

Campo magnetico regionale e campo magnetico normale nel Mediterraneo centrale

(Regional and normal magnetic field in the Central
Mediterranean Sea)

F. MOLINA* - E. PINNA**

Ricevuto il 15 Dicembre, 1982

RIASSUNTO

Dai risultati del rilevamento magnetico del Mediterraneo in un'area di 3.10^6 km² si deduce un campo medio per l'intensità totale F in forma di polinomio di 2° grado, funzione della latitudine e della longitudine, e si mostra che esso rappresenta con buona approssimazione gli effetti del campo principale in in questa regione. L'analisi spettrale delle anomalie magnetiche calcolate assumendo tale campo come riferimento indica la presenza di effetti a vari intervalli di lunghezza d'onda: inferiore a 35 km, fra 50 e 130 km, superiore a 170 km. Si dà un esempio di anomalie nel campo delle maggiori lunghezze d'onda, situate nell'Adriatico centrale e nello Ionio occidentale; alle anomalie di tali dimensioni caratteristiche, che sono evidentemente originate dai più profondi livelli magnetizzati della crosta, si propone di dare il nome di campo regionale, limitando il termine di campo normale al solo campo principale.

ABSTRACT

An average field for total intensity F in form of a 2° degree polynomial function of latitude and longitude is computed from the results of the magnetic survey of the Mediterranean Sea; it is shown that this expression is a good approximation of the main field for this region. The spectral analysis of the anomalies deduced

* Istituto Nazionale di Geofisica, Roma.

** Dipartimento Scienze della Terra, Pisa.

assuming the above field as the reference field shows several ranges of wavelength: less than 35 km, between 50 and 130 km, greater than 170 km. An example of anomalies of about 200 km wavelength is given. It is suggested to give the name of regional field to the smoothed anomalous field with wavelength greater than 100-200 km, originated in the deepest magnetized levels of the crust, and to restrict the name of normal field to the main field.

1. INTRODUZIONE

Come è noto, il campo magnetico osservato alla superficie terrestre è costituito dalla somma vettoriale di campi aventi origine diversa, sia interna che esterna alla Terra. I campi di origine interna sono: un campo con sorgente nel nucleo fluido della Terra, chiamato campo « principale » o « primario »; un campo indotto dal primario nella parte magnetizzabile della litosfera, definibile come « campo delle anomalie ».

Nella interpretazione del campo di anomalie giocano un ruolo essenziale differenti parametri, quali dimensione, forma e profondità della massa perturbante, come pure l'orientazione del corpo, l'intensità di magnetizzazione e l'inclinazione magnetica. Si riscontra in particolare che la lunghezza d'onda (o, altrimenti detto, la dimensione caratteristica) e il gradiente delle anomalie sono in stretta relazione con la profondità della parte sommitale della massa perturbante e con l'estensione laterale del corpo. Pertanto, nell'ipotesi semplificativa della presenza di più corpi perturbanti di dimensioni fra loro confrontabili, la lunghezza d'onda dell'anomalia rappresenterà un elemento indicativo della profondità della causa, analogamente a quanto avviene nella interpretazione gravimetrica. Di conseguenza un passo fondamentale nel trattamento delle anomalie è l'analisi dello spettro, che serve a definire le diverse componenti presenti. Su tale base si potrà tentare la separazione degli effetti locali da quelli genericamente indicati come « regionali », in quanto contraddistinti rispettivamente da piccole lunghezze d'onda (alto numero d'onda) e grandi lunghezze d'onda (basso numero d'onda).

Questa separazione presuppone ovviamente la fondamentale distinzione fra campo principale e campo delle anomalie; una certa mancanza di chiarezza presente fino a tempi recenti nello studio delle anomalie crostali, in particolare nella individuazione delle anomalie « regionali », è imputabile appunto alla difficoltà,

non ancora del tutto superata, della corretta individuazione del campo principale come riferimento per il campo di anomalia.

In questo lavoro si intende presentare un esempio di individuazione di anomalie regionali nell'area mediterranea italiana.

