IL SETTORE OCCIDENTALE DELL'UNITA' DI INDA AD ED IL GRANITO DI ARAR (SOMALIA SETTENTRIONALE)

The Western Inda Ad Unit and the Arar Granite (Northern Somalia)

ABBATE E.
Istituto di Geologia, Università di Firenze

BONAZZI A., SAVIOLI MARIANI E.
Istituto di Mineralogia e Petrografia, Università di Parma

DAL PIAZ G.V.
Istituto di Geologia, Università di Padova

DEL MORO A.
Istituto di Geocronologia, CNR Pisa

GOSSO G.
Dipartimento Scienze della Terra, Università di Torino

IBRAHIM H. A.
Facoltà di Geologia, UNS, Mogadiscio

ABSTRACT

The low grade metasedimentary sequences of the Inda Ad Unit overlie the Precambrian composite basement of the Northern Somalia between Erigavo and Bosaso, near the coast of the Gulf of Aden, and in turn are unconformably capped by the Mesozoic-Tertiary sedimentary cover. The Inda Ad sequences consist of dominantly turbiditic sandstones, siltstones, and shales, with minor conglomerates and dolomitic limestones of Cambrian age, probably fed by the dismantling of an orogenic volcanic arc as that recorded in Saudi Arabia. While the crystalline basement displays a polyphase tectonometamorphic history, the Inda Ad sequences show a single phase of large scale folding and low grade metamorphic imprint. 22 selected samples of fine grained metasediments collected in the Western side of the Inda Ad Unit and in the underlying Intermediate Complex display values of the illite crystallinity (I.K. average: 1.9 $\pm$ 0.4) consistent with the physical conditions of the greenschist facies metamorphism. The regional tectonometamorphic event recorded in the Inda Ad Unit predates the intrusion of the Arar (Mait area), Infero and Las Bar (Las Khoreh) younger granites and related dykes. They produced a large thermometamorphic aureole in the Inda Ad country rocks. Biotite from the Arar granite and the surrounding hornfelses yields Rb-Sr ages of 490 $\pm$ 7 - 510 $\pm$ 8 Ma and of 525 $\pm$ 8 Ma respectively. The low Sr initial ratio (0.7038-0.7041), closely similar to that recorded in the Saudi Arabian postorogenic plutons, suggests a subcontinental source.

PREMESSA

Nuove ricerche di campagna eseguite nel Distretto di Ceerigabo (Erigavo) da ABBATE et al.(1981) hanno consentito di riesaminare il basamento polimetamorfico esposto nel settore di Xiis (Heis), i metagabbri e le sieniti s.l. foliate del Togga Qoranti, l'Unità di Inda Ad tra la Piana di Bogon e Togga Okrod ed il granito post-tettonico di Arar. Lo studio dell'abbondante campionatura raccolta è in corso. In questa nota si anticipano alcuni risultati preliminari sull'Unità di Inda Ad e sul granito di Arar. L'Unità di Inda Ad è formata da peculiari sequenze clastiche a dominante carattere torbiditico, contenenti intercalazioni di marmi dolomitici con spicole di spugne e resti di Pelmatozoi di probabile età cambriana (determinazione di M.GNOLI in ALI KASSIM et al.,1981). Si distingue inoltre per l'abbondante detrito vulcanico e per un'impronta metamorfica regionale di basso grado, con caratteri mesoscopici di terreno valutabili nei termini dell'anchizona. La definizione della cristallinità dell'illite (Bonazzi & Savioli Mariani) su metasedimenti a grana fine raccolti prevalentemente nell'area Piana di Bogon-Rugay-Irshida-Seinat consente una prima precisazione dei caratteri metamorfici delle sequenze di Inda Ad. Nella seconda parte del lavoro si descrive il granito di Arar, intruso in Inda Ad dopo il metamorfismo regionale e l'associato ripiegamento megascopico, e si espongono alcune datazioni radiometriche preliminari (Del Moro). Nelle conclusioni si discutono i possibili significati dell'Unità di Inda Ad, avanzando l'ipotesi che la sorgente dei suoi depositi vulcanoclastici vada ricercata nello smantellamento di un originario arco vulcanico di età proterozoica.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Denominata Serie di Inda Ad nel lontano 1924 da FARQUHARSON e succintamente descritta da BARRINGTON BROWN (1931) e STOCK (1948), questa unità è stata rilevata in modo eccellente da MASON & WARDEN (1956; fogli a colori alla scala 1:125.000 n. 3-Mait, 4-Waqderia, 15-Erigavo, 16-Medishe) e da GREENWOOD (1960; fogli 5-Las Khoreh, 6-Elayu) del Somaliland Protectorate Geological Survey. Nelle monografie illustrative e nei rapporti inediti di questi Autori l' Unità di Inda Ad è descritta come una potente sequenza debolmente metamorfica di arenarie, silt ed argilliti, con ripetute intercalazioni di conglomerati, quarziti e calcari cristallini. Secondo MASON & WARDEN (1956) e WARDEN (1957) si trattava di una copertura sedimentaria trasgressiva e discordante sul basamento cristallino, rappresentato dalle filladi e da scisti cloritico-anfibolici della Zona di Transizione (Complesso in

