

LUCIA BRAVETTI & GIOVANNI PRANZINI (\*)

## L'EVOLUZIONE QUATERNARIA DELLA PIANURA DI GROSSETO (TOSCANA): PRIMA INTERPRETAZIONE DEI DATI DEL SOTTOSUOLO (\*\*)

ABSTRACT: BRAVETTI L. & PRANZINI G., *Quaternary evolution of the Grosseto plain: preliminary interpretation of subsurface data* (IT ISSN 0084-8948, 1987).

The sedimentary evolution of the Grosseto plain during the Pleistocene/Holocene is schematically outlined using subsurface data collected for a hydrogeologic study.

During the Upper Pleistocene fluvial and aeolian sediments were deposited, which now crop out in low terraces along the borders of the plain (gravel and sand: **q**), and in the southern-central part of the plain (gravelly alluvium: **acg**).

During the last glacial interval, when the sea level dropped about 100 metres below its present level, the Ombrone and Bruna rivers cut two valleys in the Pleistocene deposits, on the opposite sides of the plain. These valleys became inlets during the Versilian transgression and were later filled by the sediments supplied by the rivers.

The filling of the inlets took place for the most part in historic times. Because the Ombrone River carries more solid material than the Bruna River does, the southern inlet was filled more rapidly. During Roman times the north-western part of the plain was still a lagoon, and became a marsh during the Middle Ages (favoring the spread of malaria in the process), which would still be there if the land had not been reclaimed.

The interpretation we are presenting is confirmed by the faunal analysis of the samples recovered during the drilling of eight water wells. The data show that the recent sediments underlying the land fill were deposited under predominantly swampy and lagoonal conditions. Fluvial episodes, more frequent in the lower part of the sections, were probably due to cataglacial conditions.

The sands of the coastal dunes, whose innermost ridge is related to a tombolo that is probably Etruscan in age, continue inland under the land fill for 2-3 km, and reach the thickness of 30 m. This indicates that the formation of a beach ridge certainly predates the cultivation of large areas in the Bruna and Ombrone drainage basins, that had formerly been woodlands. The deforestation of these areas resulted in increased land erosion and transportation of solid material in streams, mostly the Ombrone, which is responsible for the prograding of the beach ridges and the Ombrone delta into the sea.

RIASSUNTO: BRAVETTI L. & PRANZINI G., *L'evoluzione quaternaria della pianura di Grosseto: prima interpretazione dei dati di sottosuolo* (IT ISSN 0084-8948, 1987).

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze.

(\*\*) Lavoro eseguito con i fondi 40% del M.P.I. (Progetto: *Genesi ed evoluzione geomorfologica delle pianure dell'Italia peninsulare ed insulare*). Gli Autori ringraziano i proff. CARLO BARTOLINI, GIOVANNI FERRARI e RENZO MAZZANTI per i preziosi consigli e le proficue discussioni, ALESSANDRO BOSSIO e GIANFRANCO SALVATORINI per il decisivo aiuto nell'interpretazione delle microfaune.

L'evoluzione sedimentaria della pianura grossetana nel Pleistocene superiore e nell'Olocene è schematicamente ricostruita sulla base dei dati di sottosuolo ottenuti nel corso di uno studio idrogeologico.

Le alluvioni ghiaioso-sabbiose che affiorano nella parte centro-settentrionale della pianura sono interpretate come il residuo della erosione glacioeustatica su sedimenti del Pleistocene superiore; le valli scavate dai fiumi Ombrone e Bruna sui due lati della pianura sarebbero state trasformate in rias dalla trasgressione versiliana e poi riempite dagli apporti dei due fiumi.

La ricostruzione è in accordo con l'ambiente di sedimentazione dei depositi più recenti, riconosciuto mediante lo studio delle faune di alcuni campioni di pozzo.

TERMINI CHIAVE: Stratigrafia; Paleogeografia; Quaternario; pianura; Toscana.

### INTRODUZIONE

Nella pianura di Grosseto è stato eseguito uno studio idrogeologico con l'obiettivo principale di analizzare la potenzialità idrica delle falde sotterranee, il loro stato di sfruttamento e l'intrusione di acqua salata.

Per l'individuazione e la delimitazione degli strati acquiferi sono state raccolte 153 litostratigrafie di pozzi perforati e 61 sondaggi elettrici di una campagna eseguita per conto del Comune di Grosseto.

Inoltre, si è potuta seguire la perforazione di 8 pozzi per acqua e sono stati raccolti i campioni di perforazione per farne l'analisi paleontologica.

Sono state quindi ottenute informazioni sul sottosuolo della pianura di Grosseto, del quale si conosceva ben poco, come messo in evidenza da MAZZANTI nel suo completo studio sul Quaternario della fascia costiera e dell'arcipelago della Toscana (MAZZANTI, 1983). È soprattutto per questa scarsa conoscenza che si è ritenuto opportuno estrarre dallo studio idrogeologico i dati utili per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo, anche se, come vedremo, questi non consentono una definizione cronologica precisa.

## LA GEOLOGIA DI SUPERFICIE

La pianura costiera di Grosseto si estende per circa 350 km<sup>2</sup> e corrisponde ai tratti inferiori dei fiumi Bruna e Ombrone. Ad Ovest è limitata dalle alture di Castiglione della Pescaia, Tirli e Vetulonia, costituite quasi esclusivamente dalle arenarie del Macigno, a Nord-Est dai rilievi di Mon-

tepesicali, formati dal Calcare Cavernoso e dal Verrucano, ad Est e Sud-Est dalle colline di Grosseto e Rispeccia, anch'esse di Macigno, ed infine, a Sud, dai Monti dell'Uccellina, composti essenzialmente dalla successione carbonatica mesozoica della Serie Toscana.