2. CAMPO PRINCIPALE NEL MEDITERRANEO CENTRALE

La descrizione matematica del campo magnetico terrestre misurato al suolo e, mediante i satelliti artificiali, nello spazio circostante alla Terra, espressa in forma di sviluppo in armoniche sferiche, fornisce un mezzo per giungere alla individuazione del campo principale. Come è noto, i vari termini della serie di armoniche sferiche descrivono configurazioni del campo magnetico la cui lunghezza d'onda l è inversamente proporzionale al grado e all'ordine dell'armonica sferica corrispondente. Lo spettro di energia presenta una netta variazione di pendenza all'incirca in corrispondenza del grado $n = 13$ (CAIN, 1975; REGAN e CAIN, 1975); ciò fa pensare che per n inferiore a 13, cioè $l > 3000$ km, prevalga il campo avente origine nel nucleo terrestre, per n superiore prevalga il campo crostale, mentre nell'intorno di $n = 13$ vi sia sovrapposizione più o meno equilibrata dei due tipi di campo. Con ciò si può affermare che l'IGRF terza edizione, adottato dalla I.A.G.A. nel 1981 (PEDDIE, 1981), che si estende fino a $n = m = 10$, è privo di componenti crostali, ma probabilmente non descrive *tutto* il campo principale tralasciando le componenti con $l < 4000$ km; sia per questa ragione, sia per le limitazioni intrinseche alla rappresentazione di un fenomeno fisico molto complesso mediante una forma matematica, esso può localmente essere inadeguato a descrivere gli effetti del campo principale.

Su scala locale si può cercare di sostituire lo sviluppo in armoniche sferiche, come del resto si è fatto quasi sempre in passato, con altre forme matematiche costruite con i dati del campo magnetico terrestre osservati in loco, purché queste siano tali da eliminare o da attenuare in misura sufficiente le lunghezze d'onda proprie del campo di origine crostale. La forma più comunemente usata è un polinomio di grado n nelle coordinate φ (latitudine) e λ (longitudine), con n scelto in funzione delle

dimensioni della regione in esame in modo da soddisfare il più possibile la suddetta condizione.

Per il Mediterraneo, in un'area di circa 3.10^6 km² compresa tra 1° E - 26° E Gr. 31° N - 44° N (comprendente quindi l'Italia centro-meridionale) è stato costruito mediante il metodo dei minimi quadrati un polinomio di 2° grado in φ e λ utilizzando i dati della intensità totale ridotti al 1965.0 (MORELLI, 1970, FINETTI e MORELLI, 1973, CORRADO et al., 1977):

$$F = 43464.9 + 371.749 (\varphi - 37.5^\circ) + 73.7205 \\ (\lambda - 13^\circ) - 0.72918 (\varphi - 37.5^\circ)^2 + \quad [1] \\ + 0.61900 (\varphi - 37.5^\circ) (\lambda - 13^\circ) + 1.96429 (\lambda - 13^\circ)^2$$

Per la sua espressione un polinomio di 2° grado, rappresentando con archi di parabola i profili di latitudine e longitudine, media o attenua fortemente le lunghezze d'onda inferiori alle dimensioni lineari della regione in esame, cioè nel nostro caso inferiori a 2000 km circa. Ad un risultato poco diverso conduce l'applicazione del concetto di « grado equivalente » (BULLARD, 1967): con i suoi 5 coefficienti dei termini variabili in φ e λ il polinomio equivale, come dettaglio descritto nell'area a cui esso si riferisce, a uno sviluppo in armoniche sferiche esteso fino al grado e ordine 29, cioè con una lunghezza d'onda minima di 1400 km. Essendo inoltre costruito mediante valori di F misurati nell'area mediterranea, il polinomio [1] comprende certamente tutti gli effetti del campo principale in tale area. La [1] può pertanto essere considerata come rappresentativa del campo principale nel Mediterraneo centrale al 1965.5, a meno di eventuali residui crostali dovuti a due possibili cause: *a*) influenza di qualche valore particolarmente anomalo sul computo del polinomio; *b*) esistenza nell'area studiata di anomalie crostali di lunghezza d'onda uguale o superiore a 1500 km circa.

