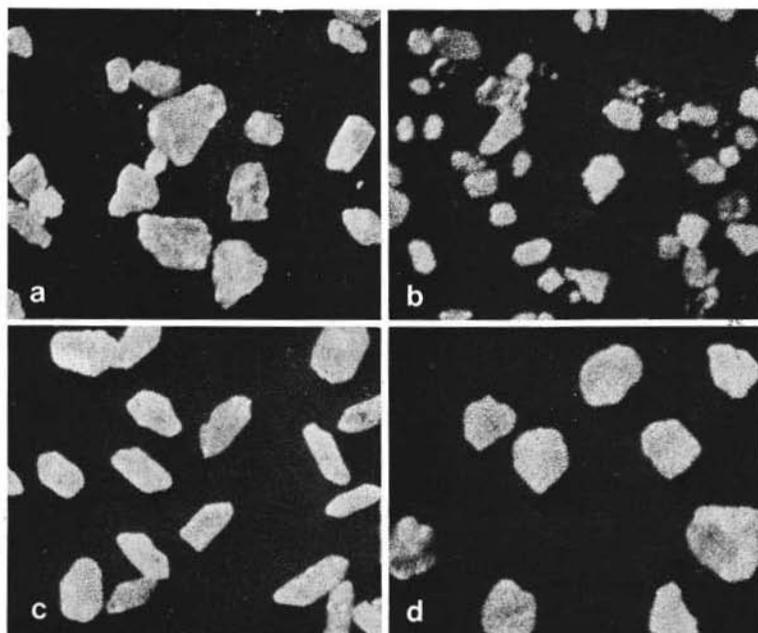


Fig. 9. — Monaziti a diverso abito morfologico.

Segue LEGENDA (Figg. 8-9)

- 4 - Monazite di dimensioni grandi, forma tondeggiate, colore giallo opaco (Bacino del Tirso - Facies periferiche - Fig. 9-d).
- 5 - Monazite euedrale di piccole dimensioni, smussata, color giallo opaco (Sardegna orientale).

Aree con prevalenza di monazite di origine metamorfica.

- 6 - Monazite di dimensioni molto piccole, con forma tondeggiate, color giallo pallido.

TABELLA 1.

Formazioni litologiche	MONAZITE								ZIRCONE														
	Fig.	mm. (¹) Dimensioni			Forma		Colore			Fig.	mm. (¹) Dimensioni			Forma				Colore					
		Minima	Massima	Media	Euedrale	Tondeggiante	Arancio	Arancio opaco	Giallo opaco		Giallo	Minima	Massima	Media	Rotondeggiante	Prisma ditetragonale	Prisma tetr.			Rosa-violetto	Incolore	Giallo opaco	Rossastro
Aree granitiche Settentrionali	9-a	0,2	0,5	0,35	+		+			7-a	0,2	0,9	0,60			+							+
Aree granitiche Meridionali	9-b	0,05	0,1	0,07	+		+			7-b	0,05	0,25	0,15			+							+
Aree granitiche perif. (Bacino del Cedrino)	9-c	0,1	0,4	0,3	+		+			7-c	0,1	0,7	0,40		+							+	(²)
Aree granitiche perif. (Bacino del Tirso)	9-d	0,3	0,7	0,5		+		+															
Aree granitiche (Coste orientali)					+		+			7-d	0,15	0,5	0,32					+				+	(²)
Aree metamorfiche		0,06	—	0,06		+			+		0,05	0,09	0,07	+								+	
Aree basaltiche										7-e	0,7	1,3	1,0									+	
Aree a vulcaniti acide (Coghinas)										7-f	0,2	0,3	0,25									+	
Aree granitiche di Pula e del Cixerri										7-g	0,2	0,5	0,35									+	
										7-h	0,2	0,6	0,4	+								+	

(¹) Lunghezza.

(²) Forme a frequenza subordinata.

Sviluppo di ricerche in aree anomale.