Nella fig. 1 tutte le formazioni prequaternarie, che non interessano ai fini del presente studio, sono state raggrup-

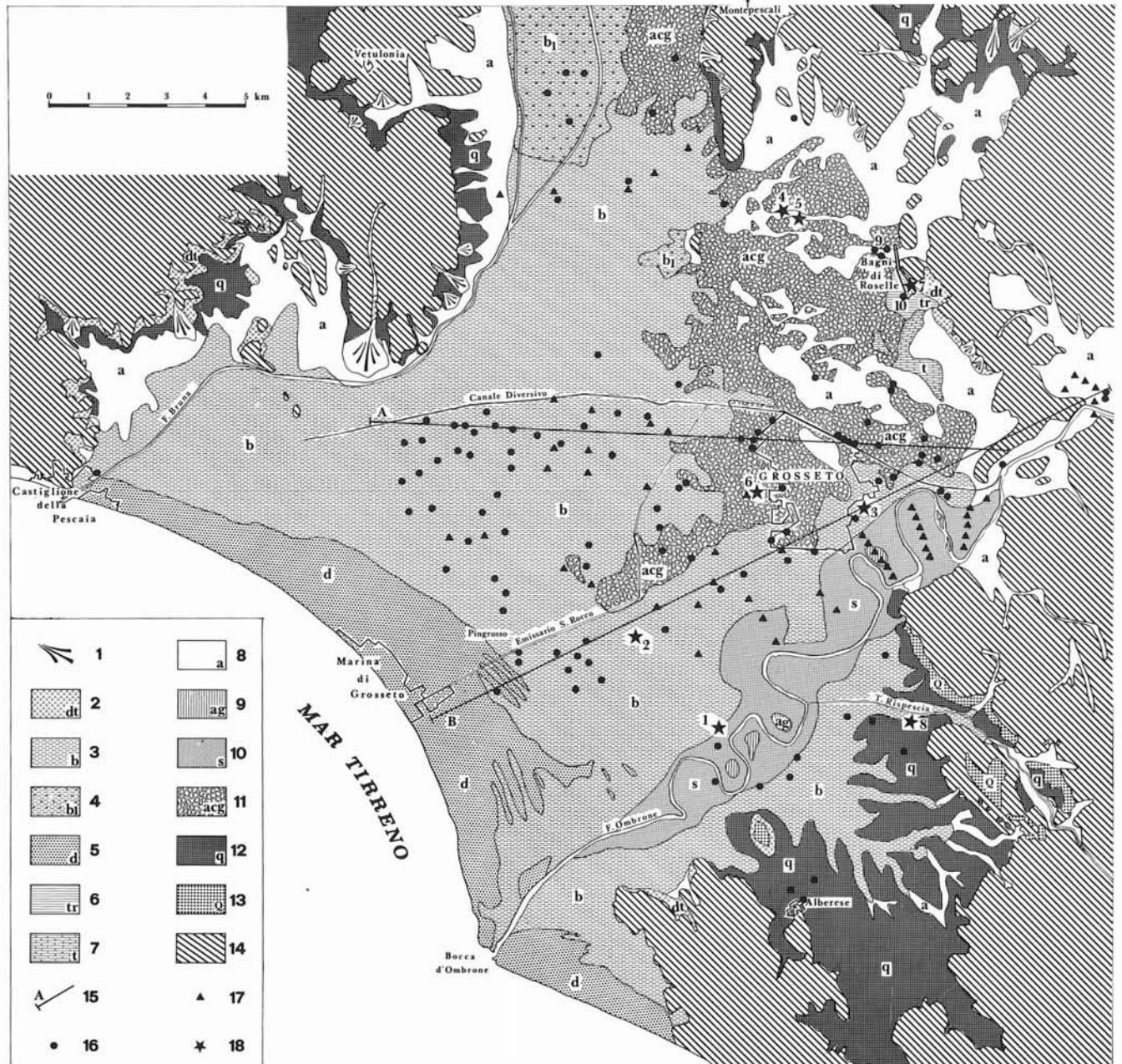


FIG. 1 - Carta geologica della pianura di Grosseto, ripresa e semplificata dalla Carta Geologica d'Italia, fogli 128 (Grosseto) e 135 (Orbetello): 1) conoidi di deiezione; 2) detrito di falda e di frana (dt); 3) terreni di bonifica sabbioso-limoso-argillosi (b); 4) terreni di bonifica sabbioso-gliaiosi (b<sub>1</sub>); 5) sabbie di duna costiere e del litorale (d); 6) travertini recenti (tr); 7) sedimenti terroso-travertinosi (t); 8) sedimenti alluvionali ed eluviali attuali e recenti (a); 9) idem, prevalentemente argillosi (ag); 10) idem, prevalentemente limoso-sabbiosi (s); 11) idem, prevalentemente ghiaioso-sabbiosi (acg), questi ultimi in realtà sono probabilmente del Pleistocene sup.; 12) ghiaie e sabbie terrazzate ai margini della pianura, probabilmente del Pleistocene sup. (q); 13) conglomerati sciolti o debolmente cementati, poligenici, dei terrazzi alti della valle del T. Rispeccia, forse del Pleistocene medio (Q); 14) rocce prequaternarie, prevalentemente del Macigno, del Calcare Cavernoso e del «Verrucano»; 15) traccia delle sezioni litologiche (fig. 2); 16) pozzi con litostratigrafia; 17) sondaggi elettrici; 18) pozzi campionati per l'analisi paleontologica.

pate in un'unica simbologia grafica.

Nell'area non affiorano sedimenti neoautoctoni del Miocene o del Pliocene.

I depositi quaternari sono distinti, nel foglio 128 della Carta Geologica d'Italia (CASELLA & *alii*, 1969) in:

— Conglomerati sciolti o debolmente cementati, dei terrazzi alti dell'entroterra, in genere poligenici (**Q**).

— Ghiaie e sabbie con diffusa colorazione rossastra, terrazzate ai margini della pianura (**q**).

— Sabbie cementate di duna antica (**da**).

— Travertini recenti (**tr**); sedimenti terroso-travertinosi in margine ai precedenti (**t**).

— Sabbie sciolte del litorale, delle dune costiere e dell'area deltizia (**d**).

— Sedimenti alluvionali ed eluviali attuali e recenti (**a**), nei quali sono distinti quelli più argillosi (**ag**), quelli più sabbiosi (**s**) e quelli in cui prevalgono le ghiaie e le sabbie (**acg**).

— Terreni di bonifica, in cui quelli più grossolani di apporto fluviale diretto (**b<sub>1</sub>**) sono distinti da quelli prevalentemente limoso-argillosi, con livelli di torba (**b**).

— Detriti (**dt**).

Solo i conglomerati poligenici **Q** sono considerati del Quaternario antico, tutti gli altri del Quaternario recente ed attuale.

Neanche le Note Illustrative del foglio 128 della Carta Geologica d'Italia (MOTTA, 1969) dicono molto di più sull'età dei sedimenti quaternari, salvo che le ghiaie e le sabbie **q** sono più antiche dei sedimenti attuali per il fatto che sono terrazzate.

