

IL NEOGENE DELL'AREA DELLA MARSILIANA (GROSSETO)

Riassunto

Abstract

1. Introduzione
 2. Cenni sulle conoscenze stratigrafiche dell'area
 3. Stratigrafia
 - 3.1 Preneogene
 - 3.1.1 Argille a Palombini
 - 3.2 Neogene
 - 3.2.1 Conglomerati di Collacchia
 - 3.2.2 Argille grigie con ciottoli
 - 3.2.3 Marne e siltiti con opercoli di Bithynia
 - 3.2.4 Argille maculate grigie e gialle
 - 3.2.5 Conglomerati di Montebamboli
 - 3.2.6 Calcareniti e travertini
 - 3.2.7 Depositi alluvionali recenti e terrazzati
 4. Assetto strutturale
 5. Considerazioni conclusive
- Riferimenti bibliografici

RIASSUNTO

Vengono presentati i risultati di studi di carattere stratigrafico e micropaleontologico eseguiti sulla successione neogenica affiorante nell'area della Marsiliana. Da essi sono emersi elementi che hanno consentito di precisare il succedersi degli eventi stratigrafico-deposizionali e tettonici che hanno interessato quest'area durante il Miocene.

In essa a partire dal Tortoniano superiore si imposta un dominio fluvio-lacustre e successivamente lacustre che in costante regime di subsidenza, durante il Messiniano inferiore, viene sostituito da uno lagunare con acque a debole salinità. L'intensificarsi dell'evaporazione ed il conseguente abbassamento del livello del mare portano alla successiva deposizione di evaporiti.

Un repentino incremento della velocità della subsidenza consente la sostituzione del dominio lagunare con quello marino all'interno del quale si verifica un accumulo di corpi conglomeratici connesso con l'azione concomitante del sollevamento di aree limitrofe e dell'abbassamento del livello del mare.

Dopo l'estinzione del dominio marino ne segue uno lacustre che permarrà fino a che nel Messiniano superiore una inversione dei locali movimenti condurrà all'emersione dell'area con conseguente erosione.

Segue quindi, di nuovo in regime di subsidenza, la sedimentazione in ambiente fluviale di ingenti depositi conglomeratici alla quale

è seguito un sollevamento dell'area avvenuto alla fine del Messiniano.

ABSTRACT

In this paper the results of a stratigraphic and micropaleontological study, related to the neogenic sequence of the Marsiliana basin (Southern Tuscany, central Italy), are described.

From these results it was possible to define the sequence of stratigraphic, depositional and tectonic events, which affected the basin during the Miocene.

Since Upper Tortonian, the sedimentary evolution was characterized by a fluvio-lacustrine and then lacustrine deposition: this occurred during a period of steady subsidence. In Lower Messinian, this kind of sedimentation was replaced by deposition in lagoonal environment, with low salinity water. Successively this lagoon was affected by evaporitic deposition.

A rapid increase of the subsidence rate allowed the replacement of the lagoonal environment with the marine one, also characterized by conglomerate deposition probably related to both neighbouring areas uplifts and to sea level drops.

The marine environment was followed by a new lacustrine setting that affected this area until Upper Messinian, when an uplift produced subaerial erosion.

In subsidence regime large bodies of fluvial conglomerates were deposited. A new uplift started at the end of Messinian.

PAROLE CHIAVE: Stratigrafia, Paleoambiente, Neogene, Toscana

KEY WORDS: Stratigraphy, Paleoenvironment, Neogene, Tuscany

1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro, rivolto allo studio del Neogene dell'area della Marsiliana (zona interessata dal passaggio del profilo sismico CROP 18 che si svilupperà lungo l'allineamento Montescudaio-Ribolla-Sassofortino-Castell'Azzara), ha lo scopo di fornire informazioni sull'evoluzione sedimentaria e tettonica di questo piccolo settore della Toscana Marittima. Tali informazioni potranno rivelarsi utili per l'interpretazione delle strutture profonde che verranno messe in evidenza dalla sismica.

Lo studio consiste di un rilevamento geologico di dettaglio alla scala 1:10.000 con la definizione delle caratteristiche litologiche delle unità neogeniche distinte e dei loro rapporti giaciturali; per quelle pre- e post-neogeniche verranno comunque date informazioni sintetiche. Delle unità litostratigrafiche studiate verranno inoltre

* Dipartimento di Scienze della Terra - Via S.Maria, 53 - 56100 PISA

** Dipartimento di Scienze della Terra - Via delle Cerchia, 3 - 53100 SIENA

forniti i dati derivanti dalle analisi biostratigrafiche e paleoambientali condotte sulla base dei Foraminiferi, del nannoplancton calcareo e degli Ostracodi.

2. CENNI SULLE CONOSCENZE STRATIGRAFICHE DELL'AREA

Fatta eccezione di studi ad ampio respiro eseguiti per la seconda edizione della Carta Geologica d'Italia (BRANDI *et al.*, 1968, 1969) e di quello relativo alla formalizzazione della formazione del Conglomerato di Montebamboli (LAZZAROTTO *et al.*, 1969), nell'area della Marsiliana non sono state condotte altre ricerche.

Per BRANDI *et al.* (1969) la successione neogenica ivi affiorante è la seguente a partire dall'alto :

- Conglomerati di Montebamboli;
- Argille a *Pycnodonta navicularis* (BROCCHI) con sporadici straterelli di gesso nei livelli basali;
- Argille spesso lignitifere, lacustri, con sporadici livelli di sabbie e marne arenacee con *Bithynia*, Congerie ed Ostracodi;
- Conglomerati ad elementi ofiolitici di colore rossastro, sporadici livelli di argille e di marne di ambiente lacustre con opercoli di *Bithynia*.

In precedenza BRANDI *et al.* (1968) avevano considerato la zona in questione come facente parte, durante il Neogene, dell'ampio bacino da loro denominato di Serrazzano-Montebamboli-Casa Marsiliana. In fig. 1 è riportata la successione stratigrafica da cui risulta che la formazione Mg (gessi) a Sud del bacino viene sostituita quasi per intero dal Conglomerato di Montebamboli. Nello stesso lavoro si ricavano anche informazioni sulla giacitura del Conglomerato di Montebamboli risultato discordante sui livelli contenenti strati di gesso proprio nella zona della Marsiliana. Gli Autori descrivono questa formazione come "prevalentemente conglomeratica con

letti arenacei, siltosi, argillosi e presenza di lignite"; riportano le dimensioni massime dei ciottoli (20cm) e segnalano una "diffusa spalmatura superficiale rosso-ematite" sugli stessi. Per quanto riguarda l'ambiente di sedimentazione asseriscono che la "formazione nel suo insieme presenta delle facies marine molto litorali e salmastre alla base, e continentali nella parte alta". L'appartenenza della formazione al Messiniano superiore viene desunta in base alla posizione stratigrafica; infatti "la formazione giace talvolta con evidente discordanza su livelli contenenti strati di gesso (Messiniano) (zona del Castello della Marsiliana, tav. Montioni) ed è sormontata, pure con discordanza, dai sedimenti del Pliocene inferiore".

LAZZAROTTO *et al.* (1969) riportano per la zona del Castello della Marsiliana la seguente successione a partire dall'alto:

- Conglomerato di Montebamboli;
- Argille, arenarie friabili salmastre con all'interno un livello di gesso;
- Argille e marne lacustri;
- Conglomerati lacustri.