Fra le concentrazioni di zirconio e monazite associati o meno, alcune avrebbero potuto essere oggetto di ulteriori ricerche tendenti al riconoscimento dell'eventuale loro possibilità di dar luogo a interessanti concentrazioni detritiche secondarie. In particolare ricerche per zirconio potrebbero essere ragionevolmente intraprese per la zona di S. Vero Milis, dove tale minerale risulta associato a notevoli quantità di magnetite, ilmenite e titanite.

In generale però le citate esperienze condotte in Calabria hanno dimostrato che tenori alluvionali di zirconio e monazite dello stesso ordine di quello riscontrato in Sardegna, non determinano di solito concentrazioni detritiche interne e litoranee di valore economico. In linea di massima è necessario precisare che le situazioni morfologiche sarde sembrerebbero più favorevoli a concentrazioni economiche.

La presenza nell'area meridionale della regione delle più elevate concentrazioni di un minerale particolarmente pregiato come la cassiterite, associato a tenori medi di zirconio e monazite, ha indotto all'effettuazione di ulteriori ricerche per il rinvenimento di eventuali concentrazioni di questi tre minerali. Le zone prescelte per tali indagini corrispondono alla Valle del Cixerri e all'area costiera a sud di Cagliari nei dintorni di Pula.

Le due zone sopra indicate sono caratterizzate da una situazione geologica sostanzialmente identica (fig. 10). Entrambe presentano infatti un basamento cristallino costituito da terreni granitici e scistosi con notevoli manifestazioni di contatto. In discordanza sul basamento giacciono sedimenti miocenici arenacei, marnosi e conglomeratici, seguiti da depositi elastici quaternari in terrazzi e dalle alluvioni recenti ed attuali.

I sedimenti miocenici sono costituiti da arenarie grigio-rossastre a grana media con intercalazioni di conglomerati ad elementi ben arrotondati, poco cementati e prevalentemente quarziferi. La parte superiore è rappresentata da un livello piuttosto continuo, di potenza variabile da 1 a 3 m, di marne argillose rosso-vinate.

Il quaternario è rappresentato da depositi continentali alluvionali. Si tratta di sedimenti fluviali terrazzati, a volte cementati, co-

stituiti da ciottoli, sabbie ed argille. Il ciottolame rappresenta il 60-70% del totale ed è composto da elementi centimetrici prevalentemente scistosi e subordinatamente granitici. Per il 20-30% il sedimento è costituito da argille e, per il 10-20% da sabbie. Argille e sabbie cementano la frazione conglomeratica. Solo raramente le sabbie si raccolgono in livelli distinti. L'insieme manca di classazione e gli elementi grossolani non sono arrotondati. Il complesso presenta quindi un grado di maturità assai limitata.

Le alluvioni recenti sono costituite da ciottoli e sabbie provenienti dalla disgregazione della serie sedimentaria precedente.

Le ricerche mineralogiche a carattere regionale hanno permesso di accertare il diverso tenore di zircone, monazite e cassiterite presentato dai sedimenti miocenici e da quelli quaternari, ai quali ultimi competono i valori più elevati. Lo studio di dettaglio è stato quindi indirizzato prevalentemente su questi ultimi.

Di seguito vengono presentati i risultati della prospezione nelle due zone selezionate.

a) *Valle del Cixerri.*

E' stato esaminato il versante destro (figg. 11, 12, 13 e 14). Morfologicamente la zona è costituita da un susseguirsi di selle e vallette incise da un sistema di torrenti con direzione normale al corso del Cixerri. L'insieme degrada con leggera pendenza dal piede dei rilievi cristallini del M. Arcosu fino al Cixerri stesso.

Su un'area di circa 25 Km² sono stati raccolti circa 80 campioni rappresentati prevalentemente dal detrito superficiale dei sedimenti quaternari e delle rocce del basamento. Il tenore dei minerali ricercati nei campioni sopra indicati è risultato nettamente inferiore a quello riscontrato nei depositi fluviali attuali nel corso delle ricerche regionali. Con i limiti indicati esistono alcune aree nelle quali si verifica la coincidenza dei massimi tenori dei tre minerali. Tali aree, assomanti a circa 4 Km², sono distribuite in una fascia compresa fra le parti inferiori dei bacini del Riu Salamida ed il Riu Su Casteddu.