I conglomerati poligenici **Q** si trovano nella valle del Torrente Rispecchia, in terrazzi posti fra 50 e 100 m di quota, hanno fori di litodomi alla base e sono riferibili ad una fase regressiva. Secondo MAZZANTI (1983) sono forse da ricollegare ai conglomerati di Bolgheri e sarebbero in tal caso del Pleistocene medio.

Nello stesso lavoro MAZZANTI si pone il problema di «quanto del Quaternario recente appartenga al Pleistocene superiore».

Le ghiaie e sabbie terrazzate **q** si trovano abbastanza diffusamente ai margini della pianura, fino a quote di poco superiori a 50 m verso il mare, fino ad oltre 100 m nelle vallecole più interne. Questi sedimenti, che derivano per lo più del disfacimento del Macigno, si presentano generalmente come sabbie arrossate; per MAZZANTI (1983) sono molto simili alle sabbie di Donoratico, attribuite al Pleistocene superiore. Le ghiaie e sabbie sono incise da una rete di piccole valli, riempite di alluvioni e con i fianchi interessati da fenomeni colluviali.

Per FERRARI G. (com. verb.) sull'unità **q** ci sono due paleosuoli, uno riferibile probabilmente all'Anaglacia Riss, l'altro, più basso, classificato come Alfisuolo del Gruppo dei Palixeralfs (FERRARI, MAGALDI & RASPI, 1970), sviluppatosi con buona probabilità a partire dalla seconda metà dell'Interglaciale Riss-Würm.

Quest'ultimo tipo di paleosuolo è stato trovato dagli stessi Autori ora citati in un profilo in località Casoni del Terzo, a NW di Roselle, sulle alluvioni sabbioso-ghiaiose **acg**.

Anche queste alluvioni (nelle quali, per inciso, la componente fine è generalmente prevalente) appaiono in alcune zone leggermente rialzate, fino a 3-4 m, rispetto ai depositi alluvionali più fini. Tuttavia esse non risultano terrazzate come le ghiaie e sabbie **q** ed il passaggio alle alluvioni più argillose **a** avviene tramite deboli pendii.

La mancanza di un evidente terrazzamento si può spiegare col fatto che, essendo questi sedimenti nella parte centrale della pianura grossetana, l'alluvionamento olocenico delle vallecole può avere ricoperto gli orli di eventuali terrazzi. Questa ipotesi è in accordo con la distribuzione delle alluvioni **a**, che sembrano intersecare le alluvioni **acg** secondo uno schema di reticolo idrografico, anche se non in maniera così chiara come nel caso delle ghiaie e sabbie **q**.

Un'altra possibilità è che i due diversi tipi di alluvioni, **acg** e **a**, siano variazioni litologiche relative ad un unico evento sedimentario. Per spiegare la piccola differenza di quota osservabile in alcune zone è probabilmente sufficiente fare riferimento alle modalità di sedimentazione in una pianura alluvionale: i depositi grossolani sono lasciati in corrispondenza dei tracciati dei corsi d'acqua e vengono spesso a formare dei cordoni rilevati rispetto alle zone laterali, raggiunte solo dai sedimenti fini di esondazione. Inoltre è possibile che il dislivello originario venga accentuato dalla maggiore costipazione che i limi e le argille subiscono rispetto alle ghiaie.

Alla stessa conclusione era giungo FERRARI G. (com. verb.), che porta anche, a sostegno della contemporaneità di sedimentazione delle alluvioni sabbioso-ghiaiose e di quelle argillose, l'osservazione di una continuità («catena») pedogenetica dei suoli sviluppatasi sulle due unità litologiche.

L'alternativa può essere risolta solo con osservazioni precise sul terreno e con analisi sedimentologiche e pedologiche. Per quanto ci interessa è sufficiente annotare che nella parte centro-settentrionale della pianura ci sono dei depositi alluvionali più antichi di quelli attuali, quasi certamente del Pleistocene sup., i quali possono essere, a loro volta, contemporanei o più recenti delle ghiaie e sabbie **q** dei terrazzi bassi ai margini della pianura.

## IL SOTTOSUOLO

Come già detto, sono state analizzate 153 litostratigrafie di pozzi per acqua (fig. 1). Le informazioni che si ottengono da questi documenti, raccolti da fonti diverse (enti pubblici, ditte di perforazione, privati), sono naturalmente di varia precisione ed attendibilità: alcune sono molto dettagliate nella descrizione dei litotipi incontrati, altre contengono solo la profondità dei livelli acquiferi; nessuna fornisce informazioni sull'età dei sedimenti.

Con queste litostratigrafie e con i risultati di 61 sondaggi geoelettrici è stata fatta una ricostruzione del sottosuolo, con diverso dettaglio nelle diverse zone a causa della distribuzione non uniforme dei punti di controllo. Le maggiori informazioni riguardano l'area di Grosseto ed i suoi dintorni.

Al centro della pianura lo spessore dei sedimenti incoerenti è in alcuni punti di almeno 170 m e comunque

non inferiore a 90. Le rocce del substrato sono state raggiunte solo ai margini della pianura.

Nel sottosuolo si trovano litotipi diversi: limi e argille, localmente con torba, limi sabbiosi, ghiaie pulite e ghiaie con limo, sabbie, sia pulite che con matrice argillosa.

Nelle aree di bonifica prevalgono nettamente i sedimenti fini, almeno nei primi 30-40 metri di profondità.

Le ghiaie sono più frequenti nell'area di Grosseto, cioè nella zona in cui l'Ombrone sbocca nella pianura. Da quest'area le ghiaie sembrano approfondirsi sia verso il mare che verso Ovest, mentre diminuiscono di frequenza e di spessore. È quindi evidente che la maggior parte di queste ghiaie, spesso acquifere perché prive di matrice fine, sono state deposte dall'Ombrone stesso.

La distribuzione delle ghiaie alle diverse profondità sembra anche indicare che l'Ombrone si è spostato nell'attuale posizione, al margine sud-orientale della pianura, a partire da una posizione centrale.

Un dato particolarmente interessante per ricostruire l'evoluzione sedimentaria della pianura emerge dalle descrizioni dei pozzaioli relative ai sedimenti incontrati nelle perforazioni: nelle zone della bonifica, nella parte occidentale della pianura e a Sud-Ovest di Grosseto, nonché lungo l'attuale percorso dell'Ombrone, i materiali vengono generalmente descritti come argille o ghiaie di colore grigio; nei pozzi scavati nell'area a Nord di Grosseto ricorrono invece litotipi di colore rossastro o marroncino.