3. CAMPO DI ANOMALIA NEL MEDITERRANEO CENTRALE

Dalla differenza tra il campo osservato e il campo descritto dalla [1] si ottiene il campo di anomalia (fig. 1); esso risulta costituito da anomalie con lunghezza d'onda inferiore a 400 km.

Sono stati studiati numerosi profili magnetici di F (FINETTI e MORELLI, 1973) orientati in direzione NS ed estesi 700 - 1200 km, relativi alla regione italiana, includendo la Sardegna (CASSANO et al., 1979) e la Corsica (COMPAGNIE GÉNÉRALE DE GÉOPHYSIQUE, 1966). Si riportano in fig. 2 i profili 12°E e 15.5°E. Dopo l'eliminazione del campo [1] sono stati desunti gli spettri di potenza relativi alle anomalie con $l > 10$ km. In fig. 3 si riportano gli spettri relativi ai due profili.

Dagli spettri ottenuti per vari profili nell'area suddetta risulta che le energie sono concentrate in vari intervalli (fig. 4) che portano a distinguere tre gruppi di anomalie:

- a) anomalie a breve lunghezza d'onda, cioè inferiore a 35 km;
- b) anomalie a media lunghezza d'onda, compresa fra 50 e 130 km;
- c) anomalie a grande lunghezza d'onda, cioè superiore a 170 km.

Queste anomalie possono essere separate mediante filtraggio con taglio a 40 e 160 km.

Le anomalie a breve lunghezza d'onda, ossia « locali », trovano immediata spiegazione nella geologia di superficie, per cui si nota, ad es., la stretta corrispondenza di esse con corpi lavici del vulcanismo plioquaternario, con vulcani marini e con strutture di tipo oceanico del fondo della piana batiale del Tirreno.

Le anomalie a media lunghezza d'onda trovano anch'esse una sufficientemente ben definita collocazione geologica in strutture di più ampia estensione, come ad esempio, nel basamento igneo del vulcanesimo napoletano, in fenomeni intrusivi infrasedimentari della fascia centro-adriatica.

Le anomalie a grande lunghezza d'onda sono l'espressione dei più profondi livelli magnetizzati, e a noi sembra giusto limitare ad esse il nome di « campo regionale ». Nella fig. 5 appaiono, in basso, le due uniche anomalie regionali riscontrate nella zona esaminata; una di esse attraversa il medio Adriatico, l'altra lo Ionio occidentale. Noi proponiamo appunto di chiamare « regionale » il campo che rappresenta la componente del campo secondario a maggiore lunghezza d'onda, cioè compresa tra 170 e 300 - 400



Fig. 1 - Carta delle anomalie magnetiche della intensità totale F nell'area tirrenica con riferimento al campo principale al 1965.5.
 Equidistanza delle isolinee: 100 nT; ——— valori positivi, - - - - - valori negativi, ······ isolinea di + 50 nT, ·-·-·-· isolinea di - 50 nT.

