

A. BOSSIO (*), R. MAZZANTI (**), R. MAZZEI (***), G. SALVATORINI (****),
F. SANDRELLI (****)

IL PLIOCENE DELL'AREA DI POMARANACE (PISA)

Riassunto — Un riesame dei sedimenti pliocenici dell'area di Pomarance, eseguito con la costante integrazione tra osservazioni sul terreno ed analisi micropaleontologiche, ha consentito di precisare la locale successione litostratigrafica e di inquadrarne i singoli termini in un contesto bio- e cronostatigrafico moderno. Con le acquisizioni sopra espresse e con quelle di ordine paleoambientale è stato inoltre possibile delineare un nuovo modello di evoluzione paleogeografica della zona nel corso del Pliocene.

La novità di maggior rilievo risiede nell'individuazione di due cicli sedimentari marini, l'uno del Pliocene inferiore e l'altro del Pliocene medio. I sedimenti basali del primo ciclo sono pressoché esclusivamente argillosi e di pertinenza della Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l.; essi giacciono ovunque in continuità sulla facies altomessiniana di «lago-mare», testimoniando una trasgressione «acqua su acqua», e con le loro microfaune rivelano una rapida evoluzione batimetrica fino a profondità riconducibili alla parte più esterna della zona neritica. I sedimenti più recenti appartengono alla parte inferiore della Zona a *Globorotalia puncticulata* (Sot-zona a *Globigerina apertura*) e sono rappresentati da conglomerati depositi in regime regressivo. Se da una parte non si sono conservati in zona i sedimenti tipicamente costieri delle ultime fasi del ciclo, dall'altra vi sono evidenze micropaleontologiche di una tendenza regressiva già nell'ambito della Zona a *Globorotalia puncticulata-G. margaritae*, a partire dalla quale si riscontra un arresto nella subsidenza ed una progressiva diminuzione batimetrica su tutta l'area.

Durante il corso di questo primo ciclo, fin dalla parte inoltrata della prima biozona pliocenica e su un'area progressivamente più estesa per tempi via via più recenti, alla sedimentazione argillosa si accompagna una ingente quantità di materiale clastico grossolano e caotico, proveniente da zone più meridionali in sollevamento

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Pisa.

(**) Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino, Pisa.

(***) Istituto di Scienze Geologico-Mineralogiche, Sassari.

(****) Dipartimento di Scienze della Terra, Siena.

Lavoro eseguito con finanziamenti MURST 40% Tit. F.A. Decandia, MURST 60% Tit. A. Bossio, MURST 60% Tit. R. Mazzei, MURST 60% Tit. G. Salvatorini, MURST 60% Tit. F. Sandrelli, contratto CNR - 9000722/05, Tit. A. Lazzarotto e con il contributo del Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino - CNR - Pisa.

(probabilmente per la messa in posto di masse intrusive). Il sollevamento in questione ha iniziato ad interessare l'area di Pomarance a partire dalla Zona a *G. puncticulata*-*G. margaritae*, causandone addirittura la completa emersione nell'ambito della Zona a *G. puncticulata*.

Nel corso della fase continentale, protrattasi fino agli inizi del Pliocene medio, i processi erosivi hanno agito con tale intensità da asportare non solo i sedimenti sommitali del ciclo, ma addirittura intere biozone o da condurre talvolta al denudamento del substrato; conseguentemente la sequenza sedimentaria del successivo ciclo, innescato da una ripresa della subsidenza, giace trasgressiva e talora discordante su termini diversi del Pliocene inferiore e del Miocene superiore. Iniziato con la parte inferiore della Sottozona a *Globorotalia crassaformis* (Zona a *G. aemiliana*), il ciclo mediopliocenico è ovunque inizialmente rappresentato da litologie parzialmente o totalmente carbonatiche di modesta profondità. Col proseguire della subsidenza alle facies carbonatiche fanno seguito sedimenti pelitici, le cui microfaune manifestano profondità progressivamente crescenti fino a valori compatibili con la parte meno profonda della zona neritica esterna. Lo sviluppo arealmente differenziato delle argille e dei calcari (le prime sono più estese e potenti nel settore meridionale, mentre i secondi sono particolarmente sviluppati in quello centro-settentrionale) induce ad ipotizzare un contesto paleogeografico caratterizzato da una fascia meridionale più depressa ed una settentrionale più elevata e quindi una diacronia nella trasgressione (con sommersione precoce della prima e tardiva della seconda).

Nell'area studiata non si sono conservati i termini regressivi del secondo ciclo, ma da ricerche eseguite in zone limitrofe risulta che quest'ultimo si è esaurito nell'ambito del Pliocene medio.

Résumé — *Le Pliocène de la zone de Pomarance (Pise)*. Un réexamen des sédiments pliocènes de la zone de Pomarance, effectué par l'intégration constante entre des observations sur le terrain et des analyses micro-paléontologiques, a permis de préciser la succession locale lithostratigraphique et d'en situer les termes particuliers dans un contexte bio- et chronostratigraphique moderne. Grâce aux acquisitions sus-mentionnés et à celles du paléoenvironnement, il a été en outre possible de tracer un nouveau modèle d'évolution paléogéographique au cours du Pliocène.

La nouveauté la plus importante consiste en l'individuation de deux cycles sédimentaires marins, l'un du Pliocène inférieur et l'autre du Pliocène moyen. Les sédiments basaux du premier cycle sont presque exclusivement argileux et relatifs à la Zone à *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l.: ceux-ci se trouvent partout en continuité sur la facies haute messinienne de «lago mare», en témoignant une transgression «eau sur eau», et par leurs micro-faunes révèlent une évolution bathymétrique rapide jusqu'à des profondeurs reductibles à la partie la plus extérieure de la zone néritique. Les sédiments les plus récents appartiennent à la partie inférieure de la Zone à *Globorotalia puncticulata* (Sous-zone à *Globigerina apertura*) et ils sont représentés par des conglomérats qui se sont déposés en régime régressif. Si, d'un côté, les sédiments typiquement côtiers des dernières phases du cycle ne se sont pas conservés dans la zone, de l'autre il y a des évidences micro-paléontologiques d'une tendance régressive déjà dans les limites de la Zone à *Globorotalia puncticulata*-*G. margaritae*, à partir de laquelle on relève un arrêt dans la subsidence et une diminution bathymétrique progressive sur toute la zone.

Au cours de ce premier cycle, à partir de la phase avancée de la première bio-

zone pliocène et sur une zone progressivement plus étendue à mesure que le temps avance, à la sédimentation argileuse se joint une quantité remarquable de matériel clastique grossier et chaotique qui vient de zones plus méridionales en soulèvement (probablement à cause de la mise en place de masses intrusives). Le soulèvement en question a commencé à concerner la zone de Pomarance à partir de la Zone à *G. puncticulata*-*G. margaritae*, provoquant même sa complète émergence dans la Zone à *G. puncticulata*.

Au cours de la phase continentale, qui s'est prolongée jusqu'au début du Pliocène moyen, les procédés érosifs ont agi si intensément qu'ils ont emporté non seulement les sédiments du sommet du cycle, mais même des biozones complètes; parfois ces procédés ont mené à dénuder le substrat. Par conséquent la séquence sédimentaire du cycle suivant, amorcé par une reprise de la subsidence, demeure transgressive et parfois discordante sur des niveaux différents du Pliocène inférieur et du Miocène supérieur. Commencé par la partie inférieure de la Sous-zone à *Globorotalia crassaformis crassaformis* (Zone à *G. aemiliana*), le cycle médio-Pliocène est partout initialement représenté par des lithologies partiellement ou totalement carbonatées d'une profondeur modeste. Par la continuation de la subsidence, les faciès carbonatés sont suivies par des sédiments pélagiques dont les microfaunes manifestent des profondeurs progressivement croissantes jusqu'à des valeurs compatibles avec la partie la moins profonde de la zone néritique extérieure. Dans la zone, le développement diversifié des argiles et des calcaires (les premières sont plus étendues et puissantes dans le secteur centre-nord) conduit à supposer un contexte paléogéographique caractérisé par une bande méridionale basse et une bande septentrionale plus élevée et donc une diachronie dans la transgression (avec submersion précoce de la première et tardive de la deuxième).

Dans la zone étudiée les termes régressifs du deuxième cycle ne se sont pas conservés, mais d'après des recherches effectuées dans des zones limitrophes il résulte que ce dernier s'est épuisé dans le cadre du Pliocène moyen.

Key words — Stratigraphy, Paleogeography, Pliocene, Tuscany.

INTRODUZIONE

Nonostante i numerosi studi condotti negli ultimi decenni sui sedimenti neogenici della Toscana, permangono non poche aree in cui le conoscenze geologiche presentano ancor oggi problematiche, a livello sia locale che generale, ancora da chiarire. Ciò riguarda soprattutto l'intervallo messiniano, che si presenta con un contesto oggettivamente complesso e ricco di variazioni laterali e verticali, ma concerne anche il Pliocene, peraltro estesamente rappresentato e materializzato da sequenze molto potenti.

Pur nell'apprezzare i lavori esistenti, si individua nella mancanza od insufficienza di integrazione tra rilievi di campagna e riscontro analitico in laboratorio la causa principale delle lacune consoci-

tive ancora oggi esistenti nella stratigrafia pliocenica e della incompletezza delle ricostruzioni paleogeografiche formulate nel passato per il Pliocene della Toscana. Particolarmente sentita è la necessità di studi micropaleontologici, indubbiamente determinanti per la risoluzione di problemi cronostratigrafici e di notevole ausilio nelle ricostruzioni paleoambientali, tanto più che in questo intervallo sono ricorrenti tipologie sedimentarie spesso apparentemente identiche, ma che in realtà rappresentano episodi deposizionali distinti per tempo e/o per ambiente.

Nella prospettiva di recare un nuovo contributo alla migliore conoscenza della tematica pliocenica toscana è stata intrapresa la revisione di alcuni bacini pliocenici, ritenuti alquanto interessanti allo scopo. La metodologia di queste ricerche, che verranno pubblicate in una serie di note, prevede un rilevamento geologico o, nel caso di una cartografia già disponibile, un controllo del maggior numero possibile di sequenze e di situazioni, accompagnato da una campionatura di dettaglio per le analisi micropaleontologiche. Queste ultime saranno incentrate sui Foraminiferi planctonici e/o sul Nannoplanton calcareo, che oggi notoriamente rappresentano lo strumento più idoneo per la risoluzione delle problematiche bio- e cronostratigrafiche del Pliocene; parallelamente verranno analizzate le associazioni a Foraminiferi bentonici e/o le ostracofaune per le interpretazioni di carattere paleoambientale.

In questo contesto e con quest'ottica la presente nota ha come oggetto lo studio delle sequenze plioceniche del Bacino di Pomarance e come obiettivo la ricostruzione della sua evoluzione paleogeografica nel corso del Pliocene. Nel caso specifico dell'area considerata (Fig. 1), compresa tra il F. Cecina a N e l'allineamento M. Gabbri — propaggini nordorientali di M. Aneo a S, delimitata a E e a W rispettivamente dal T. Pòssera e dai botri Caldana e Il Rio (Tav. I NE del F° 119 della Carta d'Italia), le operazioni di campagna sono state notevolmente agevolate dalla preesistenza del rilevamento geologico alla scala 1:25.000 realizzato da MAZZANTI (1966), che si è rivelato di insostituibile ausilio alla nostra ricerca (Fig. 2). Ciò nondimeno è stata ricontrollata pressoché l'intera area, sia per l'esigenza di un'accurata scelta delle sezioni più favorevoli e più indicative da campionare, sia per poter razionalmente estendere all'intero bacino la nostra ipotesi evolutiva in chiave paleogeografica.

Per l'insorgere di problemi di vario ordine e di insospettate situazioni e difficoltà nel corso delle operazioni di campagna e di laboratorio, si è reso necessario lo studio di un numero di sezioni

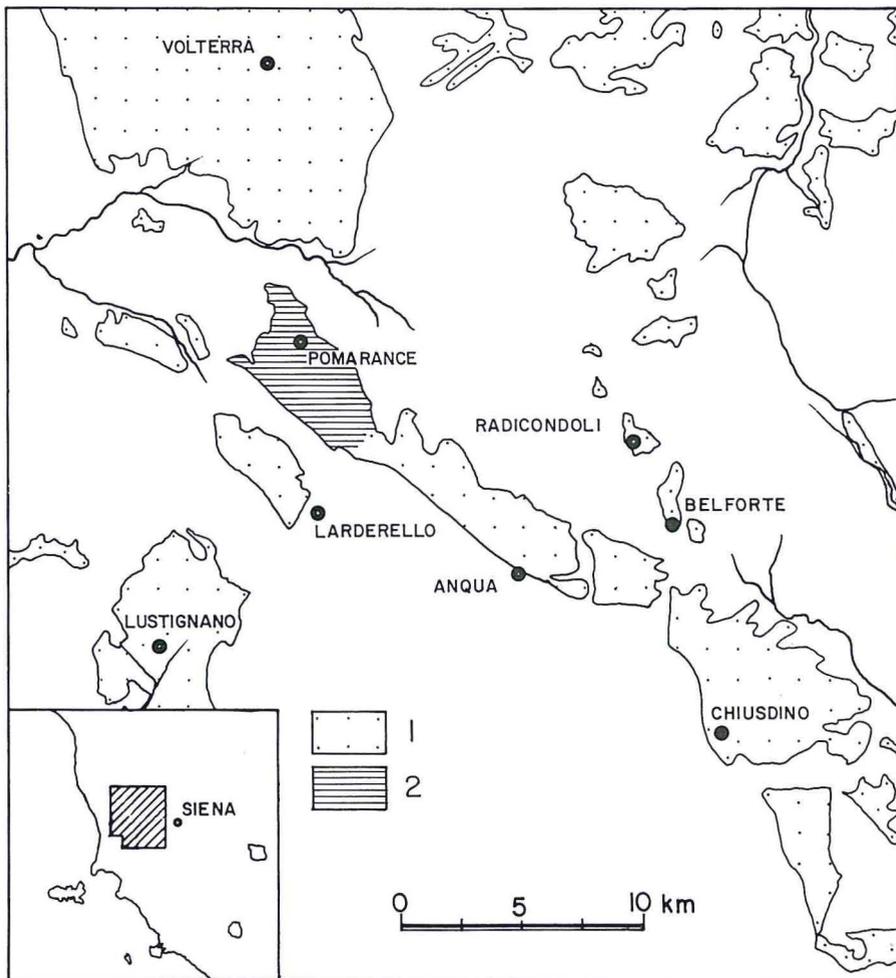


Fig. 1 - 1) Aree di affioramento dei sedimenti pliocenici; 2) Area studiata.

più elevato (14) di quanto originariamente programmato e di campionature integrative parziali che assommano ad un totale di circa 300 campioni analizzati. Pur nella possibilità di una loro riduzione per la pubblicazione, si è preferito riferire integralmente i dati acquisiti anche a scapito di snellezza nella lettura, se non altro per la loro importanza per un aggiornamento del rilevamento geologico. A questo proposito si precisa che quest'ultimo, tuttora in corso, sarà pubblicato in un altro e più ampio contesto cartografico; pur tuttavia, per chiarezza di esposizione, in questa nota si è ritenuto opportuno riportare l'ubicazione delle sezioni e delle campionature (Fig. 3) almeno sulla base

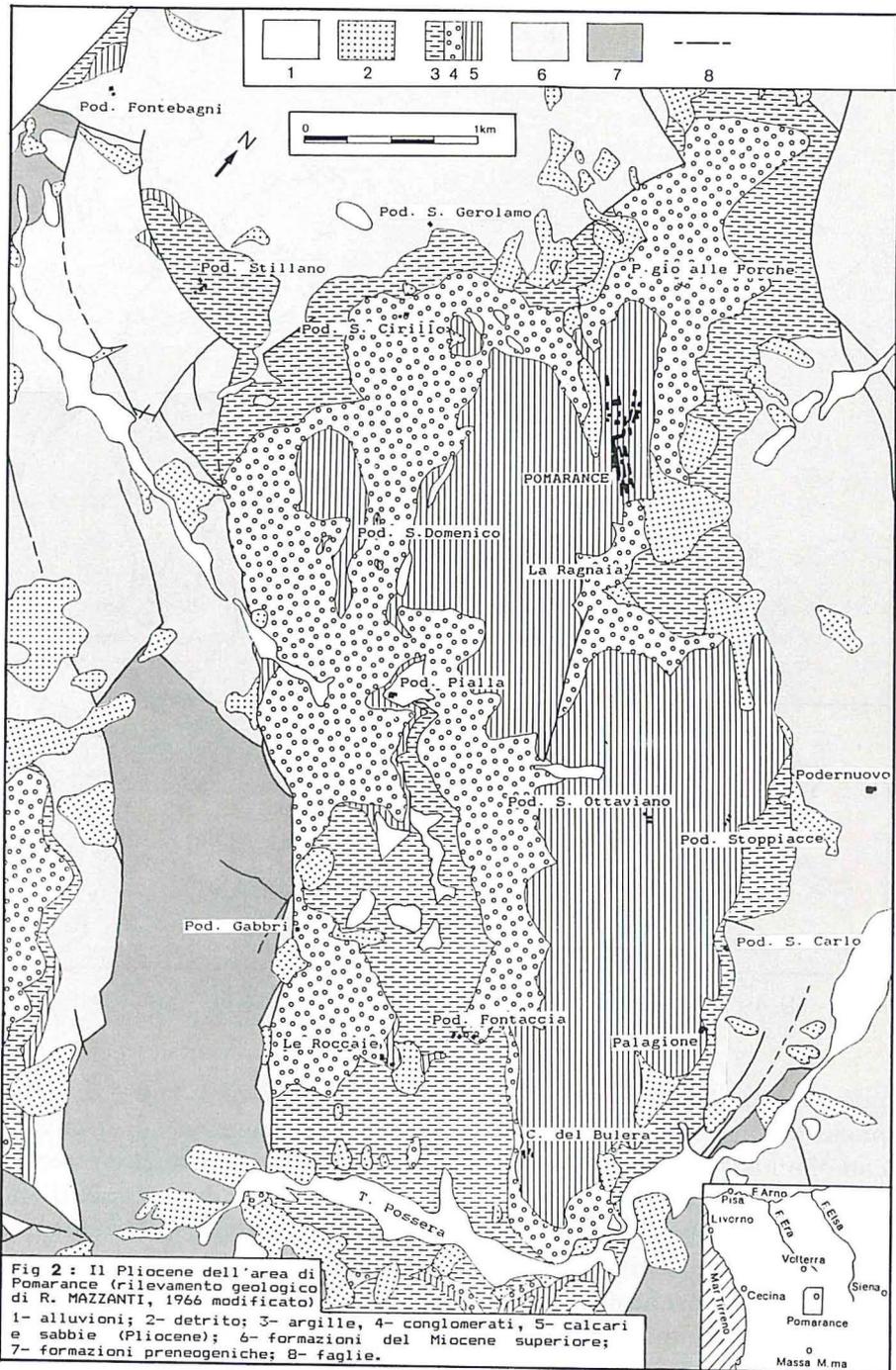


Fig. 2

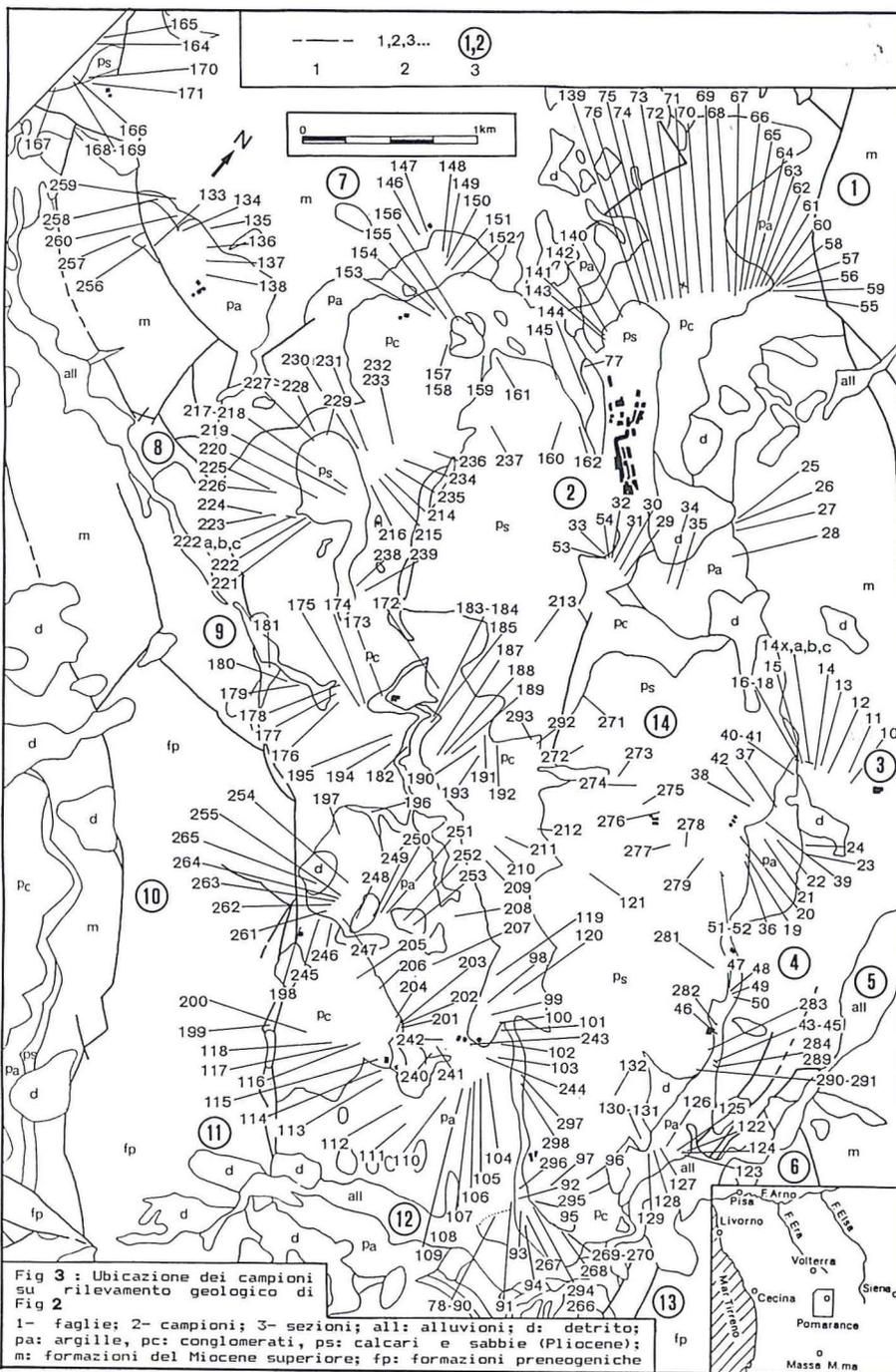


Fig. 3

geologica originale di MAZZANTI (1966), anche se il nostro studio analitico di dettaglio ha inevitabilmente evidenziato varie discrepanze con quanto precedentemente accertato. Parte di queste differenze sono comunque visualizzate nella colonna stratigrafica relativa a ciascuna sezione, dove, in ordine da sinistra, sono riportati l'inquadramento cronostratigrafico, quello biostratigrafico sulla base dei Foraminiferi planctonici e in riferimento allo schema zonale di IACCARINO e SALVATORINI (1982) (in questa sede il Nannoplancton è stato utilizzato unicamente per alcune deduzioni conclusive), l'interpretazione delle unità litostratigrafiche come cartografate da MAZZANTI (1966) (e riportate con le stesse sigle utilizzate dall'Autore), la colonna schematica delle litologie da noi osservate.

Si precisa infine che, in vista dei successivi e annunciati lavori su altri bacini pliocenici della Toscana, si è ritenuto prematuro procedere alla formalizzazione delle unità litostratigrafiche incontrate nell'area di Pomarance ed opportuno attendere, per tale operazione, l'acquisizione di una diretta conoscenza in scala più ampia delle sequenze stratigrafiche e delle loro variazioni.

CONOSCENZE PRECEDENTI SULLA STRATIGRAFIA PLIOCENICA DELL'AREA DI POMARANCE

L'area studiata è ubicata nella parte sud-orientale del vasto Bacino di Volterra; i suoi sedimenti pliocenici sono impostati in un Graben a direzione appenninica, che si prolunga, verso SE, nei bacini di Anqua, Radicondoli-Belforte e Chiusdino.