Tale lavoro è comunque dedicato al Conglomerato di Montebamboli, la cui sezione-tipo è indicata nella zona di Rio Guardigiano mentre gli affioramenti di Montebamboli e del Castello della Marsiliana concorrono a definire l'area-tipo. Gli Autori distinguono nell'unità un Membro 1 ("Conglomerati con ciottoli a «vernice» rosso-ematite") ed un Membro 2 ("Sabbie argillose, arenarie friabili"). Quest'ultimo "costituisce banchi di forma lenticolare che giacciono intercalati al Membro 1 conglomeratico specialmente nella parte inferiore della formazione". Gli Autori osservano inoltre che il Conglomerato di Montebamboli giace in discordanza sopra "vari livelli della serie lagunare-evaporitica del Miocene superiore" nonché sopra "alcune delle formazioni dei complessi alloctoni". In corrispondenza della zona della Marsiliana, dove i rapporti sono ben

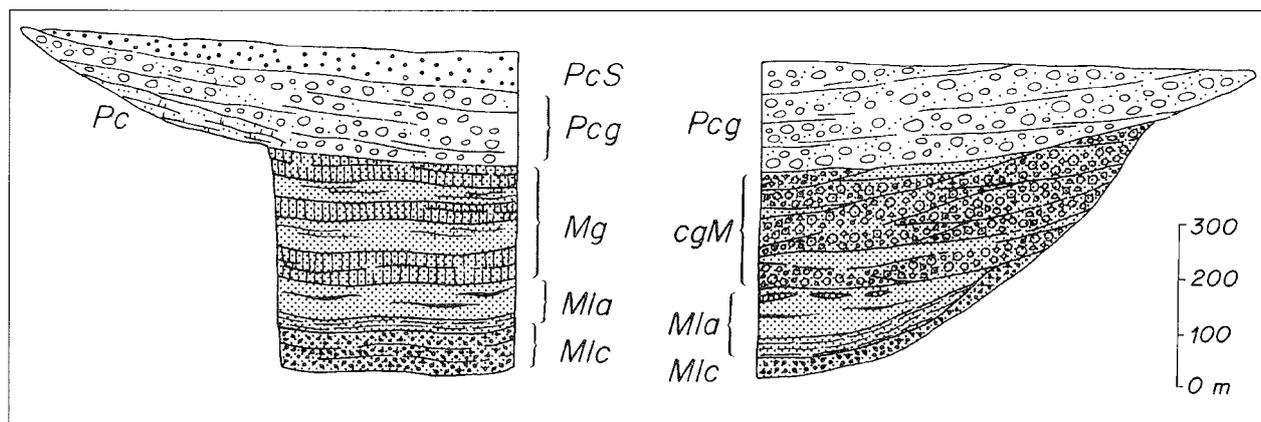


Fig. 1 Serie stratigrafica dei depositi neogenici del Bacino di Serrazzano-Montebamboli-Casa Marsiliana. A sinistra è rappresentata la situazione nella parte nord del bacino, a destra quella della parte sud, dove il Conglomerato di Montebamboli sostituisce quasi per intero la formazione gessifera. In grise i depositi del Miocene superiore, in bianco quelli del Pliocene. Mlc, conglomerati lacustri; Mla, argille lignitifere lacustri, sabbie e marne arenacee con *Bithynia*, lenti di gesso; Mg, gessi; cgM, conglomerati poligenici di Montebamboli; Pc, calcari detritico-organogeni e sabbie con fossili marini; PcG, conglomerati poligenici con lenti di argille con fossili marini; PcS, conglomerati poligenici di Serrazzano. (Da BRANDI *et al.*, 1968 ridisegnata).

visibili, la formazione è segnalata discordante sulle liguridi e sulle "argille lacustri, le argille a *Pycnodonta navicularis* e i livelli di gesso del Miocene sup."

Circa l'ambiente di sedimentazione LAZZAROTTO *et al.* (1969) affermano che "la deposizione del Membro 1 sia avvenuta nelle parti più continentali del sistema deltizio, mentre la deposizione del Membro 2 può essere coincisa con episodi lagunari di più ampia comunicazione con bacini aperti".

Recentemente BOSSIO *et al.* (1993) hanno avanzato l'ipotesi che gli affioramenti del Conglomerato di Montebamboli di Poggio al Chiecco, Poggio Tre Cancelli e Poggio Diaccio al Cambio, poco distanti dalla Marsiliana, possano essere correlati, per la presenza di ciottoli di eurite e porfido granitico, con quelli litologicamente analoghi di Podernuovo nell'area di Pomarance; qui essi giacciono in discordanza sopra alle Argille a *Pycnodonta navicularis* e sopra ai gessi (MAZZANTI, 1966).

3. STRATIGRAFIA

Prima di procedere alla descrizione delle varie unità litostratigrafiche riconosciute in questo settore della Toscana si precisa che solo alcune sono state formalizzate; le altre vengono indicate per il momento con un nome informale, non sempre riferito ad un toponimo, e usato nella maggior parte dei casi per la prima volta. All'inizio della trattazione dei caratteri di ogni formazione vengono elencate le denominazioni con cui questa è stata indicata in precedenti lavori su aree vicine.

A seguito del nuovo rilevamento geologico condotto alla scala 1:10.000 (riportato sinteticamente in fig. 2) è emerso che, a prescindere dai depositi alluvionali recenti e terrazzati, affiorano le seguenti formazioni a partire dall'alto:

t — calcareniti e travertini (Pleistocene?)

McM — Conglomerato di Montebamboli (Turoliano)

Ma — argille maculate grigie e gialle (Turoliano, Messiniano inferiore, Turoliano)

Mm — marne e siltiti con opercoli di *Bithynia* (Turoliano)

Mac — argille grigie con ciottoli (Turoliano)

McC — conglomerati di Collacchia (Turoliano)

Cp — Argille a Palombini (Cretacico inferiore)

3.1 Preneogene

3.1.1 Argille a Palombini

La formazione, che costituisce il substrato dei depositi neogenici, consta di un membro calcareo ed uno arenaceo. Essi hanno in comune le argilliti ed il colore grigio; differiscono invece per avere il primo intercalazioni di calcari silicei, il secondo intercalazioni di arenarie. Questa formazione, non suddivisa in fig. 2, è comunemente riferita al Cretacico inferiore.

3.2 Neogene

3.2.1 Conglomerati di Collacchia (McC)

Sinonimi:

m¹ — Conglomerati incoerenti a scarso cemento argilloso e sabbioso (LAZZAROTTO, 1965);

m1 — Conglomerati lacustri (LAZZAROTTO, 1967);

Mlc (p.p.) — Conglomerati lacustri ad elementi ofiolitici di colore rossastro (BRANDI *et al.*, 1968, 1969).

Il toponimo Collacchia si riferisce ad una località posta 2 km a NW di Ribolla (GR), dove recenti ricerche geologiche (BOSSIO *et al.*, 1993 e COSTANTINI & TERZUOLI, 1994) hanno evidenziato l'esistenza dei migliori affioramenti di questa unità.

I conglomerati di Collacchia affiorano nel settore sud-orientale e, più estesamente, in quello nord-occidentale dell'area della Marsiliana; i migliori affioramenti si rinvencono in corrispondenza del Fosso Trecina dove tuttavia è possibile osservare solo un debole spessore dell'unità a causa della coincidenza della direzione di stratificazione con quella del fosso.

La formazione è costituita da conglomerati e paraconglomerati in genere ben cementati e moderatamente classati, con ciottoli di dimensioni variabili (2-15 cm; ϕ_m 5 cm) immersi in una matrice sabbioso-argillosa. Sia i ciottoli che la matrice presentano per lo più un colore rosso-vinato molto acceso, raramente un colore verde; in alcuni casi i ciottoli mostrano sulla superficie una vernice rosso ruggine metallica; i clasti derivano pressochè esclusivamente dalle formazioni liguri del substrato.

I conglomerati di Collacchia si presentano per lo più "matrix supported" e affatto o poco organizzati (in questo caso i ciottoli appiattiti giacciono per lo più paralleli alla stratificazione). Questi caratteri suggeriscono un accumulo, nella maggior parte dei casi rapido, a seguito di processi di trasporto massivi.

In affioramento lo spessore della formazione è di circa 60 m.

In analogia con conglomerati simili, che costituiscono i primi depositi neoautoctoni di vaste aree della Toscana Marittima, l'unità viene ritenuta di età turoliana e di ambiente fluvio-lacustre.

3.2.2 Argille grigie con ciottoli (Mac)

Sinonimi:

m^{2b} — Argille lacustri (LAZZAROTTO, 1965);

m^{2b} — Argille e argille sabbiose con intercalazioni lenticolari di *straterelli marnosi* (LAZZAROTTO, 1967);