Ad esempio, presso Roselle, per il pozzo n. 9 (fig. 1), scavato nelle alluvioni sabbioso-ghiaiose **acg**, viene riportata la seguente litostratigrafia.

- 0 - 5 m terreno;
- 5 - 7     argilla gialla con «cecino» (concrezioni carbonatiche);

- 7 - 15 m argilla gialla con ciottoli rossicci;
- 15 - 30   «terreno» di argilla e sabbia (paleosuolo?);
- 30 - 34   ciottoli rossastri con acqua.

Degli 8 pozzi di cui è stato possibile studiare i campioni, i nn. 1, 2 e 3, scavati nei depositi di colmata, a SW di Grosseto e presso la città, presentano per tutto lo spessore (rispettivamente 60, 34 e 20 m) materiali grigi o grigio-azzurri, dall'aspetto fresco. I campioni dei pozzi situati ai margini della pianura (nn. 4, 5, 7 e 8) e immediatamente ad Ovest di Grosseto (n. 6), scavati nelle alluvioni **acg** e nelle ghiaie e sabbie **q**, sono invece di colore bruno o rossastro, cioè con evidente ossidazione. I campioni di argilla rossastra hanno in genere dei noduli calcarei, a volte anche delle concrezioni limonitiche e manganesifere.

Questi dati di sottosuolo sono in accordo con la presenza di sedimenti non recentissimi sia ai margini della pianura che nell'area compresa fra Grosseto, Roselle ed i rilievi di Montepescali; in pratica l'area di affioramento delle ghiaie e sabbie **q** e delle alluvioni **acg**. Nel contempo i dati dei pozzi sembrano indicare che al di sotto dei depositi di colmata si trovano sedimenti «freschi» e quindi più recenti di quelli sopra detti. In alcune zone questi sedimenti più recenti si trovano per diverse decine di metri, quindi ben al di sotto dello spessore presumibile dei depositi di colmata.

Se osserviamo il prolungamento delle alluvioni sabbioso-ghiaiose **acg** a SW di Grosseto (fig. 1), possiamo forse interpretare anche la presenza a Pingrosso, circa 3 km a NE di Marina di Grosseto, di «un minuscolo affioramento di arenarie dunali, ben cementate ed includenti qualche Gasteropodo e parecchi frustoli legnosi, che appare nei pressi dell'idrovora di Pingrosso» (MOTTA, 1969), conside-

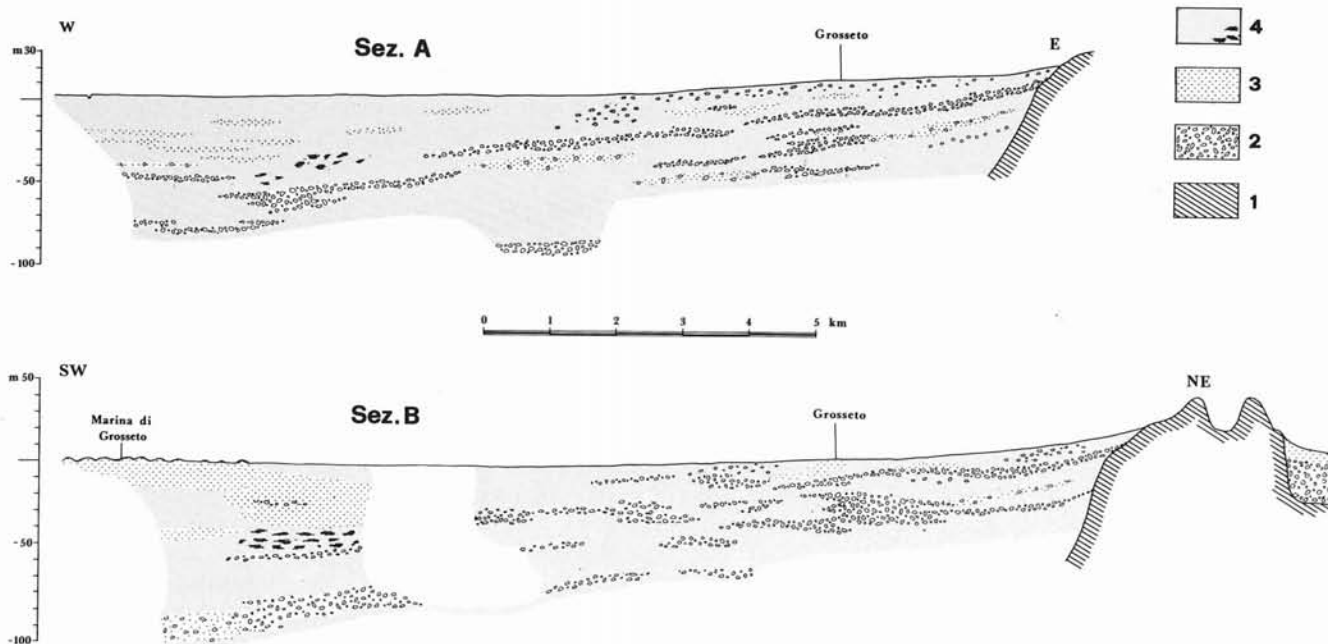


FIG. 2 - Sezioni litologiche: 1) substrato roccioso prequaternario (per il tracciato vedi fig. 1); 2) ghiaie; 3) sabbie; 4) limi ed argille, localmente con torba.

rato relativamente antico nella Carta Geologica d'Italia, tanto da metterlo insieme all'unità **q** nella legenda.

Questa specie di «panchina» si trova sul prolungamento dell'affioramento delle alluvioni **acg** e potrebbe indicare che i terreni meno recenti si spingono verso il mare in una specie di promontorio, parzialmente ricoperto dai depositi di colmata e dalle sabbie dei tomboli.

Le sabbie delle dune attuali, che affiorano in una fascia esterna larga fino a 4 km, proseguono al di sotto dei depositi di colmata, ma non arrivano oltre 5-6 km dalla linea di costa attuale (fig. 2). Sotto le sabbie, che hanno uno spessore massimo di 30 metri, troviamo prima delle argille lignitifere e poi due livelli di ghiaie, separati da limi argillosi.

Un pozzo scavato nei travertini di Roselle (n. 10), in località Roselline, ci fornisce indicazioni sul loro spessore, il che può essere interessante al di là del significato ai fini dell'interpretazione stratigrafica della pianura. Ecco la successione:

- 0 - 2 m suolo scuro;
- 2 - 5 m travertino bianco;
- 5 - 11 m suolo torboso;

- 11 - 14 m travertino bianco;
- 14 - 22 m argilla grigia;
- 22 - 24 m ghiaia grigia con acqua;
- 24 - 28 m argilla grigia.