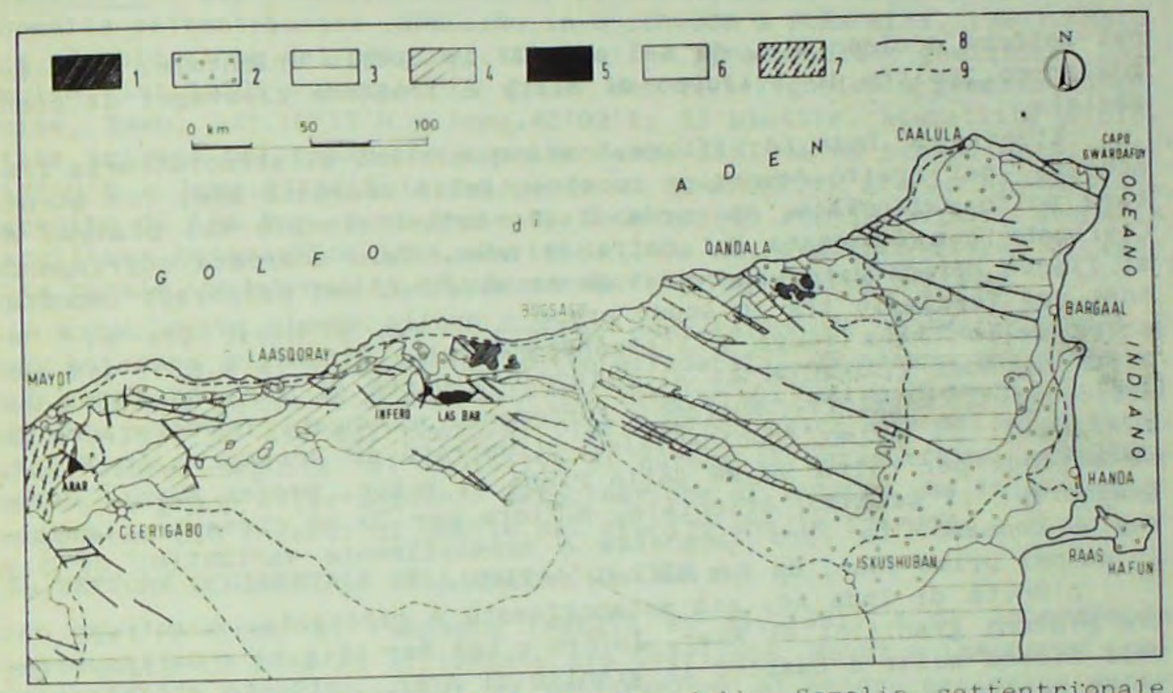

Fig.1 - Schema geologico-strutturale della Somalia settentrionale, tratto orientale (da MASON & WARDEN, 1956, GREENWOOD, 1960, AQUATER, 1982, semplificato). Legenda: 1) coperture basaltiche, Pliocene; 2) conglomerati continentali, evaporiti e calcari biogenici, Neogene; 3) calcari marnosi ed evaporiti, Paleogene; 4) calcari biogenici, Eocene inf.-Cretaceo sup.; calcari marnosi ed arenarie, Cretaceo; calcari, Giurese; 5) graniti post-tettonici intrusi in Inda Ad, Paleozoico indifferenziato; 8) faglie principali; 9) strade bianche e piste.

termedio di ABBATE et al., 1981) affiorante a Sud di Maydt. A sostegno di questa interpretazione gli Autori segnalavano la presenza di conglomerati basali ed un salto di grado metamorfico tra Inda Ad ed il basamento. A questi conglomerati GREENWOOD (1960) attribuiva invece un significato intraformazionale e, per i rapporti tra Inda Ad e basamento, avanzava l' ipotesi di un passaggio graduale per incremento progressivo del grado metamorfico. Ne conseguiva la possibilità che i due complessi fossero coevi.

I rilevatori inglesi fornirono inoltre un quadro dettagliato delle pieghe megascopiche che deformano le sequenze metasedimentarie dell'Unità di Inda Ad, da isoclinali a serrate e dirette attorno a N-S

nel settore occidentale, da N-S a NW-SE in quello orientale. Essi segnalarono inoltre lo sviluppo di slaty e fracture cleavages di piano assiale.

L'Unità di Inda Ad affiora, con esposizioni di straordinaria freschezza, nel tratto desertico roccioso della scarpata che, con struttura molto articolata, raccorda l'orlo settentrionale del plateau di Ceerigabo con la costa del Golfo di Aden. Tale scarpata corrisponde al fianco meridionale, successivamente evoluto, del paleorift impostatosi nel Terziario tra lo scudo arabo e quello somalo prima della nascita dello Sheba ridge e l'espansione della litosfera oceanica del Golfo di Aden (LAUGHTON et al., 1970). L'Unità di Inda Ad forma due affioramenti maggiori, entrambi fortemente allungati in direzione E-W (Fig.1): il primo, occidentale, illustrato in dettaglio in Fig.2, si estende per circa 90 km dalla Piana di Bogon, presso Maydt, verso Laasqoray; il secondo, orientale, affiora per 70 km circa tra Laasqoray e Boosaso. La loro larghezza è sensibilmente variabile, da 3 a 25 km nel primo caso, da 2 a 12 nel secondo.

L'Unità di Inda Ad, già metamorfosata e ripiegata, è intrusa dai tre plutoni granitici di Arar, Infero e Las Bar (Fig.1) e da innumerevoli filoni acidi e basici. Il granito di Arar, situato all'estremità SW del settore occidentale di Inda Ad, è stato rilevato e descritto da MASON & WARDEN, 1956). I corpi di Infero e Las Bar sono intrusi nella parte centrale del settore orientale di Inda Ad; essi sono illustrati nel foglio 1:125.000 (Elayu) e nella relativa monografia (GREENWOOD, 1960). A quest'ultima è inoltre allegata una carta speciale del granito di Infero al 1:12.500, eseguita da STEWARD.

Gli Autori inglesi segnalano la presenza di un'aureola metamorfica di contatto a biotite-cordierite (Arar: MASON & WARDEN, 1956) ed a biotite-cordierite-andalusite-plagioclasio (Infero e Las Bar: GREENWOOD, 1960) nonchè di numerosi inclusi enallogeni di composizione arenacea e carbonatica. Tra questi ultimi si distinguono marmi a tremolite-forsterite-brucite e fels a grossularia-diopside (GREENWOOD,1960).

SNELLING (1963, 1967) ha fornito sei età K-Ar di rocce del basamento della Somalia settentrionale, riprodotte in Tab.1.

Campione	K%	$^{40}Ar/^{40}K$	Età (Ma)
1) OGS.62.50	7.75	0.0331	495 ± 25
2) OGS.62.51	7.22	0.0415	600 ± 30
3) OGS.62.45	7.57	0.0337	500 ± 25
4) OGS.62.44	6.84	0.0346	515 ± 25
5) OGS.62.42	2.86	0.0335	500 ± 25
6) OGS.62.45	1.05	0.0243	380 ± 40

Tabella 1 - Età radiometriche K-Ar di alcune rocce del basamento della Somalia settentrionale (SNELLING in GREENWOOD & BLEACKLEY, 1967). Natura ed ubicazione dei campioni: 1) Biotite, granodiorite gneissica, Daimoleh, lat.10°09'- long.42°02 E; 2) muscovite, gneiss a granato-muscovite, Bawn, lat.10°12'N - long.43°03'E; 3) biotite, adamellite a biotite intrusa nel basamento e nella Serie di Inda Ad presso Mait, lat. 10°50'N - long.47°12'E (corrisponde al granito di Arar); 4) biotite, granito di Las Bar, post-Serie di Inda Ad; 5) roccia totale, arenaria argillosa metamorfica 1A9A, Serie di Inda Ad, foglio 6-Elayu; 6) roccia totale, mudstone 1AS.47, Serie di Inda Ad, foglio 6-Elayu.

Le età ottenute per i graniti post-tettonici di Mait (Arar) e Las Bar (n.3 e 4) appaiono del tutto affidabili. Di nessun significato sono invece le due età K-Ar roccia totale sui metasedimenti di Inda Ad (n.5 e 6) sia dal punto di vista metodologico che del risultato. Sono state eseguite nel tentativo di datare il metamorfismo regionale di basso grado delle sequenze metaclastiche di Inda Ad, ma le età ottenute sono più recenti di quelle del granito che le intrude.

IL SETTORE OCCIDENTALE DELL'UNITA' DI INDA AD

Le ricerche di campagna (ABBATE et al.,1981) e di laboratorio sull'Unità di Inda Ad affiorante tra Ceerigabo, Maydt e Laasqoray consentono alcune precisazioni ed integrazioni al quadro geologico esposto da MASON & WARDEN (1956) e da WARDEN (1957). L'area è sintetizzata nello schema geologico-strutturale di Fig.2, tratto dai citati fogli al 1:125.000.