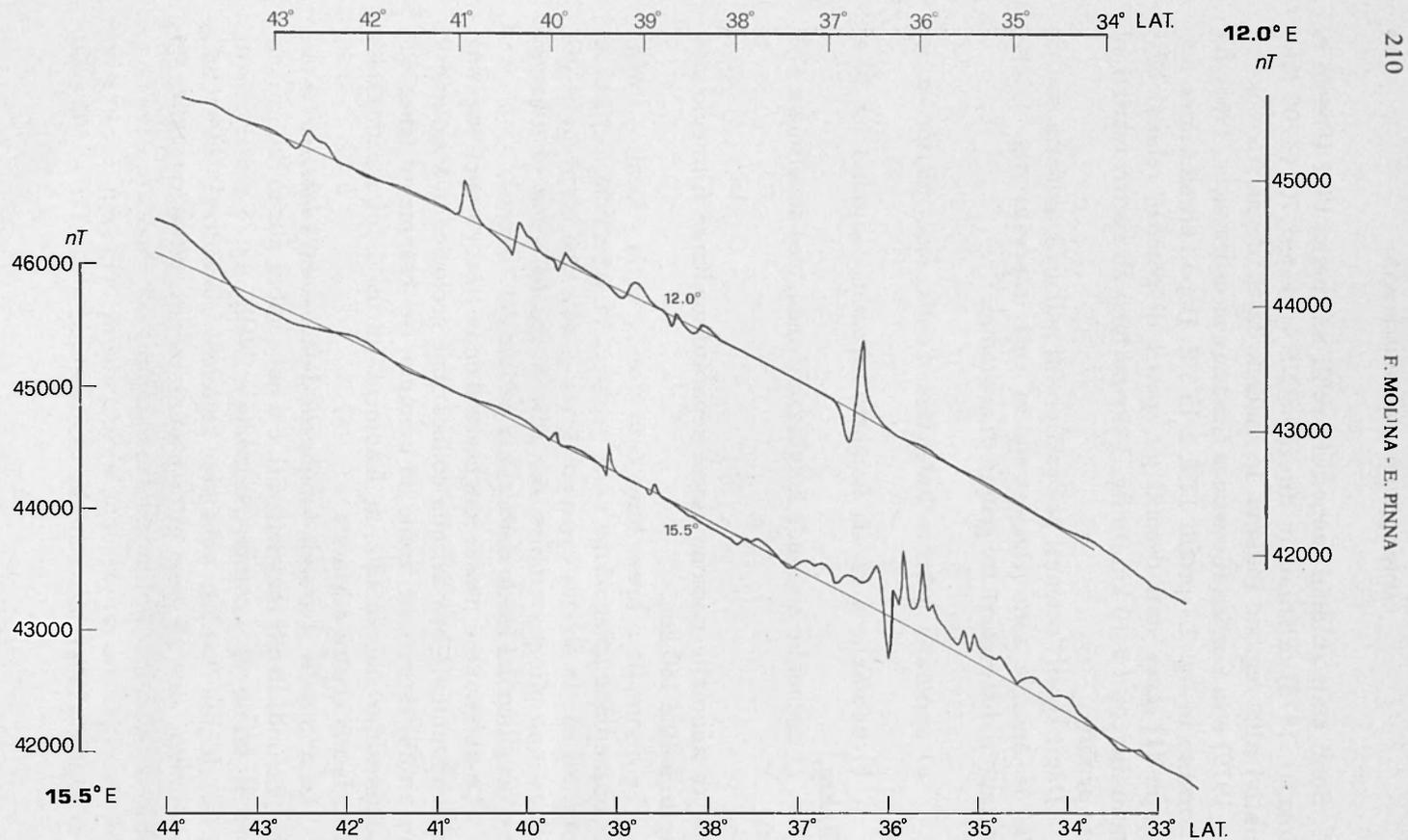


Fig. 2 - Profili in direzione NS per l'intensità totale F a 12°E e 15.5°E.

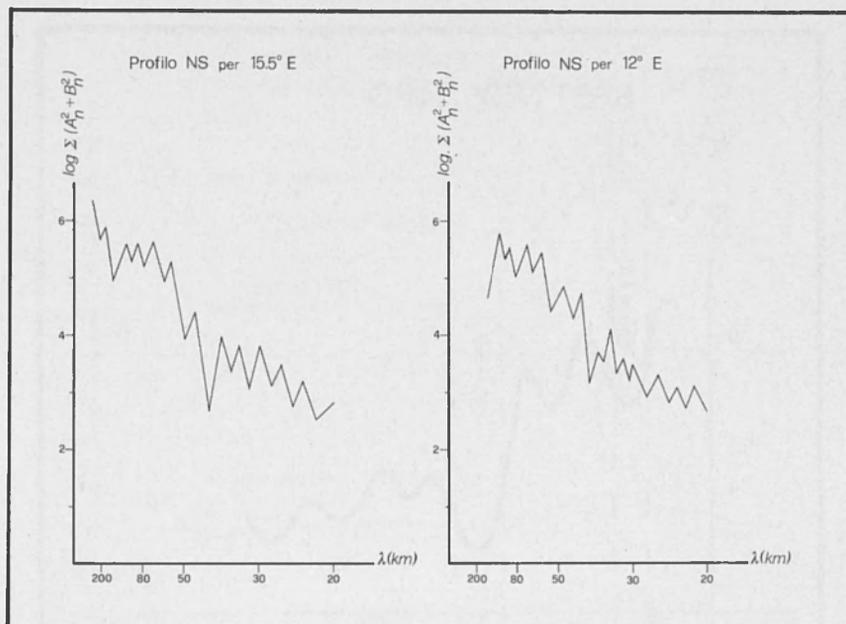


Fig. 3 - Spettri di potenza dell'intensità totale F nei due profili di Fig. 2. λ = lunghezza d'onda.