L'alternanza di travertini e di argilla corrisponde probabilmente ad una successione di fasi climatiche piuttosto che ad una intermittenza nella emergenza di acque ricche di carbonato di calcio nell'area termale di Roselle.

### ANALISI PALEONTOLOGICA DEI CAMPIONI DEI POZZI

Sono stati studiati i campioni di 8 pozzi per acqua, raccolti durante l'escavazione col metodo a percussione.

I campioni di 5 pozzi (nn. 4, 5, 6, 7 e 8, profondi rispettivamente 83,5 m, 35,2 m, 11 m e 10,6 m, vedi fig. 1) sono risultati sterili, se si eccettuano dei foraminiferi chiaramente rimaneggiati, provenienti dai depositi pliocenici dell'entroterra.

Degli altri 3 pozzi riportiamo in fig. 3 la colonna litologica, con indicazione dei campioni fossiliferi.

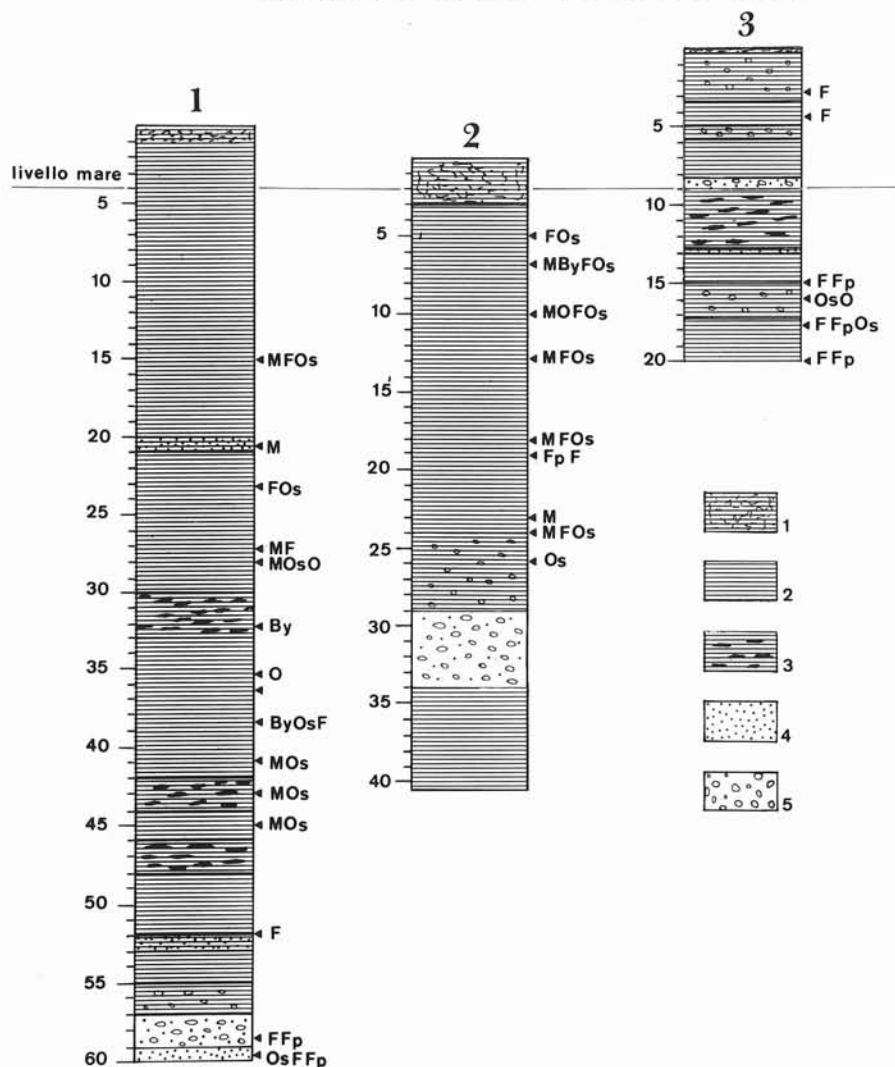


FIG. 3 - Colonne litologiche dei tre pozzi con campioni fossiliferi: 1) terreno agrario, prevalentemente limoso-argilloso; 2) limi ed argille; 3) limi ed argille con torba; 4) sabbie; 5) ghiaie. I triangolini indicano la posizione dei campioni fossiliferi e le lettere il loro contenuto: M) Lamellibranchi e Gasteropodi; By) opercoli di *Bythinia*; F) Foraminiferi bentonici; Fp) Foraminiferi planctonici; Os) Ostracodi; O) oogoni di Characee.

Non stiamo qui a fare una dettagliata descrizione dei campioni, né ad elencare le specie determinate per ciascuno di essi; tanto più che queste sono indicative solo di ambiente di deposizione ma non di età.

Innanzitutto occorre dire che i Foraminiferi planctonici e la maggior parte di quelli bentonici sono da considerare rimaneggiati. Questo anche nei campioni dove è stata trovata una abbondanza di individui. Prendiamo ad esempio i campioni prelevati a 59 m e a 60 m nel pozzo 1 (località Le Colonne): vi sono state determinate le seguenti specie.

Foraminiferi bentonici: *Ammonia beccarii*, *Amphycorina scalaris*, *Asterigerinata planorbis*, *Brizalina dilatata*, *B. spathulata*, *Bolivina punctata*, *Bulimina fusiformis*, *Cassidulina neocarina*, *Cibicides lobatus*, *Cibicidoides pseudoungarianus*, *Dentalina leguminiformis*, *Elphidium* sp., *Fissurina quadricostulata*, *Florilus boneanus*, *Gyroidinoides* sp., *Heterolepa bellincionii*, *Marginulina* sp., *Martinottiella communis*, *Melonis* sp., *Planulina ariminensis*, *P. marialana*, *Præglobobulimina affinis*, *Stilostomella monilis*, *Siphonina reticulata*, *Trifarina bradyi*, *Uvigerina peregrina*.

Foraminiferi planctonici: *Globigerina bulloides*, *G.* sp., *Globigerinoides sacculifer*, *G.* sp., *Globorotalia acostaensis*, *G. margaritae*, *G. puncticulata*, *G. scitula*, *Orbulina suturalis*.

Ostracodi di acqua dolce.