I sedimenti del Pliocene di Pomarance, affioranti con ampia estensione e con buone esposizioni, sono stati oggetto di un rilevamento geologico alla scala 1:25.000, allegato alla pubblicazione di MAZZANTI (1966) dedicata alla geologia della zona di Pomarance-Larderello. Si ricorda comunque che questo lavoro è stato preceduto da una nota preliminare di LAZZAROTTO e MAZZANTI (1965), incentrata sulla stratigrafia di dettaglio di tre sezioni del complesso neoautoctono compreso nelle tavolette Pomarance e Castelnuovo di Val di Cecina. L'unica a ricadere nell'area considerata in questa ricerca è la sezione 1, ubicata ad E di Pomarance lungo l'asse Poggiamonti-Podernuovo. Il suo tratto più occidentale (il più alto stratigraficamente) coincide con il primo dei due spezzoni che compongono la nostra Sezione Podernuovo-Pod. Stoppiacce ed è costituito da un intervallo messiniano in cui compaiono arenarie, gessi e conglomerati con ciottoli

di eurite e porfido; in concordanza su di esso giacciono le argille a *Pycnodonte navicularis* del Pliocene inferiore, seguite, a loro volta, da calcari arenacei.

Nel lavoro del 1966 MAZZANTI aggiunge, alle argille con *P. navicularis* (*pa*) ed ai calcari (nella legenda della carta quest'ultima unità è indicata come «*ps*-calcari detritici, sabbie e argille sabbiose»), un altro litotipo pliocenico (*pc*), composto da «conglomerati con ciottoli costituiti in prevalenza da elementi del Flysch calcareo-marnoso». Queste tre unità sarebbero riconducibili a facies di mare costiero o franco, comunque mai profondo, e non costituirebbero intervalli isocroni in quanto reperibili con una giacitura variabilissima nella generale sequenza sedimentaria dell'area.

Sulla base delle analisi micropaleontologiche di alcuni campioni prelevati nelle tre unità, MAZZANTI riconosce la esistenza di un Pliocene inferiore non meglio precisato e di un Pliocene medio; al Pliocene inferiore attribuisce tutte le formazioni plioceniche alla sinistra del T. Pössera, ad eccezione dell'estesa placca di calcari detritici sopra i quali è fondato Pomarance, che invece rientrerebbero nel Pliocene medio; al contrario, tutti i sedimenti pliocenici sulla destra del medesimo torrente sono ritenuti del Pliocene medio, eccezion fatta per una sottile fascia argillosa sottostante i calcari detritici del Pod. Per Rosso.

Da un punto di vista giaciturale, i sedimenti del Pliocene inferiore seguono, generalmente in concordanza stratigrafica ed in facies argillosa, le formazioni del Messiniano, indicando una continuità di sedimentazione al passaggio Mio-Pliocene. Solo in quelle che l'Autore indica come zone marginali del bacino, la base del Pliocene inferiore è trasgressiva sia sopra le formazioni ofiolitifere alloctone che sui sedimenti neoautoctoni del Miocene; dove si verifica questa situazione i sedimenti pliocenici sono rappresentati da calcari detritici e da conglomerati. Ciò induce l'Autore ad ipotizzare una parziale regressione in corrispondenza della parte più alta del Miocene superiore, seguita da una fase di sprofondamento nel Pliocene inferiore; quest'ultimo si chiude con la sedimentazione di una potente serie di conglomerati.

I sedimenti del Pliocene medio risultano in parte concordanti su quelli del Pliocene inferiore ed in parte trasgressivi su questi e sopra i depositi del Miocene, nonché sulle unità dell'alloctono; essi sono sostanzialmente rappresentati da calcari detritici, sabbie ed argille sabbiose.

Sulla base di questo quadro stratigrafico l'Autore delinea una

evoluzione paleogeografica di cui riportiamo i tratti essenziali:

- quasi completa sommersione dell'area, nel corso del Miocene superiore, da parte di acque prima lacustri e successivamente marine.
- Inizio, e poi rapida accentuazione, alla fine del Messiniano, di un sollevamento dell'area e conseguente erosione dei sedimenti miocenici prima depositi; secondo l'Autore «*la fine del Miocene superiore è così caratterizzata da notevoli cambiamenti paleogeografici specialmente nel senso di un notevole e generale restringimento del bacino e del forte sollevamento di alcune aree limitate*» (pag. 134 del lavoro citato).
- Nel Pliocene inferiore l'area subisce un movimento negativo e viene interamente sommersa, ad eccezione della sua parte sud-orientale (fra Larderello e la Rocca di Sillano, in corrispondenza all'incirca dell'attuale percorso del T. Pössera). In conseguenza di ciò nella parte centrale del bacino, rimasta costantemente sommersa, si realizza una sedimentazione argillosa in concordanza stratigrafica con i depositi messiniani; dove invece si è sviluppata la regressione supramiocenica, la base del Pliocene inferiore è trasgressiva ed è rappresentata da calcari detritici e conglomerati. Il Pliocene inferiore si chiude con una regressione di piccola entità.
- Nel Pliocene medio abbiamo una nuova espansione del dominio marino con trasgressione anche nell'area della Rocca di Sillano, la quale rimase completamente sommersa o tutt'al più ridotta ad una serie di scogli. Comunque l'Autore riconosce che «*non esistono elementi per ricostruire la linea di costa del Pliocene medio... né esiste la possibilità di ricostruire lo sviluppo della regressione che dal Pliocene medio (Pliocene superiore?) ha definitivamente portato alla emersione della zona*». (pag. 134 del lavoro citato).

Dopo il lavoro di MAZZANTI, il Pliocene dell'area di Pomarance non è contemplato in alcuna altra nota di dettaglio; alcune informazioni al riguardo, anche se di carattere molto generale, possono comunque essere ricavate da alcune sintesi strutturali-paleogeografiche realizzate per la Toscana nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica (Sottoprogetto Neotettonica) del C.N.R.

Nella prima di queste (AMBROSETTI *et AL.*, 1979) viene ricostruita l'evoluzione paleogeografica della Toscana a Sud dell'Arno, dell'alto Lazio e dell'Umbria occidentale, visualizzata con tre carte di distribuzione dei mari e delle terre emerse in tre momenti particolarmente

te significativi, corrispondenti alla massima estensione del dominio marino nel Pliocene inferiore, nel Pliocene medio e nel Pleistocene.

Nello schema paleogeografico relativo al momento di massima espansione marina nel Pliocene inferiore, identificato con la Zona a *Globorotalia puncticulata* (durante la quale si è realizzata anche la massima estensione marina di tutto il Pliocene), la nostra area appare interamente sommersa.

Si ricorda anche che, immediatamente a S di essa, sono prospettate due zone emerse separate (una, più grande, avente come bordo settentrionale l'allineamento Larderello-M. S. Lucia e M. Gabbro; l'altra, più piccola, con il margine settentrionale in corrispondenza dell'allineamento Libbiano-M. Aneo), tra le quali si insinua un braccio di mare a collegamento del Bacino di Pomarance con quello più meridionale di Serrazzano-Lustignano.

Alla fine del Pliocene inferiore si verifica, nella Toscana e nell'alto Lazio, un radicale cambiamento paleogeografico, a seguito del sollevamento di un'ampia fascia occidentale che innesca una fase regressiva; almeno fino al momento di massima estensione del mare del Pliocene medio, che gli Autori identificano con la Zona a *Globorotalia* gr. *aemiliana-crassaformis*, la nostra area comunque continua a rimanere interamente sommersa, anche se contenuta in un dominio ben più ristretto di quello raggiunto nel Pliocene inferiore; tra l'altro si chiuderebbe anche la comunicazione con il Bacino di Serrazzano-Lustignano e le due aree emerse prima segnalate formerebbero corpo unico con una vasta area meridionale completamente emersa.

Con la fine del Pliocene medio si ha una generale regressione marina, che nel Pliocene superiore porta alla emersione totale della Toscana e dell'alto Lazio. Gli Autori riscontrano infatti che «*in nessuna parte della Toscana a Sud dell'Arno e del Lazio settentrionale è stata fino ad ora paleontologicamente documentata la presenza di sedimenti marini del Pliocene superiore, nel senso che non è mai stata accertata la presenza di Globorotalia inflata*» (pag. 578 del lavoro citato).

Queste risultanze vengono espresse anche in uno schema riassuntivo della evoluzione paleogeografica, in cui il Bacino di Pomarance è inquadrato nel più vasto Bacino di Volterra. Per quest'ultimo gli Autori ipotizzano:

- una trasgressione diacrona, ma sempre contenuta nella primaizona del Pliocene inferiore (identificabile con la Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. dello schema zonale da noi adottato).

- Un progressivo abbassamento dell'area, che raggiunge il culmine nella Zona a *Globorotalia puncticulata* (comprensiva anche della Zona a *G. puncticulata*-*G. margaritae* del nostro modello biostratigrafico).
- Un'emersione, almeno parziale, (gli Autori segnalano cicli lacustri e fluvio-lacustri) nel Pliocene medio (Zona a *Globorotalia* gr. *aemiliana crassaformis*), seguita da una nuova sommersione.
- L'inizio di una fase tettonica positiva con definitiva emersione dell'area all'inizio del Pliocene superiore.

Anche il lavoro di BARTOLINI *et Al.* (1982), nel quale, a conclusione di studi di neotettonica condotti sui singoli Fogli alla scala 1:100.000 del Servizio Geologico (COSTANTINI *et Al.* 1980, per il Foglio 119), viene proposto un modello di evoluzione strutturale-paleogeografica relativo all'intero Appennino Settentrionale, ha uno stile tale per cui non è possibile trarre da esso informazioni relative a problemi strettamente locali; ciò nonostante, dal quadro generale possiamo ricavare per il Bacino di Pomarance la seguente evoluzione:

- nel cosiddetto «Intervallo II» che si estende «dall'inizio della transgressione pliocenica (~ 5.2 m.a.d.p.) all'estinzione di *Gl. margaritae* (~ 4 m.a.)», il bacino è interessato da una fase certa di abbassamento relativo;
- nell'«intervallo IIIa» che si estende «dall'estinzione di *Gl. margaritae* fino alla Zona a *Gl. inflata* inclusa (limite Plio-Pleistocene, ~ 1.8 m.a.)» (pag. 523 del lavoro citato), l'area in parola è ancora interessata da subsidenza, seguita da un sicuro sollevamento.

LE SEZIONI STUDIATE

CONSIDERAZIONI STRATIGRAFICHE E PALEOAMBIENTALI

Nell'illustrazione delle sezioni studiate sarà seguito l'ordine della loro ubicazione da W verso E, iniziando dalla fascia settentrionale dell'area per passare successivamente a quella più meridionale.

1 - SEZIONE DI POGGIO ALLE FORCHE (Fig. 4)

È ubicata a NW di Pomarance, ad 1 Km circa dal centro abitato; è stata campionata per uno spessore di quasi 200 m, in gran parte lungo una piccola strada che da Pod. Colondri porta fino nei pressi del cimitero del paese. Sono stati prelevati 23 campioni, ad

iniziare dalla locale parte alta della unità *pa* di MAZZANTI (1966); poco a N quest'ultima si presenta a contatto tettonico con vari termini del Miocene superiore.

Dal basso verso l'alto, la sezione consta di:

- Argille grige (unità *pa* di MAZZANTI, 1966): sono pressoché prive di ciottoli e con scarsi fossili; sono state campionate per uno spessore di circa 40 m (PO 55-60).
- Conglomerati (unità *pc* di MAZZANTI, 1966): affiorano per uno spessore di circa 140 m; i clasti hanno dimensioni estremamente variabili (fino a 50 cm di diametro), sono in genere elaborati e costituiti soprattutto da rocce carbonatiche; assente qualsiasi traccia di classazione. La matrice è in genere argillosa e di colore grigio scuro, talvolta è sabbiosa o microconglomeratica; in alcuni intervalli è scarsa, in altri è talmente abbondante che sarebbe più corretto parlare di argille con ciottoli. Non mancano livelli di sabbie e sabbie argillose, in genere di pochi centimetri di spessore. Nei livelli argillosi sono stati prelevati 16 campioni (PO 61-76).
- Calcari (unità *ps* di MAZZANTI, 1966): si tratta di calcari detritico-organogeni stratificati, con livelli a diversa competenza; quelli più friabili hanno in genere anche una certa componente pelitica. Sono presenti piccoli ciottoli sparsi; ricorrenti i fossili, prevalentemente in frammenti, tra i quali segnaliamo Echinidi (anche di grosse dimensioni), Ostreidi (spesso concentrati in livelli), Pettinidi (con prevalente *Chlamys*), Briozoi.

Nella zona circostante il cimitero il contatto con l'unità sottostante è mascherato da una fascia di detrito dei calcari, per cui non sono possibili osservazioni in merito; è presumibile comunque che il camp. PO 139 provenga da un livello ubicato pochissimi metri sopra la base dell'unità carbonatica.

Risultati delle analisi

I campioni esaminati hanno in genere un buon contenuto in Foraminiferi planctonici (la distribuzione delle varie specie determinate, con la relativa frequenza, è riportata in Fig. 4). Dal punto di vista quantitativo si può rilevare, nella maggior parte delle tanatocenosi, l'abbondanza dei seguenti taxa: *Globigerina bulloides*, *G. decoraperta*, *G. falconensis*, *G. quinqueloba*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *Globorotalia acostaensis*, *Orbulina suturalis* e *O. universa*. Frequenze elevate, ma più episodiche, sono presentate anche da *Globigerina*

calida praecalida, *G. nepenthes*, *Globigerinoides obliquus obliquus* e *G. quadrilobatus quadrilobatus*. Quantitativamente subordinate o addirittura rare le altre forme.

Per la porzione sottostante ai calcari l'elemento più importante e discriminante ai fini di una suddivisione in biozone della sezione analizzata appare la presenza di *Globorotalia margaritae*, che fa la sua comparsa nel camp. PO 68 e si ritrova pressoché costantemente fino al contatto con i calcari; la distribuzione di questo taxon identifica la omonima zona, se, come in questo caso, precede la comparsa di *Globorotalia puncticulata*. L'attribuzione dell'intervallo PO 68-76 alla Zona a *G. margaritae* trova conferma anche nella distribuzione di *Globigerina nepenthes*, *G. apertura* e di *Globigerinoides elongatus*. Le nostre esperienze su numerosissime sezioni italiane indicano infatti che il primo taxon scompare all'interno della Zona a *G. margaritae* (nella nostra sezione non va oltre il camp. PO 73), che il secondo compare nella sua forma tipica all'interno della suddetta zona (nel caso specifico col camp. PO 73) e che il terzo fa la sua comparsa dopo quella di *G. puncticulata* (nella sezione sono presenti saltuari individui atipici).

L'intervallo sottostante il livello di comparsa di *G. margaritae* è, per definizione, riferibile alla Zona a *Sphaeroidinellopsis seminuolina* s.l., anche se tale taxon è in effetti presente solo in un campione. A riprova di questo riferimento biostratigrafico vi è l'elevata frequenza di *G. nepenthes*, una specie che, nelle sequenze plioceniche mediterranee, è abbondante e tipica soprattutto in questa unità.

Per quel che concerne i soprastanti calcari, si devono innanzi tutto far presenti le notevoli differenze quantitative e qualitative tra l'associazione a Foraminiferi planctonici del camp. PO 139 (raccolto pressoché alla base) e le tanatocenosi delle sottostanti unità. Particolarmente significativa è comunque soprattutto la presenza, se pur in rari esemplari, di *Globorotalia bononiensis* e ancor più quella di *G. crassaformis crassaformis*, le quali concordano nel far attribuire, senza dubbio alcuno, l'unità calcarea alla Zona a *Globorotalia aemiliana*. Non è invece degna di fiducia la presenza di esemplari del genere *Sphaeroidinellopsis* ai fini di una discriminazione fra le due sottozone in cui è stata suddivisa questa unità biostratigrafica (si ricorda che a marcare il loro limite è proprio la scomparsa dei rappresentanti del genere); il rinvenimento infatti di elementi sicuramente rimaneggiati dai sottostanti livelli del Pliocene inferiore (v. per es. *G. puncticulata*) pone infatti seri dubbi circa l'autoctonia di questo marker sottozonale.

In conclusione ed in termini cronostatigrafici, l'intervallo litostratigrafico localmente sottostante la formazione *ps* è di pertinenza del Pliocene inferiore e, per l'esattezza, della sua parte inferiore, ma non basale (si ricorda infatti che la nostra campionatura è stata iniziata da livelli non basali della locale successione); i calcari sono invece riferibili al Pliocene medio e probabilmente ad una porzione inoltrata di esso, come ci è dato di supporre dalla presenza di *G. crassaformis crassaformis*, un taxon che fa la sua comparsa già all'interno della Zona a *G. aemiliana* (e quindi nel Pliocene medio). Ne consegue che nella sequenza studiata è documentabile con assoluta certezza una considerevole lacuna stratigrafica, comprendente almeno l'intera zona a *G. punctulata*-*G. margaritae* e quella a *G. punctulata* (cioè una buona parte del Pliocene inferiore), nonché una porzione della Zona a *G. aemiliana*.

Anche dal punto di vista dei Foraminiferi bentonici sussistono nette differenze tra l'associazione dei calcari e quelle delle unità sottostanti, espressioni evidenti di condizioni paleoambientali marcatamente diverse. Sia nelle argille *pa*, sia in quelle dell'unità *pc*, le associazioni sono in genere ben diversificate e caratterizzate da taxa denotanti, nel loro insieme, un ambiente marino con batimetrie riconducibili a quelle della parte più profonda della zona neritica esterna, in armonia con la pressoché generale predominanza dei planctonici sui bentonici. Per questi ultimi ricordiamo la presenza di *Alломorphina trigona*, *Anomalinoidea helicinus*, *A. ornatus*, *Astrononion stelligerum*, *Baggina gibba*, *Bigenerina nodosaria*, *Bolivina aenariensis*, *B. alata*, *B. apenninica*, *B. dilatata*, *B. leonardii*, *B. punctata*, *B. usensis*, *Bulimina costata*, *B. inflata*, *B. minima*, *B. subulata*, *Cancris oblongus*, *Cassidulina carinata*, *Chilostomella oolina*, *Cibicidoides ferasinii*, *C. pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Dimorphina tuberosa*, *Dorothia gibbosa*, *Eggerella bradyi*, *Florilus boueanus*, *Frondicularia denticulata*, *Glandulina laevigata*, *Globobulimina affinis*, *Globocassidulina subglobosa*, *Gyroidina soldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *H. dertonensis*, *Hoeglundina elegans*, *Hopkinsina bononiensis*, *Karreriella bradyi*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *L. curvisepta*, *L. dilecta*, *L. echinata*, *L. gibba*, *L. inornata*, *L. orbicularis*, *L. peregrina*, *L. serpens*, *L. vortex*, *Marginulina costata*, *M. subulata*, *Martinottiella communis*, *M. perparva*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Neoeponides schreibersii*, *Nodosaria longiscata*, *N. ovicula*, *N. pentecostata*, *N. raphanistrum*, *Planularia auris*, *P. elongata*, *Plectofrondicularia raricosta*, *Pullenia bulloides*, *P. quinqueloba*, *Pyrgo depressa*, *P. subsphaerica*, *Ramulina globulifera*, *Rectuvigerina siphogenerinoides*, *Saracenaria ita-*

lica, *Sigmilopsis coelata*, *Siphonina planoconvexa*, *S. reticulata*, *Sphaeroidina bulloides*, *Stilostomella advena*, *S. hispida*, *Textularia aciculata*, *T. soldanii*, *Uvigerina peregrina*, *U. pygmaea*, *U. rutila*, *Vaginulina margaritifera*, *Vaginulinopsis soluta soluta*, *Valvulineria bradyana*, *V. complanata*.

Se quello poc'anzi espresso è il generale contesto paleoambientale durante l'intervallo documentato, si deve tuttavia rilevare che alcuni livelli (in particolare quelli di provenienza dei campioni PO 62, PO 64 e PO 75) presentano, oltre che prevalenti quantità di bentonici sui planctonici, un numero discretamente elevato di esemplari di *Ammonia beccarii beccarii* e di *Florilus boueanus*, due taxa che sono frequenti solo nella zona neritica interna. A spiegazione di queste eccezioni al contesto paleoambientale generale ci sembra di poter escludere un consistente apporto, nella zona esterna, di elementi «spiazzati» da fondali più superficiali, in quanto non vi sono evidenze di ciò nello stato di conservazione delle forme citate (in realtà la presenza di rimaneggiati intraformazionali è stata constatata in numerosi campioni, ma si tratta di sporadici esemplari appartenenti, oltreché alle due specie citate, a *Ammonia beccarii tepida*, *Asterigerinata mamilla*, *A. planorbis*, *Buccella granulata*, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium complanatum*, *E. crispum*, *Protelphidium granosum*, *Reussella spinulosa*, *Rosalina globularis*, *Spiroloculina canaliculata*, sempre ben individuabili per il loro costante pessimo stato di conservazione). È verosimile che si tratti quindi di effettivi abbassamenti saltuari della colonna d'acqua (fino a batimetrie prossime al limite tra la zona neritica esterna e quella interna), probabilmente imputabili ad oscillazioni positive di natura tettonica in un generale regime di approfondimento, più che ad episodiche prevalenze della velocità di sedimentazione su quella di subsidenza.

Per quel che concerne l'ambiente deposizionale dell'unità calcarea, il campione in essa raccolto presenta una netta prevalenza dei Foraminiferi bentonici su quelli planctonici e un'associazione dei primi costituita prevalentemente da *Amphistegina gibbosa*, *Asterigerinata planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Elphidium crispum*, *Oridorsalis* sp. Si tratta di specie che prediligono modeste batimetrie, con le quali ben si concilia anche la presenza, se pur subordinata, di numerosi altri taxa, tra i quali ricordiamo *Ammonia beccarii beccarii*, *Baggina gibba*, *Elphidium complanatum*, *Neoeponides schreibersii*, *Reussella laevigata*, *Rosalina globularis*. Non mancano tuttavia taxa denotanti profondità maggiori (*Cibicidoides ungerianus*, *Gyroidina soldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *Lenticulina* spp., *Melonis*

padanus, *M. soldanii*, *Planulina ariminensis*, *Uvigerina longistriata*, *U. peregrina*, ecc.), una parte dei quali potrebbe però essere rimangiata dalle sottostanti unità del Pliocene inferiore. Essi, comunque, sono in genere rappresentati da rari esemplari, i quali certamente non incidono sul significato dell'associazione generale, che denota, in sostanza, un ambiente marino di pertinenza della zona neritica interna. Batimetrie modeste, almeno per il tratto inferiore della formazione calcarea, sono del resto indicate anche dalla frequenza di *Ostrea* in più livelli e dalla generale frantumazione subita dai macrofossili, denotante appunto un ambiente ad elevata energia.

In ultima analisi il passaggio tra l'unità conglomeratica e quella carbonatica è marcato da una discontinuità non solo temporale, ma anche ambientale: a sedimenti di un ambiente marino sensibilmente profondo e interessato da notevoli apporti clastici, si sovrappongono, senza l'interposizione di facies transizionali, sedimenti marini di acque poco profonde, ricche in carbonati.

2 - SEZIONE LA RAGNAIA (Fig. 5)

È ubicata per buona parte sul fianco dell'incisione del botro omonimo, poche centinaia di metri a SE dell'abitato di Pomarance. La campionatura ha interessato uno spessore di circa 140 m di sedimenti, appartenenti, dal basso verso l'alto, alle tre unità *pa*, *pc* e *ps* di MAZZANTI (1966).

Le litologie incontrate presentano, localmente, le seguenti caratteristiche:

- Argille (*pa*) (camp. PO 34-35): sono di colore grigio o grigio-azzurro, del tutto prive di ciottoli e senza una palese stratificazione.
- Conglomerati (*pc*) (camp. PO 29-53): si tratta in realtà di un'alternanza di conglomerati, sabbie ed argille in livelli di vario spessore. Le peliti sono talvolta siltose od addirittura sabbiose; le sabbie sono spesso grossolane, non gradate e con superfici inferiori ondulate; i conglomerati, che hanno una matrice argillosa od arenacea, sono costituiti da elementi in genere inferiori ai 5 cm nella parte bassa dell'unità, di dimensioni mediamente superiori nel suo tratto sommitale. I clasti, ben elaborati, sono in prevalenza carbonatici, mentre subordinati sono quelli di rocce ofiolitiche. Mentre la parte inferiore della sequenza è prevalentemente argillosa, la parte superiore mostra intervalli ciottolosi più frequenti e più spessi.