Solo lo zircone ha permesso una certa distinzione di tipi su base morfologica (fig. 14). Sono stati riconosciuti gli stessi tipi riscontrati in fase regionale e cioè zirconi di tipo granitico, di tipo metamorfico

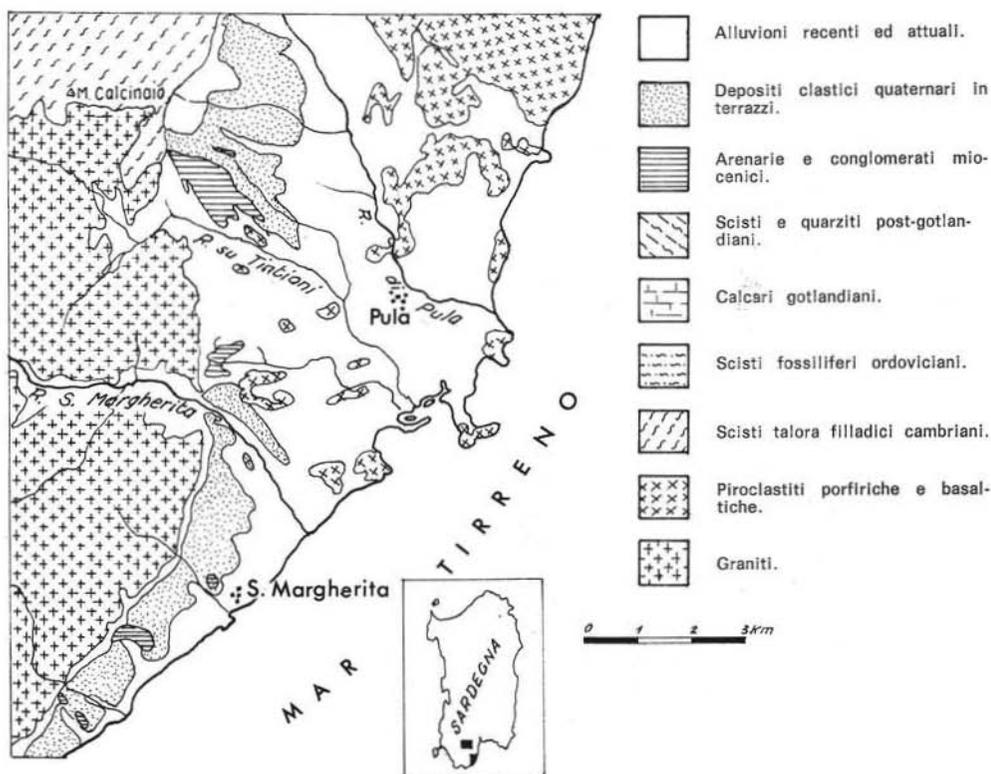
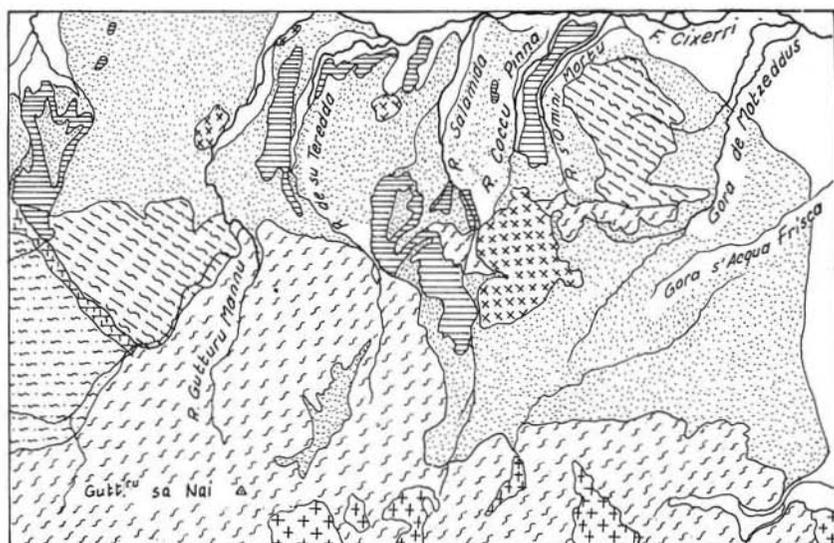