L'esame preliminare di un centinaio di sezioni sottili di metaconglomerati intercalati nelle sequenze di Inda Ad nell'area a Nord di Ad conferma il carattere interformazionale dei depositi grossolani, in accordo con quanto sostenuto da GREENWOOD (1960). Si esclude invece, di questo Autore, l'ipotesi di una transizione, per metamorfismo prograd, tra Inda Ad ed il basamento: tra i due complessi esiste infatti un salto nel grado di ricristallizzazione metamorfica ed un diverso quadro deformazionale, monofasico nel primo caso, polifasico nel secondo.

Tutti i metasedimenti esposti nella catena costiera tra la Piana di Bognon, Rugay, Irshida e Seinat (Fig.2) mostrano strutture deposizionali di tipo torbiditico, con impronte di carico e di trazione, e possibili olistostromi. Un corpo olistolitico è stato osservato lungo un affluente di destra del Togga Rugay, alcuni km a Nord del paese omonimo (loc.3 in Fig.2). E' una lente tozza (30 x 50 m circa) di una roccia verdastra di aspetto gabbro-doleritico, scistosa, compre

sa entro metarenarie con bancate di calcari cristallini a patina nera. L'insieme è ripiegato a scala megascopica, con foliazione di piano assiale a ventaglio sulle cerniere. Al microscopio la massa basica risulta costituita in prevalenza da cloritoscisti albitici a carbonato, di derivazione incerta per la totale mancanza di relitti, e da subordinati ortogneiss dioritici a orneblenda bruno-verde, plagioclasio calcico, subordinata biotite minuta tardiva e poco quarzo. Quest' ultimo litotipo risulta marcatamente scistoso e si caratterizza per l'abbondanza di apatite tra i componenti accessori. I caratteri mineralogico-tessiturali sono nettamente distinti da quelli delle metareniti incassanti, confermando la natura esotica della massa.

L'esame delle sequenze di Inda Ad ha messo in evidenza l'abbondanza di clasti litici e di singoli minerali derivati da rocce magmatiche a composizione da intermedia ad acida e con strutture vulcaniche, subvulcaniche ed intrusive.

Da tutti questi elementi, esposti in succinta forma preliminare, si ricava la prima impressione che le sequenze ritmiche di Inda Ad, che certamente non rappresentano una copertura trasgressiva sul basamento cristallino, abbiano tratto origine dallo smantellamento di un arco vulcanico di tipo orogenico. In base agli elementi cronostratigrafici locali e per confronto con situazioni similari descritte in Arabia Saudita, Yemen, Egitto e Sudan (ABBATE & DAL PIAZ, in preparazione), tale arco vulcanico sorgente potrebbe risalire al tardo Proterozoico. La sua possibile ubicazione è discussa nelle conclusioni.

IL COMPLESSO INTERMEDIO

Il substrato dell'Unità di Inda Ad è esposto esclusivamente al margine occidentale di quest'ultima, nel settore compreso tra Ad, il Togga Xarqacan ed il Togga Daruud (Figg. 2 e 3). Esso è costituito da un eterogeneo complesso di metareniti e metapeliti, talora carbonatiche, cui si associano, allontanandosi dal contatto, micascisti a granato con intercalazioni di metabasiti (a SW di Ad) ed ortogneiss (lato destro del Xarqacan). Definito con il termine di Ser di transizione dagli Autori inglesi, si preferisce indicarlo com Complesso intermedio per evitare ogni possibile confusione s i una presistente transizione con Inda Ad e per sottolineare la sua posizione geometrica di elemento strutturale interposto tra l'Unità di Inda Ad ed il basamento cristallino della zona di Xiis. In Fig. 2 esso è stato indicato in forma sintetica, estendendolo sino alla grande fascia milonitica che passa nei pressi dello spartiacque tra i Togga Qoranti e Jilbo, lungo la pista Maydh-Xiis. Questa vasta zona comprende ampi corpi

di sieniti s.l. foliate, metagabbri, minori gabbri preservati, micascisti in genere deformati e retrocessi e la sequenza di metapsammiti, cloritoscisti, scisti anfibolici e possibili metavulcaniti (pillow lave e tufiti ?) segnalate da MASON & WARDEN (1956) e rappresentate nel foglio Erigavo con i simboli Xs, Xa, Xac, Xah, Xv.

Le varietà relativamente meno metamorfiche sono state osservate sul versante meridionale di quota 845, sul lato destro del Xarqacan (Fig.3) e, sul lato opposto, lungo la pista che porta nel contiguo bacino del Qoranti. Nel primo caso si tratta di una ristretta fascia di filladi, filladi carbonatiche e calcescisti direttamente giustapposta all'Unità di Inda Ad, con contatto tettonico rovesciato sul fianco di una piega megascopica. Nel secondo caso i litotipi, sempre a grana molto fine, corrispondono a filladi carbonatiche, calcescisti, cloritosciti talora a mica bianca, scisti ovarditici e marmi. I caratteri composizionali, metamorfici e strutturali distinguono queste sequenze da quelle dell'Unità di Inda Ad, nonostante che entrambe rientrino in un quadro metamorfico di basso grado. Ci si riferisce in particolare ad una struttura cristalloblastica più generalizzata ed alla presenza di due distinte scistosità riscontrate in qualche caso, elementi assenti in Inda Ad.

Sul versante destro idrografico del Togga Qoranti, circa un chilometro dalla piana costiera di Maydh, il vasto complesso di metagabbri contiene una stretta fascia di scisti brunicci fini e friabili : i caratteri macroscopici li faceva ritenere scisti metarenitici con alcune passate di metapsefiti gradate (ABBATE et al.,1981, p.335 ed "e" in Fig.2). L'esame microscopico ha indicato tuttavia trattarsi di ortogneiss granitoidi blastomilonitici a feldispati, quarzo, biotite ± anfibolo. Si può quindi escludere la presenza di una stretta sinclinale di Inda Ad o del Complesso intermedio pizzicata all'interno del corpo di metagabbri del Togga Qoranti.

Anche gli scisti bruni di possibile derivazione metarenitica osservati più ad occidente presso il colle tra i bacini del Qoranti e del Jilbo (ABBATE et al.,1981, "c" in Fig.2 e loc.11 di Fig.2 in questo lavoro) risultano blastomiloniti di ortogneiss biotitici e biotitico-orneblendici, con feldispato spesso totalmente sericitizzato.

CRISTALLINITA' DELL'ILLITE

La deformazione interna ed il metamorfismo regionale dell'Unità di Inda Ad esigono e documentano l'esistenza di un evento tettonico-metamorfico di tipo orogenico che ha colpito l'intero basamento della Somalia nordorientale in epoca relativamente tardiva. Esso si colloca necessariamente tra la deposizione delle sequenze cambriane di Inda Ad e l'intrusione dei graniti post-tettonici di Arar, Infero e Las Bar, in età quindi panafricana. E' probabile che l'evento Inda Ad corrisponda alla fase plicativa più recente riconosciuta da SACCHI & ZAN-

FERRARI (questo vol.) nel basamento polimetamorfico del settore occidentale compreso tra Berbera ed Hargheisa. Per una sua collocazione nel quadro della storia metamorfica e magmatica della Somalia settentrionale si vedano D'AMICO et al. (1981) ed i relativi riferimenti bibliografici.