2 - SEZ. LA RAGNAIA

TAXA	CAMPIONI	34	35	29	30	31	32	54	53	33
Giobigerina apertura										
" bulloides										
" calida praecalida										
" decoraperta										
" falconensis										
" nepenthes										
" quinqueloba										
Giobigerinoides elongatus										
" obliquus extremus					cf					cf
" obliquus obliquus										
" quadr. quadrilobatus										
" quadr. sacculifer										
" quadr. trilobus										
Giobertalia acostaensis										
" aemiliana										
" humerosa										
" margaritae										
" scitula										
Orbulina bilobata										
" suturalis										
" universa										
Giobigerinita bradyi										
" glutinata										
Hastigerina siphonifera										
Sphaeroidinellopsis semin. penedehiscens										
" semin. seminulina										
" seminulina s.l.										

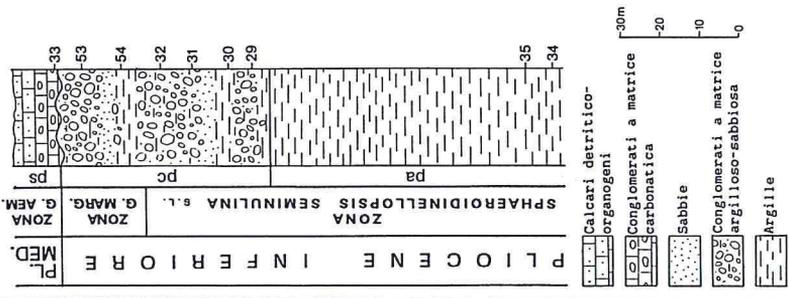


Fig. 5

- Calcari (*ps*) (camp. PO 33): alla base presentano un intervallo conglomeratico non stratificato, di spessore non precisabile per la copertura detritica, comunque stimabile in circa 10 m. La matrice di tale intervallo è carbonatica, di color giallastro chiaro; gli elementi sono in prevalenza calcarei, di dimensioni molto variabili (anche oltre i 20 cm), ben elaborati. Frequenti i fossili, tra cui sono ricorrenti grossi *Spondylus* ed *Ostrea*, Pettinidi (*Pecten* e *Chlamys*), Balani e Briozoi. Il passaggio al calcare è graduale, ma rapido, realizzandosi per progressiva dispersione dei ciottoli nella matrice; i ciottoli permangono come rari e piccoli elementi anche nella porzione basale dei calcari veri e propri. Questi ultimi si presentano alquanto detritici, stratificati, con livelli a diversa competenza, ma con prevalenza di quelli tenaci.

Risultati delle analisi

Le associazioni dei campioni di questa sezione, ad eccezione dell'unico campione prelevato nell'unità calcarea, si sono rivelate alquanto ricche di Foraminiferi planctonici, anche se in vari casi questi ultimi sono dispersi nell'abbondante frazione inorganica dei residui. Si presentano in modo abbastanza costante, e spesso con elevata frequenza, i seguenti taxa: *Globigerina bulloides*, *G. decoraperta*, *G. falconensis*, *G. quinqueloba*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *Globorotalia acostaensis*, *Orbulina universa*; altre forme si rinvencono in vari campioni, ma non raggiungono mai frequenze apprezzabili: *Globigerina calida praecalida*, *G. bradyi*, *Globigerinita glutinata*, *Globigerinoides obliquus obliquus*, *G. quadrilobatus quadrilobatus*, *G. quadrilobatus trilobus*, *Orbulina bilobata*, *O. suturalis*. Tra i taxa che compaiono solo in alcuni livelli si segnalano in particolare *Globigerina nepenthes* e *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. per il tratto inferiore della sequenza, *Globorotalia margaritae* per quello superiore.

Per quanto riguarda il campione prelevato dalla matrice del conglomerato di base dell'unità calcarea si deve segnalare il rinvenimento di rarissimi esemplari di Foraminiferi planctonici, appartenenti solamente a tre specie, tra le quali però è significativa la presenza di *Globorotalia aemiliana*.

Dal punto di vista biostratigrafico, la comparsa di *Globorotalia margaritae* nella parte sommitale della successione (camp. PO 54) costituisce l'elemento più importante, discriminante ai fini di una suddivisione stratigrafica dei sedimenti argillosi e conglomeratici sottostanti ai calcari. Per definizione infatti i livelli soprastanti questo

evento sono riferibili alla Zona a *G. margaritae*, mentre quelli ad esso sottostanti sono di pertinenza della Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l., in armonia con la presenza, in più orizzonti, del taxon nominale e di *Globigerina nepenthes*, talora rappresentati da un numero non indifferente di individui.

Altrettanto immediato è l'inquadramento zonale dell'unità calcarea, la quale contiene *Globorotalia aemiliana* fin dalla sua base ed è pertanto attribuibile alla omonima biozona.

In ultima analisi la sezione di La Ragnaia presenta un contesto lito-, bio- e cronostratigrafico del tutto analogo a quello illustrato per la vicina sezione di Poggio alle Forche, compresa l'evidenza di un consistente hiatus tra i termini del Pliocene inferiore (argille e soprastanti conglomerati) e quelli del Pliocene medio (calcari).

Marcate analogie tra le due sequenze si riscontrano anche nell'ambiente deposizionale. Le argille ed i conglomerati hanno infatti mostrato associazioni a Foraminiferi costantemente indicative di batimetrie considerevoli, riconducibili a quelle dell'intervallo inferiore della zona neritica esterna. Indicazioni in tal senso sono offerte, oltreché dalla netta prevalenza dei planctonici sui bentonici, dalle tipologie associazionistiche di questi ultimi. A titolo di esempio si elencano qui di seguito alcuni dei rappresentanti delle specie bentoniche incontrate: *Anomalinoidea helycinus*, *Bigenerina nodosaria*, *Bolivina alata*, *B. leonardii*, *B. punctata*, *B. usensis*, *Bulimina costata*, *B. inflata*, *B. minima*, *B. subulata*, *Cibicidoides ferasinii*, *C. pseudoungarianus*, *C. ungerianus*, *Gyroidina soldanii*, *Giroidinoides umbonatus*, *Heterolepa bellincionii*, *H. dertonensis*, *Hoeglundina elegans*, *Karrierella bradyi*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *L. curvisepta*, *L. gibba*, *L. orbicularis*, *L. peregrina*, *Marginulina costata*, *Martinottiella communis*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Nodosaria longiscata*, *N. pentecostata*, *N. raphanistrum*, *Oridorsalis stellatus*, *Planularia auris*, *P. cassiss*, *Planulina ariminensis*, *Pyrgo depressa*, *Ramulina globulifera*, *Rectuvigerina siphogenerinoides*, *Sigmoilopsis coelata*, *Siphonina planoconvexa*, *S. reticulata*, *Stilostomella hispida*, *S. monilis*, *Textularia aciculata*, *T. soldanii*, *Uvigerina peregrina*, *U. rutila*, *Vaginulina margaritifera*, *Vaginulinopsis soluta soluta*, *Valvulineria bradyana*, *V. complanata*. Da rilevare anche la presenza, nella maggior parte dei campioni, di saltuari individui di taxa costieri, evidentemente «spiazzati» da zone più superficiali (*Ammonia beccarii beccarii*, *Asterigerinata planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Elphidium crispum*, *Reussella spinulosa*, *Rosalina globularis*).

L'associazione del campione proveniente dai conglomerati alla

base dei calcari è, viceversa, pressoché priva di planctonici e composta da poche specie bentoniche, tutte però esclusive di ambienti marini di modesta profondità; tra queste si ricorda in particolare *Ammonia beccarii beccarii*, *Asterigerinata planorbis*, *Cibicides lobatulus* ed *Elphidium crispum*, presenti con un elevato numero di esemplari.

Campionatura integrativa

Sono stati raccolti 4 campioni (PO 25-28) a cavallo del contatto tra la serie gessifera e quella pliocenica, così come cartografato da MAZZANTI (1966) nella zona del Pod. Luogonovo, alcune centinaia di metri a N della Sezione La Ragnaia, con lo scopo di indagare le modalità della transizione dai sedimenti miocenici a quelli pliocenici. In realtà tutti e 4 i campioni, prelevati in argille grigie, si sono rivelati di età pliocenica, con un ricco contenuto in Foraminiferi planctonici sicuramente di pertinenza della Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. e con associazioni bentoniche caratteristiche della parte più profonda della zona neritica esterna. Il contenuto specifico del primo e quello delle seconde sono molto simili, anche dal punto di vista quantitativo, a quelli visti per la Sezione La Ragnaia, ai quali rimandiamo per ovviare ad inutili ripetizioni.

3 - SEZIONE PODERNUOVO-POD. STOPPIACCE (Fig. 6)

È ubicata a SE di Pomarance, ad una distanza di poco superiore a 2 Km dal centro abitato. Si tratta di una sezione composta, con spessore complessivo di oltre 300 m; essa è costituita da due spezzoni distanti poche centinaia di metri. Il primo è situato a SW di Podernuovo ed ha uno spessore di circa 150 m, l'altro è ubicato ad E di Pod. Stoppiacce ed ha uno spessore di 180 m.

La campionatura della prima sezione è stata iniziata dall'interno dell'unità *m^{5a}* di MAZZANTI (1966). Localmente quest'ultima è costituita, almeno nei 120 m interessati dalla nostra ricerca, prevalentemente da argille grigio-scure, talvolta tendenti al nocciola, a livelli laminitiche, comunque spesso in strati sottili, talora siltose talaltra sabbiose. Ricorrenti le intercalazioni più grossolane, di spessore variabile e talvolta in alternanze molto fitte, costituite da gessareniti, arenarie gessose, gessi alabastrini, microconglomerati, arenarie e sabbie più o meno argillose. Presenti anche alcuni strati conglomeratici ad elementi eterogenei (prevalgono elementi calcarei, ma sono ricor-

renti anche quelli di ofioliti, di gesso alabastrino e di eurite) ed eterometrici (da pochi mm a 10-15 cm), in matrice sabbiosa, microconglomeratica o, a luoghi, gessosa. Vi sono stati raccolti 7 campioni (PO 10-14a).

In concordanza su *m^{5a}* fa seguito l'unità *pa* di MAZZANTI (1966). Essa è rappresentata da argille grigio azzurre, in genere massicce, con sporadiche e sottili intercalazioni sabbiose. Anche se le esposizioni non sono favorevoli, le nostre osservazioni, confermate a posteriori dalle analisi micropaleontologiche, hanno consentito di rilevare che il contatto con la sottostante formazione è ubicato alcune decine di metri a NE di quello stabilito da MAZZANTI e che, di conseguenza, il locale spessore delle argille è di circa 35 m; in esse sono stati raccolti 6 campioni (PO 14b-18).

Lungo il tracciato della sezione, a pochi metri dall'ubicazione del camp. PO 18, si eleva una ripida parete costituita interamente dai calcari dell'unità *ps* di MAZZANTI (1966). Purtroppo essa è risultata inaccessibile, oltretutto per la sua ripidità, per la folta copertura boschiva. Non rimane quindi che rilevare il locale carattere trasgressivo della formazione carbonatica, del resto ben evidente dai rilievi dell'Autore sopra citato; tale formazione giace su unità diverse, di pertinenza del Pliocene e del Miocene.

La seconda sezione studiata è costituita da circa 140 m di argille dell'unità *pa* (campioni PO 24-39), campionate ad iniziare da poco sopra il contatto con i sedimenti messiniani, qui nascosto da una copertura detritica. Dal contesto delle osservazioni di campagna riteniamo che il contatto con la soprastante formazione calcarea *ps* sia di natura tettonica (sulla presenza di questa faglia, a direzione NW-SE, ritorneremo più avanti, in quanto interessa anche altre sezioni più meridionali, dove è ben documentabile anche in termini micropaleontologici). Di conseguenza, mentre in corrispondenza dello spezzone prima descritto l'unità *ps* si presenta con il suo tratto inferiore pressoché interamente costituito da calcari, nella sezione in parola essa è costituita alla base da prevalenti argille più o meno sabbiose, a cui si intercalano alcuni strati carbonatici (come vedremo più avanti tale alternanza è appunto tipica di una porzione già inoltrata della formazione). Nelle prime sono stati raccolti 5 campioni (PO 19-52), per uno spessore della formazione di poco meno di 40 m.

Risultati delle analisi

È innanzi tutto opportuno puntualizzare che nella sequenza stu-

diata il limite Miocene/Pliocene, sulla base della definizione data da CITA (1975), deve essere ubicato tra i livelli di provenienza dei campioni PO 14a e PO 14b del primo spezzone, cioè in corrispondenza del limite tra le unità *m⁵a* e *pa*, come da noi posizionato. I campioni della prima formazione sono infatti risultati privi di organismi marini, o perlomeno di quelli in posto. Foraminiferi marini, bentonici e planctonici, sono infatti stati rinvenuti nei campioni PO 10 e PO 14a; il loro pessimo stato di conservazione e l'associazione con gli organismi qui di seguito elencati ci inducono tuttavia a considerarli alloctoni: nel primo caso si tratterebbe di taxa messiniani (*Bolivina dentellata*, *B. dilatata*, *Bulimina echinata*, ecc.) rimaneggiati da livelli marini precedenti; nel secondo di inquinamento da sedimenti soprastanti (*Globigerina nepenthes*, *Marginulina costata*, *Uvigerina rutila*, ecc.). Nel loro insieme i campioni danno invece luogo ad associazioni a Foraminiferi bentonici (*Ammonia beccarii tepida*, *Cassidulitina prima*, *Cribrononion articulatum*) e ad Ostracodi (*Cyprideis* gr. *torosa*, *Loxoconcha elliptica*, ecc.) indicative di acque continentali debolmente salmastre (con le quali ben si concilia la presenza di oogoni di *Characeae* e di Gasteropodi continentali), ben inquadrabili nella parte sommitale della ben nota «biofacies di lago-mare», la quale caratterizza notoriamente le sequenze del Messiniano terminale del Bacino Mediterraneo. Col camp. PO 14b si assiste invece a una repentina scomparsa delle forme oligo- e mesoaline e ad un ingresso improvviso di abbondanti associazioni tipicamente marine, riferibili, come vedremo, alla parte basale del Pliocene inferiore. Dalle osservazioni sul terreno e dalle analisi micropaleontologiche riteniamo del tutto verosimile che anche nella zona di Pomarance la trasgressione marina pliocenica si sia realizzata «acqua su acqua» e con le stesse modalità evidenziate da BOSSIO *et Al.* (1978) per la vicina Sezione di Casa al Pazzo, nei pressi di Saline di Volterra, e da GIANNELLI *et Al.* (1981), BOSSIO *et Al.* (1981), BARTOLETTI *et Al.* (1986), BOSSIO *et Al.* (1986) per il Bacino del F. Fine e per le aree limitrofe.

Per quel che concerne l'analisi quantitativa delle associazioni a Foraminiferi planctonici dell'unità argillosa *pa*, la figura 6 evidenzia la presenza di associazioni ben diversificate in cui predominano, nella maggioranza dei casi, *Globigerina bulloides*, *G. decoraperta*, *G. falconensis*, *G. nepenthes*, *G. quinqueloba*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *Globorotalia acostaensis*, *Orbulina universa*. In qualche caso manifestano frequenze più o meno elevate *Globigerina calida praevalida*, *Globigerinoides obliquus obliquus*, *G. quadrilobatus quadrilo-*

batus, *Hastigerina siphonifera*, *Orbulina suturalis*, *Sphaeroidinellopsis* gr. *seminulina*.

Nelle facies argillose della formazione calcarea le tanatocenosi planctoniche hanno invece contenuti più ridotti; ad essere presenti in consistente quantità sono infatti solo *Globigerina decoraperta*, *Globigerinoides elongatus* e *Globorotalia bononiensis*, anche se non trascurabili, almeno in vari campioni, sono pure le frequenze di *Globigerina apertura*, *G. falconensis*, *G. quinqueloba* e *Globigerinoides ruber*.

Ci preme comunque evidenziare che, anche a prescindere dalle differenze di ordine quantitativo, la formazione calcarea presenta contenuti qualitativi ben distinti da quelli delle sottostanti argille, determinati soprattutto dalla comparsa in essa di vari taxa: *Globigerina apertura*, *Globigerinoides elongatus* (almeno nelle loro forme tipiche), *G. ruber*, *Globorotalia aemiliana*, *G. bononiensis*, *G. crassaformis crassaformis*, *G. planispira*. Questa associazione, ed in particolare il trinomio *G. aemiliana*, *G. bononiensis*, e *G. crassaformis crassaformis*, non dà adito a dubbi circa un riferimento della formazione *ps* alla Zona a *Globorotalia aemiliana*, una unità biostratigrafica di esclusiva pertinenza del Pliocene medio. Anche se nel caso specifico tale attribuzione va riferita a rigore solo ai calcari del secondo spezzone della sezione studiata (ricordiamo che essi localmente non rappresentano il tratto basale della formazione *ps*), un'appartenza alla sopraindicata zona anche delle facies carbonatiche del primo spezzone risulta del tutto palese dal contesto delle vicine sezioni illustrate in precedenza.

Immediato è anche l'inquadramento bio- e cronostatigrafico delle argille *pa*: la costituzione delle associazioni in generale, la presenza e la frequenza di *Globigerina nepenthes* in particolare, sono certamente indicative di un intervallo precedente la comparsa di *Globorotalia margaritae*, in altre parole della Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l.

In sostanza anche per questa sezione si presenta una situazione stratigrafica analoga a quella rilevata nelle due precedenti sequenze illustrate, con la differenza che il documentato hiatus tra i sedimenti del Pliocene inferiore e quelli del Pliocene medio nel caso in parola interessa anche la Zona a *Globorotalia margaritae* e, almeno per lo spezzone più settentrionale, un tratto considerevole della Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. È da sottolineare quindi il fatto che, anche su di una distanza breve qual'è quella intercorrente tra i due spezzoni componenti la sezione, l'unità calcarea può pog-

giare su intervalli sensibilmente diversi.

Anche il contesto paleoambientale e la sua evoluzione presentano marcate analogie con quanto espresso per le precedenti sezioni. Già abbiamo ipotizzato le modalità di transizione dalla facies continentale di «lago-mare» del Messiniano sommitale a quella francamente marina del Pliocene inferiore. Non ci rimane quindi altro da rilevare se non l'evidenza che la trasgressione pliocenica ha instaurato molto rapidamente un dominio marino assai profondo. Fin dal campione stratigraficamente più basso (prelevato certamente pochi centimetri sopra il limite Mio/Pliocene), le argille *pa* contengono infatti associazioni costantemente caratterizzate dalla netta prevalenza dei Foraminiferi planctonici su quelli bentonici; inoltre questi ultimi sono rappresentati da un elevato numero di specie, che nel loro insieme denotano un ambiente di pertinenza della parte più profonda della zona neritica esterna. A titolo di esempio ricordiamo: *Anomalinoidea helycinus*, *Bigenerina nodosaria*, *Bolivina apenninica*, *B. dilatata*, *B. punctata*, *B. usensis*, *Bulimina costata*, *B. inflata*, *B. minima*, *B. subulata*, *Cancrius oblongus*, *Chilostomella ovoidea*, *Cibicides pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Dimorphina tuberosa*, *Gyrogonina soldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *Hoeglundina elegans*, *Karrerella bradyi*, *Lenticulina calcar*, *L. clerici*, *L. cultrata*, *L. gibba*, *L. orbicularis*, *L. peregrina*, *Marginulina costata*, *Martinottiella communis*, *Melons padanus*, *M. soldanii*, *Nodosaria ovicula*, *N. pentecostata*, *N. raphanistrum*, *N. vertebralis*, *Oridorsalis stellatus*, *Planularia auris*, *Planulina ariminensis*, *Pullenia quinqueloba*, *P. salisbury*, *Pyrgo depressa*, *Ramulina globulifera*, *Reophax papillosus*, *Siphonina planoconvexa*, *S. reticulata*, *Stilostomella hispida*, *Textularia soldanii*, *Uvigerina peregrina*, *U. rutila*, *Vaginulina margaritifera*, *Vaginulinopsis soluta soluta*, *Valvulineria bradyana*, *V. complanata*. Gli sporadici esemplari appartenenti ad alcuni taxa tipici di acque basse (*Ammonia beccarii beccarii*, *Asterigerinata planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Elphidium crispum*, *Rosalina globularis*), rinvenuti in numerosi campioni, presentano in genere gusci mal conservati e sono verosimilmente da addebitarsi a fenomeni di «spiazzamento» da zone più superficiali.

Una situazione paleoambientale completamente diversa è desumibile invece dalle associazioni a Foraminiferi della formazione calcarea, questa volta dominate di gran lunga dai bentonici e, tra questi, da specie tipiche della zona neritica interna. Tra le forme che presentano frequenze più elevate si possono infatti annoverare: *Ammonia beccarii beccarii*, *Amphistegina gibbosa*, *Asterigerinata planor-*

bis, *Cibicides lobatulus*, *Criboelphidium decipiens*, *Cribrononion punctatum*, *Elphidium complanatum*, *E. crispum*, *Florilus boueanus*. Con esse ben si accordano le presenze, anche se in quantità più limitate, di *Cancris auriculus*, *Cibicides refulgens*, *Cribrononion advenum*, *Eponides repandus*, *Hanzawaia boueana*, *Planorbulina mediterraneensis*, *Protelphidium granosum*, *Reussella laevigata*, *R. spinulosa*, *Rosalina globularis*, *Spiroloculina canaliculata*, *Triloculina trigonula*. A queste si deve tuttavia aggiungere uno «stock» di altre specie, alcune anche con ricorrenti esemplari, a carattere più profondo. Se per una parte di queste è evidente (per tipo di conservazione, significato cronologico e paleoambientale) un rimaneggiamento dai sottostanti livelli del Pliocene inferiore, per un'altra parte non può essere esclusa l'autoctonia, trattandosi di taxa ben adattabili ai fondali argillosi (si ricorda che i campioni studiati sono stati prelevati da intercalazioni pelitiche) anche della zona neritica interna. Certo è che questa seconda componente (a cui partecipano *Bolivina aenariensis*, *B. alata*, *B. apenninica*, *B. italica*, *B. punctata*, *Bulimina subulata*, *Cassidulina neocarinata*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Dorothia gibbosa*, *Fursenkoina schreibersiana*, *Glandulina laevigata*, *Globobulimina affinis*, *Gyroidina soldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *Hoe-glundina elegans*, *Lenticulina calcar*, *Martinottiella communis*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis*, *Pyrgo depressa*, *Sigmoilopsis coelata*, *Stilostomella hispida*, *Textularia aciculata*, *T. jugosa*, *Uvigerina longiscata*, *U. peregrina*, *Valvulineria bradyana*) ci induce a ritenere più realistiche, per l'ambiente deposizionale del tratto di serie studiato, batimetrie spostate verso la parte più profonda di questa zona; ciò è del resto in accordo con la non indifferente consistenza dei Foraminiferi planctonici. Questa conclusione, tra l'altro, fornisce un'ulteriore conferma dell'esistenza di una faglia alla base dell'unità calcarea del secondo spezzone, in quanto è ovvio che le batimetrie desunte non si concilierebbero con quelle dei livelli basali di una sequenza trasgressiva.

Campionatura integrativa

Nella zona compresa tra i due spezzoni della sezione prima illustrata sono stati raccolti 5 campioni: due (PO 40 e PO 41) dalla formazione pelitica *pa*; uno (PO 37) dalla parete dei calcari *ps* che prosegue verso SE quella indicata nella descrizione del primo spezzone; altri due (PO 38 e PO 42) da un'intercalazione pelitica compresa nel pacco dei calcari abbassato dalla faglia più volte citata.

Ai primi due campioni si può attribuire integralmente quanto già detto per le argille *pa* nel loro complesso; essi confermano quindi l'appartenenza di tali argille alla Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. e la loro deposizione nell'ambito della zona neritica esterna.

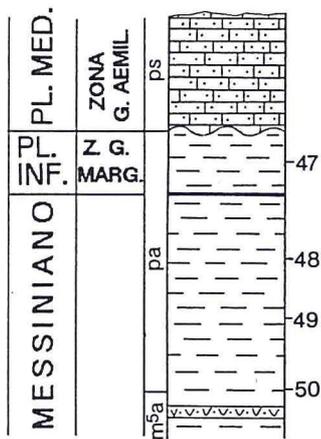
Altrettanto può dirsi per i campioni PO 38 e PO 42, i quali presentano contenuti del tutto simili a quelli illustrati per le intercalazioni pelitiche della formazione calcarea della sezione più meridionale. In ragione di ciò è evidente la loro appartenenza all'unica zona che caratterizza il Pliocene medio, anche se in essi non sono state rinvenute le Globorotalie del gruppo *G. aemiliana*-*G. crassaformis*; vi è comunque il conforto di una elevata frequenza di *Globorotalia bononiensis*, un taxon che nel contesto stratigrafico dell'intera zona esaminata può essere utilizzato con piena sicurezza come «marker» della Zona a *G. aemiliana*.