Fig. 10. — Schema geologico della valle del Cixerri e della zona di Pula desunto dalla Carta Geologica d' Italia 1:100.000.

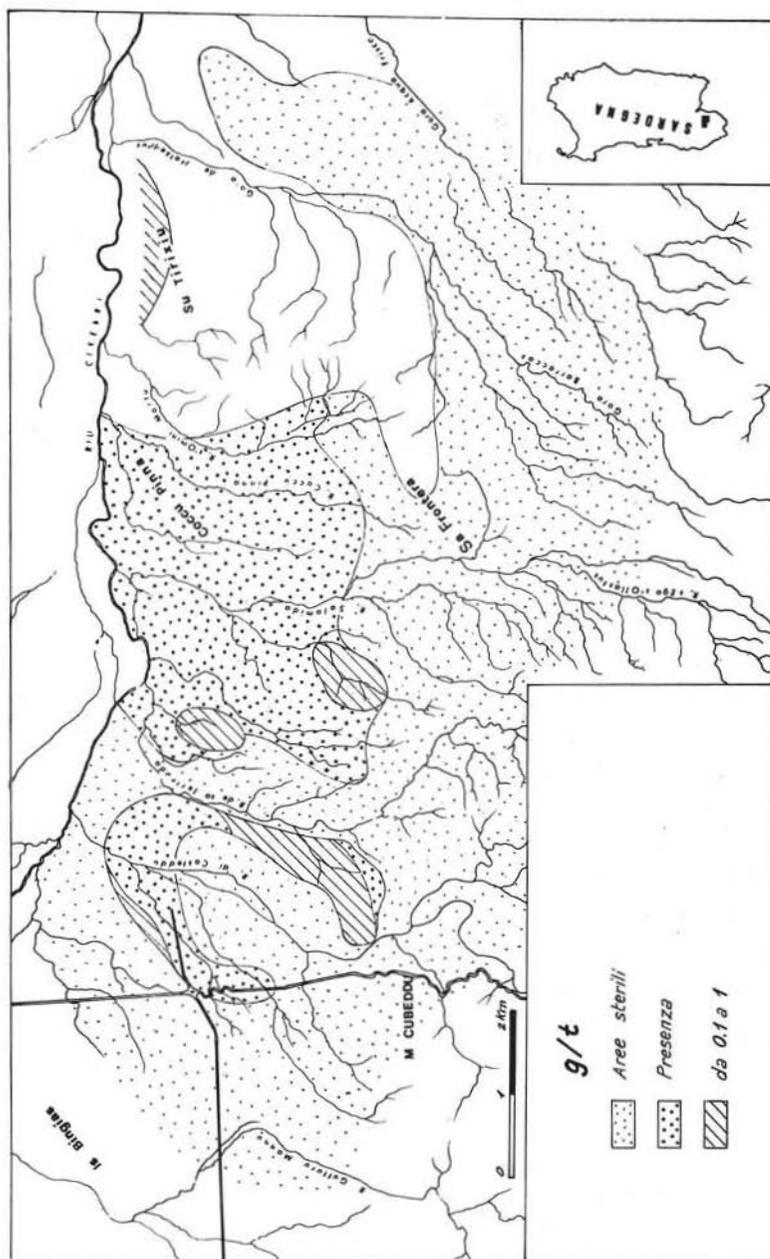


Fig. 12. — Distribuzione della monazite nella Valle del Cixerri.

e di tipo vulcanico. Lo zirconio granitico si presenta con tre facies. Una di queste tre facies (fig. 7-g), presumibilmente rappresentativa