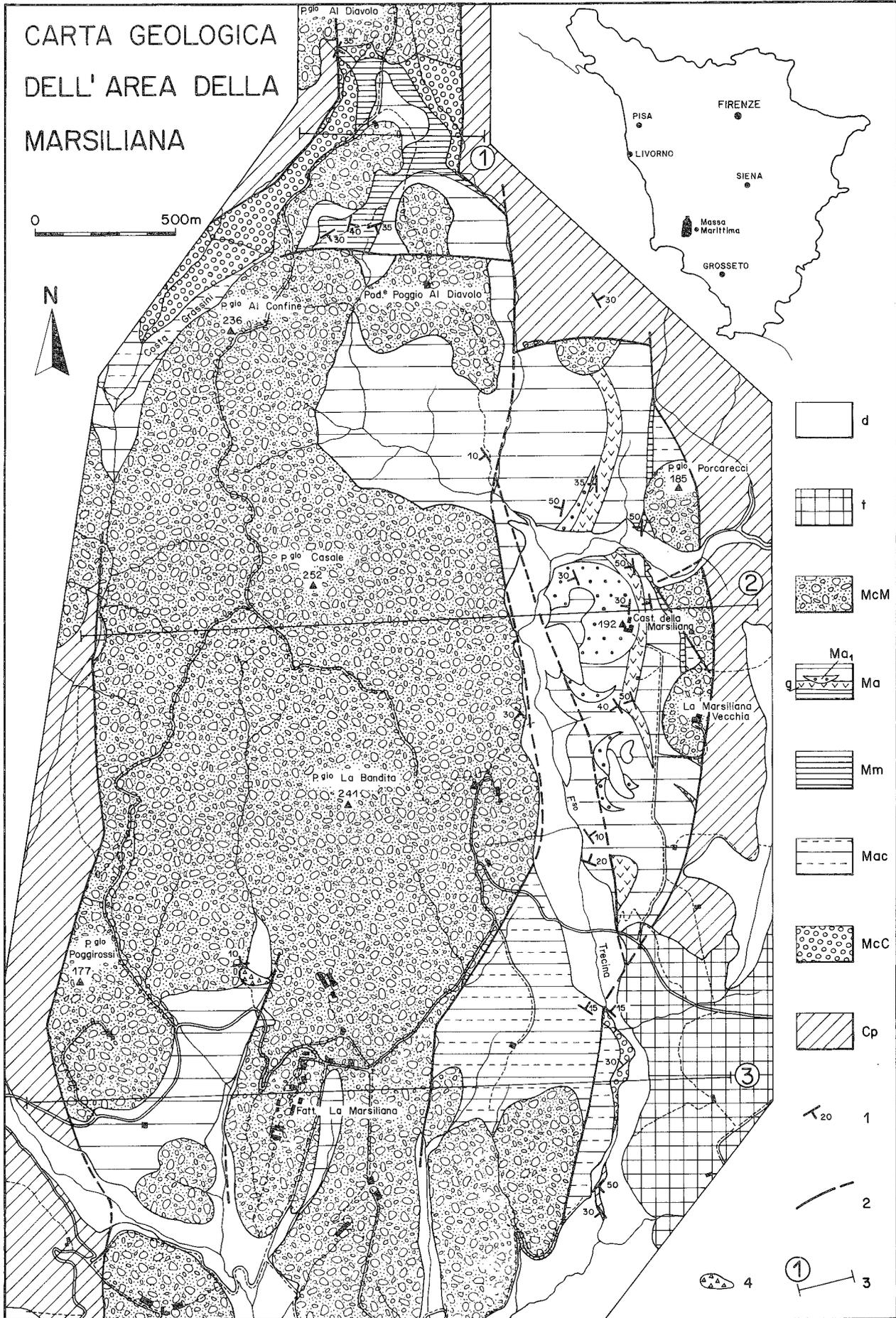
Mla (p.p.) — Argille spesso lignitifere d'ambiente lacustre (BRANDI *et al.*, 1968);

Mla (p.p.) — Argille spesso lignitifere, lacustri (BRANDI *et al.*, 1969).

L'unità, che giace in concordanza sulla formazione

CARTA GEOLOGICA DELL' AREA DELLA MARSILIANA

0 500m



-  d
-  t
-  McM
-  Ma₁
Ma
-  Mm
-  Mac
-  McC
-  Cp
-  1
-  2
-  3
-  4

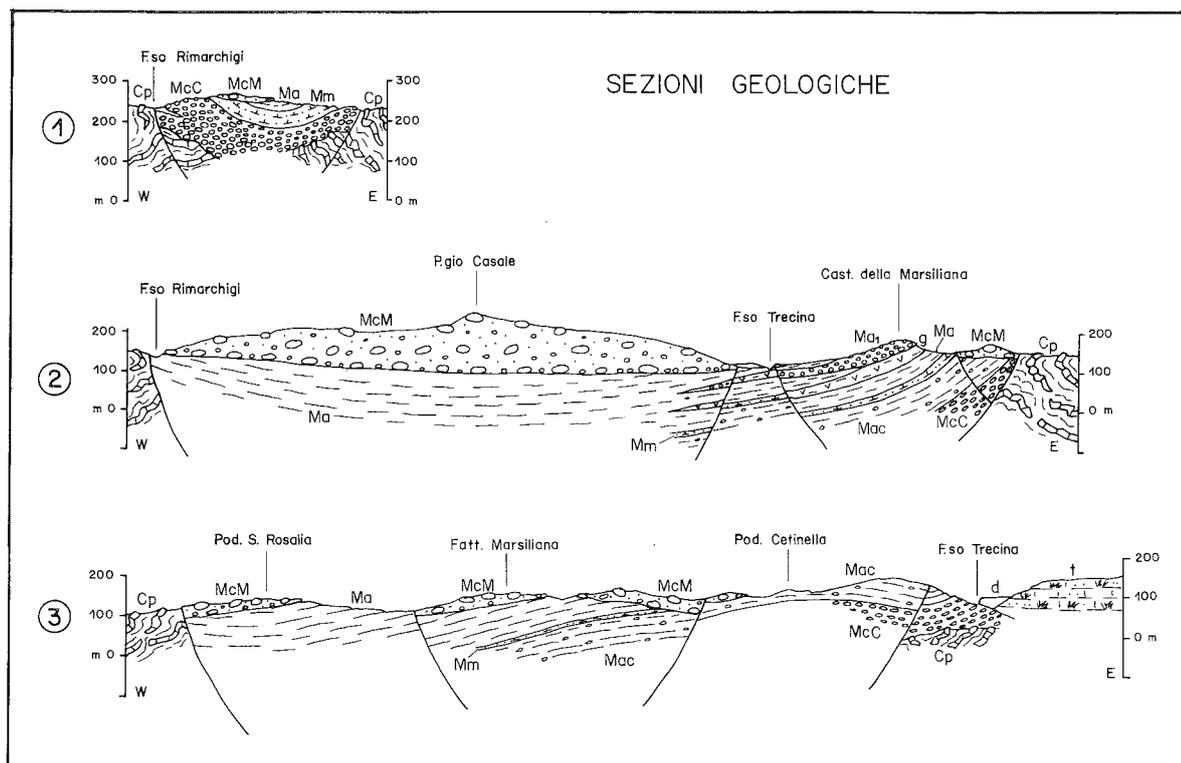


Fig.2 - (pagina precedente e sopra) spiegazione delle sigle: **d**-depositi alluvionali recenti e terrazzati; **t**-calcareniti e travertini (Pleistocene?); **McM**-Conglomerato di Montebamboli (Turoliano); **Ma**-argille maculate grigie e gialle, **MaI**-lenti di conglomerato, **g**-membro delle argille e gessi (Turoliano, Messiniano inferiore, Turoliano); **Mm**-marne e siltiti con opercoli di *Bithynia* (Turoliano); **Mac**-argille grigie con ciottoli (Turoliano); **McC**-conglomerati di Collacchia (Turoliano); **Cp**-Argille a Palombini (Cretacico inferiore); 1- giaciture degli strati; 2-faglie; 3-tracce delle sezioni; 4-accumuli di origine antropica.

McC nei due settori di affioramento indicati per quest'ultima, è costituita da argille di colore grigio con ciottoli sparsi; nella parte più alta non sono infrequenti strati di alcuni decimetri di conglomerato grigio-verde ben cementato e ben classato ($\phi=0,5-5\text{cm}$) con ciottoli per lo più calcarei provenienti dalle formazioni liguri. Lo spessore si aggira sui 50m in affioramento; dalle sezioni si deduce invece una potenza di 70 metri.

Dei campioni prelevati negli esigui affioramenti, alcuni sono risultati sterili, altri hanno rivelato la presenza di quantità variabili (talvolta elevate) di opercoli di *Bithynia*, oogoni di Characeae, vegetali carbonizzati, concrezioni carbonatiche algali in associazione a frequenti Ostracodi (*Candona* aff. *labiata*, *C. sp.*, *Cyprideis belfortensis*, *C. sp.*). Questi elementi concorrono a delineare un ambiente lacustre di debole profondità.

Le argille grigie con ciottoli sono attribuibili a quella porzione del Turoliano che corrisponde al Tortoniano superiore (Bossio et al., 1993).