Per quanto riguarda infine il campione prelevato nei calcari a contatto stratigrafico con le argille *pa*, si può rilevare che esso è costituito da un'elevata quantità di frammenti calcarei, per buona parte rappresentati da resti di organismi (Lamellibranchi, Briozoi, Echinidi, ecc.). I Foraminiferi sono relativamente frequenti e rappresentati quasi esclusivamente da specie costiere (*Ammonia beccarii beccarii*, *Amphistegina gibbosa*, *Asterigerinata planorbis*, *Cancris auriculus*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Elphidium complanatum*, *E. crispum*, *Hanzawaia boueana*, *Planorbulina mediterraneensis*, *Protelphidium granosum*, *Reussella laevigata*, *Rosalina globularis*) e da scarsi Foraminiferi planctonici (i meglio rappresentati sono comunque *Globigerina falconensis*, *Globigerinoides elongatus*, *G. quadrilobatus quadrilobatus*, *Orbulina universa*), in armonia quindi con quanto ci era dato di prevedere dalla posizione stratigrafica del livello di provenienza, ubicato solo alcuni metri sopra la base della trasgressione.

4 - SEZIONE POD. S. CARLO (Fig. 7)

È ubicata a SE di Pomarance, ad oltre 3 Km dal paese ed a circa 1,5 Km dall'area illustrata nella precedente sezione; è stata campionata per uno spessore inferiore a 30 m, dalla locale base della unità *pa* (come cartografata da MAZZANTI, 1966) quasi fino al contatto con l'unità carbonatica *ps*. Sono stati prelevati 4 campioni (PO 50-47) in un intervallo che localmente si presenta costituito da argille grigie, con sfumature brune in vicinanza dei calcari, grigio-azzurre più in basso. Poco sotto il livello di provenienza del campione PO

4 - SEZ. POD. S. CARLO



TAXA	CAMPIONI			
	50	49	48	47
<i>Globigerina bulloides</i>				
" <i>calida praecalida</i>				
" <i>decoraperta</i>				
" <i>falconensis</i>				
" <i>nepenthes</i>				
" <i>quinqeloba</i>				
<i>Globigerinoides elongatus</i>				cf
" <i>obl. extremus</i>				
" <i>obl. obliquus</i>				
<i>Globorotalia acostaensis</i>				
" <i>margaritae</i>				
" <i>scitula</i>				
<i>Orbulina bilobata</i>				
" <i>suturalis</i>				
" <i>universa</i>				
<i>Hastigerina siphonifera</i>				
<i>Globigerinita bradyi</i>				
" <i>glutinata</i>				
<i>Candona</i> sp.				
<i>Cyprideis</i> gr. <i>torosa</i>				
<i>Loxoconcha elliptica</i>				

S T E R I L E

Fig. 7

50 è stata notata una fitta alternanza di sottili livelli gessarenitici e pelitici, indubbiamente riferibili alla formazione messiniana *m^{5a}*; il contatto con i calcari è invece mascherato completamente da una copertura boschiva, per cui non è stata possibile alcuna osservazione di dettaglio.

Risultati delle analisi

Dei quattro campioni prelevati solo il campione PO 47, il più alto stratigraficamente, ha rivelato la presenza di Foraminiferi planctonici, con le specie e le relative quantità riportate in figura. L'associazione non lascia dubbi circa la sua attribuzione alla Zona a *Globorotalia margaritae*, anche se il taxon nominale vi compare solo con pochi esemplari.

Anche i Foraminiferi bentonici sono alquanto frequenti, se pur subordinati a quelli planctonici. Essi danno luogo ad un'associazione tipica di un intervallo piuttosto profondo della zona neritica esterna; in questo senso depongono, tra le altre specie, *Anomalinooides helycinus*, *Bigenerina nodosaria*, *Bulimina costata*, *B. minima*, *B. subulata*, *Chilostomella oolina*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Dimorphina tuberosa*, *Globocassidulina subglobosa*, *Gyroldina soldanii*, *Gyroldinooides neosoldanii*, *Hoeglundina elegans*, *Karrerella bradyi*, *Lenticulina cultrata*, *Martinottiella communis*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Planulina ariminensis*, *Siphonina reticulata*, *Stilostomella fistuca*, *S. hispida*, *Textularia aciculata*, *Uvigerina peregrina*, *U. rutila*, *Vaginulinopsis soluta soluta*, *Valvulineria complanata*. Sono stati rinvenuti anche sporadici esemplari di alcune forme «spiazzate» da zone batimetricamente superiori (*Ammonia beccarii beccarii*, *Asterigerinata planorbis*, *Elphidium crispum*).

Del tutto diversa è la situazione per i sottostanti campioni, tutti privi di Foraminiferi, ma contenenti (con la sola eccezione del camp. PO 48, completamente sterile) solo Ostracodi (*Candona* sp., *Cyprideis* gr. *torosa*, *Loxoconcha elliptica*) caratteristici di ambiente debolmente salmastro. Si tratta senza dubbio alcuno della già citata biofacies di «lago-mare», tipica della parte superiore delle sequenze messiniane.

Appare pertanto evidente che uno hiatus non indifferente esiste tra la Zona a *Globorotalia margaritae* e l'unità messiniana *m^{5a}* (comprensiva ora anche di una porzione di argille *pa sensu* MAZZANTI) da una parte, nonché tra la stessa zona e la formazione carbonatica (che per analogia con quanto in precedenza espresso riferiamo

alla Zona a *Globorotalia aemiliana* del Pliocene medio) dall'altra. Ma mentre il secondo rientra perfettamente nel contesto stratigrafico, dinamico e paleogeografico riscontrato in tutte le sezioni precedentemente illustrate, per il primo è evidentemente necessario invocare l'intervento di un disturbo tettonico che ha sensibilmente abbassato i sedimenti pliocenici, portando a diretto contatto con la facies lacustre messiniana livelli della Zona a *Globorotalia margaritae*. Anche se non sono state operate ricerche in merito (che esulano dallo scopo del presente studio) riteniamo verosimile che tale faglia sia il proseguimento verso SE di quella riscontrata in uno dei due spezzoni della Sezione di Podernuovo-Pod. Stoppiacce; però, mentre in quest'ultima la faglia è ubicata tra i sedimenti del Pliocene medio e quelli del Pliocene inferiore, nella Sezione del Pod. S. Carlo essa è collocata tra i sedimenti del Pliocene inferiore e i depositi del Miocene superiore.

Campionatura integrativa

Riportiamo in questa sede unicamente i risultati dello studio del campione PO 281, prelevato in una intercalazione argilloso-sabbiosa della formazione calcarea *ps*, circa 100 m a NW della Sezione Pod. S. Carlo.

L'associazione a Foraminiferi è dominata da specie bentoniche; i planctonici sono tuttavia relativamente comuni ed in parte rimaneggiati dai sottostanti sedimenti del Pliocene inferiore (tra l'altro è presente *Globorotalia puncticulata*); essi contengono comunque taxa (*Globorotalia aemiliana*, *G. bononiensis*, *G. crassaformis crassaformis*, *G. planispira*, ecc.) che non lasciano dubbio alcuno sull'appartenenza del campione al Pliocene medio (Zona a *Globorotalia aemiliana*).

Nel benthos prevalgono le forme di acque poco profonde; se *Ammonia beccarii beccarii* è il taxon nettamente più abbondante, non trascurabile è la frequenza di *Asterigerinata planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium complanatum*. Altre forme ad analogo significato batimetrico, anche se rappresentate in quantità subordinate alle precedenti, sono *Amphistegina gibbosa*, *Asterigerinata mamilla*, *Baggina gibba*, *Cancriis auriculus*, *Cibicides refulgens*, *Cribronionion punctatum*, *Florilus boueanus*, *Hanzawaia boueana*, *Planorbulina mediterraneanensis*, *Protelphidium granosum*, *Reussella spinulosa*. Tuttavia, in considerazione della quantità dei Foraminiferi planctonici e della presenza, tra quelli bentonici, di specie ad habitat più profondo di

quelle prima citate (es. *Bulimina subulata*, *Cibicidoides pseudoungarianus*, *Gyroidina soldanii*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis*, *Pullenia quinqueloba*, *Uvigerina peregrina*), si ritiene verosimile un ambiente deposizionale spostato verso la parte più profonda della zona neritica interna.

5 - SEZIONE PALAGIONE (Fig. 8)

È ubicata a SE di Pomarance, ad oltre 3,5 Km di distanza dal centro abitato. In corrispondenza di questa zona è stata campionata una sequenza sedimentaria di spessore di poco superiore ai 100 m, dal locale contatto tra termini miocenici e pliocenici fino ad una porzione inoltrata dei calcari; i litotipi campionati sono riferibili all'unità miocenica *m^{5a}* ed alle unità plioceniche *pa* e *ps* di MAZZANTI (1966).

Le litologie incontrate presentano localmente le seguenti caratteristiche:

- Argille con intercalazioni di gesso di tipo alabastrino, gessareniti, microconglomerati (anche con eurite) ed arenarie. Dalla formazione miocenica *m^{5a}* è stato prelevato il camp. PO 284.
- Argille (*pa*). Argille grigie o grigio-nocciola, del tutto prive di ciottoli e senza una evidente stratificazione; nei circa 60 m del loro spessore sono stati prelevati 8 campioni (dal camp. PO 285 al camp. PO 43, secondo l'ordine riportato in figura).
- Calcari (*ps*). Nonostante il contatto con l'unità sottostante sia localmente nascosto dalla copertura boschiva, non è stata vista traccia alcuna di un conglomerato basale. Nel loro tratto inferiore i calcari si presentano in strati molto tenaci, di spessore anche superiore al metro, senza alcuna intercalazione argillosa. Il camp. PO 283 è stato prelevato alcuni metri sopra le argille *pa*, in corrispondenza di una parete pressoché verticale, di circa 20 m di altezza. I campioni PO 290 e PO 291 sono stati invece prelevati in un intervallo stratigrafico più alto, qualche decina di metri sopra la base dell'unità; in esso i livelli carbonatici si rarefanno ed in genere diminuiscono di spessore (essi non superano infatti i 20-30 cm), alternandosi ad intervalli sabbiosi o argilloso-sabbiosi, sempre più potenti verso l'alto.

Risultati delle analisi

Le tanatocenosi dei campioni di questa sezione, fatta eccezione

5 - SEZ. PALAGIONE

TAXA	CAMPIONI	284	285	286	287	288	289	45	44	43	283	290	291
Globigerina apertura			-cf										
" bulloides													
" calida praecalida													
" decoraperta													
" falconensis													
" nepenthes													
" quinqueloba													
Globigerinoides bollii													
" elongatus													
" emeisi													
" obliquus extremus													
" obliquus obliquus													
" quadr. quadrilobatus													
" quadr. sacculifer													
" quadr. trilobus													
" ruber													
Globorotalia acostaensis													
" aemiliana													
" bononiensis													
" crass. crassaformis													
" humerosa													
" margaritae													
" planispira													
" puncticulata													
" scitula													
Orbulina bilobata													
" suturalis													
" univversa													
Hastigerina pelagica													
" siphonifera													
Globigerinita bradyi													
" glutinata													
Cyprideis torosa													
Loxococoncha elliptica													
Ammonia beccarii tepida													
Vegetali carbonizzati													

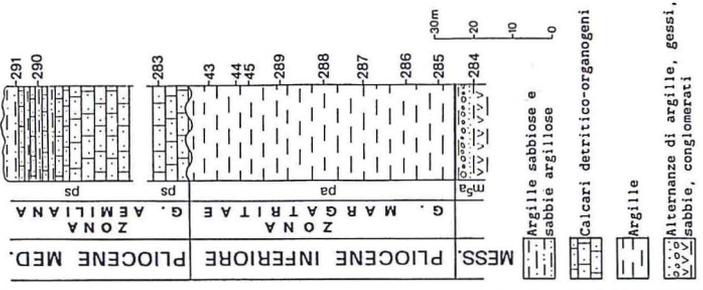


Fig. 8

per il campione più basso della serie e per quello prelevato quasi alla base dell'unità calcarea, hanno rivelato un buon contenuto in Foraminiferi planctonici. Tra i taxa più ricorrenti e spesso con elevata frequenza si segnalano *Globigerina bulloides*, *G. decoraperta*, *G. falconensis*, *G. quinqueloba*, *Globigerinita glutinata*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *Globorotalia acostaensis*, *Orbulina universa*, per l'intervallo argilloso; *Globigerina apertura* e *Globigerinoides elongatus* per quello calcareo. Altre forme sono presenti quasi costantemente, ma mai con elevata frequenza; per l'unità *pa* possiamo citare *Globigerina calida praecalida*, *Globigerinita bradyi*, *Globigerinoides obliquus obliquus*, *G. quadrilobatus quadrilobatus*, *Orbulina suturalis*; per la formazione *ps* ricordiamo *Globigerina decoraperta*, *G. falconensis*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *G. quadrilobatus quadrilobatus*, *G. ruber*, *Globorotalia bononiensis*, *G. planispira*, *Orbulina universa*. Fanno invece la loro comparsa soltanto in alcuni livelli della sequenza sottostante ai calcari *Globigerina nepenthes*, *Globigerinoides emeisi* e *Globorotalia margaritae*, in alcuni livelli dell'intervallo carbonatico *Globorotalia aemiliana*, *G. crassaformis crassaformis*, ecc..

Dal punto di vista biostratigrafico, appare immediata la attribuzione dell'unità argillosa alla Zona a *Globorotalia margaritae*, vista la ricorrente presenza in essa del taxon nominale. Ad escludere unità biostratigrafiche posteriori vi è del resto anche il conforto, oltretché ovviamente dell'assenza di *G. puncticulata*, della presenza di *Globigerina nepenthes* e di esemplari non ancora tipici di *Globigerinoides elongatus*.

Altrettanto immediata appare l'attribuzione dell'unità calcarea alla Zona a *Globorotalia aemiliana*: ne sono garanti la presenza delle *Globorotalie* del gr. *aemiliana-crassaformis* in primo luogo e, subordinatamente, quella di *G. bononiensis* e di *G. planispira*, in tutta armonia con la frequenza particolarmente elevata di *Globigerinoides elongatus* e di *G. ruber*.

In conclusione si può affermare che l'intervallo litostratigrafico sottostante i calcari è riferibile al Pliocene inferiore, ma non alla sua parte basale (manca infatti il pacco di sedimenti della Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l.); l'unità carbonatica è invece riferibile al Pliocene medio. Se si tiene conto del fatto che il camp. PO 284 contiene un'associazione ad Ostracodi caratteristica della biofaces continentale messiniana di «lago-mare», per questa sezione si ripresenta il quadro dinamico-stratigrafico rilevato nella precedente sequenza del Pod. S. Carlo; anche qui si deve ammettere la presenza

di una faglia (probabilmente la stessa del Pod. S. Carlo) tra i sedimenti messiniani e quelli pliocenici della Zona a *Globorotalia margaritae*, ed una consistente lacuna tra questi ultimi e le facies carbonatiche.

Del tutto simile a quello visto in precedenza è anche il contesto paleoambientale in cui si sono realizzati i due episodi sedimentari pliocenici. Le argille *pa* sono infatti ancora una volta caratterizzate da associazioni a Foraminiferi bentonici alquanto ricche e diversificate, indicative dell'intervallo più profondo della zona neritica esterna. A titolo di documentazione ricordiamo per esse la presenza, tra le altre, delle seguenti specie: *Anomalinoidea helycinus*, *Bigenerina nodosaria*, *Bolivina aenariensis*, *B. alata*, *B. apenninica*, *B. dilatata*, *B. placentina*, *B. usensis*, *Bulimina costata*, *B. minima*, *B. subulata*, *Cancris oblongus*, *Chilostomella oolina*, *Chrysalogonium obliquatum*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Cyclammmina cancellata*, *Dentalina inflexa*, *Dimorphina tuberosa*, *Dorothia gibbosa*, *Globobulimina affinis*, *Gyroidina soldanii*, *Gyroidinoides neosoldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *Hoeglundina elegans*, *Karrerella bradyi*, *K. gaudrinoides*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *L. peregrina*, *Marginulina cherensis*, *M. costata*, *Martinottiella communis*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Nodosaria pentecostata*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis*, *Pyrgo depressa*, *Ramulina globulifera*, *Sigmoilopsis coelata*, *Siphonina planoconvexa*, *S. reticulata*, *Stilostomella hispida*, *S. monilis*, *Uvigerina peregrina*, *U. rutila*, *Vaginulina margaritifera*, *Vaginulopsis bononiensis*, *V. soluta soluta*, *Valvulineria complanata*. Si segnalano anche alcune specie (*Ammonia beccarii beccarii*, *Asterigerinata planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium crispum*, *Rosalina globularis*) di acque basse, certamente dislocate da zone più superficiali.

Per quanto riguarda il campione raccolto poco sopra la base dei calcari, esso risulta costituito soprattutto dalla frazione inorganica, grossolana e ben elaborata; i Foraminiferi sono rappresentati pressoché esclusivamente da grossi e ricorrenti individui di *Ammonia beccarii beccarii* e da alcuni esemplari di *Elphidium crispum*, palesi evidenze di un ambiente di modestissima profondità (come del resto si addice ai livelli basali di una trasgressione).

I due campioni prelevati nelle intercalazioni a componente pelitica dell'intervallo stratigraficamente più alto indicano invece bati-metrie maggiori, anche se verosimilmente contenute ancora entro i limiti della zona neritica interna. In essi non sono rari i foraminiferi planctonici, mentre quelli bentonici comprendono, accanto a spe-

cie tipiche di acque basse (*Ammonia beccarii beccarii*, *Amphistegina gibbosa*, *Asterigerinata mamilla*, *A. planorbis*, *Astrononion stelligerum*, *Baggina gibba*, *Cancriis auriculus*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Cribrononion advenum*, *C. punctatum*, *Elphidium complanatum*, *E. crispum*, *Florilus boueanus*, *Hanzawaia bouena*, *Planorbulina mediterraneensis*, *Reussella laevigata*, *R. spinulosa*, *Rosalina globularis*, *Spiroloculina canaliculata*), alcune anche con rilevante frequenza, i seguenti taxa: *Anomalinoidea helycinus*, *Bigerina nodosaria*, *Bolivina aenariensis*, *B. apenninica*, *Bulimina costata*, *B. subulata*, *Cassidulina crassa*, *C. neocarinata*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *Coryphostoma perforata*, *Dorothia gibbosa*, *Gyroidina soldanii*, *Hoe-glundina elegans*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *L. inornata*, *Marginalina costata*, *Martinottiella communis*, *Melonis soldanii*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis*, *Pullenia bulloides*, *P. quinqueloba*, *Rectuvigerina siphogenerinoides*, *Sigmoilopsis coelata*, *Stilostomella hispida*, *Trifarina fornasinii*, *Uvigerina peregrina*, *Valvulineria bradyana*, *V. complanata*. Anche se una parte di queste specie, è molto probabilmente rimaneggiata dai sottostanti sedimenti del Pliocene inferiore, è indubbio che nel complesso la loro presenza sia il risultato di una subsidenza in atto durante la deposizione dei calcari.

6 - SEZIONE T. POSSERA (Fig. 9)

È ubicata a SE di Pomarance, a meno di 1 Km a S del Pod. Palagione; è stata campionata per uno spessore di circa 140 m, principalmente lungo un'esposizione calanchiva sulla sponda sinistra del T. Pòssera. Sono stati prelevati 10 campioni a partire dalla locale base dei sedimenti pliocenici, qui a contatto tettonico con termini del Miocene superiore.

Dal basso verso l'alto, la sezione consta di:

- Argille grigie (unità *pa* di MAZZANTI, 1966): si tratta di argille franche, massicce, del tutto prive di ciottoli e con rari fossili, rappresentati soprattutto da grossi esemplari di *Pycnodonte*; nella loro parte inferiore vengono a contatto per faglia con i gessi messiniani. Nei circa 100 m del loro spessore sono stati prelevati 8 campioni (PO 122-129).
- Calcari (unità *ps* di MAZZANTI, 1966): alla loro base è presente un intervallo conglomeratico di circa 3 m di spessore, ad elementi calcarei eterometrici (i clasti più ricorrenti hanno comunque un diametro compreso tra i 10 ed i 20 cm), ben elaborati, in matrice sabbioso-microconglomeratica più o meno abbondante; all'inter-

6 - SEZ. T. POSSERA

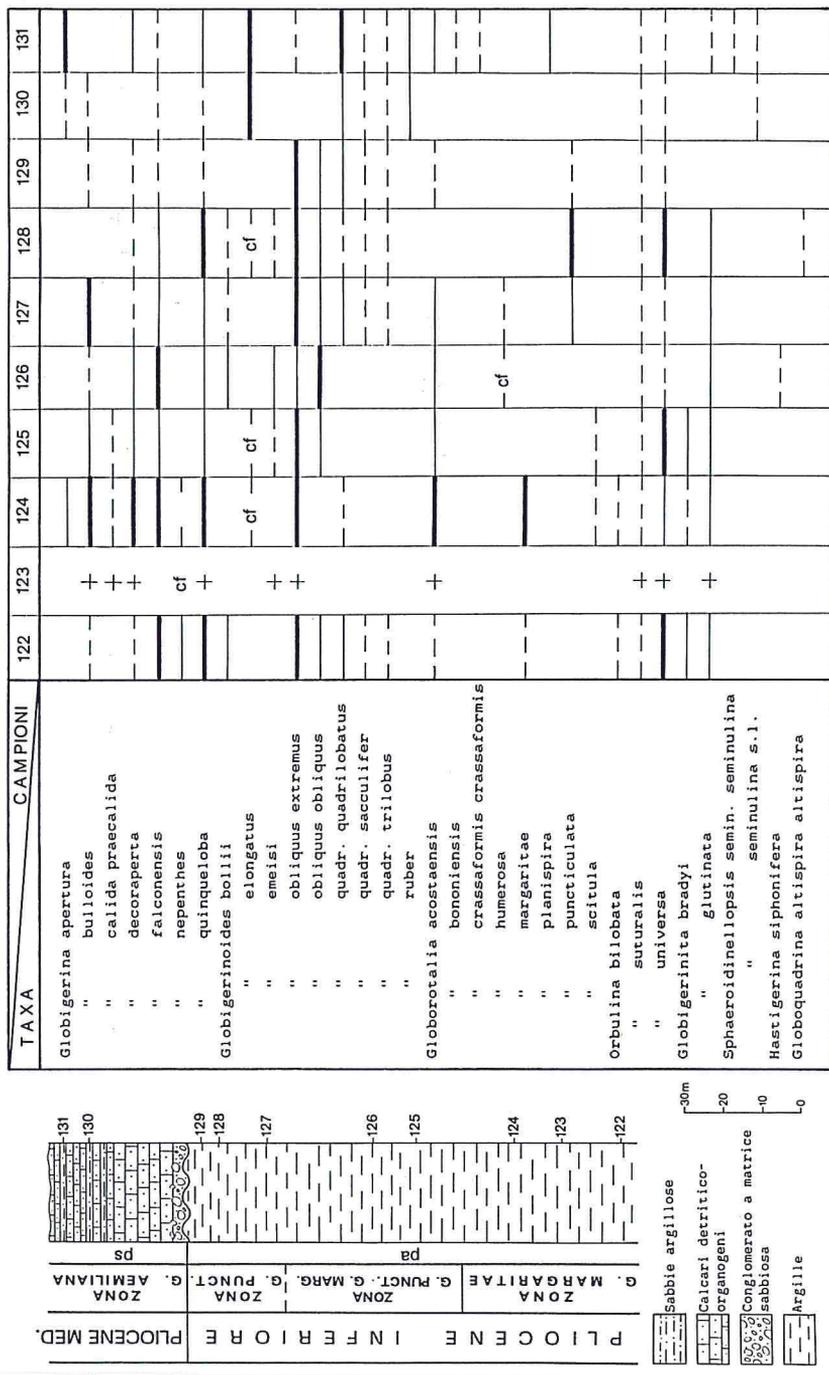


Fig. 9

no sono presenti lenti sabbiose a variabile granulometria. Da quel poco che è esposto, risulta evidente che il passaggio argille-conglomerati è alquanto brusco e che la superficie del contatto tra le due litologie dà luogo a marcate ondulazioni. Non altrettanto visibile è la transizione dai conglomerati ai calcari per la copertura boschiva; ciò nonostante si intuisce chiaramente che essa è rapida, ma graduale, tanto è vero che nel tratto basale dei calcari si rinvergono ancora diffusi ciottoli, mediamente di dimensioni inferiori che nel sottostante intervallo; associati ad essi sono presenti anche esemplari di *Ostrea*.