km. Esso va distinto nettamente dal campo principale, come pure è bene sia distinto dal campo che possiamo chiamare « residuo », che ha componenti a lunghezza d'onda minore e ha sede nella parte superiore della crosta. Nell'area considerata i campi regionale e residuo risultano chiaramente separati a causa della mancanza di componenti di lunghezza d'onda compresa tra 130 e 170 km. Per di più il campo regionale sembra assente o trascurabile in alcune aree del Mediterraneo, come ad esempio lungo il profilo 12°.

In definitiva il campo regionale rappresenta le caratteristiche a larga scala del campo di anomalia, originate principalmente da variazioni laterali di composizione delle rocce medio-crostaie, con conseguenti importanti mutamenti di magnetizzazione (indotta o residua) dei minerali ferrimagnetici presenti. Tale strato magnetizzato è presente normalmente tra i 10 e i 20 km di profondità e il

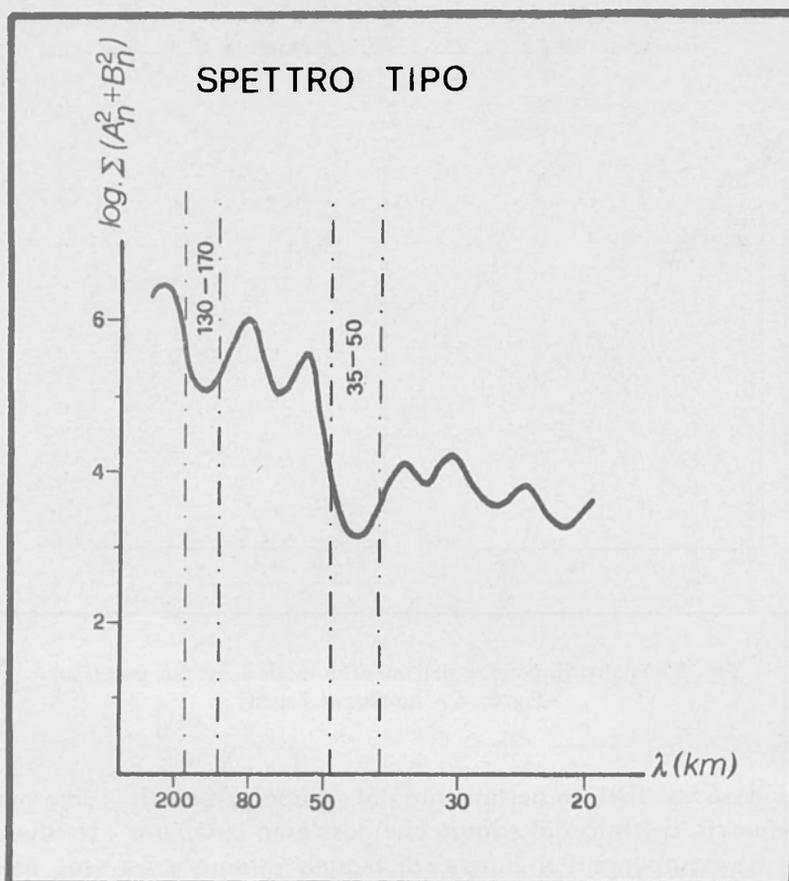


Fig. 4 - Spettro tipo di vari profili della intensità totale F nel Mediterraneo centrale. λ = lunghezza d'onda.

suo limite inferiore è rappresentato dal livello della isoterma di Curie dei minerali della serie delle titanomagnetiti. Si ricorda a questo proposito che la componente a maggiore lunghezza d'onda è stata posta da vari Autori in relazione proprio con la morfologia della superficie della isoterma di Curie (BHATTACHARYYA e LEU, 1975,