3.2.3 Marne e siltiti con opercoli di *Bithynia* (Mm)

Sinonimi:

m²a — Sabbie e marne sabbiose lacustri con *Bithynia* (Lazzarotto, 1965);

m²a — Marne e marne sabbiose (Lazzarotto, 1967);

Mla (p.p.) — Sabbie e marne arenacee con *Bithynia*,

Congereria e *Ostracodi* (Brandi et al., 1968);

Mla (p.p.) — Sabbie e marne arenacee con *Bithynia*, Congerie ed Ostracodi (Brandi et al., 1969);

Questa unità giace in concordanza sopra la formazione Mac nel settore orientale dell'area mentre in quello settentrionale giace direttamente sulla formazione McC. Essa non presenta caratteri litologici costanti; sembrano comunque prevalere marne e siltiti calcaree di colore grigio chiaro in strati sottili. In genere a questi litotipi si associano sabbie calcaree biancastre a grana variabile da media a grossolana, in strati dello spessore massimo di 5 metri e arenarie grigio-marroni, debolmente cementate e talvolta gradate, in strati di 30-40 cm. In un piccolo affioramento del Fosso Trecina le marne e le siltiti calcaree sono accompagnate da argilliti marnose di colore grigio e, più raramente, da bioruditi in strati sottili; nella parte bassa della formazione è presente un livello lenticolare di lignite picea dello spessore massimo di 5 cm.

I fossili sono spesso presenti, talvolta concentrati in livelli; a frequenti opercoli di *Bithynia* si associano, in subordinate, *Dreissena* e *Limnocardium*. Il contenuto micropaleontologico è del tutto analogo a quello segnalato per la precedente unità per cui è desumibile anche per questa lo stesso significato paleoambientale.

Lo spessore di questa unità, ancora di età turoliana, varia da 10 a 30 m.

3.2.4 argille maculate grigie e gialle (Ma)

Sinonimi:

m³—Argille con *Pycnodonta navicularis* (LAZZAROTTO, 1967) e m^a- Gessi con arenarie friabili, sabbie, argille sabbiose (LAZZAROTTO, 1967);

Ma — Argille a *Pycnodonta navicularis* (BROCCHI) e Mg- Gessi e lenti di salgemma, argille marnose, sabbie e conglomerati (BRANDI *et al.* 1968);

Ma — Argille a *Pycnodonta navicularis* (BROCCHI) con sporadici straterelli di gesso nei livelli basali e Mg- Gessi e lenti di salgemma, argille marnose, sabbie e conglomerati (BRANDI *et al.*, 1969).

Rappresenta l'unità neogenica più estesa dopo quella conglomeratica soprastante (Conglomerato di Montebamboli) e giace in concordanza al di sopra della formazione Mm, con un passaggio per alternanze. Nella parte medio-bassa della formazione sono stati distinti il **membro delle argille e gessi (g)** e, al di sopra di esso **lenti di conglomerato (Ma)**.

Come indica la denominazione, questa formazione è rappresentata prevalentemente da argille maculate grigie e gialle che talvolta contengono ciottoli sparsi di dimensioni medie di 5 cm provenienti dalle formazioni liguri e livelli di arenarie gradate e di microconglomerati; localmente le argille sono marnose, di colore nocciola e varvate.

Le **argille maculate grigie e gialle** hanno uno spessore valutabile in circa 120m sul bordo orientale dell'area ma di difficile precisazione su quello occidentale, in quanto non ne affiora la base; tenendo conto della distribuzione delle facies e delle indicazioni delle sezioni geologiche (fig.2), esso dovrebbe essere massimo nell'area di Poggio Casale ed aggirarsi sui 220 m.

L'affioramento più rappresentativo dell'unità si rinvia in vicinanza ed ai bordi di un piccolo lago artificiale ubicato 300 metri a Sud del Castello della Marsiliana; qui è bene esposto soprattutto il **membro delle argille e gessi** (fig.3) composto da un'alternanza di argille marnose, silts e livelli di gesso (alabastrino, sericolitico, a ferro di lancia e saccharoide). Tale membro non affiora sempre in modo evidente nell'area della Marsiliana tuttavia la presenza di sottili livelli o di noduli di gesso consente comunque di identificarlo sul terreno.

Le **lenti di conglomerato**, dal colore d'insieme grigio chiaro-verde, costituiscono corpi discontinui di forma non sempre precisabile; in esse sono presenti ciottoli di dimensioni comprese tra 2 e 15 cm ($\phi_m = 4\text{cm}$), provenienti per lo più dai litotipi delle formazioni liguri; la matrice è rappresentata da arenaria medio-grossolana, il cemento è calcareo. In alcuni affioramenti queste lenti sono costituite da conglomerati (per lo più ben cementati) alternati a paraconglomerati (in genere meno cementati).

La lente di maggiori dimensioni (spessore massimo di 40 m), che affiora in corrispondenza del Castello della Marsiliana, risulta di particolare interesse; in questa località infatti il conglomerato riempie una superficie erosiva che taglia porzioni stratigrafiche differenti della formazio-

ne, fino alle argille con gessi.

Le analisi micropaleontologiche hanno rivelato per questa unità una successione di tipologie ambientali diverse (vedi fig. 4 nelle considerazioni conclusive).

I) I campioni prelevati nel tratto basale argilloso di circa 5 m hanno fornito associazioni ad Ostracodi dulcicoli costituite da numerosi esemplari di *Cyprideis* sp. e da comuni *Bullocypris robusta*, *Candona* aff. *labiata* e *C.* sp.. In questi sedimenti lacustri, che rappresentano l'espressione terminale del dominio continentale turoliano già documentato per le unità precedenti, talora si rinvencono, oltre che frequenti concrezioni carbonatiche di origine algale, rari oogoni di *Characeae* e opercoli di *Bithynia*.

II) L'intervallo prevalentemente argilloso che segue (spessore di 70-80m) è caratterizzato da microfauna bentoniche indicative di un ambiente lagunare con acque debolmente salmastre e di modesta profondità. Concorrono a definire questo ambiente soprattutto Foraminiferi ed Ostracodi: per i primi *Ammonia beccarii tepida*, *Cassidulinita prima*, *Miliammina fusca* e, in subordine, *Bolivina* sp., *Cribrononion articulatum*, *Haplophragmoides* sp.; per i secondi *Amnicythere* aff. *palimpsesta*, *A.* sp., *Candona* aff. *labiata*, *C.* aff. *ossoinae milovanovici*, *C.* sp., *Chartocythere* cf. *franzi*, *C.* sp., *Cyprideis* sp., *Ilyocypris* sp., *Loxococoncha aspera*, *L.* aff. *kochi*, *L.* *muelleri*, *L.* aff. *porosa*, *L.* sp., *Potamocypris* ? sp.. La presenza di associazioni qualitativamente e quantitativamente diverse indica deboli e ripetute oscillazioni del contenuto salino delle acque. Tale contesto potrebbe giustificare la presenza, in alcuni livelli, di rari elementi caratterizzanti in genere l'ambiente lacustre (oogoni di *Characeae*, opercoli di *Bithynia* e, tra gli Ostracodi, *Bullocypris robusta* e *Cyprideis belfortensis*) per i quali non è comunque da escludere un rimaneggiamento da unità precedenti. Non sono mancate tuttavia anche marcate oscillazioni della salinità testimoniate, nel **membro delle argille e gessi**, dall'alternanza di livelli argillosi con microfauna salmastre, livelli clastici e livelli evaporitici.

Per l'età di questo intervallo, riferibile al Messiniano inferiore, si rimanda alla trattazione di quello marino soprastante.

III) Le argille salmastre verso l'alto passano in continuità ad argille marine, che nei loro circa 45 m di spessore sono in genere ricche di Foraminiferi e nannofossili ma povere di Ostracodi eccezion fatta per qualche sporadico livello. In ogni caso le singole associazioni, anche le più diversificate, sono costituite da un numero limitato di specie con netta predominanza solo di alcune forme; in vari livelli sono state addirittura rinvenute associazioni nettamente oligotipiche.