Il tratto inferiore dell'unità *ps* è costituito da grossi banchi di calcari detritico-organogeni, ben cementati e privi di intercalazioni pelitiche; sono unicamente presenti lenti sabbiose. Verso l'alto la stratificazione diviene più sottile e da strati di dimensioni metriche si passa a livelli centimetrici (in media di 20-30 cm, ma non sono infrequenti strati di pochi centimetri). Questi ultimi talora si mantengono compatti, talaltra si alternano ad intervalli più friabili e con una certa componente sabbiosa od addirittura argillosa (da cui provengono i campioni PO 130 e PO 131).

Da rimarcare infine che l'unità *ps* si presenta con una netta discordanza angolare rispetto alla sottostante formazione *pa*.

Risultati delle analisi

I campioni esaminati hanno, in generale, un buon contenuto in Foraminiferi planctonici, eccezion fatta per PO 123, in cui vi è invece un basso contenuto qualitativo e quantitativo per parziale distruzione dei gusci calcarei (nella figura sono state segnalate solo le presenze dei taxa rimasti).

Tra le forme pressoché costantemente presenti raggiungono elevata frequenza *Globigerina decoraperta*, *G. bulloides*, *G. falconensis*, *G. quinqueloba*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *G. obliquus obliquus*, *G. quadrilobatus quadrilobatus*, *Globorotalia acostaensis*, *Orbulina suturalis*, *O. universa*. Presenze più sporadiche, ma a volte con elevate frequenze, sono manifestate da *Globigerina apertura*, *Globigerinoides elongatus*, *Globorotalia margaritae*, *G. puncticulata*. Quantitativamente subordinate, o addirittura rare, le altre forme, tra le quali merita comunque di essere segnalata (nel camp. PO 128) *Globoquadrina altispira altispira*, un taxon inconsueto nel Pliocene mediterraneo.

Per quel che concerne l'inquadramento bio- e cronostatigrafico

dell'unità argillosa *pa*, si deve innanzitutto rilevare la presenza in essa dei due «marker» zonali *Globorotalia margaritae* e *G. puncticulata* e la distribuzione differenziata che essi manifestano nell'intervallo in parola: dalla base fino al camp. PO 124 la prima; dal camp. PO 127 alla sommità la seconda. Ciò ci induce ad attribuire alle rispettive zone omonime gli intervalli sedimentari di loro pertinenza. Tuttavia si deve far presente che mentre non sussistono dubbi circa il riferimento alla Zona a *G. margaritae* del tratto argilloso PO 122-124 (esso è infatti confermato dalla presenza di *Globigerina nepenthes*, un taxon che non si distribuisce oltre il limite superiore di tale unità biostratigrafica), l'attribuzione alla Zona a *G. puncticulata* (Sottozona a *Globigerina apertura*) dell'intervallo PO 127-129 non lascia tranquillità assoluta e ciò per due motivi sostanziali. In primo luogo dobbiamo ipotizzare che, pur mancando un intervallo sedimentario intermedio con le evidenze di una distribuzione concomitante dei due «marker» citati, la Zona a *G. puncticulata*-*G. margaritae* trovi la sua ubicazione nella porzione di sequenza compresa tra i campioni PO 124 e PO 127. È però evidente che la locale assenza di *G. margaritae* (del tutto plausibile data la sensibilità della specie al controllo dei fattori ambientali) in detto intervallo non consente di garantire sull'ubicazione del limite superiore della zona concomitante, il quale potrebbe anche essere collocato in una posizione stratigrafica più alta di quella del camp. PO 127. Questa possibilità è suffragata dalle considerazioni che conseguono dal secondo motivo della nostra incertezza, che nasce dalla constatazione che nei tre campioni dell'intervallo attribuito alla Zona a *G. puncticulata* è assente *Globigerinoides elongatus*, una specie che si presenta nella sua forma tipica già nei livelli basali di questa zona.

Comunque sia, l'incertezza espressa non ha risonanza alcuna dal punto di vista cronostratigrafico e certamente non oblitera l'evidenza, anche nella sezione in parola, di una lacuna di sedimentazione tra le argille *pa* ed i calcari *ps*; mentre le prime sono infatti di intera pertinenza del Pliocene inferiore (con l'esclusione di un consistente tratto della parte inferiore e di un tratto ancor più consistente della porzione superiore di quest'ultimo), i secondi presentano associazioni planctoniche che non danno adito a dubbi circa la loro appartenenza alla Zona a *Globorotalia aemiliana* del Pliocene medio (si esprimono in tal senso le presenze del taxon nominale e quella di *G. bononiensis*, *G. crassaformis crassaformis*, *G. planispira*).

Tale lacuna nella sedimentazione è documentabile pure in termini paleoambientali, anche se in misura meno eclatante che nei

casi già esaminati. Le argille *pa* contengono infatti associazioni a Foraminiferi bentonici in genere ben diversificate, a cui partecipano *Anomalinoides helicinus*, *A. ornatus*, *Bigenerina nodosaria*, *Bolivina aenariensis*, *B. alata*, *B. apenninica*, *B. italica*, *B. lucana*, *B. placentina*, *B. punctata*, *B. usensis*, *Bulimina costata*, *B. inflata*, *B. minima*, *B. subulata*, *Cancris oblongus*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Dentalina inflexa*, *Dimorphina tuberosa*, *Dorothia gibbosa*, *Globobulimina affinis*, *G. pyrula*, *Guttulina communis*, *Gyroidina soldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *H. dertonensis*, *Hoeglundina elegans*, *Karreriella bradyi*, *Lenticulina calcar*, *L. clericii*, *L. cultrata*, *L. gibba*, *L. orbicularis*, *L. peregrina*, *Marginulina costata*, *M. glabra*, *Martinottiella communis*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Neoeponides schreibersii*, *Nodosaria longiscata*, *N. ovicula*, *N. pentecostata*, *N. raphanistrum*, *Oridorsalis stellatus*, *L. cultrata*, *L. echinata*, *L. inornata*, *L. orbicularis*, *Marginulina costata*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Nodosaria pentecostata*, *N. raphanistrum*, *Planularia cassis*, *Planulina ariminensis*, *Siphonina planoconvexa*, *Stilostomella hispida*, *Uvigerina longistriata*, *U. peregrina*.

7 - SEZIONE POD. S. GEROLAMO - POD. S. CIRILLO (Fig. 10)

È ubicata ad W di Pomarance, ad oltre 1 Km di distanza dal paese; la campionatura, effettuata lungo due direttrici, ha interessato una sequenza sedimentaria dello spessore di poco meno di 100 m, costituita, dal basso verso l'alto, dalle tre unità *pa*, *pc* e *ps* di MAZZANTI (1966). Localmente esse si presentano con le seguenti caratteristiche:

- Argille (*pa*) (camp. PO 148-151): sono di colore grigio, del tutto prive di ciottoli, a livelli sabbiose e fossilifere (ricorrenti *Amusium* e *Pycnodonte*).
- Conglomerati (*pc*) (camp. PO 152-155): si tratta in realtà di argille grigie, con un contenuto variabile in ciottoli. Le peliti sono talvolta siltose o sabbiose; i clasti sono prevalentemente carbonatici, ben elaborati, sporadici e di dimensioni centimetriche nella parte basale, più frequenti e di dimensioni maggiori (fino ad un massimo di alcune decine di centimetri) nella soprastante porzione dell'unità. Non infrequenti sono le intercalazioni di sabbie e di argille prive di ciottoli.
- Calcari (*ps*) (camp. PO 156): si tratta di calcari detritico-organogeni, intensamente bioturbati e ben stratificati, in livelli di spessore

7 - SEZ. POD. S. GEROLAMO - POD. S. CIRILLO

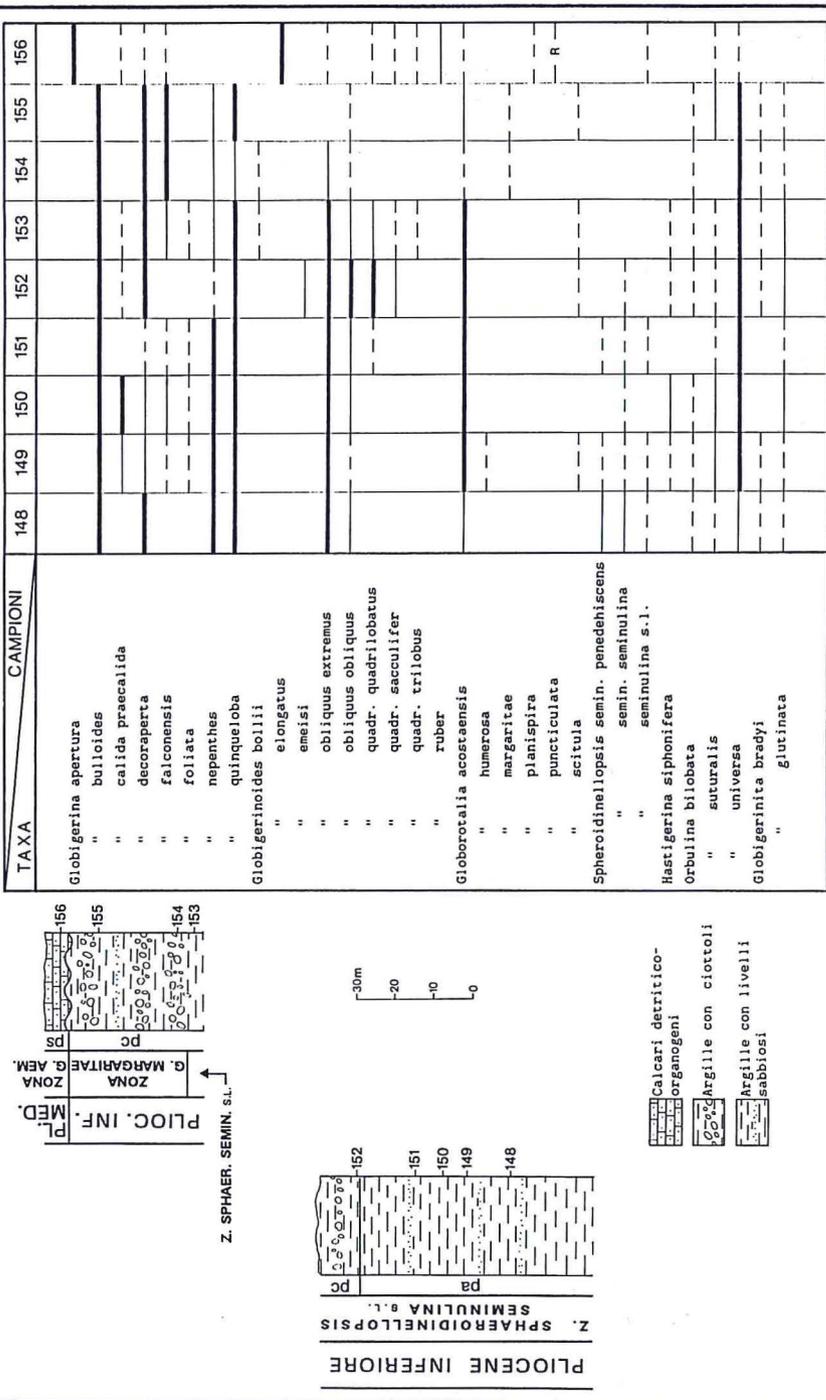


Fig. 10

variabile da pochi centimetri fino a circa 1 m. A strati tenaci si alternano alcuni intervalli più friabili e con debole componente pelitica. Frequenti i fossili, parte dei quali in frammenti. Non sono state possibili osservazioni di dettaglio sul contatto con la sottostante unità.

Risultati delle analisi

Le associazioni dei campioni di questa sezione si sono rivelate, nell'insieme, assai ricche in Foraminiferi planctonici; a presentarsi più costantemente e con frequenze elevate più ricorrenti sono soprattutto *Globigerina bulloides*, *G. decoraperta*, *G. falconensis*, *G. nepenthes*, *G. quinqueloba*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *Globorotalia acostaensis*, *Orbulina universa*; compaiono abbastanza ricorrentemente, ma senza quasi mai raggiungere frequenze elevate, *Globigerina calida praecalida*, *G. foliata*, *Globigerinita bradyi*, *G. glutinata*, *Globigerinoides obliquus obliquus*, *G. quadrilobatus quadrilobatus*, *Hastigerina siphonifera*, *Orbulina bilobata*, *O. suturalis*, *Sphaeroidinellopsis* gr. *seminulina*. Fanno invece la loro comparsa soltanto a livelli, anche se talvolta con elevata frequenza, *Globigerinoides bollii*, *G. emeisi*, *G. quadrilobatus sacculifer*, *G. quadrilobatus trilobus*, *Globorotalia humerosa*, *G. margaritae*, *G. scitula*. Si segnala infine l'esclusiva presenza nel campione prelevato dall'unità calcarea di *Globorotalia planispira*, *Globigerinoides elongatus*, *G. ruber* e *Globigerina apertura*, gli ultimi due taxa con elevata quantità di esemplari.

In termini biostratigrafici appare immediata l'attribuzione delle argille *pa* e di parte dei conglomerati *pc* (fino al camp. PO 153) alla Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l., in armonia con la presenza pressoché costante in questo intervallo del genere *Sphaeroidinellopsis* e, soprattutto, con la costante e massiccia presenza di *Globigerina nepenthes*. Comunque l'elemento discriminante ai fini di un inquadramento zonale è sostanzialmente la comparsa nel camp. PO 154 di *Globorotalia margaritae*, che permette di riferire l'intervallo compreso tra questo campione e la sommità dei conglomerati alla omonima zona, in accordo con le caratteristiche delle relative associazioni.

Per quanto riguarda l'unità carbonatica, è da rilevare in primo luogo la sostanziale diversità del tipo di associazione a Foraminiferi planctonici riscontrata nel camp. PO 156 rispetto alle tanatocenosi delle sottostanti unità; pur non essendo presenti taxa significativi

in senso assoluto, dal contesto stratigrafico dell'area studiata la frequenza di *Globigerinoides elongatus* e di *Globigerina apertura*, nonché la presenza di *Globorotalia planispira* e di *Globigerinoides ruber*, assurgono ad elementi determinanti per una sicura attribuzione della unità calcarea alla Zona a *Globorotalia aemiliana*; né, d'altra parte, è di alcun disturbo la presenza di *Globorotalia puncticulata*, solo apparentemente in netto contrasto con la nostra attribuzione zonale, in quanto gli sporadici esemplari rinvenuti manifestano uno stato di conservazione tale da farli ritenere senza alcun dubbio rimaneggiati.

In conclusione l'intervallo litostratigrafico argilloso e conglomeratico sottostante l'unità *ps* è da riferire al Pliocene inferiore e, più esattamente, ad un tratto alquanto basso di esso; i calcari sono invece di pertinenza del Pliocene medio. Anche in questa sezione è evidente pertanto l'esistenza di una consistente lacuna stratigrafica che interessa almeno una notevole porzione del Pliocene inferiore, comprendente una buona parte della Zona a *Globorotalia margaritae* e le intere Zone a *G. puncticulata*-*G. margaritae* e a *G. puncticulata*.

Al salto biostratigrafico e cronologico tra l'unità *ps* ed i litotipi sottostanti si accompagna anche una rimarchevole differenza nelle caratteristiche deposizionali tra le sopraccitate unità. Anche per la sezione in studio, le argille ed i soprastanti conglomerati rivelano infatti evidenti indizi di profondità riconducibili alla zona neritica esterna. Ne sono testimonianze le elevate quantità dei Foraminiferi planctonici (il rapporto P/B è costantemente superiore ad 1) e le ricche e ben diversificate associazioni bentoniche, a cui partecipano: *Allomorphina trigona*, *Anomalinoides helycinus*, *Bigenerina nodosaria*, *Bolivina alata*, *B. apenninica*, *B. lucana*, *B. punctata*, *B. usensis*, *Bulimina costata*, *B. inflata*, *B. minima*, *Cancris oblongus*, *Cassidulina cruyssi*, *Chilostomella oolina*, *C. ovoidea*, *Chrysalogonium obliquatum*, *Cibicidoides ferasinii*, *C. pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Dentalina guttifera*, *D. inflexa*, *Dimorphina tuberosa*, *Discanomalina semipunctata*, *Eggerella bradyi*, *Glandulina laevigata*, *Gyroidina soldanii*, *Gyroidinoides neosoldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *Hoeglundina elegans*, *Karrieriella bradyi*, *Lagena striata*, *Lenticulina clerici*, *L. cultrata*, *L. curvisepata*, *L. dilecta*, *L. echinata*, *L. gibba*, *L. inornata*, *L. orbicularis*, *Liebusella rudis*, *Marginulina costata*, *Martinottiella communis*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Nodosaria longiscata*, *N. ovicula*, *N. vertebralis*, *Oridorsalis stellatus*, *Planularia elongata*, *Planulina ariminensis*, *Pyrgo depressa*, *Ramulina globulifera*, *Reophax papillosus*, *Sigmoilopsis coelata*, *Siphonina planoconvexa*, *Stilostomella hi-*

spida, *S. monilis*, *Textularia aciculata*, *T. soldanii*, *Uvigerina peregrina*, *U. rutila*, *Vaginulina margaritifera*, *Vaginulinopsis soluta soluta*, *Valvulineria complanata*.

Se i Foraminiferi di acque costiere sono sporadici e senza dubbio «spiazzati» da zone più superficiali nelle unità in questione (cittiamo *Ammonia beccarii beccarii*, *Asterigerinata planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium complanatum*, *E. crispum*, *Reussella spinulosa*, *Rosalina globularis*), per contro essi costituiscono senza dubbio la componente più abbondante, come numero di specie e di individui, nella facies carbonatica. Si ricordano, a titolo di esempio, *Ammonia beccarii beccarii*, *Asterigerinata planorbis*, *Baggina gibba*, *Buccella granulata*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Elphidium complanatum*, *E. crispum*, *Neoeponides schreibersii*, *Reussella spinulosa*. La maggior parte delle specie di acque più profonde, rinvenute nel livello campionato, è verosimilmente da considerarsi rimaneggiata dai sedimenti più profondi dei livelli sottostanti. A titolo di documentazione ricordiamo, tra esse, la presenza di *Anomalinoides helycinus*, *Bolivina apenninica*, *Gyroidina soldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *Lenticulina cultrata*, *Marginulina costata*, *Melonis soldanii*, *Oridorsalis stellatus*, *Stilostomella hispida*, *Uvigerina longistriata*, *U. peregrina*.

Campionatura integrativa

Ad ENE del Pod. S. Cirillo, nella zona sottostante la strada che conduce a Pomarance, lungo la quale sono stati prelevati i campioni del secondo spezzone della sezione prima illustrata, sono stati raccolti i campioni PO 157, PO 158 e PO 159, il primo e l'ultimo nella parte sommitale dell'unità *pc*, il secondo nel tratto basale dei calcari.

I campioni prelevati nelle argille ciottolose sono riferibili alla Zona a *Globorotalia margaritae* e ad un ambiente di pertinenza della zona neritica esterna. Le associazioni planctoniche contengono infatti comuni esemplari del taxon nominale, mentre quelle bentoniche, ricche e ben diversificate, sono costituite da numerose specie caratteristiche di profondità sensibili.

Alla Zona a *Globorotalia aemiliana* e ad un ambiente contenuto nei limiti della zona neritica interna è invece attribuibile il campione proveniente dai calcari. Tra i planctonici sono stati infatti rinvenuti *Globigerina apertura*, *Globigerinoides elongatus*, *G. ruber*, *Globorotalia aemiliana*, *G. crassaformis crassaformis* e *G. planispira*, specie che non danno adito a dubbi circa l'appartenenza dell'unità cal-

careca al Pliocene medio. D'altra parte la netta prevalenza di specie di acque basse su quelle ad habitat più profondo (peraltro in parte alloctone) conferma l'asserzione dal punto di vista ambientale.

8 - SEZIONE POD. S. DOMENICO (Fig. 11)

È ubicata a SW di Pomarance, ad una distanza di oltre 1,5 Km dal centro abitato e poco ad E del Pod. S. Domenico, lungo la strada campestre che dal T. Racquese conduce a Pomarance. La sequenza sedimentaria è stata campionata per uno spessore di poco inferiore ai 100 m, dall'unità conglomeratica *pc* (a contatto tettonico con vari termini del Miocene superiore) all'unità *ps* di MAZZANTI (1966), quest'ultima localmente considerata dall'autore come una intercalazione all'interno della precedente.

Le litologie incontrate si presentano con le seguenti caratteristiche:

- Conglomerati (unità *pc* di MAZZANTI, 1966): i clasti sono in genere ben elaborati e di dimensioni estremamente variabili senza traccia alcuna di classazione, immersi in una matrice argillosa o sabbioso-argillosa più o meno abbondante; talvolta sono molto sparsi (il sedimento può essere considerato più propriamente un'argilla con ciottoli), talaltra sono concentrati e danno quindi luogo a veri e propri livelli conglomeratici. Sono presenti lenti di sabbie grossolane e di microconglomerati, all'interno delle quali è talvolta evidente una gradazione. In prossimità del camp. PO 226, lungo una nuova strada aperta per la realizzazione di un pozzo ENEL, entro le argille con ciottoli sono ben visibili sacche da canalizzazione, all'interno delle quali si nota una maggiore concentrazione della frazione clastica grossolana.

Sono stati raccolti nove campioni (PO 224-221) in circa 60 m dell'unità.

- Calcari (unità *ps* di MAZZANTI, 1966): si tratta dei calcari detritico organogeni giallastri più volte descritti; a strati massicci si alternano talora livelli più friabili calcareo-sabbiosi o addirittura sabbioso-argillosi (una consistente intercalazione prevalentemente pelitica è stata ad esempio notata nella zona circostante il punto di prelievo del camp. PO 220).

Risultati delle analisi

Le tanatocenosi presenti nei campioni di questa sezione hanno ri-

8 - SEZ. POD. S. DOMENICO

TAXA	CAMPIONI	223	225	226	222c	222b	222a	222	221	220	219
Globigerina apertura											
" bulloides											
" calida praevalida											
" decoraperta											
" digitata praedigitata											
" falconensis											
" quinqueloba											
Globigerinoides elongatus											
" emeisi		cf	cf			cf					
" obliquus extremus											
" obliquus obliquus											
" quadrilobatus quadrilobatus											
" quadrilobatus sacculifer											
" quadrilobatus trilobus											
" ruber											
Globorotalia acostaensis											
" bononiensis											
" crassaformis crassaformis											
" humerosa		cf									
" margaritae											
" planispira											
" puncticulata										R	R
" scitula											
Orbulina bilobata											
" suturalis											
" univversa											
Globigerinita bradyi											
" glutinata											
Hastigerina pelagica											
" siphonifera											
Sphaeroidinellopsis seminulina s.l.											

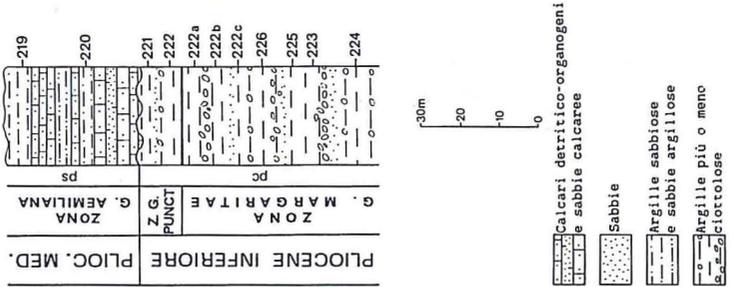


Fig. 11

velato, nel loro insieme, un contenuto consistente in Foraminiferi planctonici; tra i taxa più ricorrenti, e spesso con elevata frequenza, si segnalano *Globigerina bulloides*, *G. decoraperta*, *G. falconensis*, *G. quinqueloba*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *G. obliquus obliquus*, *G. quadrilobatus quadrilobatus*; pressoché costantemente presenti, ma senza mai raggiungere frequenze particolarmente elevate, sono anche *Globigerinita bradyi*, *G. glutinata*, *Globigerinoides quadrilobatus sacculifer*, *G. quadrilobatus trilobus*, *Globorotalia acostaensis*, *Orbulina suturalis*, *O. universa*.

