

RISULTATI PRELIMINARI DI UN'INDAGINE GEOELETTRICA NELLA ZONA COSTIERA
NEI DINTORNI DI GESIRA (MOGADISCIO) (1)

BENVENUTI G.

Istituto di Fisica Terrestre e Geodesia dell'Università di Padova

ABDULKADIR S. DORRE

Facoltà di Geologia dell'Università Nazionale Somala

DE FLORENTIIS N.

Istituto di Fisica Terrestre e Geodesia dell'Università di Padova

RAPOLLA A.

Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia dell'Università di Napoli

ABSTRACT

The results of a geoelectrical survey are presented: in particular we have valued the total porosity of a calcarenite existing in the coastal belt around Mogadishu. Moreover we have outlined the top of the sea-water intrusion and advanced some hypotheses about the salinity of shallow waters.

RIASSUNTO

Vengono presentati i risultati di uno studio geoelettrico che ha permesso di valutare la porosità totale di una formazione di scogliera, presente nella fascia litorale nei dintorni di Mogadiscio, oltre che di individuare il tetto dell'intrusione di acqua marina e la salinità delle acque della falda superficiale.

(1) Ricerca effettuata con fondi messi a disposizione del Dipartimento per la Cooperazione allo Sviluppo del Ministero degli Affari Esteri nell'ambito del Programma di Cooperazione Universitaria Italo-Somalo, Programma finalizzato "Acque sotterranee costiere", Facoltà di Geologia U.N.S. - Ist. Geologia Univ. Padova, Responsabile Prof. Antonio Dal Pra; la strumentazione utilizzata è stata resa disponibile dal Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia dell'Università di Napoli.