Il problema dei caratteri e della distribuzione del metamorfismo regionale nell'Unità di Inda Ad è stato affrontato con il metodo della cristallinità dell'illite misurata su di un primo gruppo di 22 campioni raccolti da ABBATE et al. (1981) nel settore centro-occidentale delle sequenze di Inda Ad affioranti tra Maydh e Laasqoray. La loro ubicazione è indicata in Fig.2. Di essi, 18 corrispondono a tipiche metareniti fini dell'Unità di Inda Ad, raccolte nell'area Piana di Bogon-Togga Rugay-Irshida-Seinat (loc.1-9 in Fig.2), 3 a metapeliti del Complesso intermedio affioranti nel bacino del Togga Xarqacan (loc. 10-12) ed uno infine a scisti sericitici fini appartenenti alla fascia blastomilonitica situata presso il colle tra i bacini del Qoranti e del Jilbo (loc.13), litotipi di aspetto metarenitico, ma probabilmente derivati da originari granitoidi.

La Tabella 2 riporta numero del campione, località e composizione delle 22 rocce analizzate. Le metareniti minute e le metapeliti di Inda Ad hanno caratteristiche abbastanza omogenee. Tra i componenti fondamentali prevale il quarzo, seguito in genere da plagioclasio (albite e/o plag.calcico relitto), clorite, illite-muscovite e subordinato feldispato potassico. Alcuni campioni si distinguono per la presenza di moderate quantità di calcite (SML 134, 136, 149), dolomite (SML 128), pumpellite (SML 147) ed apatite (SML 147). La tormalina è un componente accessorio abbastanza frequente. Le caratteristiche strutturali e tessiturali primarie sono in genere ancora ben preservate, specie nei litotipi a dominante clastica (banding composizionale, strutture gradate, scarso grado di arrotondamento dei clasti litici e mineralici). I clasti sono formati sia da elementi sedimentari delle successioni di Inda Ad, sia da rocce eruttive acide ed intermedie, in parte con sicure strutture vulcaniche. Nelle metareniti la matrice fine è in genere subordinata, talora scarsa (SML 136). La foliazione di piano assiale, ben marcata anche se poco penetrativa nei tipi arenaceo-conglomeratici esaminati sul terreno, tende a sparire ad attenuarsi alla scala della sezione sottile. Essa permane invece nelle bande e nei festoni micacei compresi nelle metareniti e diviene netta e penetrativa nelle peliti. Alcuni litotipi contengono venette tardive di quarzo (SML 128) e di quarzo-carbonato (SML 149).

Tra le metapeliti a metamorfismo di basso grado raccolte al di fuori dell'Unità di Inda Ad ed esaminate per confronto, i campioni

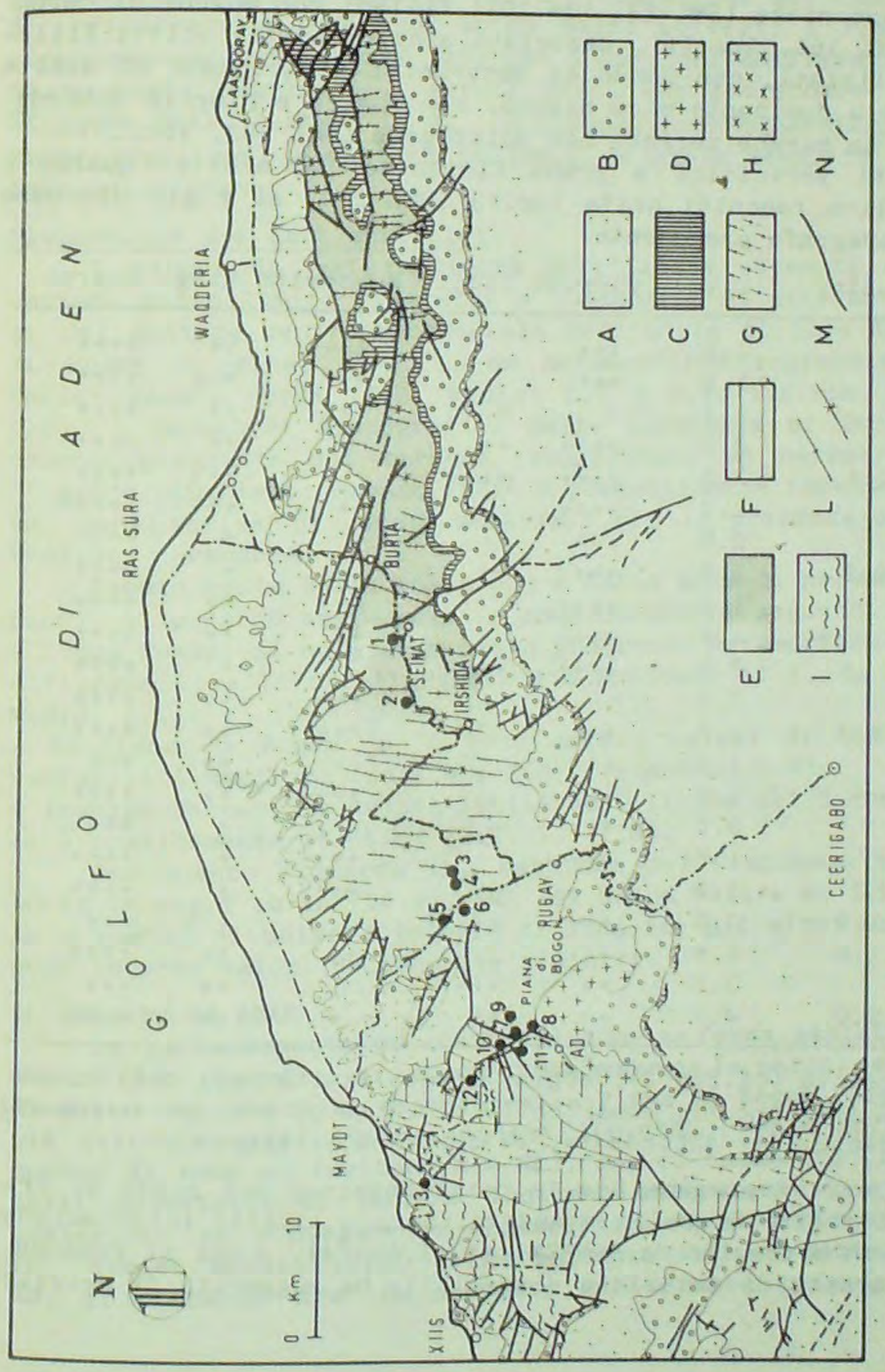

Fig.2 - Schema geologico della scarpata costiera nel Distretto di Ceerigabo (da MASON & WARDEN,1956, con locali reinterpretazioni nel settore occidentale). Coperture: A) depositi miocenico-eocenici; B) arenarie a bancate calcaree, Cretaceo; C) calcari ed arenarie basali, Giurassico-Trias (?). Plutoniti e metamorfiti: D) granito di Arar, Paleozoico inf.; E) Unità di Inda Ad, Cambriano; F) Complesso intermedio, Proterozoico sommitale (?): filladi, calcescisti, metareniti e metabasiti; G) plutoniti intermedie ed acide foliate; H) metagabbri; I) basamento cristallino antico; L) assi di anticlinali e sinclinali; M) faglie; N) piste carrozzabili.

del Complesso intermedio corrispondono a: filladi cloritiche a carbonato e sostanze carboniose (SML 73, loc.10); filladi con mosche di carbonato torbido (SML 169, loc.11), associate a calcescisti; scisti filladici finemente listati, con bande di metareniti a carbonato ed albite e letti pelitici a dominante mica bianca, con quarzo e clorite subordinati, deformati da pieghe serrate non scistogene (SML 183, loc.12).