Al carattere ubiquitario delle forme elencate si contrappone una distribuzione parziale, e pertanto più significativa, di alcuni altri taxa; in particolare sottolineiamo quella di *Globorotalia margaritae* e di *G. puncticulata* nell'unità conglomeratica (esclusiva di un suo tratto inferiore la prima, di quello sommitale la seconda), di *Globigerinoides elongatus* (almeno nella forma tipica e con numero rilevante di esemplari), di *G. ruber*, *Globorotalia bononiensis*, *G. crassaformis crassaformis*, *G. planispira* nell'intervallo carbonatico (tutte le specie citate ne sono infatti esclusive).

Le ultime specie elencate non lasciano dubbi circa l'attribuzione dell'unità carbonatica alla Zona a *Globorotalia aemiliana*; a parte l'inequivocabile significato di *G. crassaformis crassaformis*, abbiamo infatti già avuto modo di sottolineare come questi taxa, ed in particolare *G. bononiensis*, almeno per quanto riguarda l'area oggetto della presente ricerca possano essere assunti con sicurezza come «marker» della suddetta zona.

Il sottostante intervallo conglomeratico dell'unità *pc* è, per buona parte, e precisamente per la porzione compresa tra il camp. PO 224 e il PO 222a, da attribuire alla Zona a *Globorotalia margaritae*, in virtù della pressoché costante presenza in esso del taxon nominale. La rimanente parte dei soprastanti conglomerati si deve invece riferire alla Zona a *Globorotalia puncticulata*, del resto in armonia con la presenza di individui già tipici di *Globigerinoides elongatus*; ciò impone la presenza di un contatto tettonico con la sottostante unità biostratigrafica, responsabile della locale assenza della intermedia Zona a *G. puncticulata*-*G. margaritae*. Se in corrispondenza della sezione non vi sono evidenze sul terreno, una faglia, la cui prosecuzione interessi l'intervallo compreso tra i camp. PO 222 e PO 222a, è invece individuabile nell'area circostante.

In sostanza l'intervallo litostratigrafico sottostante i calcari dell'unità *ps* risulta appartenere al Pliocene inferiore, con l'esclusione della parte più bassa di quest'ultimo (si ricorda che la campionatura è ini-

ziata da livelli non basali della successione pliocenica, che a SW della sezione è a contatto tettonico con sedimenti miocenici) e di un buon tratto della sua porzione superiore. L'unità carbonatica *ps* è invece da riferire al Pliocene medio. Ne consegue pertanto, anche nel caso in esame, l'evidenza di una consistente lacuna stratigrafica tra le due unità, che localmente interessa quasi interamente la Zona a *G. puncticulata*.

Analogie con intervalli litologicamente e biostratigraficamente equivalenti delle sezioni già illustrate si presentano anche dal punto di vista paleoambientale. Nella Sezione del Pod. S. Domenico i sedimenti del Pliocene inferiore offrono infatti indicazioni di batimetrie riconducibili a quelle della zona neritica esterna. Ne sono testimonianza i valori generalmente elevati del rapporto P/B e le composizioni qualitative e quantitative delle associazioni bentoniche, delle quali entrano a far parte *Anomalinoidea helicinus*, *A. ornatus*, *Astrononion stelligerum*, *Bigenerina nodosaria*, *Bolivina aenariensis*, *B. alata*, *B. apenninica*, *B. italica*, *B. leonardii*, *B. placentina*, *B. punctata*, *B. usensis*, *Bulimina costata*, *B. inflata*, *B. minima*, *B. subulata*, *Chilostonella oolina*, *C. ovoidea*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Dorothia gibbosa*, *Globobulimina affinis*, *G. ovata*, *G. pyrula*, *Gyroidina soldanii*, *Gyroidinoides neosoldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *Hoeglundina elegans*, *Karrerella bradyi*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *L. orbicularis*, *L. peregrina*, *Marginulina costata*, *Martinottiella communis*, *M. perparva*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Mucronina gemina*, *Nodosaria longiscata*, *N. ovicula*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis*, *Siphonina planoconvexa*, *S. reticulata*, *Stilostomella monilis*, *Textularia aciculata*, *Uvigerina peregrina*, *Vaginulinopsis soluta soluta*, *Valvulineria bradyana*, *V. complanata*.

Analogamente a quanto constatato per la Sezione del T. Pòssera, anche nella sequenza di Pod. S. Domenico profondità maggiori si rilevano per l'intervallo attribuito alla Zona a *Globorotalia margaritae*, mentre per quello soprastante si può notare la comparsa di alcuni indizi (diminuzione del rapporto P/B e comparsa di alcune specie più «costiere» quali, ad esempio, *Baggina gibba*, *Florilus boueanus* e, soprattutto, *Ammonia beccarii beccarii*, tra l'altro con discreto numero di individui) di batimetrie decrescenti verso quelle del limite con la zona neritica interna.

I due campioni raccolti nelle intercalazioni pelitiche della formazione calcarea presentano un'associazione bentonica eterogenea dal punto di vista batimetrico. Accanto a specie tipiche di acque di modesta profondità (*Amphistegina gibbosa*, *Asterigerinata planorbis*, *Baggi-*

na gibba, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Elphidium complanatum*, *E. crispum*, *Florilus boueanus*, *Neoeponides schreibersii*, *Oridorsalis* sp., *Reussella laevigata*, *R. spinulosa*, *Rosalina globularis*), le quali costituiscono comunque la frazione più consistente, si rinvencono taxa più profondi, in parte certamente rimaneggiati (sicuramente alloctona è, ad esempio, *Bolivina placentina*, esclusiva del Pliocene inferiore) (*Anomalinoidea helicinus*, *Bigenerina nodosaria*, *Bolivina apenninica*, *B. lacunosa*, *Bulimina inflata*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *Globobulimina affinis*, *Globocassidulina subglobosa*, *Gyroidina soldanii*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *L. echinata*, *Marginulina costata*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis*, *Pullenia quinqueloba*, *Siphonina reticulata*, *Uvigerina longistriata*, *U. peregrina*, *Vaginulinopsis soluta soluta*). In considerazione anche del fatto che nei due campioni è presente una quantità non indifferente di Foraminiferi planctonici in posto, si può presumere, per i livelli campionati, (facciamo presente che essi occupano una posizione già inoltrata nella formazione) la deposizione in una parte relativamente profonda della zona neritica esterna.

Campionatura integrativa

Allo scopo di controllare il locale contesto stratigrafico sono state effettuate anche alcune campionature integrative nella zona circostante l'affioramento calcareo di Pod. S. Domenico, i risultati delle quali vengono qui di seguito esposti sommariamente:

Campioni PO 227, PO 228, PO 229. Sono stati prelevati a SW del Pod. Calcinaia, i primi due nell'unità *pc* (rispettivamente 15 e 50 m sotto il contatto con i calcari), il terzo nella parte bassa dell'unità *ps*. I camp. PO 227 e PO 228 sono attribuibili alla Zona a *Globorotalia margaritae* e ad un intervallo piuttosto profondo della zona neritica esterna; il camp. PO 229 è caratterizzato invece quasi esclusivamente da forme costiere e, pur privo di «marker» zonali (i Foraminiferi planctonici sono estremamente rari), contiene indizi per un suo riferimento alla Zona a *G. aemiliana*.

Campioni PO 230 - PO 233. Sono stati prelevati in un tratto dell'unità *pc* a N del Pod. Calcinaia, localmente considerato da MAZZANTI (1966) stratigraficamente soprastante la litofacies carbonatica del Pod. S. Domenico. Tutti e quattro i campioni sono risultati di pertinenza della Zona a *G. margaritae* e della zona neritica esterna, evidenziando, pertanto, che l'intervallo campionato è solo morfologicamente (e non stratigraficamente) soprastante l'unità calcarea di S.

Domenico, il contatto con la quale deve essere considerato quindi di natura tettonica.

Campioni PO 236, PO 234, PO 235, PO 214-218. Si tratta di una campionatura effettuata lungo un tratto più settentrionale della stessa strada lungo la quale è stata eseguita la Sezione Pod. S. Domenico. Nonostante non siano state possibili osservazioni di dettaglio sul terreno, è emersa una situazione alquanto diversa da quella prospettata da MAZZANTI (1966); procedendo da S verso N (cioè da quote inferiori a quelle superiori) abbiamo infatti rilevato che sopra l'unità calcarea da cui sono stati prelevati i camp. PO 220 e PO 219 (già considerati in precedenza) affiora un intervallo di argille con ciottoli (PO 218); sopra questo ricompaiono per breve tratto i calcari (PO 217), seguiti ancora dai sedimenti dell'unità *pc*, nei quali sono stati raccolti gli altri campioni.

Senza entrare nei particolari, segnaliamo che i calcari sono ancora attribuibili al Pliocene medio e rivelano modeste batimetrie; tutti i campioni raccolti nelle argille ciottolose (comprese quelle tra i due intervalli carbonatici) contengono invece associazioni profonde e sono riferibili al Pliocene inferiore; precisamente alla Zona a *G. margaritae* i campioni da PO 236 a PO 215 (secondo l'ordine sopra riportato), alla Zona a *G. puncticulata-G. margaritae* i campioni PO 216 e PO 218. Risulta pertanto evidente la presenza di due faglie che hanno abbassato due porzioni della sequenza sedimentaria, secondo il disegno schematico sotto riportato (Fig. 12).

In definitiva le osservazioni condotte nell'area del Pod. S. Domenico evidenziano chiaramente che la presunta intercalazione calcarea altro non è che la propaggine meridionale della estesa plaga di Pomarance, separata e abbassata rispetto a quest'ultima per il successivo intervento della tettonica.

9 - SEZIONE POD. PIALLA (Fig. 13)

È ubicata a S di Pomarance, nell'area compresa tra il T. Racquese ed il Pod. Poggio al Colle; la campionatura è stata effettuata secondo una direttrice NW-SE passante per il Pod. Pialla ed ha interessato uno spessore di sedimenti di poco inferiore a 250 m, a partire dal contatto con i sedimenti miocenici. A questo proposito si deve innanzitutto chiarire che MAZZANTI (1966) cartografa come sedimento basale della sequenza pliocenica a contatto con quella miocenica un intervallo riferibile all'unità calcarea *ps*; questa interpretazione non trova però riscontro nelle nuove osservazioni sul terreno e nelle

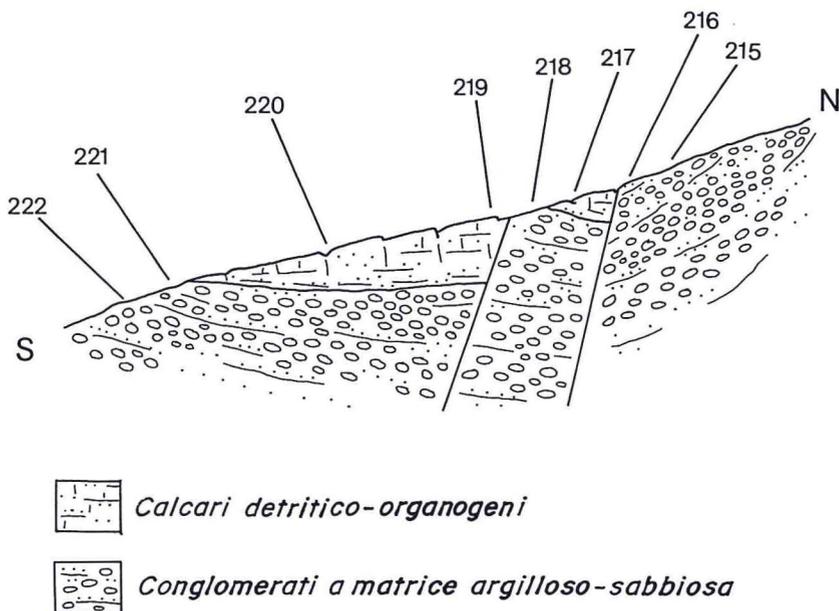


Fig. 12

analisi micropaleontologiche. Si tratta infatti di un litotipo prevalentemente arenaceo, di colore grigio-giallastro, con evidente stratificazione; nel loro insieme gli strati, di spessore variabile da pochi centimetri ad oltre 50 cm, danno luogo ad un'alternanza di arenarie ben cementate e di sabbie friabili; fra di essi sono presenti anche sporadici livelli argillosi ed alcune lenti di conglomerati a matrice arenacea, con elementi prevalentemente calcarei, ben elaborati, di dimensioni medie sui 3-4 cm. Un campione (PO 181) raccolto in una intercalazione pelitica ha fornito un'associazione dulciacquicola riferibile con sicurezza alla Serie lignitifera del Miocene superiore, costituita da frequenti oogoni di *Characeae* ed abbondanti opercoli di *Bithynia*, associati ad un elevatissimo numero di Ostracodi appartenenti ai generi *Bullocypris*, *Candona*, *Cyprideis* e *Tavanicythere*.

Anche se la copertura detritica non consente osservazioni di dettaglio, risulta abbastanza evidente che sopra l'intervallo prima descritto sono presenti, per alcuni metri, argille con ciottolotti sparsi, inserite dall'Autore del rilevamento nell'unità pliocenica *pc*. Il campione PO 180, in esse prelevato, ha tuttavia permesso di constatare la loro appartenenza al dominio lacustre miocenico, comprovata dalla presenza di Ostracodi dulciacquicoli e di oogoni, mentre sono anco-

9 - SEZ. POD. PIALLA

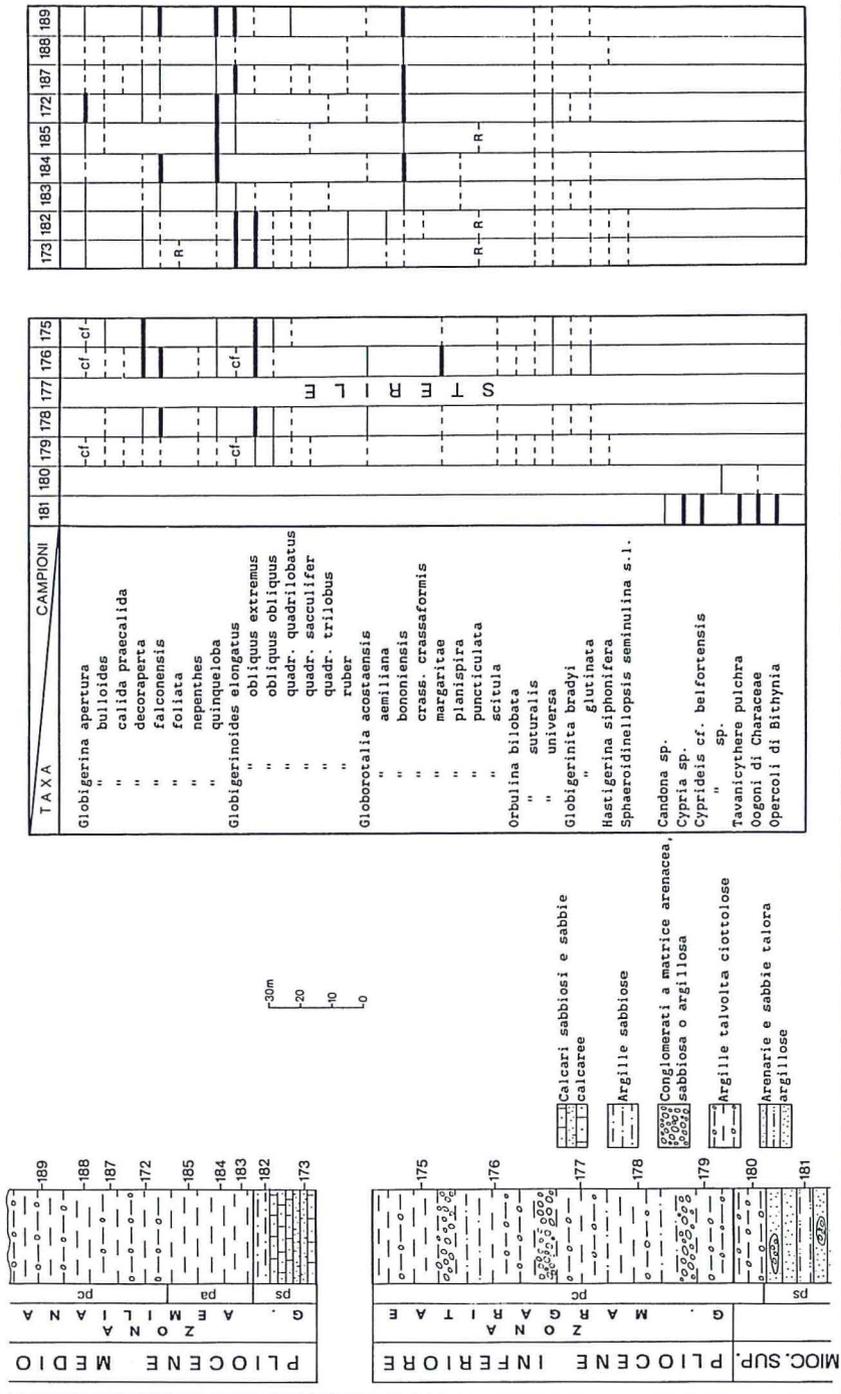


Fig. 13

ra del tutto assenti gli organismi marini. Questi ultimi sono invece largamente rappresentati nel campione PO 179 (raccolto in una litologia simile a quella sottostante), dal quale facciamo quindi iniziare la sequenza pliocenica (evidentemente a contatto tettonico con quella miocenica), che risulta costituita dagli intervalli qui di seguito illustrati.

— Conglomerati (*pc*): sono stati campionati (PO 179-175) per uno spessore di poco superiore a 100 m. Nell'insieme si tratta di un'alternanza di livelli a forte concentrazione di clasti (di prevalente natura calcarea, ben arrotondati, senza alcuna classazione e di dimensioni che raggiungono i 50-70 cm) in matrice sabbiosa, più spesso argillosa, e di livelli sabbioso-argillosi ed argillosi con ciottoli sparsi.

MAZZANTI inserisce nei conglomerati anche un intervallo di argille sabbiose «sommitali», dello spessore di circa 10 m, parzialmente nascosto da copertura detritica, ma comunque privo di ciottoli in posto. Da osservazioni nell'area circostante riteniamo trattarsi invece di un pacco di argille uguali a quelle che giacciono sui successivi calcari *ps* ed interposto tra questi ed i sottostanti conglomerati solo per motivi tettonici. Ciò è anche confermato dall'identità delle associazioni a Foraminiferi tra il camp. PO 174, prelevato nel tratto argilloso abbassato, e i campioni provenienti dai livelli immediatamente soprastanti i calcari. Tra l'altro questi ultimi poco ad E della sezione presentano uno spessore maggiore e giacciono in continuità stratigrafica direttamente su un conglomerato a ciottoli ben elaborati (eterometrici, in matrice carbonatica nella parte inferiore, in matrice sabbiosa in quella superiore) e a grosse Ostree (fori di litofagi sono ricorrenti nei clasti), formante un gradino morfologico di 6-7 m sui sedimenti dell'unità *pc*. Tale pacco di argille non è stato inserito nella colonna litostratigrafica di fig. 13, la cui sequenza risulta perciò suddivisa in due spezzoni.

— Calcari (*ps*): in questa unità, sono stati prelevati due campioni (PO 173 e PO 182); essa è costituita da calcari più o meno sabbiosi e da sabbie calcaree, in strati più o meno cementati, di colore prevalentemente giallastro e con frequenti frammenti conchigliari; a livelli sono comuni esemplari interi di *Pecten*, *Flabellipecten*, e di grossi *Ostreidi*. Verso l'alto diviene predominante la componente sabbiosa, la quale sfuma a sua volta, attraverso sabbie argillose ed argille sabbiose grigie, in vere e proprie argille.

— Argille (*pa*): si tratta di argille grigie, che contengono piccoli ciottoli sparsi nella loro parte superiore. Esse affiorano fin poco sopra il livello da cui proviene il campione PO 189, il più alto da

noi prelevato in questo litotipo. In realtà MAZZANTI (1966) pone parte di questo intervallo nella sua unità *pc*, che viene cartografata fino al contatto con i calcari «superiori» *ps*; dalle nuove osservazioni si ritiene invece che ai conglomerati *pc* debbano essere attribuiti unicamente i livelli soprastanti (morfologicamente, ma non stratigraficamente) il livello del campione sopra citato (v. anche campionatura integrativa) e che l'abbondante materiale ciottoloso che si ritrova sparso a quote inferiori sia franato da essi.

Nei circa 70 m delle argille sono stati prelevati 6 campioni (PO 183-189, secondo l'ordine riportato nella colonna stratigrafica).

Risultati delle analisi

I campioni prelevati nella sequenza pliocenica hanno rivelato (con l'unica eccezione di PO 177, risultato sterile) buoni contenuti in Foraminiferi planctonici. Specie ubiquitarie e con frequenze ricorrentemente più consistenti sono *Globigerina decoraperta*, *G. falconensis*, *G. quinqueloba* e *Globigerinoides obliquus extremus* (quest'ultimo però limitato all'intervallo conglomeratico sottostante l'unità *ps*). Le altre specie, che si distribuiscono all'incirca per tutta la sequenza, non raggiungono quasi mai frequenze apprezzabili.

Rimarchevole è invece il comportamento di altri taxa, alcuni dei quali presenti con frequenze elevate, i quali, distribuendosi unicamente nella sequenza conglomeratica oppure nelle soprastanti unità, conferiscono una netta diversificazione alle tanatocenosi planctoniche dei rispettivi intervalli sedimentari. Per il primo caso citiamo *Globigerina nepenthes*, *Globigerinoides obliquus obliquus*, *Globorotalia margaritae*, *G. scitula*, *Orbulina bilobata*; per il secondo ricordiamo *Globigerina apertura* (nella sua forma tipica), *Globigerinoides elongatus* (almeno con individui tipici), *G. quadrilobatus trilobus*, *G. ruber*, *Globorotalia aemiliana*, *G. bononiensis*, *G. crassaformis crassaformis*, *G. planispira*.

Mentre per alcuni dei taxa sopra citati la presenza in uno solo dei due intervalli è puramente casuale, per altri essa assume un ben preciso significato stratigrafico discriminante. Ci riferiamo soprattutto a *Globorotalia margaritae*, la cui presenza quasi costante nei sedimenti conglomeratici non lascia dubbi circa la loro attribuzione all'omonima zona, in armonia con l'assenza di *Globorotalia puncticulata* da un lato e con la ricorrenza di *Globigerina nepenthes* dall'altro. Altrettanto significativo è il trinomio *Globorotalia aemi-*

liana, *G. bononiensis*, *G. crassaformis crassaformis*, il quale consente un immediato riferimento alla Zona a *G. aemiliana* dell'unità calcareo-sabbiosa *ps* e dell'unità argillosa *pa* ad essa soprastante (tettonicamente sottostante per l'intervallo già trattato di cui al camp. PO 174), senza la necessità di una conferma dalla presenza di altri pur significativi taxa (*Globigerinoides elongatus*, *G. ruber*, *Globorotalia planispira*).

Conseguenze dirette dell'interpretazione biostratigrafica sono l'attribuzione della formazione *pc* ad un intervallo non basale del Pliocene inferiore e delle unità *ps* e *pa* al Pliocene medio, nonché la individuazione di una notevole lacuna tra i sedimenti miocenici e quelli del Pliocene inferiore e fra questi ultimi e quelli di pertinenza del Pliocene medio. Mentre però la prima è certamente da addebitarsi alla presenza di una faglia (plausibile sulla base del contesto tettonico locale e palese per il contesto lito- e biostratigrafico della zona circostante), la seconda è ricollegabile a quella evidenziata nelle precedenti sezioni, anche se localmente l'episodio stratigrafico è obliterato da quello tettonico.

Per quel che concerne l'ambiente deposizionale, la formazione *pc* contiene, fin dalla sua base, associazioni a Foraminiferi bentonici chiaramente indicative (insieme ai valori del rapporto P/B, costantemente maggiori di 1) di un intervallo profondo della zona neritica esterna. A prescindere dalla presenza saltuaria di taxa costieri (*Ammonia beccarii beccarii*, *A. beccarii tepida*, *Asterigerinata planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium crispum*), evidentemente alloctoni, esse contengono infatti *Anomalinoides helycinus*, *Bigenerina nodosaria*, *Bolivina alata*, *B. usensis*, *Bulimina costata*, *B. minima*, *Cibicidoides ferasinii*, *C. pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Dimorphina tuberosa*, *Dorothia gibbosa*, *Gyroidina soldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *H. dertonensis*, *Karrerella gaudryinoides*, *Lenticulina* spp. (*cultrata*, *gibba*, *orbicularis* ecc.), *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Mucronina gemina*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis*, *Siphonina reticulata*, *Stilostomella advena*, *S. fistuca*, *S. hispida*, *S. monilis*, *Uvigerina peregrina*, *U. rutila*, *Valvulineria bradyana*, *V. complanata*.