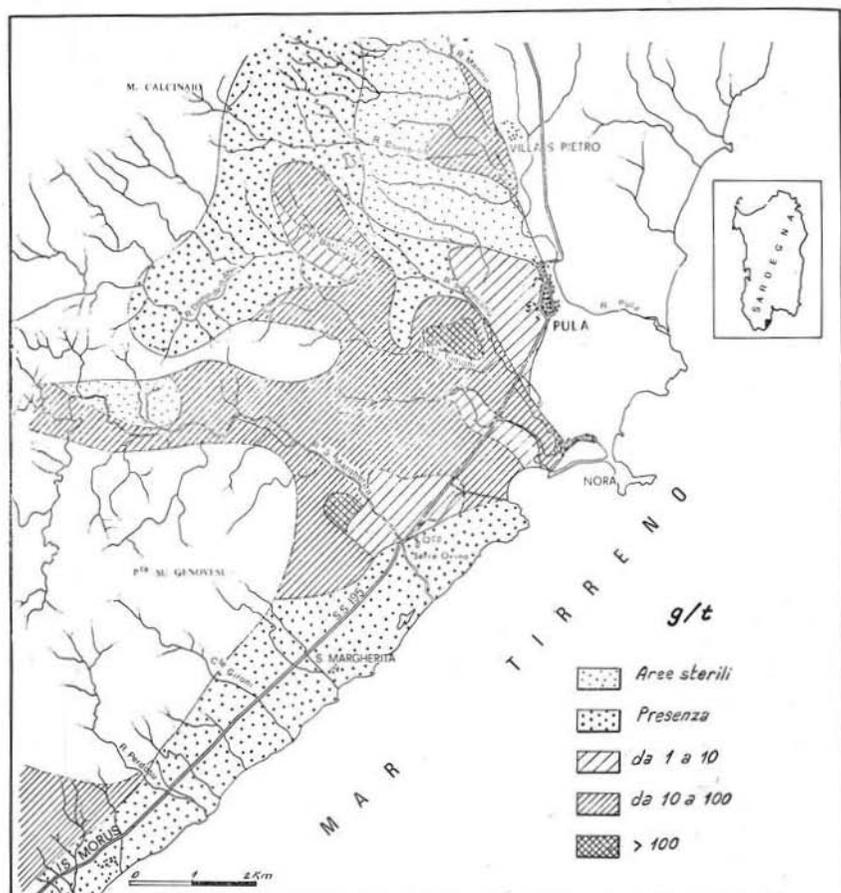


Fig. 15. — Distribuzione dello zirconio nella zona di Pula.

delle parti periferiche del granito, risulta associata alle massime concentrazioni locali di monazite e cassiterite del Rio Su Casteddu.

b) Zona di Pula.

Si estende da Villa S. Pietro a S'Arcu a Is Morus, dal mare ai piedi dei Monti Sebera (figg. 15, 16, 17 e 18). Il tratto pianeggiante

è inciso da piccoli torrenti. Solo il centrale Riu S. Margherita presenta un più ampio bacino.