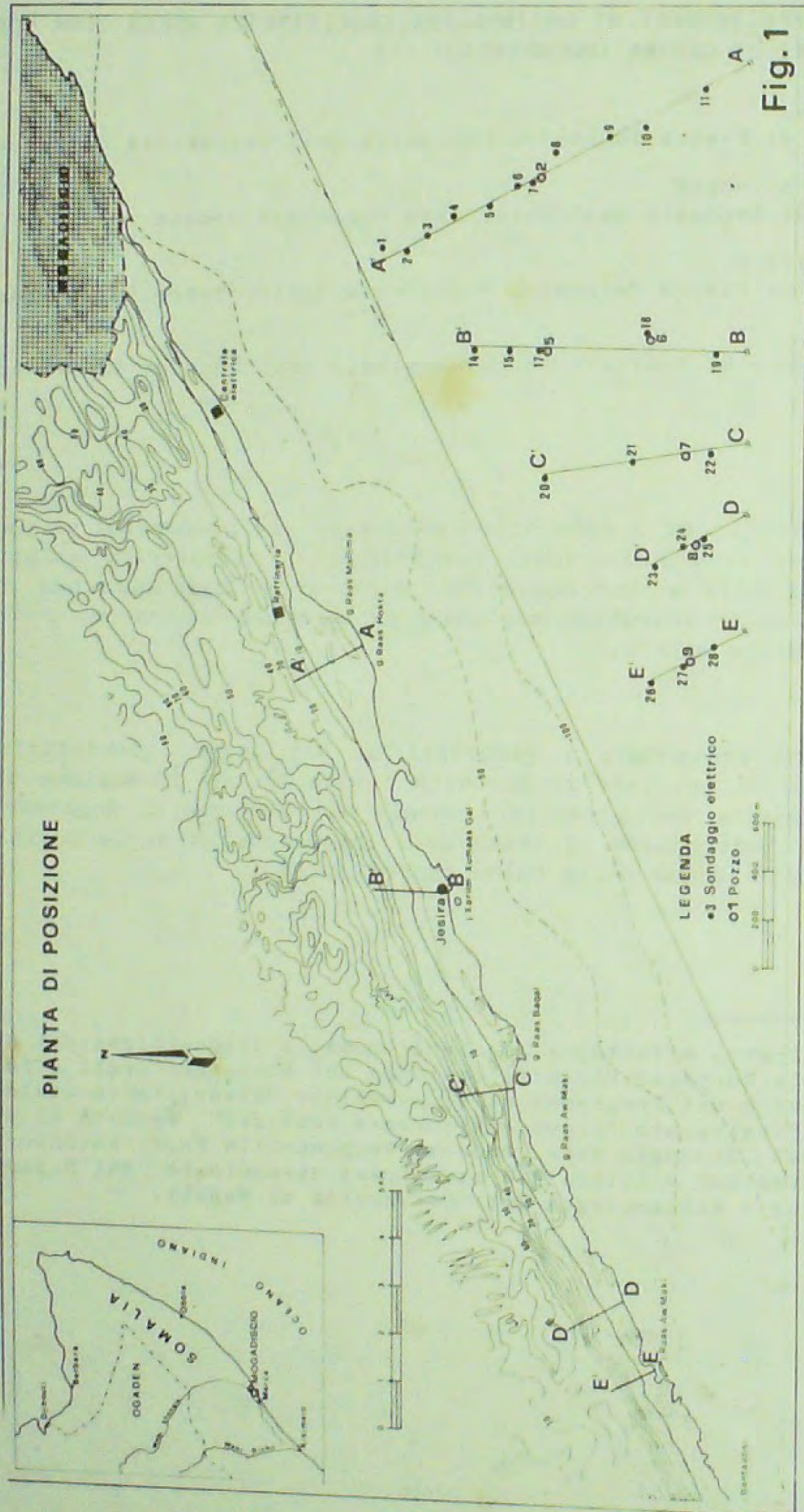


Fig. 1

PREMESSA

Durante la seconda metà del 1983 è stata effettuata una indagine geoelettrica per ricerche idrogeologiche lungo la fascia costiera a sud di Mogadiscio, il cui obiettivo era costituito dallo studio delle relazioni intercorrenti tra la falda superficiale di acqua dolce e la sottostante intrusione di acqua marina. Tale studio si inserisce in un più vasto programma di indagini previste nel Progetto Finalizzato "Idrogeologia della fascia costiera", sviluppato nell'ambito del Dipartimento di Geologia Applicata della Facoltà di Geologia dell'Università Nazionale Somala.

Scopo principale della indagine geoelettrica era quello di definire la geometria dell'acquifero ed in particolare di delineare la morfologia della superficie di separazione acqua dolce-acqua salata. Inoltre si sarebbe dovuto fornire delle valutazioni sulla porosità delle varie formazioni e sul grado di salinità della falda di acqua dolce.

Lo studio è stato realizzato per mezzo di sondaggi elettrici verticali (S.E.V.), utilizzando il dispositivo quadripolare Schlumberger, con stazioni di misura disposte lungo profili grosso modo ortogonali alla linea di costa. Il numero di stazioni costituenti ciascun profilo varia in dipendenza delle differenti condizioni morfologiche e litologiche delle zone attraversate. Nella Fig. 1 è mostrata la localizzazione dell'area investigata e la ubicazione dei sondaggi elettrici effettuati.

Si ritiene utile precisare che in questa nota sono presentati e discussi i risultati preliminari della indagine geoelettrica, ai quali si farà sintetico riferimento in un altro lavoro a carattere specificatamente idrogeologico (DAL PRA' A. et ALII, 1984 in corso di stampa).

Si deve infine far presente che il programma di studio del Progetto Finalizzato prevede per l'indagine geoelettrica un più ampio sviluppo, che sarà attuato durante il 1984 con l'esecuzione di numerosi altri S.E.V. disposti lungo profili ortogonali alla linea di costa, in modo da raggiungere una visione più completa e più significativa, sia pure in un ambito locale del rapporto tra acqua dolce ed acqua salata in una zona a rapido sviluppo urbanistico, nella quale vi è la necessità di soddisfare fabbisogni idrici sempre crescenti.

CENNI GEOLOGICI

L'assetto geologico della fascia costiera entro cui si è svolta l'indagine geofisica è abbastanza semplice, almeno per quanto riguarda le correlazioni tra i caratteri litostratigrafici ed i parametri geofisici che li caratterizzano.