Un ambiente marino della zona neritica interna di media profondità può essere invece desunto per le associazioni dell'unità *ps* nel suo complesso. A dominarle sono infatti taxa con preferenze verso modeste batimetrie, accompagnati da uno «stock» di forme (in genere singolarmente poco rappresentate) che, pur presentandosi anche entro i limiti della suddetta zona, hanno il loro habitat ottimale

a profondità maggiori. Tra i taxa rinvenuti segnaliamo: *Ammonia beccarii beccarii*, *Amphistegina gibbosa*, *Anomalinoidea helycinus*, *A. ornatus*, *Asterigerinata mamilla*, *A. planorbis*, *Astrononion stelligerum*, *Baggina gibba*, *Bolivina apenninica*, *B. lucana*, *Buccella granulata*, *Bulimina costata*, *Cancris auriculus*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Criboelphidium decipiens*, *Cribrononion advenum*, *Dorothia gibbosa*, *Elphidium complanatum*, *E. crispum*, *Florilus boueanus*, *Fursenkoina schreibersiana*, *Globocassidulina subglobosa*, *Gyroidina soldanii*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Neoponides schreibersi*, *Oridorsalis* sp., *O. stellatus*, *Planorbulina mediteranensis*, *Planulina ariminensis*, *Quinqueloculina seminulum*, *Reussella laevigata*, *R. spinulosa*, *Rosalina globularis*, *Sigmoilopsis coelata*, *Siphonina planoconvexa*, *Spiroloculina canaliculata*, *Textularia sagittula*, *Uvigerina longistriata*, *U. peregrina*.

Con la sostituzione dei litotipi della formazione *ps* da parte delle argille *pa*, il bacino deve aver subito un approfondimento; ne sono prova, oltreché il cambiamento litologico, le caratteristiche delle associazioni. Con l'instaurarsi della sedimentazione pelitica si riscontra infatti un aumento della componente planctonica, la quale addirittura supera quella bentonica almeno per buon tratto della sequenza. Parallelamente diminuisce il numero di specie bentoniche costiere, le quali si presentano in genere con un ridotto numero di individui (permangono *Ammonia beccarii beccarii*, *Asterigerinata planorbis*, *Baggina gibba*, *Buccella granulata*, *Cancris auriculus*, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium crispum*, *Florilus boueanus*, *Hanzawaia boueana*, *Protelphidium granosum*, *Quinqueloculina seminulum*, *Spiroloculina canaliculata*), mentre si registra un sensibile incremento del numero di esemplari di quelle ad habitat più profondo (per es. *Bolivina aenariensis*, *Bulimina subulata*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *Heterolepa bellincionii*, *Hoeglundina elegans*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis*, *Sigmoilopsis coelata*, *Stilostomella hispida*, *Uvigerina peregrina*, *Valvulineria complanata*).

In ultima analisi la variazione delle caratteristiche sedimentarie si è realizzata con il passaggio da un ambiente neritico interno ad uno esterno; le profondità di quest'ultimo si sono però mantenute prossime ai valori del limite tra le due zone batimetriche per tutto l'arco della sedimentazione pelitica.

Campionatura integrativa

In questa sede ci soffermiamo, seppure sinteticamente, solo su

alcuni campioni (PO 190-193) raccolti nelle argille ciottolose *pc* affioranti nell'intervallo sedimentario immediatamente soprastante all'unità *pa* (si vedano le osservazioni riportate nella parte descrittiva della Sez. del Pod. Pialla). Gli altri campioni della zona circostante la direttrice della sezione studiata e provenienti dalle formazioni già trattate confermano infatti le deduzioni bio- e cronostratigrafiche e paleoambientali già espresse.

La formazione *pc* è localmente costituita da un'alternanza di livelli di argilla più o meno sabbiosa con livelli di argilla con concentrazione di ciottoli; questi ultimi sono ben elaborati e di dimensioni medie intorno ai 5 cm. Tuttavia si trovano sparsi sulla superficie del terreno anche elementi di rilevanti dimensioni (fino a 30-40 cm), i quali lasciano presumere l'esistenza di livelli ben più grossolani, anche se la copertura detritica e vegetale non ne consente la visione diretta. L'immersione degli strati della formazione *pc* ha una componente verso S, a differenza di quella della sequenza sottostante che immerge verso N.

Dal punto di vista micropaleontologico i quattro campioni esaminati non sono molto favorevoli in quanto i Foraminiferi sono dispersi in un'abbondante frazione inorganica; ciò nondimeno essi contengono un'associazione planctonica riferibile alla Zona a *Globorotalia margaritae* (anche se il taxon nominale è presente con sporadici individui e non in tutti i campioni) ed una bentonica indicativa della zona neritica esterna. In altre parole si tratta di un pacco di sedimenti del Pliocene inferiore, verso S a contatto per faglia con quelli del Pliocene medio; questa situazione è analoga a quella riscontrata nella vicina zona della Sezione Pod. S. Domenico.

10 - SEZIONE POD. GABBRI (Fig. 14)

È ubicata nella parte sud-orientale dell'area studiata, a poco più di un 1 Km ad E del Pod. Gabbri; la campionatura è stata effettuata secondo due direttrici divergenti a partire dall'orizzonte del camp. PO 245 ed ha interessato una sequenza sedimentaria dello spessore complessivo di circa 100 m. Le coltivazioni agrarie e il detrito non hanno consentito osservazioni di dettaglio; in ragione di ciò consideriamo la colonna stratigrafica riportata in figura alquanto approssimativa nei contenuti e nei relativi spessori, attribuendo alla sezione un valore puramente indicativo. Tuttavia ciò non toglie nulla all'importanza che essa assume nel contesto di questa ricerca, in conse-

10 - SEZ. POD. GABBRI

TAXA	CAMPIONI	198	245	261	262	263	254	249	250	251	252	253
Globigerina apertura		-cf		-cf								
" bulloides												
" calida praecalida												
" decoraperta												
" falconensis												
" nepenthes												
" quinqueloba												
Globigerinoides bollii												
" elongatus												
" obliquus extremus												
" obliquus obliquus												
" quadr. quadrilobatus												
" quadr. sacculifer												
" quadr. trilobus												
" ruber												
Globorotalia acostaensis												
" aemiliana												
" bononiensis												
" crass. crassaformis												
" margaritae												
" planispira												
" punctulata												
" scitula												
Orbulina bilobata												
" suturalis												
" univversa												
Globigerinita bradyi												
" glutinata												
Sphaeroidinellopsis seminulina s.l.												
Hastigerina siphonifera												

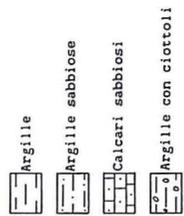
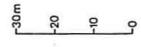
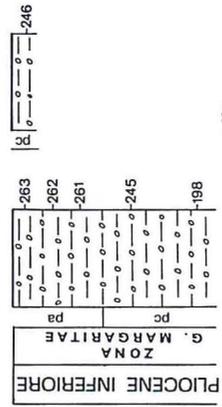
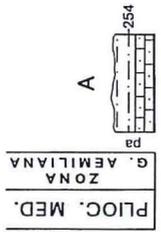
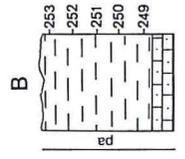


Fig. 14

guenza della situazione stratigrafica che essa ci prospetta e che appare ben diversa da quella proposta dal rilevamento di MAZZANTI (1966). Secondo l'Autore, infatti, localmente affiorano le argille della formazione *pa*, le quali sono deformate in una blanda anticlinale e si immergono a SW ed a NE sotto i conglomerati *pc* (ad esse in parte anche laterali). Per contro le nostre osservazioni, integrate dai dati micropaleontologici, hanno rilevato una sequenza più articolata. Per maggiore chiarezza, contrariamente all'«iter» seguito per le altre sezioni, per questa sezione anticiperemo i risultati bio- e cronostatigrafici (per la relativa documentazione rimandiamo al paragrafo successivo) ad integrazione dei rilievi sul terreno, eseguiti sostanzialmente nella fascia circostante il percorso stradale che dal Pod. Gabbri attraversa la successione sedimentaria in parola.

Procedendo da SW verso NE, nel tratto compreso tra la faglia di Pod. Gabbri ed il livello del camp. PO 246 (spezzone indicato con B), affiorano argille molto ciottolose (i clasti sono in genere di pochi centimetri, ma non mancano quelli di alcuni decimetri) della Zona a *Globorotalia margaritae*. Per l'esattezza l'unità *pc* è chiaramente riconoscibile fin poco a S del livello di provenienza del camp. PO 246; i pochi metri che la separano da quest'ultimo sono nascosti dal terreno agrario. Dal suddetto livello, per circa 120 m verso N, affiorano argille grigie più o meno sabbiose (unità *pa*), del tutto prive di ciottoli, riferibili alla Zona a *Globorotalia aemiliana* (camp. PO 246-248). Segue poi un calcare con ciottoli sparsi e grosse Ostree, dello spessore di circa tre metri, il cui affioramento prosegue verso W senza soluzione di continuità; ad esso seguono nuovamente le argille *pa* del Pliocene medio, per uno spessore di alcune decine di metri (camp. PO 249-253).

Nello spezzone indicato con A la situazione è alquanto simile: alle argille ciottolose *pc* del Pliocene inferiore (Zona a *G. margaritae*), le quali si spingono più a N di quanto compare nella carta geologica (per l'esattezza fino all'ubicazione del camp. PO 263), fanno seguito sedimenti della Zona a *G. aemiliana*. Questi ultimi sono costituiti da un intervallo argilloso «basale» (PO 246 e PO 255) e da calcari sabbiosi fossiliferi (essenzialmente con Pettinidi e Ostreidi) che sfumano verso l'alto in argille sabbiose (PO 254).

In sostanza, nonostante la frammentarietà delle osservazioni che è possibile effettuare sul terreno, localmente si delinea una situazione stratigrafica e tettonica analoga a quella emersa per la vicina zona del Pod. Pialla. Ai sedimenti ciottolosi *pc* della Zona a *G. margaritae* fa seguito una successione medio-pleiocenica costituita sostan-

zialmente da calcari e dalle argille soprastanti, un piccolo pacco delle quali (di spessore grossomodo corrispondente ai tratti vuoti delle colonne di Fig. 14) viene però ad interporsi, per motivi tettonici, tra la facies carbonatica e quella conglomeratica del Pliocene inferiore.

Risultati delle analisi

Le tanatocenosi dei campioni di questa sezione presentano un soddisfacente contenuto in Foraminiferi planctonici. A taxa che ricorrono con distribuzione pressoché costante (e con frequenze spesso elevate: *Globigerina decoraperta*, *G. falconensis*, *G. quinqueloba*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *G. quadrilobatus quadrilobatus*, *Globorotalia acostaensis*; con quantità in genere subordinate: *Globigerina bulloides*, *Globigerinita glutinata*, *Globigerinoides obliquus obliquus*, *G. quadrilobatus trilobus*, *Orbulina suturalis*, *O. universa*), se ne contrappongono altri, la cui distribuzione è limitata ad un intervallo ben preciso. È il caso di *Globigerina nepenthes*, *Globorotalia margaritae* ed *Orbulina bilobata*, relegate nell'intervallo argilloso conglomeratico; esclusivi dell'unità ad esso soprastante sono invece *Globigerina apertura* (nella sua forma tipica), *Globigerinoides elongatus*, *G. ruber*, *Globorotalia aemiliana*, *G. bononiensis*, *G. crassaformis crassaformis*, *G. planispira*.

Questi due gruppi di taxa giustificano ampiamente le asserzioni di ordine bio- e cronostratigrafico anticipate nella parte descrittiva della sezione e sulle quali riteniamo superfluo ritornare. Non rimane quindi che soffermarci sull'ambiente deposizionale, per il quale ci rivolgiamo ancora alle tanatocenosi bentoniche.

I sedimenti argilloso-conglomeratici della Zona a *G. margaritae*, al di là di alcuni sporadici taxa tipici di acque decisamente basse (*Ammonia beccarii beccarii*, *A. beccarii tepida*, *Asterigerinata planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *Buccella granulata*, *Elphidium crispum*), verosimilmente «spiazzati» da zone superficiali, contengono *Allomorphina trigona*, *Anomalinoides helcinus*, *Bigenerina nodosaria*, *Bolivina apenninica*, *B. aff. dilatata*, *B. placentina*, *B. usensis*, *Bulimina costata*, *B. inflata*, *B. minima*, *B. subulata*, *Chilostomella oolina*, *Cibicidoides ferasinii*, *C. pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Dentalina communis*, *D. guttifera*, *Glandulina laevigata*, *Globobulimina affinis*, *Globulina gibba*, *Gyroidina soldanii*, *Gyroidinoides neosoldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *H. dertonensis*, *Hoeglundina elegans*, *Karrerella bradyi*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *L. inornata*, *Marginulina co-*

stata, *Martinottiella communis*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Nodosaria longiscata*, *N. pentecostata*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis*, *Pyrgo depressa*, *Sigmoilopsis coelata*, *Siphonina planoconvexa*, *S. reticulata*, *Stilostomella aspera*, *Textularia aciculata*, *Uvigerina peregrina*, *U. rutila*, *Vaginulinopsis soluta soluta*, *Valvulineria bradyana*, *V. complanata*.

Si tratta di un gruppo di taxa che suggerisce, insieme ai valori del rapporto P/B (sempre maggiori dell'unità), condizioni batimetriche di pertinenza della zona neritica esterna.

I sedimenti medio-pliocenici argillosi, che sottostanno tettonicamente all'intervallo carbonatico in ambedue gli spezzoni, presentano invece associazioni eterogenee per il significato batimetrico contrastante dei loro componenti. Esse sono infatti costituite da ricorrenti forme di modesta profondità, a cui si associano, talora con frequenze non trascurabili, taxa più profondi. Per alcuni di essi è palese un rimaneggiamento dai sottostanti livelli del Pliocene inferiore, dato che ne è nota la distribuzione stratigrafica limitata a tale intervallo (es. *Bolivina placentina*, *Mucronina gemina*, *Planularia auris*, *Uvigerina rutila*, *Vaginulinopsis soluta soluta*), per altri tale fenomeno non è percettibile in quanto privi di una distribuzione discriminante nell'ambito dell'intervallo Pliocene inferiore — Pliocene medio. Tenendo comunque presenti anche le quantità non trascurabili di Foraminiferi planctonici certamente in posto, una profondità contenuta entro la zona neritica interna, ma abbastanza vicina al suo limite inferiore, non ci sembra del tutto azzardata per i livelli in questione.

Batimetrie analoghe sono deducibili anche per la metà inferiore delle argille campionate sopra l'intercalazione calcarea, mentre per la parte superiore si avverte un debole approfondimento, che probabilmente ha condotto i locali fondali poco oltre il limite tra zona neritica interna ed esterna; testimonianze di ciò sono soprattutto un aumento della componente planctonica ed una minore rappresentanza (come numero di specie e di individui) delle forme legate a zone più superficiali.

Qui di seguito riportiamo l'elenco complessivo delle specie riconosciute nei sedimenti argillosi della Zona a *Globorotalia aemiliana*: *Ammonia beccarii beccarii*, *Amphistegina gibbosa*, *Anomalinoides hellicinus*, *A. ornatus*, *Asterigerinata planorbis*, *Astrononion stelligerum*, *Baggina gibba*, *Bigenerina nodosaria*, *Bolivina aenariensis*, *B. alata*, *B. apenninica*, *B. leonardii*, *B. punctata*, *Bulimina costata*, *B. subulata*, *Cancris auriculus*, *Cassidulina neocarinata*, *Cassidulinoides bra-*

dyi, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Coryphostoma perforata*, *Criboelphidium decipiens*, *Dimorphina tuberosa*, *Dorothia gibbosa*, *Elphidium complanatum*, *E. crispum*, *Florilus boueanus*, *Fursenkoina schreibersiana*, *Globobulimina affinis*, *Globocassidulina subglobosa*, *Globulina gibba*, *Guttulina communis*, *Gyroidina soldanii*, *Gyroidinoides neosoldanii*, *Hanza-waia boueana*, *Heterolepa bellincionii*, *Hoeglundina elegans*, *Hopkinsina bononiensis*, *Karrerella bradyi*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *L. gibba*, *L. orbicularis*, *Marginulina cherensis*, *Marginulina costata*, *Martinottiella communis*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Neoeponides schreibersii*, *Nodosaria longiscata*, *N. pentecostata*, *N. raphanistrum*, *Oridorsalis stellatus*, *O. sp.*, *Planorbulina mediterraneensis*, *Planularia gemmata*, *Planulina ariminensis*, *Pyrgo depressa*, *Ramulina globulifera*, *Rectuvigerina siphogenerinoides*, *Reussella laevigata*, *R. spinulosa*, *Rosalina globularis*, *Sigmoilopsis coelata*, *Siphonina planoconvexa*, *Spiroloculina canaliculata*, *S. excavata*, *Stilostomella advena*, *S. hispida*, *Textularia aciculata*, *T. soldanii*, *Uvigerina longistriata*, *U. peregrina*, *Valvulinera bradyana*, *V. complanata*.

Campionatura integrativa

I risultati conseguiti con lo studio della sezione prima illustrata hanno imposto il controllo bio- e cronostratigrafico della sequenza sedimentaria che ne rappresenta la prosecuzione verso N, fino ai calcari del Pod. Monna. Si ricorda che, secondo l'Autore della carta geologica, tale sequenza è costituita da argille *pa*, sulle quali giacciono conglomerati *pc*, a loro volta seguiti dall'unità calcarea *ps*.

I campioni raccolti nelle argille *pa* (PO 207-209) ⁽¹⁾ hanno presentato ricche associazioni a Foraminiferi planctonici e bentonici; le prime suggeriscono la Zona a *Globorotalia aemiliana*, le seconde la parte meno profonda della zona neritica esterna.

Le tanatocenosi dei campioni provenienti dalla «soprastante» formazione conglomeratica (PO 210-212) hanno composizione marcatamente differente da quelli delle argille «sottostanti» e sono riferibili alla Zona a *Globorotalia margaritae* del Pliocene inferiore, nonché ad un intervallo assai profondo del dominio neritico esterno. In sostanza anche nella zona in cui è stata effettuata la campionatura

(1) Il camp. PO 209 in realtà proviene da livelli inseriti in *pc* da MAZZANTI (1966), ma è probabile che i ciottoli sparsi sul terreno siano franati sulle argille dagli orizzonti conglomeratici di poco soprastanti.

integrativa si ripresenta la stessa situazione individuata poco più ad E, studiata con la campionatura di Poggio al Colle (PO 190-193), per la quale è stato prospettato l'intervento di una faglia tra i sedimenti del Pliocene inferiore e quelli del Pliocene medio, affioranti a quote sensibilmente più basse.

11 - SEZIONE LE ROCCAIE (Fig. 15)

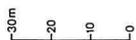
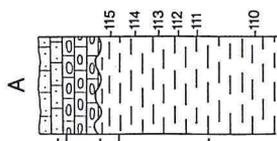
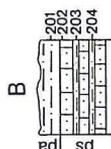
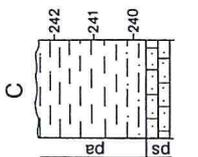
È ubicata a SSE di Pomarance, ad una distanza di oltre 3,5 Km dal paese; si tratta di una sezione composta, costituita da tre spezzoni (indicati con A, B e C), distanti poche centinaia di metri l'uno dall'altro e situati nella zona circostante il Pod. Le Roccaie; più precisamente, il tratto A è stato campionato a SE del podere; mentre quelli B e C sono situati rispettivamente a NNW ed a NNE dello stesso.

È innanzitutto opportuno precisare che le osservazioni sul terreno, corroborate a posteriori dalle analisi di laboratorio, hanno permesso di individuare un locale contesto stratigrafico parzialmente in disaccordo con quello ipotizzato da MAZZANTI (1966). L'Autore infatti interpreta i calcari delle Roccaie come una lente di modesta estensione, in parte intercalata alle argille *pa* ed in parte interposta tra esse ed i conglomerati *pc*. A nostro avviso, invece, essi affiorano per una estensione ben maggiore, lungo una stretta fascia che dal Pod. Le Roccaie si estende verso W per oltre 500 m; inoltre essi immergono verso N sotto le argille *pa*, mentre la loro base giace sia sui conglomerati *pc* sia sulle argille *pa* (queste ultime stratigraficamente ben separate dalle precedenti). Si deve altresì rilevare che presso il Pod. Fontaccia la fascia calcarea è troncata da una faglia (probabilmente a direzione NNW-SSE), a N della quale affiorano argille e conglomerati di significato stratigrafico analogo a quello delle unità sottostanti i calcari.

Per quel che riguarda la nostra sezione, la campionatura della sequenza A (PO 110-115) ha interessato le argille della unità *pa* di MAZZANTI (1966), localmente sottostanti il citato intervallo carbonatico, ed è stata effettuata lungo una esposizione calanchiva per uno spessore di circa 40 m. Il litotipo si presenta con un colore grigio o grigio-azzurro, senza una evidente stratificazione e del tutto privo di ciottoli (anche il camp. PO 115, ubicato, secondo la carta geologica, all'interno dell'unità conglomeratica *pc*, proviene in realtà da argille prive di ciottoli). Alcuni metri sopra la sommità del tratto cam-

11 - SEZ. LE ROCCAIE

TAXA	CAMPIONI	110	111	112	113	114	115	203	202	201	240	241	240
<i>Globigerina apertura</i>													
" <i>bulloides</i>													
" <i>decoraperta</i>													
" <i>falconensis</i>													
" <i>foliata</i>													
" <i>repenthes</i>													
" <i>quinqueloba</i>													
<i>Globigerinoides elongatus</i>													
" <i>emeisi</i>													
" <i>obliquus extremus</i>													
" <i>obliquus obliquus</i>													
" <i>quadr. quadrilobatus</i>													
" <i>quadr. sacculifer</i>													
" <i>quadr. trilobus</i>													
" <i>ruber</i>													
<i>Globorotalia acostaensis</i>													
" <i>aemiliana</i>													
" <i>bononiensis</i>													
" <i>cras. crassaformis</i>													
" <i>humerosa</i>													
" <i>margaritae</i>													
" <i>planispira</i>													
" <i>puncticulata</i>													
" <i>scitula</i>													
<i>Orbulina suturalis</i>													
" <i>universa</i>													
<i>Globigerinita bradyi</i>													
" <i>glutinata</i>													
<i>Hastigerina siphonifera</i>													
<i>Sphaeroidinellopsis semin. penedehiscens</i>													
" <i>seminulina s.l.</i>													



PLOCENE MEDIO
 ZONA AEMILIANA
 G. MARG. G. PUNCT.
 PLOCENE INF.
 ZONA AEMILIANA
 G. MARG. G. PUNCT.

Argille sabbiose
 Calcarei detritico-organogeni
 Conglomerato a matrice carbonatica
 Argille

Fig. 15

pionato affiorano delle piccole pareti di un conglomerato a matrice carbonatica, ad elementi eterometrici (da pochi centimetri a 10-15 centimetri, eccezionalmente di diametro maggiore) e ben elaborati, contenenti grossi ostreidi. Tale litotipo, il cui spessore non è valutabile per la copertura detritica, ma che certamente è dell'ordine di vari metri, costituisce la base dell'unità calcarea *ps*. Quest'ultima si presenta con una buona esposizione in corrispondenza di una parete a circa 250 m a NE del Pod. Le Roccaie (poco sotto la campionatura C), dove risulta costituita da un calcare detritico molto cementato, stratificato, con piccoli ciottoli arrotondati e sporadici fossili.

La campionatura B (PO 204-201) è stata invece eseguita nel tratto sommitale della formazione calcarea, costituito da una alternanza di livelli calcareo-detritici e di argille sabbioso-calcaree. Tale alternanza costituisce l'espressione sedimentaria di una transizione graduale alla soprastante unità *pa*, la cui porzione inferiore è stata campionata (PO 240-242) per circa 20 m in corrispondenza dello spezzone C.