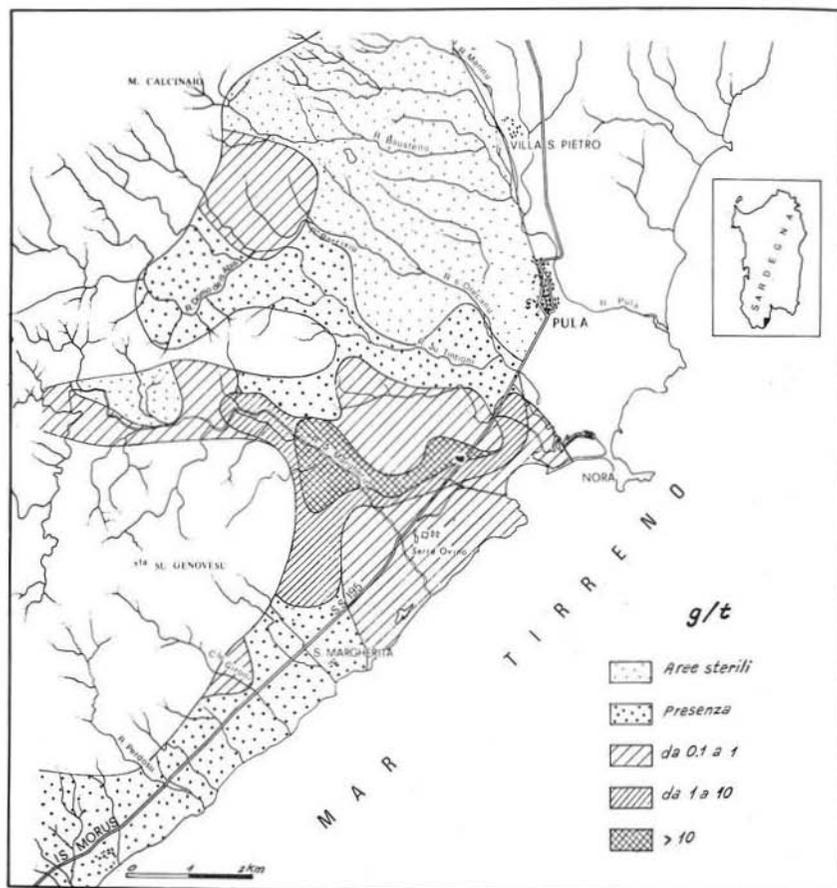


Fig. 16. — Distribuzione della monazite nella zona di Pula.

Su un'area di circa 30 Km² sono stati raccolti 90 campioni di detriti delle formazioni quaternarie e dei depositi costieri recenti. In generale si è riscontrato un incremento di concentrazione di zirconio e cassiterite associati rispetto ai tenori riscontrati in fase regionale. L'area ulteriormente indiziata sulla base dei nuovi dati assomma a

circa 10 Km² e corrisponde ancora alla parte finale dei bacini locali, dal Riu S. Margherita al Riu S'Oreanu.

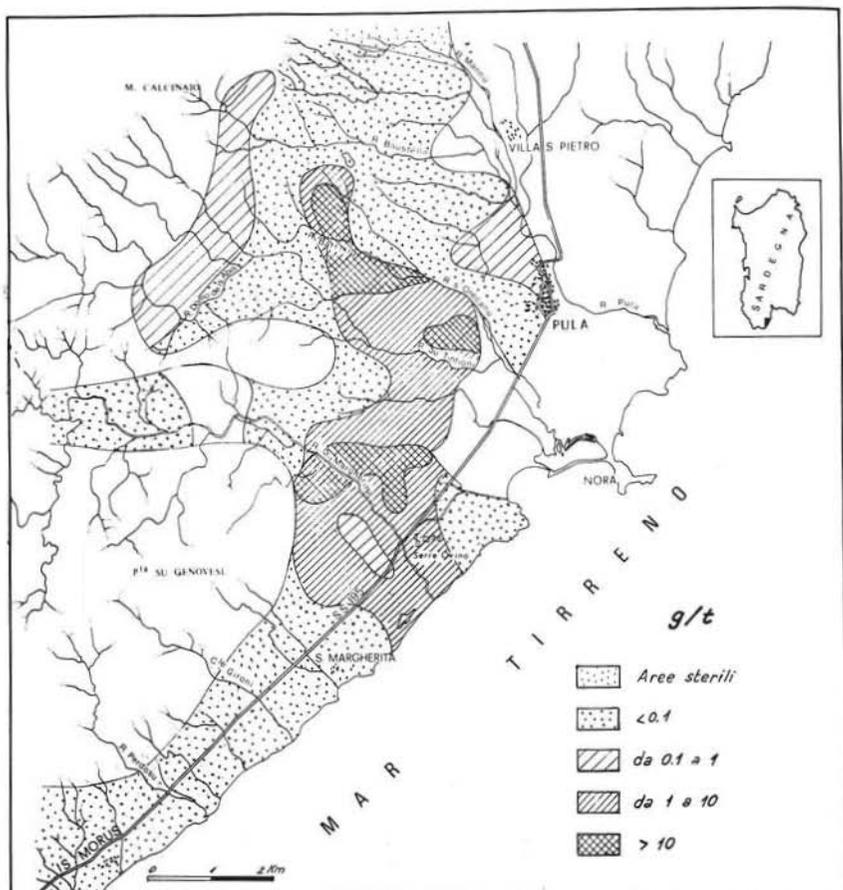


Fig. 17. — Distribuzione della cassiterite nella zona di Pula.