Per quanto riguarda i Foraminiferi bentonici le specie che in genere determinano una più o meno spiccata oligotipia sono *Bolivina dentellata*, *B. dilatata*, *Bulimina echinata* e *Valvulineria complanata*. Altri taxa che comunque si rinvencono molto abbondanti in alcuni livelli sono *Allomorphina trigona*, piccole *Cassidulina*, *Cibicoides pseudoungerianus*, *Globobulimina affinis*,

Hanzawaia boueana, *Heterolepa bellincionii*, *H. praecincta*, *Melonis soldanii*, *Rectuvigerina siphogenerinoides*, *Sphaeroidina bulloides*; ciò nondimeno tutti questi taxa possono essere rappresentati da un

numero esiguo di esemplari e addirittura essere assenti. Sono invece sempre rare ed alcune alquanto saltuarie *Ammobaculites* sp., *Ammonia* gr. *beccarii*, *Asterigerinata planorbis*, *Astrononion stelligerum*, *Bigeneria nodosaria*,

La successione miocenica a Sud del Castello della Marsiliana

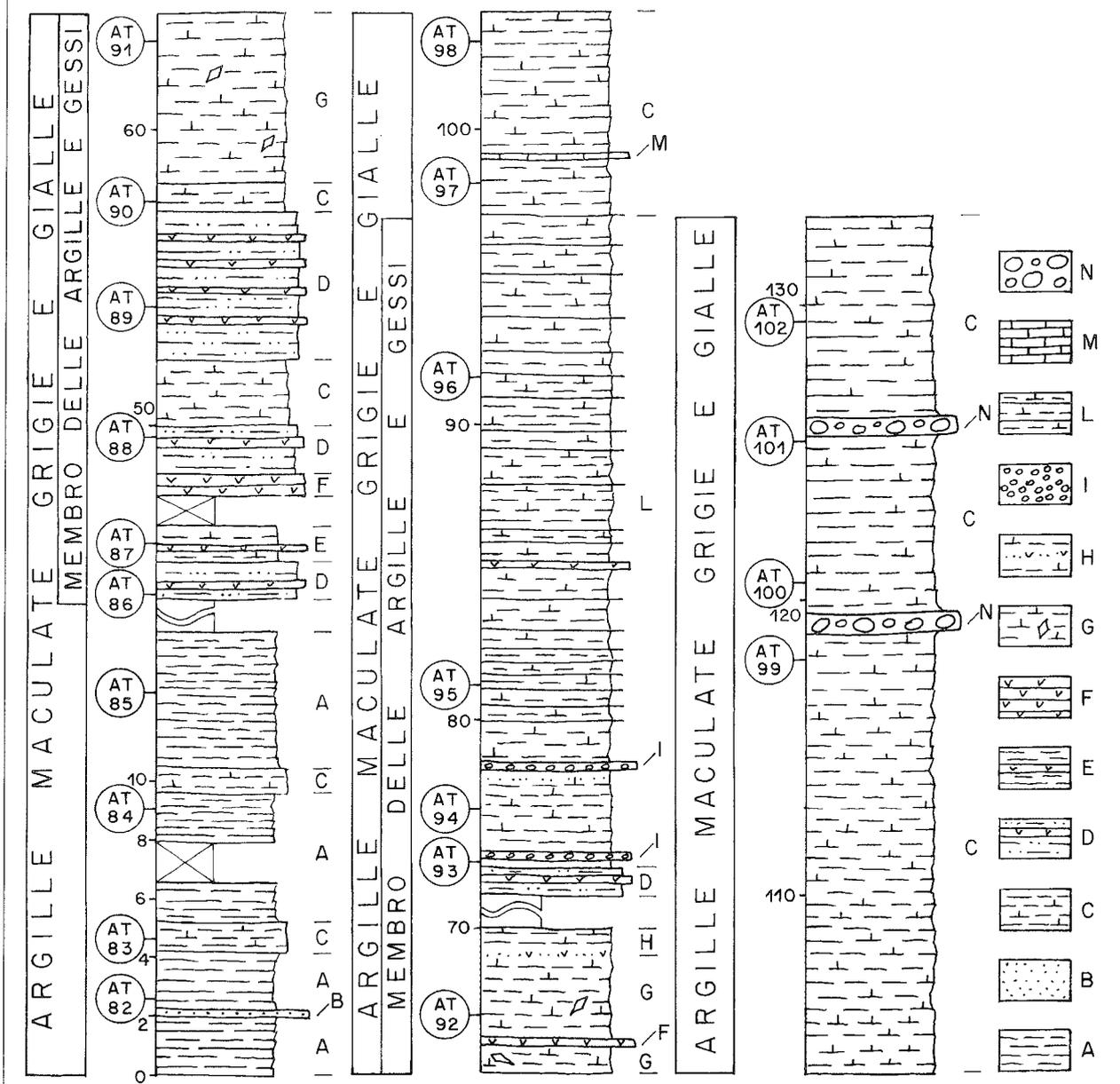


Fig.3 Spiegazione delle sigle: A-argille maculate grigie e gialle con rare intercalazioni di sabbie argillose; B-sabbie argillose; C-argille marnose grigie e avana; D-silts ben laminati di colore giallo-marrone che si intercalano fittamente a livelletti di gesso fibroso e saccharoide ed anche a sottili gessoruditi e gessareniti; E-argille marnose grigio-avana a cui si intercalano silts gialli e livelletti di gessareniti; F-alternanze di lamine di gesso fibroso e saccharoide; G-argille marnose grigio-avana con isolati cristalli di gesso; H-argille marnose grigio-avana con centimetriche intercalazioni di gessareniti e noduli di gesso alabastrino; I-microconglomerato con ciottoli di liguridi; L-argille marnose e marne argillose con sottili (2-3cm) strati di sabbia e di microconglomerato e con centrimetrici livelli di gesso saccharoide; M-calcareo marnoso giallo; N-conglomerati e paraconglomerati grigio chiari con prevalenti ciottoli calcarei provenienti dalle liguridi.

Bolivina aff. *apenninica*, *Bulimina costata*, *Cancris auriculus*, *Cibicides lobatulus*, *Criboelphidium decipiens*, *Cribronion punctatum*, *Dorothia gibbosa*, *Elphidium complanatum*, *E. macellum*, *E. crispum*, *Florilus boueanus*, *Fursenkoina schreiberziana*, *Glandulina laevigata*, *Globobulimina pyrula*, *Glomospira* sp., *Gyroidina soldanii*, *Haplophragmoides* sp., *Hopkinsina bononiensis*, *Lagena striata*, *Oolina hexagona*, *Pyrgo depressa*, *P. elongata*, *P. subsphaerica*, *Planulina ariminensis*, *Protoelphidium granosum*, *Pullenia bulloides*, *Quinqueloculina* sp., *Rectuvigerina gaudrynoides*, *Rosalina globularis*, *Saccammina* sp., *Spiroloculina* sp., *Spiroplectammina* sp., *Sigmoilopsis coelata*, *Siphotextularia affinis*, *Textularia* sp., *Triloculina trigonula*, *Uvigerina peregrina*, *Valvulineria complanata*.

Sempre tra gli organismi bentonici, gli Ostracodi talora sono completamente assenti, più spesso sono presenti ma con pochissime specie e in genere con rari individui. Solo *Celtia quadridentata*, *Ruggieria tetraptera*, *Kejiella lucida* raggiungono abbondanze più o meno elevate in qualche caso. Sempre rare e saltuarie *Aurila albicans*, *A. cicatricosa*, *A. convexa*, *A. philippii*, *A. gr. punctata*, *A. sp.*, *Bosquetina carinella*, *Callistocythere antoniettae*, *Costa* cf. *punctatissima*, *Cytheridea neapolitana*, *Graptocythere hscripta*, *Hiltermannicythere* aff. *rubra*, *Loxococoncha agilis*, *L. rhomboidea*, *Pokornyella devians*, *Xestoleberis reymenti*.

Per quanto riguarda gli organismi planctonici, le associazioni a Foraminiferi sono sempre molto povere: in alcuni casi sono costituite da sole Orbuline (*O. universa*, *O. suturalis* e talora *O. bilobata*), rare o comuni e peraltro di piccole dimensioni; in altri da sole Globigerine (*G. quinqueloba* e *G. multiloba*) che possono raggiungere anche eccezionali abbondanze; talora solo dalle prime e dalle seconde (in genere da *G. quinqueloba*) con combinazioni quantitative diverse. In qualche caso possono partecipare alle tanatocenosi una o più delle seguenti forme: *Globigerina decoraperta*, *G. falconensis*, *Globigerinoides obliquus obliquus*, *G. obliquus extremus*, *Globorotalia pseudobesa*, *G. acostaensis*.

Le associazioni a nannoplancton calcareo sono costituite sostanzialmente da frequenti *Reticulofenestra* spp., *Rhabdosphaera procera* e *Sphenolithus abies* a cui si aggiungono, in genere, comuni *Calcidiscus macintyreii*, *C. sp.*, *Helicosphaera carteri*, *Reticulofenestra pseudoumbilica* e *Umbilicosphaera sibogae*. Pur con rari esemplari sono presenti più o meno costantemente, *Coccolithus pelagicus*, *Discoaster mendomobensis*, *Pontosphaera multipora* e *P. japonica*; limitati ad uno o due campioni sono risultati invece *Amaurolithus amplificus*, *A. delicatus*, *A. ninae*, *A. cf. tricorniculatus*, *Calcidiscus leptoporus*, *Cricolithus jonesi*, *Discoaster brouweri*, *D. variabilis*, *Scyphosphaera halldali* e *S. pulcherrima*.