Degli scisti sericitici a grana finissima, ad albite, quarzo e biotite verde-oliva raccolti nella loc.13 (SML 280) si è già discusso alla fine del paragrafo precedente.

Loc.	Camp.	I.K.Kubler	I.K.(u)	Clorite	Illite	Muscovite	Plag.	Quarzo
(1)	SML150		1.8	+++		++++	++	++++
	SML149		1.8	+++		+++	+++	++++
(2)	SML147		1.7	+	+	+++	++	++++
(3)	SML53		2.0	++++	++		++	++++
	SML54	2.1	3.5	++++	++		+++	++++
	SML58		1.7	++++		++	+++	++++
(4)	SML47		2.8	+++	++		+	++++
(5)	SML40	2.1	2.8	+++	++		+	++++
(6)	SML61		1.7	++++		+++	++	++++
(7)	SML97		1.4	++++		++	++	++++
	SML125		2.1	++++	+++		+	++++
	SML128		1.4			+++	++	++++
	SML134	2.0	1.7	++		+++	++	++++
	SML136		1.65	++		+++	+++	+++
(8)	SML71		1.9	+		++++	++	++++
(9)	SML156		3.5	++	+		+	+++
	SML158		1.8	++++		++++	+	++++
	SML159		1.8	+		+++	+	++++
(10)	SML73	1.9	3.0	++++	++		+++	+++
(11)	SML169	1.9	1.8	+++		++	++	++++
(12)	SML183		3.2	++	+++		++	+++
(13)	SML280	2.0	4.7	+	++		++	+++

Tabella 2 - Località (cf.Fig.2), sigla, cristallinità dell'illite, composizione della frazione argillosa. Con le crocette si indica: ++++ quantità molto abbondante, +++ abbondante, ++ discreta, + scarsa.

La metodologia impiegata per la determinazione del grado di cristallinità dell'illite è quella standardizzata a livello internazionale e descritta in dettaglio da BONAZZI et al.(1984), a cui si rimanda. La relativa scarsità di materiale disponibile ha suggerito di privilegiare l'uso degli ultrasuoni nella preparazione dei campioni, evitando di ricorrere all'attacco acido delle polveri. I risultati ottenuti sono comunque attendibili dato che i campioni analizzati non contengono minerali argillosi a strati misti che potrebbero interferire con il picco dell'illite a 10 Å. La composizione mineralogica della frazione argillosa, riportata in Tab.2, è stata eseguita per difrattometria sulle polveri.

Discussione dei dati analitici

I valori di cristallinità dell'illite ottenuti sui 22 campioni variano entro limiti ristretti e consentono di attribuire alle sequenze del settore centro-occidentale dell'Unità di Inda Ad, tra la Piana di Bogon e Seinat (Fig.2), un metamorfismo regionale monofasico in facies scisti verdi (I.K. medio: 1.9 ± 0.4; I.K.min.: 1.4; I.K.max.: 2.8). I caratteri fisiografici delle litologie di Inda Ad, osservati macroscopicamente sul terreno, suggerivano un metamorfismo regionale di grado più basso: questo fatto è probabilmente imputabile alla scarsa "sensitività" di questi materiali per la presenza di una dominante frazione arenacea.

Tenuto conto della posizione e della zona di provenienza dei campioni, si possono aggiungere le considerazioni seguenti: per Inda Ad:
- Togga Rugay: si nota un modesto gradiente metamorfico verso NW, dove affiorano livelli stratigrafici più profondi (I.K. da 1.7 a 2.8; I.K. medio: 2.1).
- Ad-Piana di Bogon: è la zona dove i valori di I.K. presentano la variabilità maggiore (da 1.4 a 2.0; I.K.medio: 1.7).
- Irshida-Seinat: la cristallinità dell'illite dei 3 campioni analizzati è praticamente identica (I.K.:1.7-1.8).

Per quanto riguarda i 3 campioni del Complesso intermedio (loc. 10-12 in Fig.2 ed in Tab.2), SML 169 ha un valore di I.K. corrispondente a quello di molte litologie di Inda Ad; gli altri campioni raggiungono in vece valori decisamente più alti.

IL GRANITO DI ARAR

La parte esposta di questo plutone ha forma semicircolare (a falcetto) con diametro di circa 12 km, compresa la parte semiaffiorante al di sotto dei depositi recenti della Piana di Bogon (Figg.2 e 3). Come già rilevato dagli Autori inglesi (op.cit.), esso intrude sia le sequenze di Inda Ad (settori N e NE), sia il basamento (lato NW). I rapporti geometrici di terreno indicano chiaramente che l'intrusione è posteriore al ripiegamento megascopico ed al metamorfismo regionale in facies scisti verdi delle sequenze vulcano-sedimentarie di Inda Ad. Il corpo di Arar ha prodotto sulle rocce incassanti un'energico