Gli studi morfologici eseguiti per lo zircone (fig. 18) portano alle stesse conclusioni tratte per la zona del Cixerri. Più chiaramente che nella zona precedente, l'associazione delle massime concentrazioni di cassiterite con una delle facies granitiche dello zircone (fig. 7-g) indurrebbe ad attribuire alla cassiterite una provenienza granitica, presumibilmente da zone prossime al contatto.

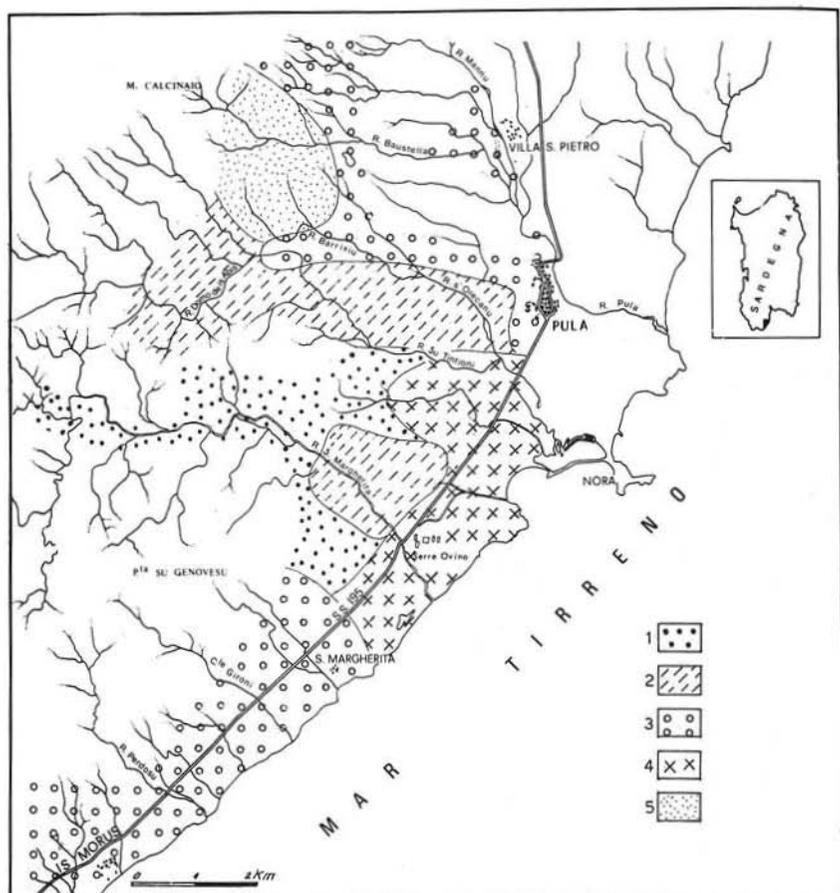


Fig. 18. — Zona di Pula - Distribuzione areale di zircone a diverso abito morfologico.

LEGENDA

Aree con prevalenza di zircone di origine granitica.

- 1 - Zirconi euedrali di medie dimensioni con prisma tetragonale ben sviluppato, piramide ridotta, colore giallo opaco (Fig. 7-g).
- 2 - Zirconi euedrali di medie dimensioni con prisma ditetragonale, piramide ben sviluppata, colore rosa trasparente (Fig. 7-h).
- 3 - Zirconi euedrali di piccole dimensioni, prisma tetragonale, piramide smussata, colore bianco trasparente.