Nel contesto del Neogene mediterraneo le peculiari caratteristiche delle associazioni planctoniche e bentoniche sopra evidenziate hanno un ben preciso significato cronologico; esse si realizzano unicamente nel Messiniano inferiore a preludio della deposizione evaporitica che esprime

la ben nota "crisi di salinità". Del resto in termini biostratigrafici la sequenza è inquadrabile nella porzione superiore della Zona ad *Amaurolithus primus*-*A. amplificus* dei nannofossili e nella corrispondente parte inferiore della "Non distinctive zone" dei Foraminiferi planctonici, due intervalli biostratigrafici che caratterizzano appunto la parte inferiore del piano. A giustificare queste attribuzioni si ricorda la presenza di *A. amplificus*, *A. ninae* e *A. cf. tricorniculatus* per il primo gruppo e quella di *Globigerina multiloba* e *Globorotalia acostaensis* destrorsa per il secondo.

Questo inquadramento bio- e cronostatigrafico lascia spazio sufficiente per far rientrare ancora nel Messiniano inferiore le argille lagunari sottostanti (intervallo II).

In virtù di questa attribuzione è ovvio che un dominio marino caratterizzato da salinità elevate, talora più talaltra meno accentuate, sia stato responsabile delle particolarità delle associazioni bentoniche e planctoniche e delle loro variazioni; non si esclude tuttavia l'azione concomitante di altri fattori ed in particolare quella di una scarsa ossigenazione al fondo. Anche se il controllo di questi fattori sulle associazioni oblitera il loro significato batimetrico è probabile che le profondità non siano state molto discoste dal limite tra zona neritica interna ed esterna. Laddove è stato possibile prelevare campioni nella porzione più alta della successione marina le associazioni bentoniche a Foraminiferi e a Ostracodi denotano invece batimetrie minori, certamente contenute nella parte superiore della zona neritica interna. Questo trend regressivo, dovuto ad un progressivo eustatismo negativo, culmina con la deposizione di un livello di gessi, non cartografabile per l'esiguità degli affioramenti, e quindi con l'estinzione del dominio marino. E' verosimilmente durante la deposizione evaporitica che si è verificato un ingente arrivo di materiale clastico grossolano (lente di conglomerato del Castello della Marsiliana). Il richiamo di questo materiale è da imputarsi, oltre all'abbassamento eustatico, al proseguirsi di movimenti positivi in aree vicine (area di Boccheggiano) il cui inizio è evidenziato dalla presenza di lenti conglomeratiche nelle argille marine sottostanti (intervallo III). Una testimonianza in questo senso è costituita dalla presenza soprattutto nei livelli superiori dell'intervallo III, di fossili sicuramente provenienti dai sedimenti lacustri e lagunari sottostanti (oogoni di *Characeae*, opercoli di *Bithynia*, *Bullocypris robusta*, *Candona* aff. *labiata*, *Chartocythere* sp., *Cyprideis belfortensis*, ecc.).

IV) L'intervallo argilloso successivo, che caratterizza la parte superiore della formazione e che presenta uno spessore massimo di 80 m, costituisce la ben nota facies di "lago-mare" che nei bacini toscani, così come nel Bacino Mediterraneo in generale, si protrae fino alla fine del Messiniano. Durante questa fase continentale (le comunicazioni tra Mediterraneo e Oceano Atlantico si riapriranno solo all'inizio del Pliocene) le acque che sostituiscono quelle del dominio marino sono colonizzate da poche specie bentoniche talora di acque dolci talaltra debolmente salmastre. L'area in parola non fa eccezione alla regola,

tant'è che in essa sono stati rinvenuti rari esemplari di *Cassidulinita prima*, *Cribronion articulatum* e *Ammonia beccarii tepida* (solo in alcuni livelli l'ultimo taxon si presenta con popolazioni molto numerose). In associazione o no con questi Foraminiferi si trovano Ostracodi appartenenti a *Candona* sp., *Loxoconcha* sp. e *Cyprideis* sp; mentre i primi due taxa sono rari e saltuari, l'ultimo è alquanto ricorrente anche se frequente solo in pochi casi. In molti campioni sono presenti vegetali carbonizzati e concrezioni carbonatiche algali; non mancano livelli completamente sterili.

3.2.5 Conglomerato di Montebamboli (McM)

Sinonimi:

Conglomerati con ciottoli a "vernice rossa" (LAZZAROTTO *et al.*, 1964);

m⁴b — Conglomerato di Montebamboli (LAZZAROTTO, 1967);

cgM — *Conglomerati poligenici di Montebamboli* (BRANDI *et al.*, 1968);

cgM — Conglomerati di Montebamboli (BRANDI *et al.*, 1969).

Lo studio intrapreso nell'area della Marsiliana ha messo in risalto che la formazione del Conglomerato di Montebamboli, discordante su vari termini neogenici e preneogenici, si compone sostanzialmente di tre litofacies.

La più diffusa è rappresentata da un paraconglomerato di colore arancio, disorganizzato, non classato e poco cementato, costituito da ciottoli, per lo più ben arrotondati ed eterometrici (dimensioni variabili dal cm ai 40 cm), immersi in abbondante matrice sabbiosa. I ciottoli provengono prevalentemente da litotipi delle formazioni di facies ligure (calcarei silicei delle Argille a Palombini, arenarie calcaree a grana finissima e diaspri); si rinvengono comunque anche ciottoli di arenaria del Macigno, di calcare organogeno e, limitatamente alla zona a NE della Fattoria della Marsiliana, di eurite (dimensioni massime di 5 cm) e di porfido granitico. La superficie dei ciottoli presenta talvolta una leggera patina di ossidazione di colore rosso-ruggine per effetto della pedogenesi. La non rilevante diffusione di questo carattere impedisce un suo uso diagnostico nella pratica del rilevamento.

Una seconda litofacies è costituita da sabbie per lo più di colore giallo-arancio, talvolta rosso con tonalità molto accesa; al loro interno possono essere presenti sparsi ciottolotti ($\varnothing=4-8$ cm) elaborati oppure numerosi frammenti a spigoli vivi (in prevalenza siltiti laminate delle liguridi di colore marrone scuro).

La terza litofacies è del tutto identica alla prima per tessitura e composizione, il colore grigio chiaro ne costituisce l'unico elemento di distinzione. Nell'area in esame non è possibile precisare la posizione stratigrafica che queste litofacies occupano nell'ambito della formazione; in zone limitrofe le ultime due sembrano caratterizzarne la parte inferiore.

Lo spessore di questa formazione è variabile da zona a zona; sulla base delle sezioni geologiche dovrebbe presentare i valori massimi (circa 150 m) nella zona di Poggio Casale.

I numerosi campioni prelevati nell'unità si sono rivelati sterili all'analisi micropaleontologica e caratterizzati unicamente da un'elevata quantità di concrezioni carbonatiche algali; ciò suggerisce un ambiente acquatico continentale verosimilmente riconducibile ad un contesto fluviale compatibile con i caratteri sedimentologici. Indicazioni in tal senso sono infatti suggerite dalla presenza, sia pur sporadica, di successioni positive di riempimento di canale, dalla costante assenza di classazione e dalla elevata percentuale di matrice sabbiosa e sabbioso-argillosa (paraconglomerati). Del resto la presenza di ciottoli di eurite di sicura provenienza elbana (MARINELLI, 1955) testimonia l'esistenza di un ampio reticolo idrografico irradiantesi dall'Isola d'Elba.

Non è possibile datare direttamente il Conglomerato di Montebamboli che affiora alla Marsiliana; in base alla posizione stratigrafica nell'area in esame e in quella limitrofa di Ribolla risulta però implicita una sua collocazione nella parte superiore del Turoliano (Messiniano). Nell'area rilevata giace infatti discordante sui termini superiori turoliani della formazione delle argille maculate grigie e gialle, nella seconda sottostà alle argille del T. il Santo della Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. con cui inizia il Pliocene (BOSSIO *et al.*, in stampa; COSTANTINI & TERZUOLI, 1994).

3.2.6 Calcareniti e travertini (t)

Questa formazione affiora in riva sinistra del Fosso Trecina, circa 1 km a Sud del Castello della Marsiliana, dove è costituita per lo più da calcareniti a grana grossa, in genere poco cementate e subordinatamente da travertini in facies fitoclastica e fitoermale di colore giallo in frattura fresca o grigio scuro in superficie alterata. L'unità si presenta grossolanamente stratificata per l'alternanza di livelli più o meno calcarei.