Relativamente fino alla profondità di una cinquantina di metri, che è ampiamente superiore a quella mediamente raggiunta dai sondaggi elettrici, la situazione geologica può essere così schematizzata:

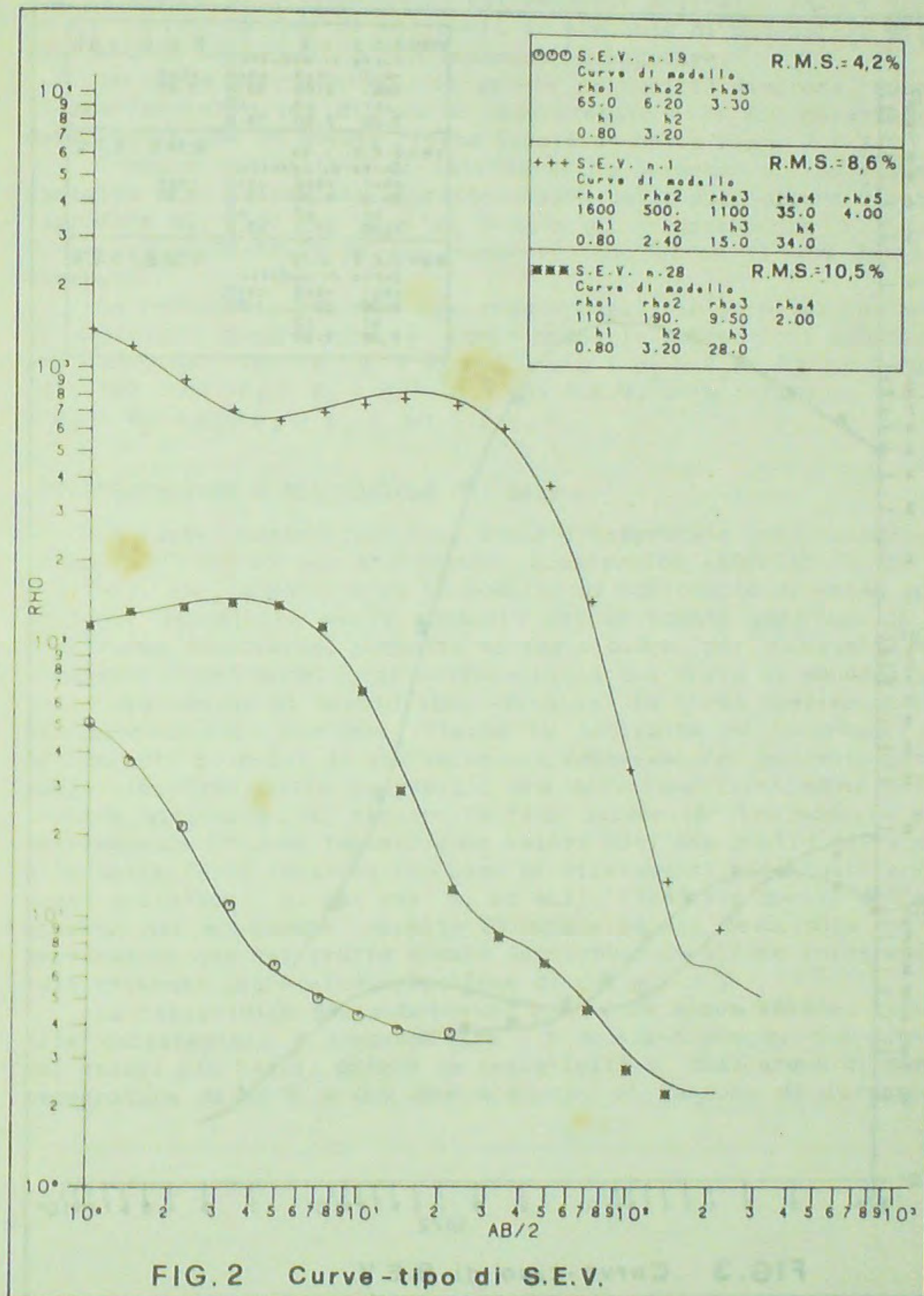
- La maggior parte degli affioramenti è costituita da sabbie eoliche di duna grigie e rossastre: le prime prevalentemente silicee, le seconde prevalentemente calcaree. In via nettamente subordinata si possono trovare piccoli affioramenti di sabbie di spiaggia e di sedimenti di ambiente lagunare.