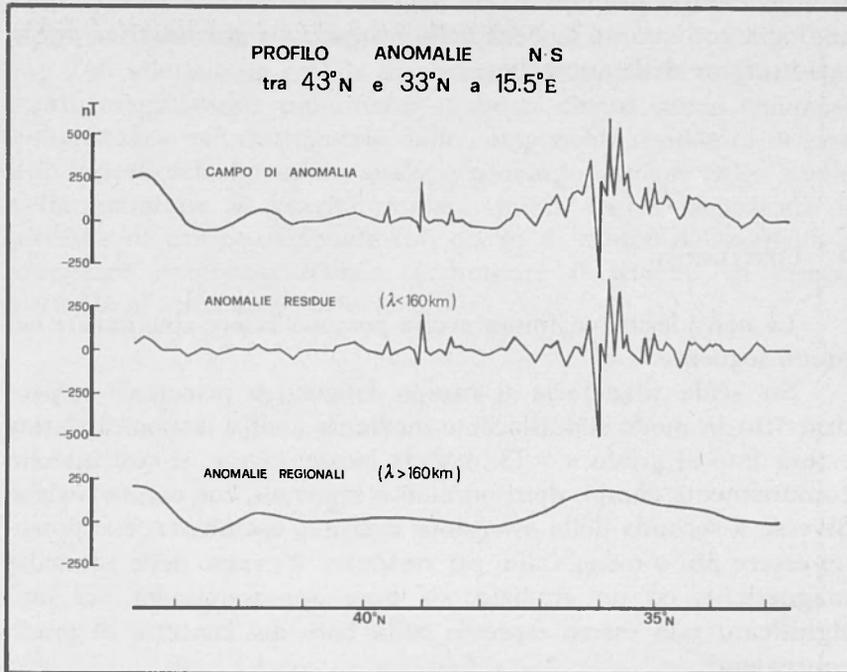


Fig. 5 - Anomalie osservate e anomalie filtrate lungo il profilo a 15.5°E.

SHUEY et al., 1977, HAGGERTY, 1978, CORRADO et al., 1979, GASPARINI et al., 1979) in particolare nelle aree di elevato flusso termico.

Da quanto sopra esposto risulta che in una regione di dimensioni minori o dell'ordine della lunghezza d'onda di un'anomalia regionale questa si presenta sotto forma di una variazione regolare in funzione delle coordinate geografiche che, sovrapposta al campo principale, ha l'effetto di modificarne i gradienti spaziali. In generale il campo *medio* in una tale regione è con buona approssimazione la somma vettoriale del campo principale e del campo di anomalia regionale e può essere espresso mediante un polinomio di 2° grado; è appunto a tale espressione che molto spesso è stato dato il nome di campo regionale, o anche campo normale. A noi sembra tuttavia opportuno limitare il termine di campo normale

al solo campo principale; ciò del resto sembra essere in stretta analogia con quanto avviene nella prospezione gravimetrica per la residuazione delle anomalie.

4. CONCLUSIONI

Le considerazioni finora svolte possono essere sintetizzate nel modo seguente.

Su scala planetaria il campo magnetico principale appare descritto in modo soddisfacente mediante analisi armonica sferica estesa fino al grado $n = 13$. A scala locale, invece, si costruiscono comunemente campi, detti normali o regionali, con caratteristiche diverse a seconda della estensione dell'area esaminata; essi possono essere più o meno validi per residuare il campo delle anomalie magnetiche, ed un giudizio, sia pure approssimativo, sul loro significato può essere espresso sulla base del concetto di grado equivalente.

È stato da noi ottenuto un campo medio nel bacino del Mediterraneo espresso in forma di polinomio di 2° grado, che nel caso presente, in considerazione della notevole estensione dell'area a cui il campo si riferisce, è ritenuto rappresentativo dal campo principale nel Mediterraneo centrale al 1965.5. Con riferimento a tale campo principale sono stati ottenuti il campo di anomalia del Tirreno e i campi di anomalia lungo vari profili.