Il rimaneggiamento risulta sia dalla compresenza di *Globorotalia margaritae* e *G. puncticulata*, fossili guida di due biozone diverse del Pliocene inf., sia dalla coesistenza, fra i bentonici, di taxa batimetricamente non compatibili, sia, infine, dalla presenza di Ostracodi dulciacquicoli.

Forme sicuramente autoctone nei campioni dei pozzi sono gli Ostracodi, presenti prevalentemente con specie di acqua dolce (*Condonia* sp., *Iliocypris gibba*, *Tirrenocitère ruggierii*), ma, in alcuni campioni, con specie di ambiente salmastro (*Cyprideis torosa*, *Loxoconcha elliptica*).

Indicativi di acqua dolce sono anche gli opercoli di *Bythinia* e gli oogoni di Characee.

In accordo con la litologia, che vede sabbie e ghiaie alternarsi con argille grigio-azzurre prevalenti, spesso con torba e frustoli carboniosi, le faune indicano una alternanza di depositi di palude o stagno costiero con altri fluviali; la saltuaria apertura di una comunicazione col mare è testimoniata dagli episodi di acqua salmastra, talora anche a salinità piuttosto elevata, come per il campione di 10 m del pozzo n. 3.

Purtroppo, come detto, le faune non sono indicative di età, per cui, oltre le indicazioni di tipo ambientale, possiamo solo aggiungere che la «freschezza» dei sedimenti è in buon accordo con lo stato di conservazione degli Ostracodi e degli oogoni di Characee.

## EVOLUZIONE SEDIMENTARIA DELLA PIANURA

Riassumiamo, per prima cosa, le indicazioni offerte dalla Geologia di superficie relativamente ai depositi quaternari. I conglomerati poligenici **Q**, di cui rimangono pochi lembi nei terrazzi alti della valle del Torrente Rispecchia, sono certamente i sedimenti quaternari più antichi. Per la loro similitudine (contesto morfologico e grado di alterazione)

con i conglomerati di Bolgheri (MAZZANTI, 1983) potrebbero essere attribuiti al Pleistocene medio.

Le ghiaie e sabbie **q** e le alluvioni sabbioso-ghiaiose **acg** sono più recenti dei conglomerati **Q** ma sicuramente preversiliane.

Data la loro analogia con le Sabbie di Donoratico (MAZZANTI, 1983), le ghiaie e sabbie **q** vanno probabilmente attribuite al Pleistocene sup.; ugualmente le alluvioni **acg** che presentano la stessa pedogenesi (FERRARI, MAGALDI & RASPI, 1970). La circostanza che le alluvioni **acg** non sono terrazzate come le ghiaie e sabbie **q** dipende probabilmente dalla diversa posizione e quota: le prime nella parte centrale della pianura, le seconde sui glacis di raccordo con i rilievi circostanti. Ma non escluderemmo nemmeno la possibilità di una modesta subsidenza della pianura.

Per quanto riguarda il sottosuolo della pianura grossetana, le perforazioni hanno incontrato uno spessore di sedimenti non litificati per almeno un centinaio di metri dalla superficie.

La discontinuità delle stratigrafie e, soprattutto, i pochi pozzi studiati direttamente con campioni di perforazione non consentono una sicura attribuzione dei terreni trovati nel sottosuolo ad unità geologiche in affioramento nella pianura di Grosseto. Non sembra comunque che siano stati trovati sedimenti pliocenici, i quali per altro mancano anche ai margini della pianura.

Nella parte mediana della pianura, fra Grosseto, Roselle ed i rilievi di Montepescali, i sedimenti incoerenti di sottosuolo presentano in genere una ossidazione ed una diagenesi che suggeriscono la loro appartenenza ad un ciclo sedimentario più antico di quelli che si trovano per alcune decine di metri al di sotto dei depositi di colmata della parte occidentale (bacino del Bruna) e al di sotto dei depositi di colmata e delle alluvioni sabbiose dell'Ombrone, nella parte sud-orientale della pianura.

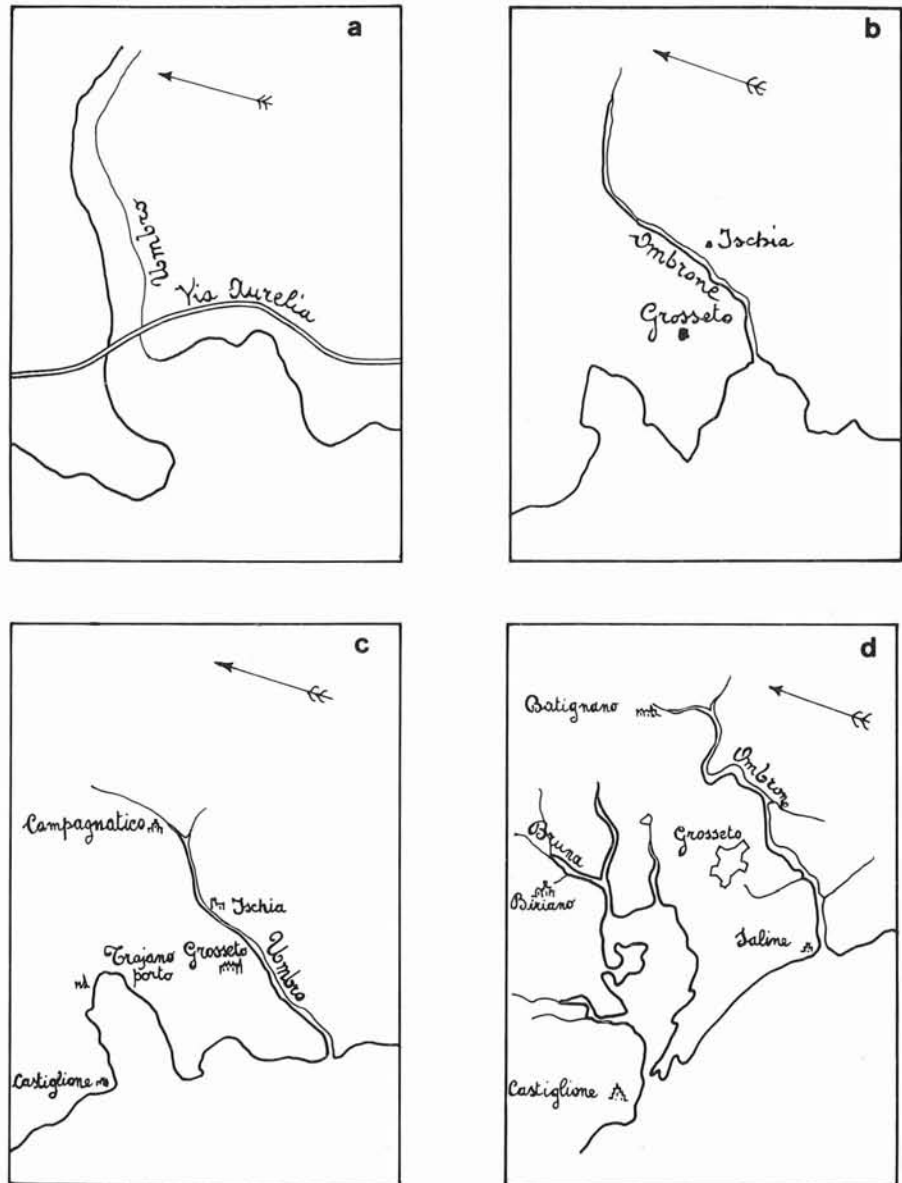
La Geologia di superficie e i dati di sottosuolo suggeriscono la seguente evoluzione geologica del golfo di Grosseto nel Quaternario recente.