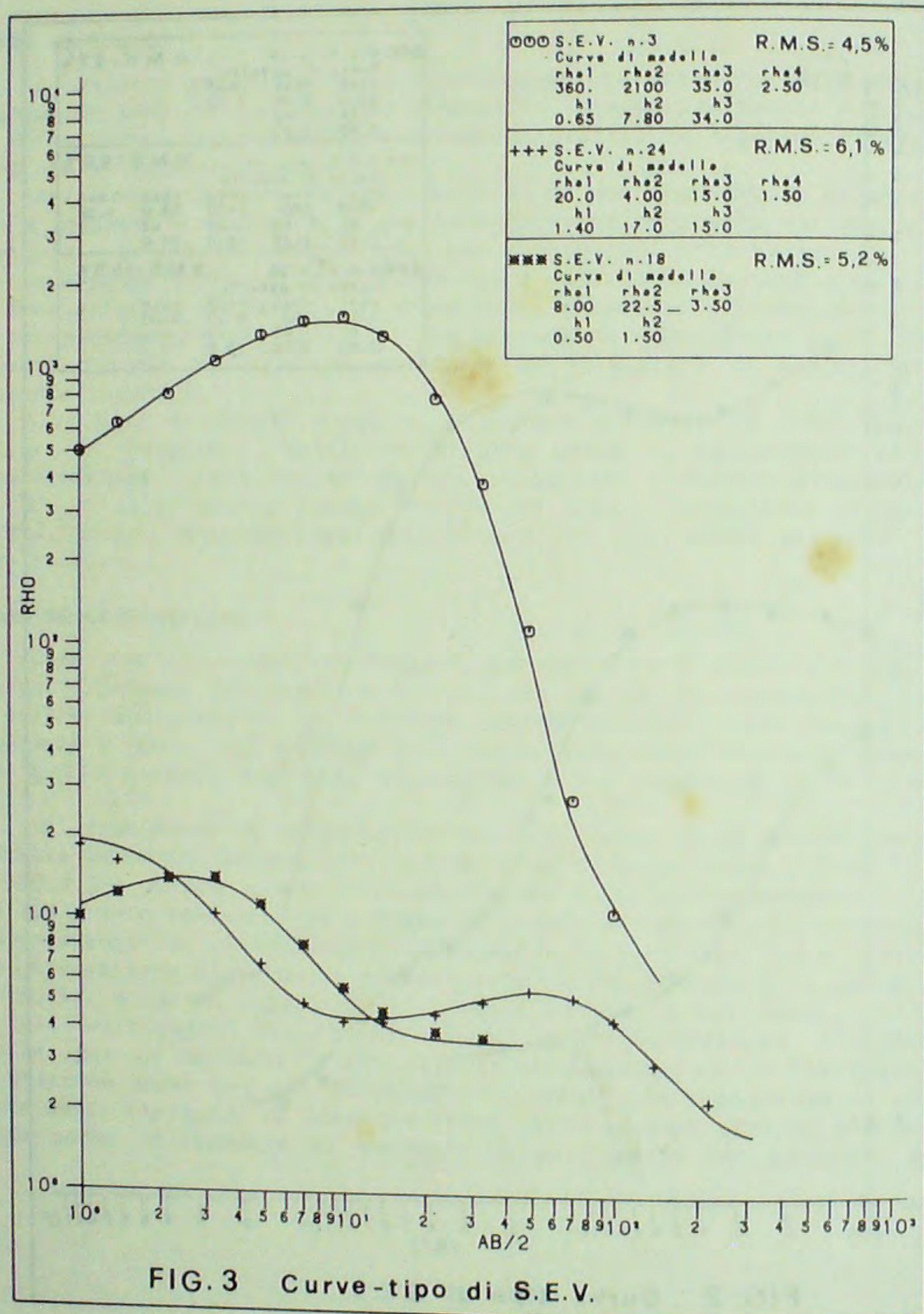
- Alla base di questi depositi è ovunque presente un complesso di calcari di scogliera costituito in gran parte da calcareniti più o meno cementate, oltre che da calcari bioclastici e calcari biocostruiti. E' in quest'ultima formazione che ha sede l'intrusione di acqua salata, la cui individuazione costituisce uno degli scopi dello studio geoelettrico.