3.2.7 Depositi alluvionali recenti e terrazzati (d)

Lungo il corso del Fosso Trecina sono stati riconosciuti depositi alluvionali riferibili a due ordini di terrazzi. I più antichi, costituiti da sabbie con clasti di arenarie per lo più a spigoli vivi, sono meno rappresentati e si rinvengono fino a quote di 30m più alte dell'attuale fondovalle; i più recenti, sopraelevati rispetto al talweg di alcuni metri, sono costituiti da sedimenti sabbioso-argillosi e con ciottoli nel tratto superiore del fosso Trecina, sabbioso-travertinosi nel tratto inferiore. Questa variazione litologica si verifica all'incirca in corrispondenza dell'intersezione della faglia al bordo orientale del bacino della Marsiliana con il Fosso Trecina; essa potrebbe essere dovuta all'ingresso del corso d'acqua in un bacino palustre con acque molto ricche in bicarbonato di calcio per la vicinanza di

sorgenti minerali e di depositi di travertino verosimilmente connessi con la faglia sopra indicata.

4. ASSETTO STRUTTURALE

Dalla carta geologica e dalle relative sezioni (fig.2) risulta che questo piccolo settore del bacino di Serrazzano-Montebamboli-Casa Marsiliana è caratterizzato da una generale struttura a Graben ad asse meridiano, delimitata ad Est ed ad Ovest da un sistema articolato di faglie che disloca, abbassandole, le formazioni neogeniche rispetto alle Argille a Palombini. All'interno del Graben vi sono faglie conformi e contrarie ed antitetiche e sintetiche rispetto alle faglie principali; immediatamente a Nord di Pod. Poggio al Diavolo una faglia ad andamento E-W disloca verso Sud le unità mioceniche. Le faglie, dirette e ad alto angolo, si sono realizzate a seguito della fase distensiva post-tortoniana responsabile della formazione di estese depressioni tettoniche in Toscana meridionale.

Risulta infine evidente che nell'area della Marsiliana i depositi miocenici, che assumono un assetto a blanda sinforme, presentano sul bordo orientale valori di inclinazione elevati, ben al di sopra dell'angolo di riposo. Ciò è da mettere in relazione in parte con l'azione di alcune faglie ed in parte con sollevamenti post-miocenici dell'area di Massa Marittima-Boccheggiano.

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

E' noto che a partire dal Tortoniano superiore si impostano nella Toscana Meridionale, a seguito dell'instaurarsi della tettonica distensiva, numerosi Graben all'interno dei quali ha inizio la sedimentazione neautoctona. L'area della Marsiliana fa parte di una di queste depressioni e in particolare costituisce il settore più meridionale di quella diramazione dell'ampio Bacino di Volterra della quale fanno parte anche i settori di Lustignano e Montebamboli.

Con l'inizio della subsidenza si imposta in quest'area (fig. 4) un dominio lacustre in cui si sedimentano inizialmente depositi clastici grossolani cui seguono argille e marne. La subsidenza continua attivamente e nel Messiniano inferiore, a seguito di una prima connessione tra il dominio lacustre e quello marino, il primo viene sostituito da uno lagunare, in genere a debolissima salinità, con prevalente deposizione argillosa. Questo dominio lagunare e le associazioni a microrganismi che lo colonizzano sono comuni a molte aree ad W della Dorsale Medio-Toscana (BOSSIO *et al.* 1978, 1981b, 1992, 1993, 1994a,b,c; GIANNELLI *et al.* 1981); ciò suggerisce la presenza di un'ampia laguna di retroterra ad un dominio marino che nell'area livornese consente l'impostazione della scogliera corallina nota con il nome di Calcarei dell'Acquabona, uno dei membri del Calcare di Rosignano (BARTOLETTI *et al.*, 1986; BOSSIO *et al.*, 1986).

Nei Monti Livornesi si assiste poi all'emersione e alla parziale erosione dei Calcarei dell'Acquabona; in corrispondenza di ciò nell'area della Marsiliana, così come

nelle altre aree lagunari interne, si ha la deposizione di evaporiti.

Sempre nel Messiniano inferiore un repentino incremento della velocità di subsidenza comporta l'improvvisa sostituzione del dominio lagunare da parte di quello marino ed innesca una trasgressione che interessa ampie aree della Toscana Meridionale (BOSSIO *et al.*, 1978, 1981b, 1992, 1993, 1994a,b,c; GIANNELLI *et al.*, 1981). In conseguenza di ciò il mare si estende ben oltre le aree occupate in precedenza dal dominio lagunare e trasgredisce anche su termini preneogenici, fino a lambire il bordo occidentale della Dorsale Medio-Toscana.

Durante questa fase marina l'area della Marsiliana è soggetta ad una prevalente sedimentazione pelitica interrotta localmente e periodicamente da apporti detritici grossolani connessi verosimilmente a sollevamenti di aree limitrofe. Le particolari associazioni microfaunistiche e nannofloristiche denotano un ambiente deposizionale con scarsa ossigenazione al fondo ed elevata salinità nella massa d'acqua in analogia a quanto verificato in altre aree toscane; pur tuttavia nelle zone di Rosignano Marittimo (BARTOLETTI *et al.*, 1986; BOSSIO *et al.*, 1978, 1981a, 1986), della Spicchiaiola nei pressi di Volterra (BOSSIO *et al.*, 1992, 1994a) e di Casaglia ad E di Riparbella (BOSSIO *et al.*, 1994b) le condizioni ambientali consentono un rigoglioso, seppur temporaneo, sviluppo di "patch reef" a Porites (Calcarei di Castelnuovo, un altro membro del Calcare di Rosignano).

Le suddette condizioni ambientali, dovute all'isolamento del Mediterraneo dall'Oceano Atlantico, culminano con una generale "crisi di salinità" materializzata da livelli evaporitici. Nell'area della Marsiliana la precipitazione di evaporiti è localmente inibita dall'arrivo di ingente materiale clastico grossolano innescato dall'azione concomitante dell'abbassamento del livello marino e del sollevamento (già iniziatosi) di aree limitrofe. L'arrivo per vie preferenziali di questo materiale determina la locale erosione dei sedimenti marini e di parte di quelli lagunari sottostanti.

Con l'estinzione del dominio marino nell'area esaminata la subsidenza non si interrompe; si instaura infatti un dominio continentale caratterizzato soprattutto da argille il cui contenuto microfaunistico indica un ambiente ipoalino con modeste oscillazioni di salinità. Questa facies, nota in letteratura con il nome di "lago-mare", è stata riconosciuta con caratteri identici in altre aree toscane (BOSSIO *et al.*, 1981a,c; 1992; 1993; 1994a,b).

La presenza di depositi conglomeratici fluviali (Conglomerato di Montebamboli) discordanti su vari termini precedenti è una chiara evidenza di una temporanea inversione dei locali movimenti nel corso del Messiniano superiore che ha condotto alla completa emersione dell'area con innesco di una fase erosiva. La presenza di ciottoli di eurite in questi depositi indica l'esistenza di un esteso reticolo idrografico che si dipartiva dall'area dell'Isola d'Elba. Il notevole spessore (150m) dei depositi fluviali suggerisce inoltre una ripresa della subsidenza.

Nell'area non sono presenti sedimenti del Pliocene;