L'abbassamento del livello marino nell'ultimo glaciale (livello sceso fino a circa 100 m al di sotto dell'attuale) determinò l'erosione dei sedimenti del Pleistocene sup. I fiumi Ombrone e Bruna scavarono nelle alluvioni **acg** due valli presso i lati della pianura attuale, lasciando in rilievo la parte mediana.

La successiva trasgressione versiliana trasformò le due valli in insenature marine, in seguito colmate dai materiali trasportati dai due fiumi. I dati di sottosuolo non ci consentono una ricostruzione precisa della superficie di erosione glacioeustatica (corrispondente in superficie agli affioramenti di **acg**), soprattutto perché i primi sedimenti postglaciali sono analoghi a quelli del ciclo sedimentario precedente. Infatti il riempimento delle due depressioni avvenne prima, durante il cataglaciale, ad opera di materiali prevalentemente grossolani (i livelli con prevalenza di ghiaie corrispondono probabilmente alle ultime fasi fredde); in seguito, con il miglioramento climatico, prevalsero i sedimenti fini.

Durante la trasgressione versiliana l'alternanza di episodi fluviali con episodi palustri e lagunari, quale risulta

FIG. 4 - Evoluzione del golfo grossetano secondo antiche carte: a) della Mappa Peuntin-geriana (300 E.V.); b) da un codice della Geografia di Tolomeo (1450); c) da un codice della Geografia di Tolomeo (1500); d) dalla carta della Provincia di Siena di O. MALAVOLTI (1573) (da FOSSOMBRONI, 1938).



dallo studio delle faune dei campioni dei pozzi, corrisponde probabilmente a fasi climatiche diverse, ma dipende anche dall'alternare prevalere dell'apporto sedimentario o del tasso di sollevamento del livello marino, nonché, certo in misura minore, dalla subsidenza della pianura.

Il colmamento delle due insenature è un processo completato in epoca storica e protostorica. Si consideri che Vetulonia e Roselle erano due città etrusche marine e possedevano ciascuna un porto situato ai piedi delle colline su cui sorgevano (MORI, 1935). È logico supporre che i due porti non fossero nello stesso golfo, ma in due diverse insenature, appunto i due rias del Bruna e dell'Ombrone.

Questa nostra interpretazione trova forse un sostegno nella fig. 4b, dove si vede appunto una lingua triangolare che divide in due il golfo di Grosseto. Questa prominenzia si spiegherebbe male, come dimostra il MORI (1935), se fosse corrisposta ad una lingua di terra costruita dall'Ombrone, se-

condo l'interpretazione del FOSSOMBRONI (1838); è invece comprensibile se interpretata come la punta della dorsale interposta fra le due valli di escavazione dell'ultimo glaciale.

Le carte successive (figg. 4c e d, 5) mostrano chiaramente il riempimento dell'insenatura meridionale ed il passaggio di quella settentrionale prima a laguna e poi a stagno (1). Questa diversa velocità di riempimento dipende dal maggior trasporto solido dell'Ombrone rispetto al Bruna (2).

(1) L'impaludamento della pianura grossetana e il relativo sviluppo della malaria si è certamente determinato dopo l'epoca romana, forse come conseguenza dell'abbandono delle opere idrauliche, se leggiamo CICERONE, nel *Pro Milone*, che scrive della villa di Clodio situata sopra un'isoletta nel *Lacus Prilius*, l'attuale Badiola al fango, come «villa di delizie».

(2) CAVAZZA (in BARTOLINI & alii, 1976) ha stimato di  $2 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/anno il materiale portato dall'Ombrone e di  $10^5$ , cioè 20 volte inferiore, quello del Bruna.

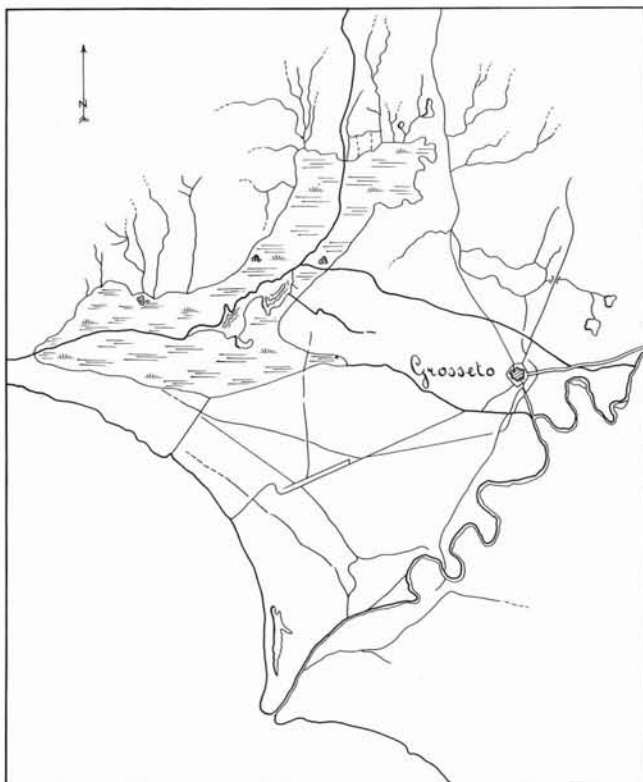


FIG. 5 - Carta geometrica della Toscana, particolare dell'area grossetana (da INGHIRAMI, 1830).