INDAGINE GEOELETTRICA

Come già accennato, l'indagine geoelettrica è stata realizzata mediante sondaggi elettrici verticali utilizzando il dispositivo quadrupolare Schlumberger. La distanza interelettrodica (AB) massima ha raggiunto i 200 m nei sondaggi più vicini alla linea di costa, mentre per quelli situati più nell'entroterra AB ha raggiunto anche i 600 m.

La strumentazione in dotazione era costituita da un sistema energizzante composto da una batteria da 12 V e da un convertitore 12 V DC/500 V DC; a questo era collegato in serie un milliamperometro ICE-SGS 219 a zero centrale. Il sistema di misura dei potenziali provocati era costituito da un microvoltmetro Hewlett-Packard tipo 419 A, provvisto di un filtro passa-basso a 3 sec e di un amplificatore a guadagno variabile, e da un registratore a carta Leumann a due canali. L'uso di tale registratore era consigliabile, se non addirittura indispensabile, per le distanze interelettrodiche maggiori ed in certi punti di stazione anche per gli AB più brevi. Infatti le resistenze di contatto degli elettrodi di corrente erano talvolta così elevate che soltanto pochi milliampere di corrente erano immessi nel terreno, per





cui le misure di ΔV risultavano estremamente delicate: valori dell'ordine di qualche decina di microvolt in presenza di potenziali spontanei nel terreno assai ampi e con andamento irregolare.

Le curve sperimentali, in genere di qualità discreta, sono state "normalizzate" prima di essere interpretate e le più caratteristiche sono presentate in questa "forma lisciata" nelle Figg. 2 e 3.

L'esame qualitativo di tali curve ha permesso di individuare una famiglia tipo principale, caratterizzata dalla successione elettrostratigrafica KQ, cioè con $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3 > \rho_4$, comprendente i S.E.V. 2-3-4-11-12-16-20-22-26-28 che rappresentano circa il 40% delle curve ottenute.

Le restanti curve non sono raggruppabili in pochi gruppi omogenei di una certa consistenza, ma comprendono le successioni più disparate che vanno dal tipo K ($\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$) o Q ($\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$) dei S.E.V. 18 e 19, al tipo HK ($\rho_1 > \rho_2 < \rho_3 > \rho_4$) del S.E.V. 24 o infine al tipo HKQ ($\rho_1 > \rho_2 < \rho_3 > \rho_4 > \rho_5$) del S.E.V. 1.

INTERPRETAZIONE E DISCUSSIONE DEI DATI

Le curve sperimentali sono state interpretate utilizzando un programma di calcolo per elaboratore elettronico (KOEFOED O. 1979, pp. 179-185), che, a partire da un modello di sottosuolo di prima approssimazione, desumibile con i consueti metodi basati sull'uso di abachi e di curve ausiliarie, permette di individuare, per successive approssimazioni, quel modello di sottosuolo la cui curva di sondaggio elettrico approssima al meglio (best-fitting) la curva sperimentale. Questo procedimento che non elimina le ambiguità ed incertezze legate ai ben noti principi di equivalenza e soppressione, consente però di scegliere, fra quelle possibili, una soluzione formalmente corretta. Inoltre allo scopo di ridurre la "non univocità" tra modello e curva sperimentale si sono imposti come valori noti sia quello della profondità della falda freatica (in base ai rilevamenti effettuati in alcuni pozzi della zona, v. DAL PRA' A. et ALII, 1984) sia quello della resistività del substrato imbibito di acqua salata deducibile con buona approssimazione dal tratto finale asintotico di alcune curve sperimentali ottenute più vicino alla linea di costa.

La resistività del substrato ρ_f con acqua salata, riferibile alle calcareniti, è compresa tra 1.5 e 3.5-4 ohm.m, con prevalenza dei valori più bassi; poichè la resistività ρ_s dell'acqua di mare alla temperatura di 22°C è 0.2 ohm m circa, il fattore di formazione

$F = \rho_f / \rho_s$ varia tra 7.5 e 20. Utilizzando la nota formula di Archie⁽¹⁾ $F = aS\phi^{-m}$, risulta che la porosità totale varia tra 10 e 20% circa.