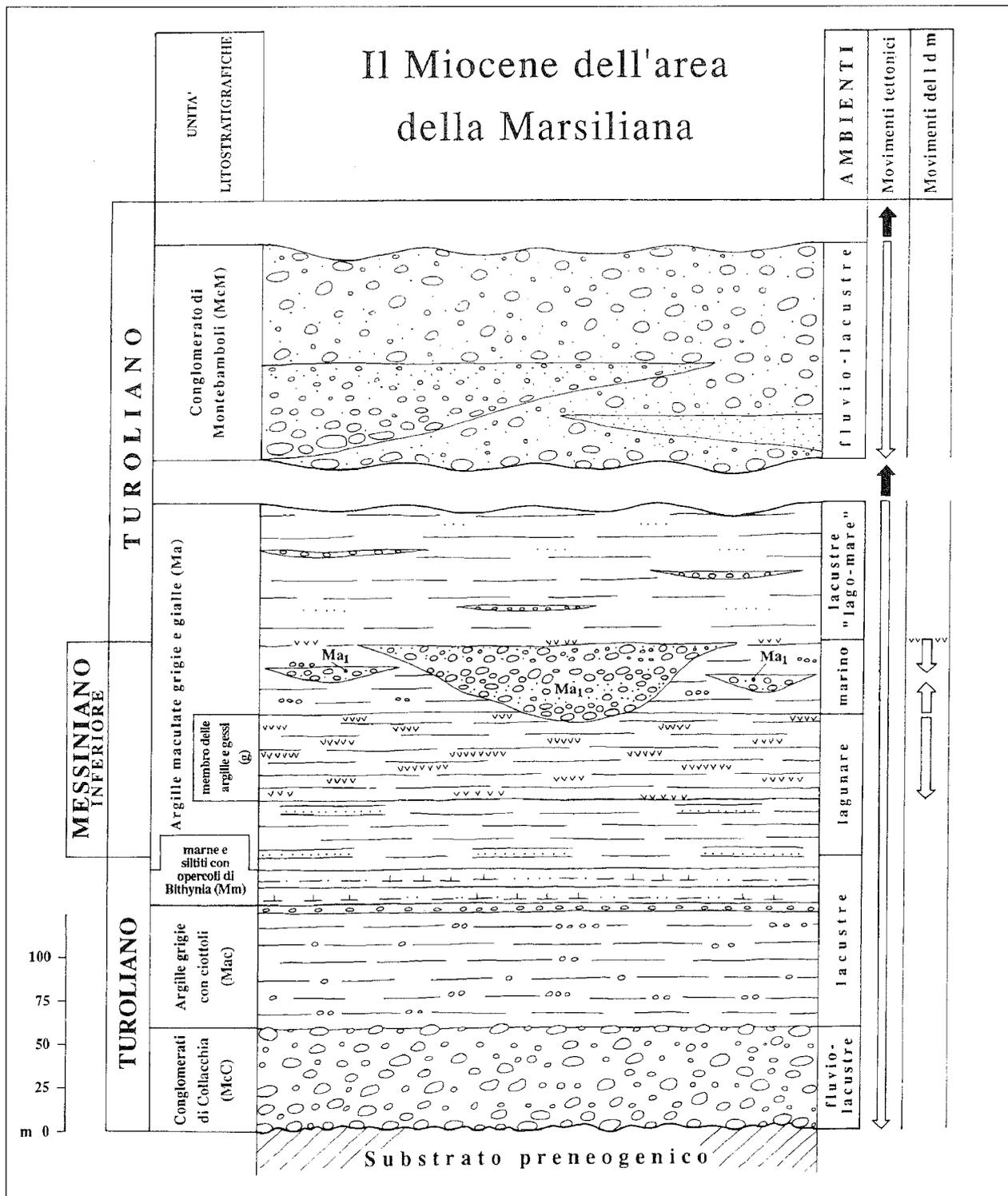


Fig.4 Rapporti tra le unità litostatigrafiche dell'area della Marsiliana (raffigurate con il massimo spessore). In sinistra il loro inquadramento cronostatigrafico; in destra le tipologie ambientali, i movimenti tettonici (bianchi i negativi, neri i positivi) e quelli del livello del mare.

ricerche in corso sui depositi marini pliocenici di Montebamboli e del settore meridionale di Lustignano hanno messo in evidenza che la trasgressione pliocenica (già realizzatasi in altre aree) sia avvenuta nella parte alta del Pliocene inferiore (Zona a *Globorotalia punctulata*, Zona a *Discoaster tamalis*) se non addirittura nel Pliocene

medio. Ciò rende plausibile che queste aree, come quella della Marsiliana, si trovassero fino ad allora su di un alto morfologico realizzatosi a seguito di un sollevamento avvenuto alla fine del Messiniano.

Lavoro eseguito con i fondi 60% M.U.R.S.T. (A. Costantini)

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BARTOLETTI E., BOSSIO A., ESTEBAN M., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G., SANESI G. & SQUARCI P. (1968) - *Studio geologico del territorio comunale di Rosignano Marittimo in relazione alla Carta Geologica alla scala 1:25000*. Quad. Mus. Sc. Nat., Livorno, **6**, suppl.1, 33-127.
- BOSSIO A., BRADLEY F., ESTEBAN M., GIANNELLI L., LANDINI W., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. (1981 a) - *Alcuni aspetti del Miocene superiore del Bacino del Fine*. IX Conv. Soc. Pal. It., Pacini Pisa, 21-54.
- BOSSIO A., CERRI R., COSTANTINI A., GANDIN A., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1992) - *Il bacino di Volterra*. In : Guida alle escursioni post congresso. 76ª Riunione Estiva S.G.I., 244-277.
- BOSSIO A., CERRI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1994). - *The neoautoctonous succession of the Spicchiaiola-Pignano area, East of Volterra (Southern Tuscany, Italy)* Mem. Soc. Geol. It., (in stampa).
- BOSSIO A., COSTANTINI A., FORESI L.M., MAZZANTI R., MAZZEI R., MONTEFORTI B., SALVATORINI G., SANDRELLI F. & TESTA G. (1994b) - *Note preliminari sul neoautoctono dell'Area di Sassa (settore SW del Bacino di Volterra)*. Studi Geologici Camerti (in stampa).
- BOSSIO A., COSTANTINI A., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G., & SANDRELLI F. (1993) - *Rassegna delle conoscenze sulla stratigrafia del neoautoctono toscano* Mem. Soc. Geol. It., **49**, 17-98 "Scritti in onore di Livio Trevisan".
- BOSSIO A., COSTANTINI A., SALVATORINI G. & TERZUOLI A. (1992) - *Il Neogene del Bacino di Ribolla*. Soc. Geol. Ital. 76a Riunione estiva, Firenze 21-23 Settembre 1992 - Riassunti 169.
- BOSSIO A., COSTANTINI A., SALVATORINI G. & TERZUOLI A. (1994) - *The Neogene of the Ribolla area (Grosseto): preliminary results*. Mem. Soc. Geol. It., (in stampa).
- BOSSIO A., ESTEBAN M., GIANNELLI L., LONGINELLI A., MAZZANTI R., MAZZEI R., RICCI LUCCHI F. & SALVATORINI G. (1978). - *Some aspects of the Upper Miocene in Tuscany*. Messinian Seminar, 4, Pacini Pisa, 88pp..
- BOSSIO A., GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. (1981b) - *Il passaggio dalla facies lacustre alla evaporitica e le <<Argille a Pycnodonta>> presso Radicondoli (Siena)* IX Conv. Soc. Pal. It., Pacini Pisa, 161-174.
- BOSSIO A., GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. (1981c) - *Gli strati alti del Messiniano, il passaggio Miocene-Pliocene e la sezione plio-pleistocenica di Nugola nelle colline a NE dei Monti Livornesi*. IX Conv. Soc. Pal. It., Pacini Pisa, 55-90.
- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. (1986) - *Analisi micropaleontologiche delle formazioni mioceniche, plioceniche e pleistoceniche dell'area del comune di Rosignano M°*. Quad. Mus. Stor. Nat., Livorno, **6**, Suppl.1, 129-170.
- BRANDI G.P., DALLAN L., GIANNINI E., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., SQUARCI P., TAFFI L., TONGIORGI M. & TREVISAN L. (1969) - *Foglio 119 "Massa Marittima" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*.
- BRANDI G.P., DALLAN L., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., SQUARCI P., TAFFI L. & TREVISAN L. (1968) - *Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 119 Massa Marittima*.
- COSTANTINI A. & TERZUOLI A. (1994) - *Carta Geologica dell'area di Ribolla* (Carta a colori alla scala 1:10.000), Siena.
- GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. (1981) - *Breve quadro stratigrafico e paleogeografico del Neogene e del Quaternario del Valdarno inferiore, della Val di Fine e della Val di Cecina*. IX Conv. Soc. Pal. It., Pacini Pisa, 9-19.
- LAZZAROTTO A. (1967) - *Geologia delle zone comprese fra l'Alta Valle del fiume Cornia ed il Torrente Pavone (Prov. di Pisa e Grosseto)*. Mem. Soc. Geol. It., **6**, 151-197.
- LAZZAROTTO A. & MAZZANTI R. (1978) - *Geologia dell'alta Val di Cecina*. Boll. Soc. Geol. It., **96**(1976), 1365-1487.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. & SALVATORINI G. (1964) - *Stratigrafia neogenica toscana: Esame geologico e micropaleontologico di alcune sezioni del complesso neoautoctono delle valli di Cornia e di Milia (Province di Pisa e Grosseto)*. Boll. Soc. Geol. It., **83**, (1-60).
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. & SALVATORINI G. (1969) - *Conglomerato di Montebamboli*. "Studi illustrativi della Carta Geologica d'Italia". Fasc. II.
- MARINELLI G. (1955) - *Le rocce porfiriche dell'Isola d'Elba* Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., A, **62** (2), 269-418.
- MAZZANTI R. (1966) - *Geologia della zona di Pomarance-Larderello (prov. di Pisa)* Mem. Soc. Geol. It., **5**, 105-138.