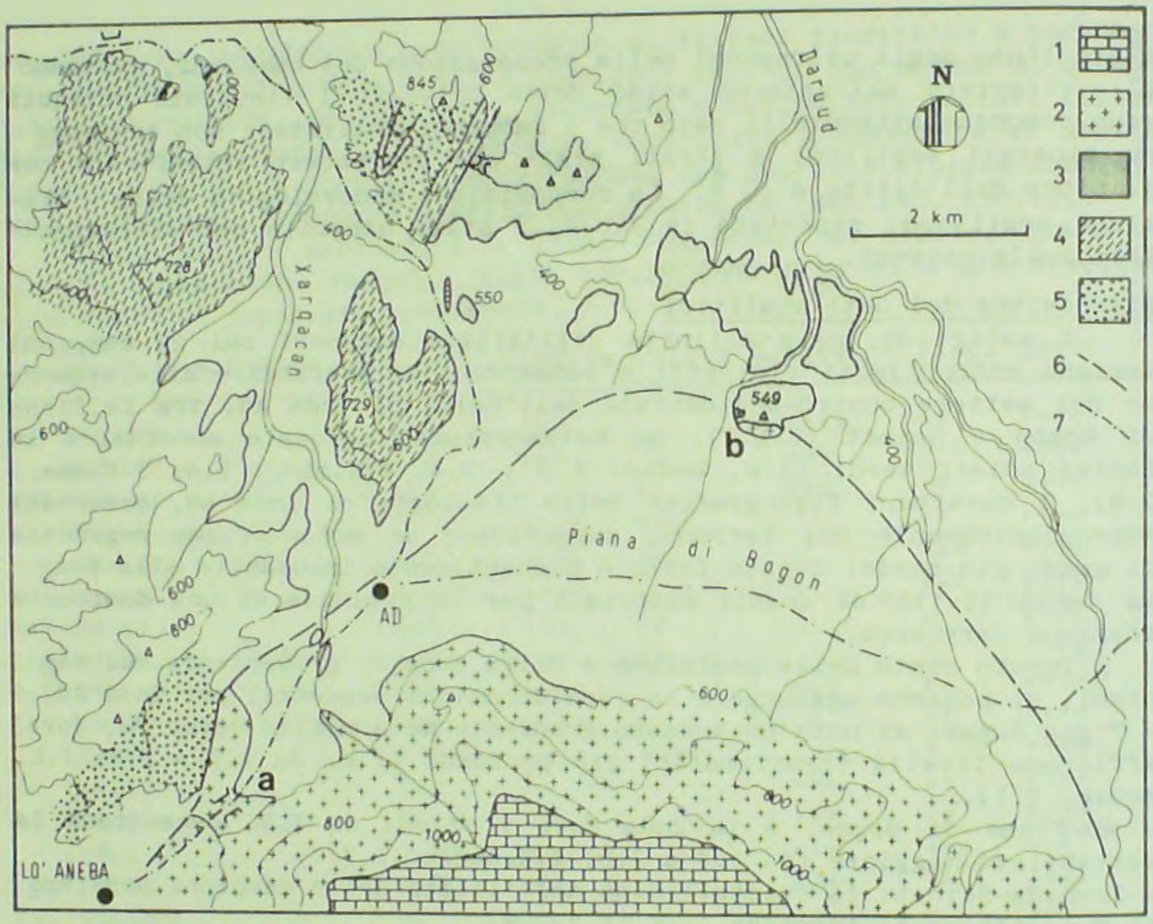

Fig.3 - Schema geologico della Piana di Bogon e delle aree circostanti; l'idrografia e le curve di livello sono tratte dalla nuova base topografica della Somalia. Legenda: 1) copertura discordante: arenarie con bancate calcaree, Cretaceo; 2) granito di Arar; 3) metasedimenti di Inda Ad, Cambriano; 4) filladi, calcescisti e metareniti del Complesso intermedio; 5) filladi, micascisti, ortogneiss ed anfiboliti; 6) limite settentrionale del granito di Arar al di sotto dei depositi recenti della Piana di Bogon; 7) piste; la tettonica è omessa.

metamorfismo di contatto, con sviluppo di cornubianiti di varia tipo affioranti sino ad alcune centinaia di metri dal contatto. Verso meridione il granito di Arar è ricoperto in discordanza dalle sequenze sedimentarie di età cretaceo-terziaria.

I rapporti tra il plutone granitico e le rocce incassanti sono

bene esposti lungo la parete che sovrasta a NW l'ampia sella tra Ad e Lo'Anabe (loc."a" in Fig.3) ed al piccolo Bur di quota 549 che si erge dalla Piana di Bogon 4 km circa a NE di Ad (loc."b" in Fig.3).

Osservazioni geologiche

Il granito di Arar mostra, nelle località "a" e."b", caratteri macroscopici sensibilmente omogenei: ha colore biancastro e grana medio-grossa, con locali varietà rosate o di tipo leucocratico minuto. Molto fresco nei settori più acclivi, risulta invece largamente decomposto in sabbioni grossolani in posto o colluviati nei settori a morfologia dolce o pianeggiante. Ai piedi e sui ripiani della grande scarpata meridionale sono presenti bocce di esfoliazione dalle dimensioni spesso plurimetriche. A rompere la monotonia degli affioramenti si osservano limitati filoncelli di apliti e pegmatiti a grana variabile, rari nuclei comagmatici di concentrazione femica, di forma da subsferica ad ovoidale, qualche incluso enallogeno e rare brecce d'intrusione.

Al microscopio il granito conferma la sua notevole freschezza. Ha struttura in genere ipidiomorfa granulare ed è costituito da abbondante, talora prevalente plagioclasio fortemente zonato, con frequenti nuclei calcici, singoli o compositi e più o meno riassorbiti, che ricordano da vicino i plagioclasi delle classiche plutoniti dell'Adamello; vi si associano feldispato potassico (abbondante microclino), quarzo interstiziale in genere in quantità subordinata e lamelle di biotite bruno-nerastra in percentuali modeste. Minerali opachi, apatite, titanite e subordinato zircone sono i costituenti accessori più comuni. L'associazione mineralogica primaria mostra localmente trasformazioni tardo-magmatiche da incipienti a discretamente sviluppate: si tratta perloppiù di saussurite, sericite ± calcite su plagioclasio, di patine caoliniche sul feldispato potassico e di clorite a fiamme su biotite.

L'omogeneità dei caratteri macroscopici e microscopici del plutone di Arar sembra escluderne la natura composita, ipotesi tuttavia difficile da documentare sul terreno a causa della discontinuità degli affioramenti.

Sulle pendici a NW della sella tra Ad e Lo'Anabe ("a" in Fig.3) il granito intrude, con contatto sostanzialmente rettilineo, un complesso di parascisti i cui caratteri originari sono di difficile valutazione a causa dell'intenso metamorfismo di contatto. Essi contengono alcune intercalazioni di metabasiti, parte delle quali risultano ancora discretamente conservate: si tratta di anfiboliti ad orneblenda bruna, plagioclasio calcico e raro clinopirosseno, scistose e talora minutamente crenulate. Se ne deduce che i parascisti incassanti dovevano corrispondere quanto meno a dei micascisti e che l'insieme va

inserito nel basamento. Il metamorfismo di contatto ha trasformato le metapeliti in cornubianiti massicce ricche in biotite, con ampi porfiroblasti di andalusite, possibile sillimanite fibrosa e subordinato corindone. I letti e le lenti metarenitiche sono costitúite da dominante quarzo ricristallizzato a mosaico, associato a minuto plagioclasio ed a probabile cordierite. Il banding composizionale e grandi lamelle di mica bianca, localmente preservate alla trasformazione in andalusite, sono i principali relitti tessiturali e mineralogici preintrusivi. Nelle metabasiti esaminate al microscopio il metamorfismo di contatto ha prodotto in genere una diffusa blastesi di anfibolo verdolino e/o di clorite a spese dell'orneblenda primaria e lo sviluppo di minute lamelle biotitiche.

Nel Bur quota 549 ("b" in Fig.3) il granito di Arar intrude in discordanza le sequenze metaclastiche di Inda Ad. I livelli di arenarie e di siltiti sono trasformati, sino a qualche centinaio di metri dal contatto, in cornubianiti biotitiche massicce, molto fini e dal caratteristico colore nerastro brillante. Ai piedi dei versanti esse sono spesso ridotte ad un ammasso caotico di bocce ovoidali di medie dimensioni. Nonostante la ricristallizzazione spinta, le cornubianiti preservano sovente originarie tessiture sedimentarie, visibili soprattutto sulle superfici d'alterazione (minuta laminazione, gradazioni, piccoli slumping). La giacitura delle sequenze di Inda Ad è subverticale attorno a N-S o fortemente pendente verso Est.

Al microscopio le cornubianiti esaminate risultano sostanzialmente omogenee. Hanno grana finissima e sono costituite da abbondante biotite scura (talora sino al 30% in vol.) in matrice quarzoso-feldispatica a possibile cordierite. Rari litotipi contengono porfiroblasti millimetrici di andalusite pecilitica.