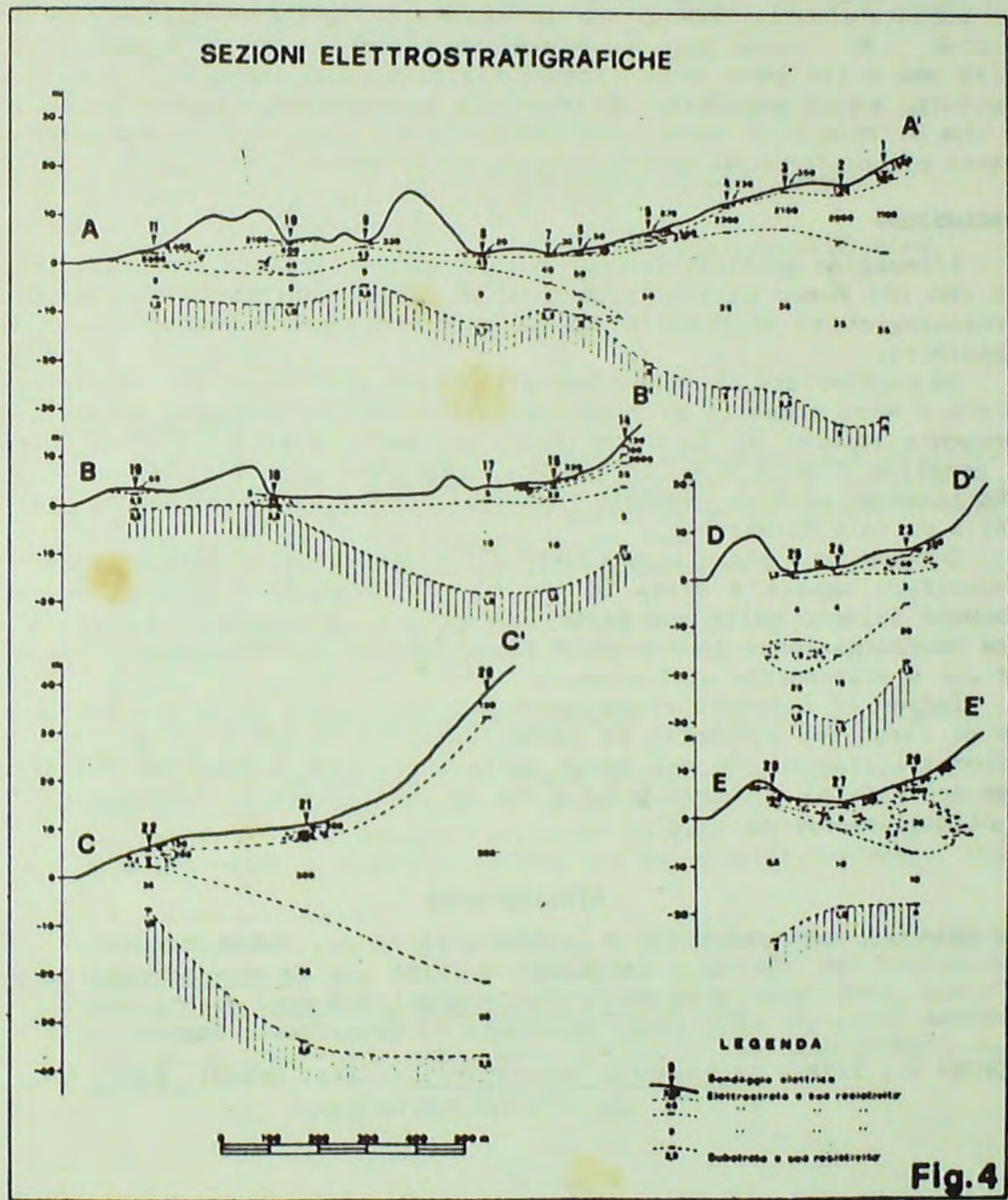
Dalle curve dei S.E.V. 7 e 8, nelle vicinanze del pozzo n° 2, si può desumere una resistività di circa 35-40 ohm m per la formazione arenacea imbibita di acqua dolce; con i valori di porosità prima indicati si ricava un valor medio della resistività della soluzione imbibente compreso tra 1.7 e 4.3 ohm m, che corrisponderebbero ad una salinità compresa tra 3 e 1.2 g/l (in NaCl equivalenti): tali valori sono indicativi di acqua idonea ad usi domestici nei termini più resistivi ed utilizzabile solo per l'abbeverata degli animali nei termini meno resistivi.