Aree con prevalenza di zircone di origine metamorfica.

- 4 - Zirconi di piccole dimensioni a forma tondeggiante, colore violetto.

Aree con prevalenza di zircone di origine vulcanica.

- 5 - Zirconi di grandi dimensioni con piramide estremamente smussata, color bianco trasparente.

Conclusioni.

Le ricerche regionali alluvionali di zircone, monazite e cassiterite hanno indiziato positivamente per la presenza dei tre minerali alcune aree della Sardegna. Solo in alcune condizioni morfologiche particolarmente favorevoli possono essere ritenute possibili concentrazioni detritiche secondarie di un certo interesse dei tre minerali, singoli, in associazione fra loro o con altri minerali detritici. In questa sede possono essere indicate in tal senso la zona di S. Vero Milis e la relativa fascia costiera, il bacino di Castiadas, la Valle del Cedrino e le spiagge di Capo Teulada.

Ricerche più dettagliate sono state effettuate nella Valle del Cixerri e nella zona di Pula, dove la presenza delle massime concentrazioni alluvionali di cassiterite, riscontrate a seguito delle indagini regionali, poteva rappresentare il presupposto dell'esistenza di possibili concentrazioni detritiche secondarie nei locali depositi sedimentari quaternari e recenti. Nessuna concentrazione detritica di un certo interesse è stata sinora rinvenuta. Fra le due aree la zona di Pula si è rivelata decisamente più indiziata sia per l'estensione che per il livello delle anomalie.

Si ritiene che, a parte indagini supplementari per quest'ultima zona, possano essere ritenute utili ricerche mineralogico-alluvionali e geologiche tendenti all'individuazione di mineralizzazioni a cassiterite in giacitura primaria. Dalla situazione geologica e dagli indizi ricavati dagli studi morfologici dello zircone risultano interessanti le parti periferiche dei graniti e le fasce di contatto di questi con le formazioni metamorfiche.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BRONDI A., ANSELMI B., BENVENÙ F., FERRETTI O. (1968) - *Prospezione mineralogica alluvionale del cinabro nel bacino del Merse e descrizione delle mineralizzazioni individuate*. Ind. Min., anno XIX, pp. 1-9.
- (2) BRONDI A., FERRETTI O., LOCARDI E. (1972) - *Sulle provenienze dei diversi tipi di zircone e monazite contenuti nei sedimenti fluviali della Calabria*. Rend. Soc. Ital. Min., Vol. XXVIII, pagg. 31-52.

- (3) BRONDI A., ANSELMI B., BENVIGNÒ F., FERRETTI O. (1972) - *Prospezione mineralogica alluvionale applicata in Calabria alla ricerca di minerali di torio e zirconio*. Ind. Min. Roma.
- (4) DEVISMES P., GUIGUES J. (1969) - *La prospection minière à la batée dans le massif armorican*. Memoires du B.R.G.M. Paris.
- (5) PIETRACAPRINA A. (1963) - *I minerali di uranio in Sardegna*. Studi Sassaresi, Sez. III, Annali della Facoltà di Agraria dell'Università di Sassari, vol. XI.
- (6) PHAN KIEN DUONG (1968) - *La formation et les principes de l'étude et de l'exploitation des gisements detritiques*. B.R.G.M. Parigi.
- (7) VARDABASSO S. (1949) - *Carta geologica della Sardegna estratta da « Il gruppo elettrico sardo e gli impianti dell'alto Flumendosa »*. Roma, Società Elettrica Sarda.
- (8) ZUFFARDI P. (1958) - *Su una nuova segnalazione di cassiterite in Sardegna e sulla presenza di tracce di stagno in alcuni adunamenti idrotermali sardi*. Resoconti Ass. Min. Sarda, vol. 63, fase. 4, pagg. 27-38.
- (9) *Rapporto preliminare sul campionamento e la valorizzazione di una sabbia litoranea ad elementi pesanti del Golfo di Cagliari*. Centro Studi Geominerari e Mineralurgici, CNR, giugno 1973.