L'analisi spettrale del campo di anomalia indica la presenza di effetti a breve, media e grande lunghezza d'onda che traggono origine da sorgenti poste a crescenti profondità. Tecniche di filtraggio consentono con sufficiente accuratezza la separazione delle componenti con diversa origine e quindi rendono possibile l'interpretazione quantitativa di esse.

Le anomalie di maggiore lunghezza d'onda, generalmente trascurate nei rilievi di tipo locale e generalmente mal definite a causa dei margini di incertezza degli attuali campi planetari di riferimento, sono particolarmente interessanti e dovrebbero essere indagate perché danno evidenza di strutture crostali profonde,

delle quali normalmente si hanno scarse e frammentarie informazioni mediante altre tecniche di prospezione.

Tali anomalie a grande lunghezza d'onda, aventi origine negli strati magnetizzati più interni, a buon diritto vanno chiamate « regionali » per distinguerle dalle componenti residue di origine più superficiale, in modo analogo a quanto avviene nello studio delle anomalie di gravità. Appare quindi logico identificare il termine di campo regionale con quello di campo di anomalia a maggiore lunghezza d'onda, e limitare il termine di campo normale al solo campo principale.

BIBLIOGRAFIA

- BHATTACHARYYA B. K., LEU L. K., 1975 - *Analysis of magnetic anomalies over Yellowstone National Park: mapping of Curie point isothermal surface for geothermal reconnaissance.* "Journ. Geophys. Res.", 80, p. 4461.
- BULLARD, E. C., 1967 - *The removal of trend from magnetic surveys.* "Earth Plan. Sci. Lett.", 2, p. 293.
- CAIN, J. C., 1975 - *Structure and secular change of the geomagnetic field.* "Rev. Geoph. Space Phys.", 13, n. 3, p. 203.
- CASSANO, E., MARCELLO, A., NANNINI R., PRETTI S., RANIERI G., SALVADERI R., SALVADORI I., 1979 - *Rilievo aeromagnetico della Sardegna e del mare circostante.* "Boll. Serv. Geol. d'It.", 100, p. 199.
- COMPAGNIE GENERALE DE GÉOPHYSIQUE 1976 - *Carte magnétique de la Corse.*
- CORRADO, G., PINNA, E., RAPOLLA A., 1977 - *The magnetic field of Italy: description and analysis of the new F, Z and H maps between 40°N and 44°N.* "Boll. Geof. Teor. Appl.", 20, 75, p. 140.
- CORRADO G., GASPARINI, P., MANTOVANI, S. M. S., RAPOLLA, A., 1979 - *Depth of Curie temperature computed from aeromagnetic anomalies in South-eastern Minas Gerais, Brazil.* "Rev. Brasileira de Geociencias", 9, p. 33.
- FINETTI, MORELLI, C., 1973 - *Geophysical exploration of the Mediterranean Sea.* "Boll. Geof. Teor. Appl.", 15, 60, p. 263.
- GASPARINI, P., MANTOVANI, S. M. S., CORRADO, G., RAPOLLA, A., 1979 - *Depth of Curie temperature in continental shields: a compositional boundary?* "Nature", 5707, p. 845.
- HAGGERTY, S. F., 1978 - *Mineralogical constraints on Curie isotherms in deep crustal magnetic anomalies.* "Geophys. Res. Lett.", 5, p. 105.
- MORELLI, C., 1970 - *Physiography, gravity and magnetism of Tyrrhenian Sea.* "Boll. Geof. Teor. Appl.", 12, 48, p. 275.
- PEDDIE, N. W., 1981 - *International Geomagnetic Reference Field 1980.* "IAGA News", n. 20, p. 100.
- REGAN, R. D., CAIN, J. C., 1975 - *The use of geomagnetic field models in magnetic surveys.* "Geophys.", 40, n. 4, p. 621.
- SHUEY, R. T., SCHELLINGER, D. K., TRIPP, A. C., ALLEY, L. B., 1977 - *Curie depth determination from aeromagnetic spectra.* "Geoph. Journal Roy. Astr. Soc.", 50, p. 75.