Nel nostro modello interpretativo abbiamo assunto il valore di 35 ohm m per caratterizzare l'elettrostrato contenente la falda dolce a meno che non disponessimo di chiare indicazioni contrarie. In particolare si può far riferimento ai S.E.V. 1 e 2, in corrispondenza dei quali l'acquifero non può avere una resistività inferiore ad almeno 500-700 ohm m, che, anche nell'ipotesi di un liquido di imbibizione particolarmente resistivo, è certamente indicativa di una formazione a bassa porosità. Per queste situazioni la porosità totale, supponendo un più elevato grado di cementazione ($m = 2$), dovrebbe essere circa 5%, quindi indicativa di una calcarenite molto compatta.

Infine in corrispondenza dei S.E.V. 16 e 17 (in prossimità del pozzo n° 5), dei S.E.V. 24 e 25 (in prossimità del pozzo n° 8) e del S.E.V. 27 (in prossimità del pozzo n° 9) la resistività dell'acquifero contenente la "falda dolce" è nettamente inferiore a 35 ohm m, presumibilmente intorno a 10 ohm m, per cui anche nella situazione più favorevole il liquido di imbibizione avrebbe valori di resistività compresi tra 0.5 e 1.2 ohm m, indicativi di un contenuto salino variabile tra 10 e 3 g/l (in NaCl equivalenti). I valori di salinità ricavati per via chimica da campioni di acqua prelevati nei pozzi citati sono in buon accordo con quelli deducibili dai valori di resistività (DAL PRA' A. et ALII, 1984).

Nella Fig. 4 sono state rappresentate le sezioni elettrostratigrafiche ricostruite sulla base della interpretazione delle curve sperimentali. Riteniamo che la loro lettura e comprensione è sufficientemen

(1) a ed m sono due coefficienti che dipendono dal tipo e distribuzione dei vuoti oltre che dal grado di cementazione; S è il coefficiente di imbibizione e ϕ la porosità totale: nel nostro caso $a = 1$ $m = 1.3$ ed $S = 1$.



te garantita dalla legenda che vi compare ed ogni commento sarebbe fuoriluogo. E' invece opportuno precisare che talvolta il terreno con resistività 10-12 ohm m (se poco spesso) non è visibile sulle curve di S.E.V. soprattutto se al suo tetto si trova l'elettrostrato a resistività 35-40 ohm m. Perciò in alcuni casi il tetto del substrato conduttore può essere più profondo di quanto compaia sulle sezioni.

CONCLUSIONI

L'indagine geoelettrica per quanto ancora limitata sia nello spazio che nel tempo ha però apportato un valido contributo allo studio idrogeologico in atto nella fascia costiera immediatamente a sud di Mogadiscio.

In particolare all'acquifero principale costituito da calcareniti più o meno compatte si è potuto attribuire una porosità totale più frequente intorno al 10 % con oscillazioni in positivo fino a 20 ed in negativo fino a 5 %. Valori che, sia pure a livello di ipotesi, costituiscono però un elemento importante per valutare la potenzialità idrica di tale formazione.

Inoltre sono state individuate delle situazioni (resistività dell'acquifero uguale a circa 10 ohm m), nelle quali lo stesso sembra imbibito (almeno nella sua parte più superficiale raggiunta dalla nostra investigazione) di una soluzione ad elevata concentrazione salina per cui è scarsamente utilizzabile.

Infine si è potuto ricostruire per una fascia parallela alla costa di larghezza variabile da poche centinaia di metri ad un paio di chilometri l'andamento del tetto della intrusione marina che sta alla base della falda di acqua dolce e che ne costituisce il limite verticale di utilizzazione.

BIBLIOGRAFIA

- DAL PRA' A., DE FLORENTIIS N., HUSSEN SALAD M., MUMIN MOHAMED G., & OSMAN ABDULLAHI I., 1980 - Studio idrogeologico della falda costiera nei dintorni di Mogadiscio. (in corso di stampa su Quad. Geol. Somala).
- KOEFOD P., 1979 - Geosounding principles, 1. Els. Scient. Publ. Co., V, 1979, pp. 179-185, Amsterdam.