Geocronologia

Sono stati esaminati i 3 campioni seguenti: il granito SML 214, raccolto a quota 580 m sopra la sella tra Ad e Lo'Anabe (loc."a" in Fig.3); il granito SML 1 e la cornubianite incassante (da metareniti di Inda Ad) SML 7, provenienti dal Bur di quota 549 (loc."b"in Fig.3). Su i due campioni di granito sono stati determinati l'età Rb-Sr della coppia biotite-feldispato ed il rapporto iniziale dello Sr. Della cornubianite è stata datata invece la coppia biotite-roccia totale. I risultati sono esposti in Tab.3.

Commentando brevemente i dati ottenuti si rileva che l'età Rb-Sr delle biotiti dei due campioni granitici non sono concordanti (490 $\pm$7 e 510 $\pm$ 8 Ma); la differenza riscontrata può essere posta in relazione con la storia tardo-magmatica del plutone di Arar, vuoi per una differenziata velocità di raffreddamento all'interno del plutone, vuoi

Campione	Materiale	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$	Età ($^{87}Sr/^{86}Sr$)
SML214	Feldsp.	20	647	0.09	0.7047$\pm$2	490$\pm$7 (.7041$\pm$2
	Biotite	305	8.3	114.72	1.5048$\pm$12	
SML1	Feldsp.	57	279	0.59	0.7081$\pm$2	510$\pm$8 (.7038$\pm$2
	Biotite	624	8.4	255.00	2.5562$\pm$16	
SML7	Roccia tot.	114	96	3.46	0.7375$\pm$3	525$\pm$8 (.7116$\pm$6)
	Biotite	309	11.7	81.03	1.3176$\pm$8	

Tabella 3 - Datazioni radiometriche del granito di Arar e della cornubianite incassante.

per una leggera alterazione del sistema chimico-isotopico del feldispato e/o della biotite utilizzati per la datazione del campione SML 214. La biotite della cornubianite SML 7 ha fornito un'età eguale (entro i limiti delle incertezze analitiche e quindi confermandosi a vicenda) a quella della biotite del granito incassante. I due valori concordanti del rapporto iniziale dello Sr, desunti dalle coppie biotite-feldispato dei due campioni granitici risultano particolarmente bassi. Essi esigono una derivazione della plutonite in discussione da una sorgente profonda a basso rapporto Rb/Sr. Valori similari sono stati ottenuti sistematicamente sui graniti tardo e postorogenici dello scudo arabo (R.J.FLECK et al.,1980). Le datazioni Rb-Sr qui riportate confermano l'affidabilità dei dati K/Ar sulle biotiti dei graniti di Arar e Las Bar prodoti da SNELLING (in GREENWOOD & BLEACKLEY, 1967).

RIFLESSIONI CONCLUSIVE

Il basamento della Somalia settentrionale esposto lungo la scarpata del Golfo di Aden tra Xiis e Boosaso fornisce utili indicazioni sulla cronologia relativa ed assoluta degli eventi geologici verificatisi durante il Proterozoico superiore ed il Paleozoico basale. Risalendo a ritroso nel tempo, l'evento più recente è rappresentato dalla intrusione dei graniti epiplutonici di Arar, Infero e Las Bar, avvenuta attorno a 500-525 Ma. Essi postdatano il metamorfismo regionale e l'associato ripiegamento megascopico registrato dalle successioni di Inda Ad, evento che dovrebbe rientrare nel basso Cambriano. Tali relazioni ed il basso rapporto iniziale dello Sr indicano il carattere post-tettonico della messa in posto delle plutoniti ed un loro possibile legame con un evento tensionale di estensione litosferica. Analoghi e coevi corpi granitici sono segnalati sul lato arabo del Golfo di Aden (GREENWOOD & BLEACKLEY, 1967, ed appendice di SNELLING), a distanza relativamente modesta dai plutoni della Somalia settentrionale se

si sottrae lo Sheba ridge e l'associata crosta oceanica neogenica.

L'evento tettonico-metamorfico di Inda Ad ha limiti cronologici ristretti, fissati dall'intrusione dei graniti post-tettonici e dall'età dei depositi clastici e carbonatici di Inda Ad. In base ai suoi caratteri, sarebbe sorprendente se esso non fosse registrato a livello metamorfico e deformativo anche nel basamento cristallino dell'intera Somalia settentrionale. Si tratterrebbe quindi di un episodio regionale di età tardo-panafricana, sicuramente post-collisionale se riferito ai modelli di evoluzione recentemente proposti per l'evoluzione della litosfera cratonica e degli archi insulari dell'Africa nordorientale (AL-SHANTI & MITCHELL,1976; AL-SHANTI et al.,1984; BAKOR et al.,1976; BERTRAND et al.,1984; CABY et al.,1981; CAMP,1984; DUYVERMAN & HARRIS, 1982; ENGEL et al.,1980; FLECK et al.,1976,1980; GASS,1981; GREENWOOD et al.,1976,1977; KROENER,1981; RIES et al.,1983; ROGERS et al.,1978; STACEY et al.,1984).

Il carattere torbiditico ed il detritismo vulcanico presenti nelle sequenze clastiche di Inda Ad sembrano trarre origine dallo smantellamento di un arco vulcanico orogenico del tipo di quelli descritti dagli Autori sopra citati. Si tratta, come noto, di crosta relativamente giovane aggregatasi, per collisione, alla più antica crosta cratonica africana. Ci si può chiedere se analoga, non necessariamente sincrona crosta recente sia presente nella Somalia settentrionale, ipotesi discussa da SACCHI & ZANFERRARI (questo vol.) ed applicata in termini possibilistici alle metamorfiti di basso grado del Jirba Range, cartografate da GELLATLY (1960) nel foglio Las Dureh, 200 km circa ad occidente dell'area qui esaminata. La risposta è verosimilmente affermativa: crosta relativamente recente, pre-Inda Ad e posteriore al basamento polimetamorfico affiorante a S e SE di Xiis ("I" in Fig.2) è probabilmente rappresentata dalle sequenze pelitico-arenitiche in facies scisti verdi del Complesso intermedio, comprensive delle metabasiti a relitti di pillow lave segnalate da MASON & WARDEN (1956) ("F"in Fig.2), e dagli estesi corpi, stirati in direzione vicina a N-S, di plutoniti a chimismo intermedio,localmente massicce e più generalmente ben foliate, che affiorano tra i bacini dei Togga Jilbo e Qoranti ("G" in Fig.2). I metagabbri scistosi e profondamente trasformati che affiorano nella stessa area si riferiscono invece ad un evento magmatico sicuramente più antico (non necessariamente di molto) poichè sono intrusi, allo stato già metamorfico, dalle plutoniti della sequenza sienitica s.l. (ABBATE et al.,1981).

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano i Colleghi G. Rigatti e Cali Kassim della U.N.S. che hanno partecipato alla missione (cf. ABBATE et al.,1981) che ha fornito i campioni analizzati e discussi in questo lavoro. Bonazzi e Savioli Mariani esprimono viva gratitudine ai Proff.Emiliani, Giammetti, Mezzadri e Venturelli per gli utili consigli e per la lettura del testo relativamente al problema della cristallinità dell'illite.