Le modificazioni più recenti della linea di costa sono state oggetto di vari studi (MERCIAI, 1910, 1929; PUCCINI, 1931; MORI, 1935; AIELLO & alii, 1976; BARTOLINI & alii, 1976; CAPUTO & alii, 1976; GANDOLFI & PAGANELLI, 1976; LA MONICA, 1980; BARTOLINI, 1982, 1983; BARTOLINI & PRANZINI, 1985) che hanno evidenziato l'influenza dell'attività umana sull'avanzamento o l'arretramento della linea di riva: attività umana che va dalla preistorica messa a coltura di vaste superfici precedentemente boschive, con conseguente aumento dell'erosione e del trasporto solido dei fiumi, all'utilizzo del materiale trasportato dall'Ombrone per le colmate e all'escavazione di inerti nell'alveo fluviale, che hanno prodotto invece un deficit di alimentazione delle spiagge.

In particolare MORI (1935) studiò i tomboli che, per un numero totale di 17, si sviluppano in destra della bocca dell'Ombrone, a partire dal più interno, attribuito ad epoca etrusca. I dati di sottosuolo mostrano che le sabbie proseguono all'interno per 2 o 3 chilometri, sotto le argille di colmata, e raggiungono uno spessore di 30 metri. Ancora più all'interno le sabbie sono sostituite da sedimenti fini, prevalentemente palustri.

Possiamo quindi dire che in epoca preistorica si formò un cordone litorale, che rimase piuttosto stabile come posizione, crescendo in altezza man mano che il livello marino saliva. Con la trasformazione antropica del paesaggio il trasporto solido dell'Ombrone aumentò consi-

derevolmente e il litorale avanzò decisamente con la serie dei tomboli storici.

Il notevole trasporto solido dell'Ombrone è responsabile del fatto che il fiume è stato capace di raggiungere il cordone litorale, alimentandolo direttamente e spingendolo oltre il suo delta; i fiumi Cornia e Pecora, che sfociano più a Nord nella costa toscana, avevano invece la foce all'interno delle lagune formate da cordoni analoghi a quelli del Grossetano, prima delle recenti bonifiche.

## BIBLIOGRAFIA

- AIELLO E., BARTOLINI C., CAPUTO C., D'ALESSANDRO R., FANUCCI F., FIERRO G., GNACCOLINI M., LA MONICA G.B., LUPIA PALMIERI E., PICAZZO M. & PRANZINI E. (1976) - *Il trasporto litoraneo lungo la costa toscana fra la foce del Fiume Magra e i Monti dell'Uccellina*. Boll. Soc. Geol. Ital., 95, 1975, 1519-1571.
- BARTOLINI C. (1982) - *Studi di Geomorfologia costiera: VII - Dinamica evolutiva del litorale di Castiglione della Pescaia*. Boll. Soc. Geol. Ital., 101, 173-210.
- BARTOLINI C. (1983) - *Riduzione dell'apporto solido dei corsi d'acqua ed erosione dei litorali: il caso di Cecina e quello dell'Ombrone*. Atti 23° Congr. Geogr. Ital., vol. 2, T.3, 91-101.
- BARTOLINI C., CAPUTO C., CAVAZZA F., CEFFA L., CELESTRE P., CORTEMIGLIA G.C., FANUCCI F., FIERRO G., GANDOLFI G., GNACCOLINI M., IMPERIALE G., LA MONICA G.B., LUPIA PALMIERI E., MARONE V., MORDENTI A., MONTANO F., NARDI M., PAGANELLI L., PAOLETTI A., PIACENTINO G.B., PICAZZO M. & PRANZINI E. (1976) - *Area Campione Alto Tirreno*. In: «Ricerche sul regime e la conservazione dei litorali. Rapporto n. 2. Quaderni Ric. Scient., 92, 74 pp.».
- BARTOLINI C. & PRANZINI E. (1985) - *Fan-delta erosion in Southern Tuscany as evaluated from hydrographic surveys of 1883 and late 1970's*. Marine Geology, 62, 181-187.
- CAPUTO C., D'ALESSANDRO L., LA MONICA G.B. & LUPIA PALMIERI E., (1976) - *Ancient and recent changes of the shoreline along the Tuscan coast*. Atti 2° Congr. AIOL., 123-130.
- CASELLA F., DAVICO E., DEL BONO G.L., MARINI M. & MOTTA S. (1969) - *Carta Geologica d'Italia, foglio 128 Grosseto*, 2ª ed., Serv. Geol. Italia.
- FOSSOMBRONI V. (1838) - *Discorso sopra la Maremma iscritto nelle memorie Tartini sul bonificamento*. Firenze.
- FERRARI G., MAGALDI D. & RASPI A. (1970) - *Osservazioni micromorfologiche e sedimentologiche su alcuni paleosuoli dei dintorni di Grosseto*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., 77, 231-259.
- GANDOLFI G. & PAGANELLI L. (1976) - *Il litorale toscano fra Piombino e la foce dell'Ombrone (Area Campione Alto Tirreno). Composizione, provenienza e dispersione delle sabbie*. Boll. Soc. Geol. Ital., 94, 1975, 1811-1832.
- INGHIRAMI L. (1830) - *Carta geometrica della Toscana ricavata dal vero nella proporzione di 1:200 000 e dedicata a S.A.S. Leopoldo II*. Firenze.
- LA MONICA G.B. (1980) - *Il litorale toscano tra Punta Ala e il promontorio di Ansedonia*. Atti 12° Forum Rotary International «L'erosione della costa», Viterbo, 68-83.
- MAZZANTI R. (1983) - *Il punto sul Quaternario della fascia costiera e dell'Arcipelago di Toscana*. Boll. Soc. Geol. Ital., 102, 419-556.
- MERCIAI G. (1910) - *Mutamenti avvenuti nella configurazione del litorale fra Pisa ed Orbetello dal Pliocene in poi*. Ed. Nistri, Pisa, 149 pp.
- MERCIAI G. (1929) - *Sulle condizioni fisiche del litorale etrusco fra Livorno e Civitavecchia*. Studi Etruschi, 3, 347-358.
- MORI A. (1935) - *L'evoluzione della costa grossetana dal Pliocene ad oggi*. Annuario 1932-1935 del Regio Liceo di Grosseto, Grosseto, 61 pp.
- MOTTA S. (1969) - *Note Illustrative della Carta geologica d'Italia, foglio 128, Grosseto*. Serv. Geol. Italia, 78 pp.
- PUCCINI E. (1931) - *Rilevamenti alla scala 1:10.000 nella pianura Grossetana e ricognizioni nell'Agro Romano*. L'Universo, 12, 453-458.