BIBLIOGRAFIA

ABBATE E., CALI K.M., DAL PIAZ G.V., GOSSO G., IBRAHIM H.A. & RIGATTI G., 1981 - Note di rilevamento sul basamento cristallino della Somalia settentrionale nell'area Rugay-Maydh-Xiis,Distretto di Ceerigabo. Rend.Soc.Geol.It., 4, 333-337.

AL-SHANTI A.M.S. & MITCHELL A.H.G., 1976 - Late Precambrian subduction and collision in the Al Amar-Idsas region, Arabian shield, Kingdom of Saudi Arabia. Tectonophysics, 30, T41-T47.

AL-SHANTI A.M.S., ABDEL-MONEM A.A. & MARZOUKI F.H., 1984 - Geochemistry, petrology and Rb-Sr dating of trondhjemite and granophyre associated with Jabal Tays Ophiolite, Idsas area, Saudi Arabia. Precambrian Res., 24, 321-334.

BAKOR A.R., GASS I.G. & NEARY C.R., 1976 - Jabal al Wask, northwest Saudi Arabia. An Eocambrian bach-arc ophiolite. Earth Planet. Sci.Lett., 30, 1-9.

BARRINGTON BROWN C., 1931 - The Geology of North-Eastern British Somaliland. Quart.J.Geol.Soc.London, 87, 259-280.

BONAZZI A., SAVIOLI MARIANI E. & VERNIA L., 1984 - Metodi di preparazione di campioni argillosi per la determinazione della cristallinità dell'illite. Miner.Petrogr.Acta, in stampa.

CABY R., BERTRAND J.M.L. & BLACK R., 1981 - Pan-African ocean closure and continental collision in the Hoggar-Iforas segment, Central Sahara. In: Kroener A. (Ed.): Precambrian Plate Tectonics, Elsevier, 407-434.

CALI KASSIM M., SOMMAVILLA E., ABBATE E., GOSSO G., RIGATTI G.,DAL PIAZ G.V. & IBRAHIM H.A., 1981 - Il basamento cristallino della Somalia settentrionale nell'area Rugay-Maydh-Hiis: osservazioni di rilevamento. Quaderni Geol.Somalia, 5, 83-90.

CAMP V.E., 1984 - Island arcs and their role in the evolution of the Western Arabian Shield. Geol.Soc.Amer.Bull.,95, 913-921.

D'AMICO C., IBRAHIM H.A. & SASSI F.P., 1981 - Outline of the Somalian

basement. Geol.Rundschau, 70, 882-896.

DUNOYER DE SEGONZAC G., 1969 - Les minéraux argileux dans la diagenèse. Passage au métamorphisme. Mém.Serv.Geol.Alsace Lorr.,29,1-32.

DUYVERMAN H.J. & HARRIS N.W.B., 1982 - Late Precambrian evolution of Afro-Arabian crust from ocean to craton. Bull.Geol.Soc.Amer., 93, 174-178.

ENGEL A.E.J., DIXON T.H. & STERN R.J., 1980 - Late Precambrian evolution of Afro-Arabian crustfrom ocean to craton. Bull.Geol. Soc.Amer., 91, 699-706.

FLECK R.J., COLEMAN R.G., CORNWALL H.R., GREENWOOD W.R., HADLEY D.G. PRINZ W.C., RATTE'J.C. & SCHMIDT D.L., 1976 - Geochronology of the Arabian Shield, Western Saudi Arabia: K-Ar results. Bull.Geol.Soc.Amer., 87, 9-21.

FLECK R.J., GREENWOOD W.R., HADLEY D.G., ANDERSON R.E. & SCHMIDT D.L., 1980 - Rubidium-Strontium geochronology and plate-tectonic evolution of the southern part of the Arabian Shield. U.S. Geol.Surv.Prof.Papers, 1131, 1-38.

GASS I.G., 1981 - Pan-African (Upper Proterozoic) plate tectonic of the Arabian-Nubian Shield. In Kroener A. (Ed.): Precambrian Plate Tectonics, Elsevier, 387-405.

GREENWOOD J.E.G.W., 1960 - Report on the geology of the Las Khoreh-Elayu area, Erigavo District. Somaliland Protect.Geol.Surv.,3, 1-36.

GREENWOOD J.E.G.W.& BLEACKLEY D., 1967 - Geology of the Arabian Peninsula: Aden Protectorate. U.S.Geol.Surv.Prof.papers, 560-C, C1-C92, con Appendice di N.J.Snelling, C93-C96.

GREENWOOD W.R., HADLEY D.G., ANDERSON R.E., FLECK R.J. & SCHMIDT D.L., 1976 - Late Proterozoic cratonization in south western Saudi Arabia. Phil.Trans.R.Soc.London, 280-A, 517-527.

GREENWOOD W.R., ANDERSON R.E., FLECK R.J. & ROBERTS R.J., 1977 - Precambrian geologic history and plate tectonic evolution of the Arabian Shield..U.S.Geol.Surv.Saudi Arabian Project, Rept.222, 1-97.

KROENER A., 1981 - Precambrian Plate Tectonics. In Kroener A.(Ed.): idem, Elsevier, 57-90.

KUBLER B., 1967 - La cristallinité de l'illite et les zones supérieures du métamorphisme. Colloque Etages Tectoniques, Neuchâtel, 105-122.

LAUGHTON A.S., WHITMARSH R.B. & JONES M.T., 1970 - The evolution of the Gulf of Aden. Phil.Trans.R.Soc.London, 267-A, 227-266.

MASON J.E. & WARDEN A.J., 1956 - The geology of the Heis-Mait-Waqderia area, Ergavo District. Somaliland Protect.Geol.Surv.,1,1-23.

RIES A.C., SHACKLETON R.H., GRAHAM A. & FITCHES W.R., 1983 - Pan-African structures, ophiolites and mélange in the Eastern Desert of Egypt: a traverse at 26°N. J.Geol.Soc.London, 140, 75-95.

ROGERS J.J.W., GHUMA M.A., NAGY R.M., GREENBERG J.K. & FULLGAR P.D., 1978 - Plutonism in Pan-African belts and the geologic evolution of Northeastern Africa. Earth Planet.Sci.Lett., 39, 109-117.

SACCHI R., ZANFERRARI A., ABDIRAHMAN H.A.D. & SAED A.A., 1985 - Osservazioni sul basamento cristallino affiorante tra Hargeisa e Berbera (Somalia Settentrionale. Quaderni Geol.Somalia, questo vol.

SNELLING N.J., 1963 - Report Overseas Geol.Survey, 1962, 30-9.

STACEY J.S., STOESER D.B., GREENWOOD W.R. & FISCHER, 1984 - U-Pb zircon geochronology and geological evolution of the Halaban-Al Amar region of the Eastern Arabian Shield, Kingdom of Saudi Arabia. J.Geol.Soc.London, 141, 1043-1055.

STOCK S., 1947 - Report on the geology and mineral resources of North-Eastern corner of Somaliland Protectorate. Somaliland Protect.Geol.Surv., unpubl.rept.

WARDEN A.J., 1957 - Report on the Las Khoreh Inlier of Inda Ad Series and contiguous younger sediments, Erigavo District. Somaliland Protect.Geol.Surv., unpubl.rept.