Risultati delle analisi

I campioni di questa sezione hanno rivelato un discreto contenuto in Foraminiferi planctonici (ad eccezione di PO 201, in cui sono stati rinvenuti unicamente rari esemplari di *Globigerinoides elongatus*); nelle tanatocenosi sono presenti, in maniera pressoché costante, talora anche con elevata frequenza, *Globigerina bulloides*, *G. decoraperta*, *G. falconensis*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *G. quadrilobatus quadrilobatus*, *Globorotalia acostaesis*, *Orbulina universa*; altrettanto ricorrenti, ma mai con frequenze rilevanti, si presentano *Globigerina quinqueloba*, *Globigerinita glutinata*, *Globigerinoides obliquus obliquus*, *G. quadrilobatus sacculifer*, *G. quadrilobatus trilobus*, *Globorotalia acostaensis*, *Orbulina suturalis*.

Nonostante la presenza di queste specie più o meno ubiquitarie, le tanatocenosi planctoniche delle argille sottostanti i calcari manifestano palesi differenze nei confronti di quelle dei soprastanti intervalli; ciò grazie soprattutto alla presenza in esse di *Globigerina foliata*, *G. nepenthes*, *Globigerinoides emeisi*, *Globorotalia margaritae*, *G. puncticulata*; per contro, nei calcari *ps* e nelle peliti soprastanti, tali taxa sono sostituiti da altre forme tra le quali citiamo *Globigerina apertura*, *Globigerinoides elongatus*, *G. ruber*, *Globorotalia aemiliana*, *G. bononiensis*, *G. crassaformis crassaformis*, *G. plani-*

spira. Ancora una volta abbiamo quindi la solida testimonianza di due intervalli sedimentari bio- e cronostratigraficamente ben distinti e separati da una consistente lacuna; quello soprastante, comprensivo dei calcari e delle sopragiacenti argille, è di pertinenza della Zona a *Globorotalia aemiliana* e quindi del Pliocene medio; quello argilloso sottostante appartiene invece al Pliocene inferiore, rientrando in parte (PO 110-PO 111) nella zona a *Globorotalia margaritae* e in parte (PO 112-115) nella successiva Zona a *G. puncticulata*-*G. margaritae*.

Prima di passare alle considerazioni di ordine paleoambientale, si rileva che le argille *pa* del Pliocene inferiore presentano associazioni a Foraminiferi bentonici a cui concorrono *Astrononion stelligerum*, *Bigenerina nodosaria*, *Bolivina aenariensis*, *B. alata*, *B. apenninica*, *B. italica*, *B. placentina*, *B. punctata*, *Bulimina costata*, *B. minima*, *B. subulata*, *Cassidulina neocarinata*, *Chrysalogonium obliquatum*, *Cibicidoides ferasinii*, *C. pseudoungerianus*, *Dorothia gibbosa*, *Fursenkoina schreibersiana*, *Globobulimina affinis*, *G. ovata*, *G. pyrula*, *Gyroidina soldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *H. dertonensis*, *Hoe-glundina elegans*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *L. gibba*, *Liebusella rudis*, *Marginulina costata*, *M. glabra*, *Martinottiella communis*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Mucronina gemina*, *Nodosaria longiscata*, *N. ovicula*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis*, *Pullenia bulboides*, *Rectuvigerina siphogenerinoides*, *Sigmoilopsis coelata*, *Siphonina planoconvexa*, *S. reticulata*, *Stilostomella fistuca*, *S. hispida*, *S. monilis*, *Textularia aciculata*, *Uvigerina peregrina*, *Valvulineria bradyana*.

Tali tanatocenosi sono senza dubbio espressione di un ambiente di pertinenza della zona neritica esterna; sulla base della distribuzione delle singole forme nei vari campioni e di considerazioni quantitative, si può però ipotizzare profondità abbastanza sensibili solo per la Zona a *Globorotalia margaritae*, in cui i valori del rapporto P/B si mantengono superiori ad 1. Nel corso della sedimentazione dei livelli della Zona a *G. puncticulata*-*G. margaritae* si registrano invece batimetrie minori, verosimilmente alquanto vicine a quelle del limite con la zona neritica interna; in essi infatti, oltre ad una considerevole diminuzione nella quantità dei Foraminiferi planctonici, si riscontra la comparsa di un notevole numero di esemplari appartenenti ad *Ammonia beccarii beccarii* ed a *Florilus boueanus* e la presenza, anche se in sporadici individui, di *Cibicides lobatulus*, *Elphidium crispum*, *Rosalina globularis*, tutti taxa preferenziali di acque poco profonde.

Una tendenza opposta si riscontra invece nel passaggio dai calcari *ps* alle soprastanti argille *pa*. Nei campioni prelevati nella parte superiore dei primi le associazioni bentoniche contengono infatti un elevato numero di specie costiere, alcune delle quali con consistente frequenza; tra le più abbondanti ricordiamo *Ammonia beccarii beccarii*, *Asterigerinata planorbis*, *Baggina gibba*, *Elphidium complanatum*, *Florilus boueanus*, *Oridorsalis sp.*; tra quelle quantitativamente subordinate si possono annoverare *Asterigerinata mamilla*, *Cancris auriculus*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Neoeponides schreibersii*, *Reussella laevigata*, *R. spinulosa*, *Protelphidium granosum*. Se si considera che a questi taxa si accompagnano *Anomalinoidea helacinus*, *A. ornatus*, *Bigenerina nodosaria* (c), *Bolivina apenninica* (c), *B. leonardii* (c), *B. punctata*, *Bulimina costata* (c), *B. subulata* (c), *Cibicoides pseudoungarianus* (c), *C. ungerianus*, *Dimorphina tuberosa*, *Globocassidulina subglobosa* (c), *Gyroidina soldanii* (c), *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *L. orbicularis*, *Marginulina costata* (c), *Martinottiella communis*, *Melonis padanus* (c), *M. soldanii*, *Nodosaria raphanistrum*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis* (c), *Saracenaria italica*, *Sigmoilopsis coelata*, *Siphonina planoconvexa*, *S. reticulata*, *Stilostomella hispida*, *Trifarina fornasinii*, *Uvigerina longistriata* (c), *U. peregrina* (c), *Valvulineria bradyana*, *V. complanata*, (il c tra parentesi sta a significare che il relativo taxon è comune almeno in qualche campione) si può evincere, anche nel caso assai probabile di un parziale rimaneggiamento, un ambiente con batimetrie spostate verso la parte profonda della zona neritica interna. Profondità maggiori, comunque contenute sempre entro la porzione più superficiale della zona neritica esterna, sono invece deducibili per la soprastante unità pelitica *pa*, la quale registra soprattutto, oltre ad un leggero incremento del numero di individui planctonici, una rarefazione qualitativa e quantitativa nello «stock» di forme di acque basse. A titolo di documentazione ricordiamo la presenza, tra queste ultime e tra quelle ad habitat più profondo, delle seguenti specie non segnalate per l'unità carbonatica: *Bolivina aenariensis*, *B. italica*, *Bulimina minima*, *Criboelphidium decipiens*, *Dorothia gibbosa*, *Globobulimina affinis*, *Heterolepa bellincionii*, *Hopkinsina bononiensis*, *Lenticulina peregrina*, *Nodosaria pentecostata*, *Planorbulina mediterraneensis*, *Plectofrondicularia inaequalis*, *Rosalina globularis*, *Sphaeroidina bulloides*, *Spiroloculina excavata*, *Vaginulinopsis soluta soluta*.

Campionatura integrativa

Una serie di campioni (PO 199, PO 200, PO 118, PO 117, PO 116) è stata raccolta lungo la strada che dal Pod. Le Roccaie prosegue in direzione WSW, attraversando l'unità conglomeratica *pc* fino alla faglia che la separa dai sedimenti lacustri del Miocene superiore. Anche se la natura litologica ed il pessimo stato degli affioramenti non consentono una visione diretta dell'andamento geometrico del corpo sedimentario in questione, esso è però deducibile dalle attribuzioni biostratigrafiche: i due campioni più occidentali sono infatti riferibili alla Zona a *Globorotalia margaritae*, mentre i restanti rientrano nell'ambito della successiva Zona a *G. puncticulata*-*G. margaritae*. Dal punto di vista ambientale è percettibile un'evoluzione da batimetrie consistenti a profondità più modeste passando dalla prima alla seconda unità biostratigrafica, in armonia del resto con quanto già ipotizzato per i sedimenti della sezione studiata. Più precisamente, mentre per i livelli inferiori si possono prospettare profondità riconducibili ad una porzione assai profonda della zona neritica esterna, per quelli della Zona a *G. puncticulata*-*G. margaritae* sono riscontrabili batimetrie forse addirittura di pertinenza del dominio neritico interno, anche se confinante con la sua parte più profonda. In questi ultimi infatti il rapporto P/B è decisamente inferiore all'unità (i planctonici, oltre ad essere meno rappresentati, sono spesso anche di taglia inferiore al normale) e sono alquanto frequenti *Ammonia beccarii beccarii* e *Florilus boueanus*. Tale diminuzione batimetrica è particolarmente evidente per il camp. PO 116 (il più alto di quelli raccolti nell'unità), in cui, oltre ai due taxa sopracitati, sono comuni (*Aubignyna perlucida*, *Criboelphidium decipiens*, *Elphidium crispum*, *Protelphidium granosum*), o comunque presenti (*Asterigerinata planorbis*, *Buccella granulata*, *Cibicides lobatulus*, *Cribrononion punctatum*, *Reussella spinulosa*) altre specie di acque basse.

Degli altri 4 campioni raccolti nella zona circostante il Pod. Le Roccaie, niente di nuovo aggiungono al quadro in precedenza prospettato i due campioni prelevati alcune centinaia di metri ad W del podere, l'uno (PO 205) nel conglomerato di base dell'unità *ps* (localmente non riconosciuta da MAZZANTI, 1966, come già detto) e l'altro nelle argille ad essa immediatamente soprastanti. Mentre infatti il primo campione è risultato pressoché sterile (sono stati rinvenuti solo rarissimi Foraminiferi in pessimo stato), il secondo contiene una associazione planctonica (con *Globorotalia aemiliana*, *G.*

crassaformis crassaformis, *G. planispira*, *Globigerinoides elongatus*) ed una bentonica indicativa, rispettivamente, delle Zone a *Globorotalia aemiliana* e di profondità non discosti da quelle del limite tra la zona neritica interna e quella esterna.

Gli altri due campioni raccolti presso il Pod. Fontaccia a NNE del Pod. Le Roccaie, sono invece significativi per la documentazione della faglia di cui si è fatto cenno in precedenza. Il camp. PO 243 è stato infatti raccolto in argille grigie ed è attribuibile all'unità *pa* soprastante i calcari e al Pliocene medio; il camp. PO 244, prelevato vari metri sotto il precedente in un'alternanza di argille e di livelli conglomeratici in matrice argillosa (unità *pc*) a diretto contatto con la precedente unità, è senza dubbio riferibile al Pliocene inferiore, ma non sono stati rinvenuti elementi significativi per un suo preciso inquadramento biostratigrafico.

12 - SEZIONE POD. FONTACCIA (Fig. 16)

È ubicata nella parte meridionale dell'area investigata; la sua campionatura è stata effettuata lungo la parete di un recente taglio stradale che, da poco a S del bivio per S. Dalmazio, scende verso la sottostante valle con direzione SE. La campionatura ha interessato le argille ed i soprastanti conglomerati (rispettivamente unità *pa* e *pc* di MAZZANTI, 1966), nonché una piccola placca calcarea (non cartografata dall'autore), giacente su questi ultimi in corrispondenza della Fatt. Bulera.

L'unità *pa* è costituita da argille grigio-azzurre massicce con, nella parte superiore, alcuni livelli conglomeratici, di spessore inferiore al metro, costituiti da piccoli ciottoli calcarei. L'andamento della stratificazione è ben marcato da ricorrenti e sottili livelli sabbiosi di colore ocreo. Nei circa 95 m campionati sono stati prelevati 10 campioni (PO 109-100).

Al passaggio con l'unità *pc* le argille divengono più sabbiose ed i livelli conglomeratici più ricorrenti; comunque livelli argillosi più o meno spessi permangono anche nell'unità conglomeratica. I clasti, talvolta molto dispersi, talaltra concentrati nella matrice generalmente pelitica, sono prevalentemente carbonatici e ben elaborati. L'unità *pc* è stata campionata per circa 25 m; vi sono stati prelevati i campioni PO 99 e 98.

La zona di contatto con i calcari *ps* è ricoperta da una fascia boschiva che ha impedito le relative osservazioni; non rimane quin-

12 - SEZ. POD. FONTACCIA

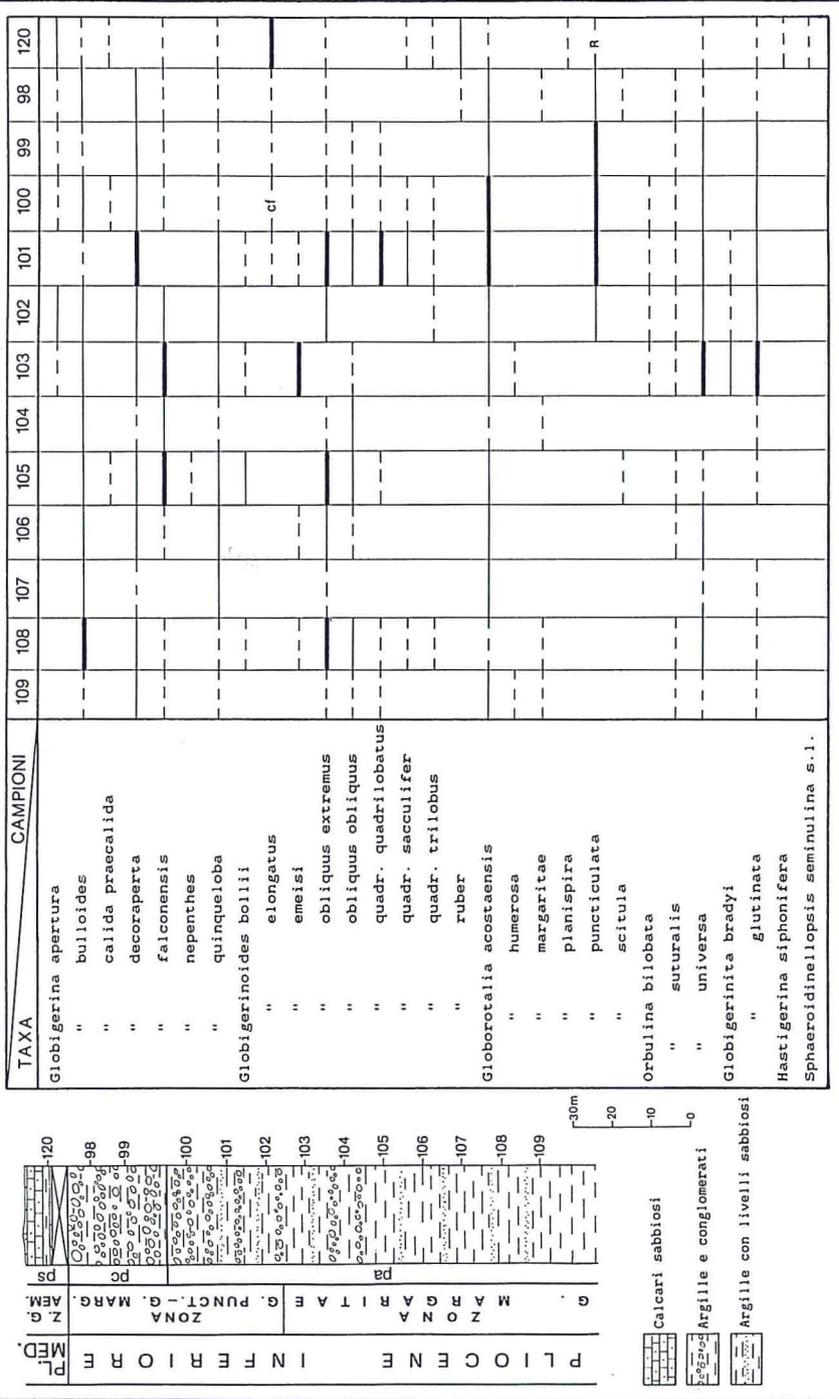


Fig. 16

di che far presente che il camp. PO 120 è stato prelevato in un livello argilloso-sabbioso alcuni metri sopra la base della formazione carbonatica.

Risultati delle analisi

I campioni di questa sezione hanno rivelato associazioni a Foraminiferi planctonici assai ricche, con costante e spesso consistente presenza, nell'intervallo sottostante ai calcari, dei seguenti taxa: *Globigerina bulloides*, *G. decoraperta*, *G. falconensis*, *G. quinqueloba*, *Globigerinita glutinata*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *G. obliquus obliquus*, *Globorotalia acostaensis*, *Orbulina universa*. In esso si presentano invece più saltuariamente, pur manifestando in alcuni livelli frequenze non indifferenti, *Globigerinoides emeisi*, *G. quadrilobatus quadrilobatus* e *G. quadrilobatus sacculifer*. Degna di nota è la distribuzione di *Globorotalia puncticulata*, che compare nella metà superiore della sequenza e prosegue senza soluzione di continuità fino alla sommità dei conglomerati *pc*; tra l'altro il taxon è pressoché costantemente ben rappresentato.

Sostanzialmente diversa è l'associazione presente nel campione proveniente dai calcari, dominata soprattutto da *Globigerinoides elongatus* e, anche se in via subordinata, da *Globigerina apertura* e *Globigerinoides ruber*. Nel contesto biostratigrafico finora emerso per l'area studiata, questi taxa, insieme a *Globorotalia planispira*, costituiscono un'associazione indicativa della Zona a *Globorotalia aemiliana*, anche in assenza dei suoi elementi più significativi (*Globorotalia aemiliana*, *G. bononiensis*, *G. crassaformis crassaformis*).

Per quanto riguarda l'inquadramento biostratigrafico dell'intervallo sottostante all'unità *ps*, risulta immediata l'attribuzione del suo tratto inferiore (campioni PO 109-103) alla Zona a *Globorotalia margaritae*, in ragione della ricorrente presenza in esso del taxon nominale.

Il successivo intervallo argilloso e conglomeratico (PO 102-98) è invece da riferire alla Zona a *G. puncticulata-G. margaritae*, anche se in effetti soltanto il primo dei due taxa vi è costantemente rappresentato e solo nel campione più alto si realizza la presenza concomitante dei due «marker» zonali.

In conclusione, quindi, l'intero intervallo argilloso e conglomeratico localmente sottostante all'unità *ps* risulta di pertinenza del Pliocene inferiore, mentre i calcari immediatamente soprastanti fanno già parte del Pliocene medio; è pertanto evidente, anche nel con-

testo stratigrafico della Sez. Pod. Fontaccia, l'esistenza di uno hiatus tra i conglomerati ed i soprastanti calcari, che abbraccia quanto meno l'intera Zona a *G. puncticulata*.

Anche dal punto di vista ambientale non vi sono discrepanze rispetto a quanto già conosciuto per equivalenti intervalli lito- e biostratigrafici. Tutta la successione sedimentaria del Pliocene inferiore è infatti caratterizzata da associazioni bentoniche nel complesso indicative della zona neritica esterna, anche se mai di notevole profondità; per il tratto sommitale della sequenza, già appartenente alla Zona a *G. puncticulata*-*G. margaritae*, si devono anzi ipotizzare batimetrie assai vicine al limite con la zona neritica interna; ne sono prova la diminuzione quantitativa del plancton (in genere subordinato al benthos) e la presenza, talvolta con quantità non indifferenti, di *Ammonia beccarii beccarii* e *Florilus boueanus*. Comunque l'elenco complessivo delle forme incontrate consta di *Amphicoruna proxima*, *A. tenuicostata*, *Anomalinoidea helacinus*, *Bigerina nodosaria*, *Bolivina aenariensis*, *B. alata*, *B. italica*, *B. leonardii*, *B. placentina*, *B. punctata*, *B. usensis*, *Bulimina costata*, *B. inflata*, *B. minima*, *B. subulata*, *Cibicideoides pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Dimorphina tuberosa*, *Dorothia gibbosa*, *Fursenkoina schreibersiana*, *Globobulimina affinis*, *G. ovula*, *Globocassidulina subglobosa*, *Gyroidina soldanii*, *Gyroidinoidea neosoldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *Hoeglundina elegans*, *Karrerella bradyi*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *L. gibba*, *Marginulina costata*, *M. glabra*, *Martinottiella communis*, *M. perparva*, *Melonis soldanii*, *Mucronina gemina*, *Nodosaria ovicula*, *N. pentecostata*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis*, *Plectofrondicularia raricosta*, *Pyrgo depressa*, *Sigmoilopsis coelata*, *Siphonina planoconvexa*, *Stilostomella fistuca*, *S. hispida*, *Textularia aciculata*, *Uvigerina peregrina*, *U. rutila*, *Vaginulinopsis soluta soluta*, *Valvulineria bradyana*, *V. complanata*.

Alla parte media della zona neritica interna è da riferire invece il campione prelevato alcuni metri sopra la base dell'unità *ps*; nonostante esso contenga varie specie ad habitat profondo, una parte delle quali è indubbiamente alloctona (tra le altre è presente *Uvigerina rutila*, esclusiva del Pliocene inferiore) l'associazione è costituita soprattutto da taxa di tipo costiero. Comuni o frequenti, tra questi ultimi, sono: *Ammonia beccarii beccarii*, *Asterigerinata planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Elphidium complanatum*, *E. crispum*, *Florilus boueanus*, *Oridorsalis* sp. Con lo stesso significato, ma rappresentati in via subordinata, sono anche *Asterigerinata mamilla*, *Bag-*

gina gibba, *Neoeponides schreibersii*, *Reussella laevigata*, *Rosalina globularis*.

Campionatura integrativa

Tra i campioni raccolti nella zona circostante la sezione studiata si segnalano PO 297 e PO 298, prelevati nell'unità *pc*, rispettivamente circa 10 e 4 m sotto il contatto con i calcari del Pliocene medio, poco più di 100 m a SE di Fatt. Bulera.

Indubbia è l'appartenenza dei due campioni al Pliocene inferiore, di cui è prova sufficiente la sola citazione della presenza di *Globorotalia puncticulata* tra i Foraminiferi planctonici; l'assenza di *G. margaritae* tuttavia non garantisce un sicuro riferimento alla Zona a *G. puncticulata* (Sottozona a *Globigerina apertura*), in quanto le esperienze precedenti (comprese quella relativa alla stessa Sez. Pod. Fontaccia) ci insegnano che il taxon, specialmente nell'ambito della Zona a *G. puncticulata*-*G. margaritae*, può essere presente solo saltuariamente.

Le associazioni bentoniche sono poco diversificate e la presenza in esse di *Ammonia beccarii beccarii* con individui comuni suggerisce batimetrie molto vicine a quelle del limite tra zona neritica interna ed esterna.

13 - SEZIONE CASINO DEL BULERA (Fig. 17)

È ubicata circa 4 Km a SE di Pomarance, poco a S del Casino del Bulera; la campionatura, effettuata lungo due spezzoni distanti poco più di 200 m, ha interessato una sequenza sedimentaria di spessore di poco superiore ai 100 m, costituita, dal basso verso l'alto, dalle unità *pa*, *pc* e *ps* di MAZZANTI (1966).

Le argille *pa* sono state campionate per uno spessore di circa 70 m (campioni PO 78-91) lungo una esposizione calanchiva che dal greto del T. Pòssera (la campionatura è iniziata circa 10 m sopra i sedimenti alluvionali del torrente) sale alla strada per S. Dalmazio, 200 m ad W di una serie di tornanti. Si tratta di argille grigio-azzurre, del tutto prive di ciottoli, riccamente fossilifere (sono stati osservati *Amusium*, *Pycnodonte*, *Chlamys*, *Dentalium*, ecc.), con ricorrenti livelli di marne indurite che ne evidenziano la stratificazione; nella loro parte superiore, al contatto con i soprastanti conglomerati, ricorrono livelli siltosi o argilloso-sabbiosi.

L'unità conglomeratica *pc* è stata campionata in entrambi gli spezzoni della sezione (campioni PO 92, PO 296 nel primo, PO 93-PO 294 nel secondo), per uno spessore pressoché equivalente, di circa 25 m. Le sue caratteristiche non differiscono da quelle più volte descritte per questa unità: si tratta di una alternanza di strati conglomeratici ed argillosi (non mancano comunque anche intercalazioni di arenarie), di spessore variabile; talvolta singoli strati conglomeratici, di potenza anche superiore al metro, sono molto ravvicinati e separati da letti decimetrici di sabbie e sabbie argillose. I clasti, mediamente di dimensioni non superiori ai 10 cm (comunque non sono infrequenti anche quelli fino a 30 cm di diametro), sono ben elaborati o addirittura arrotondati e di natura prevalentemente carbonatica; la matrice è sabbiosa o microconglomeratica; assenti fossili e qualsiasi traccia di classazione.

Se il passaggio all'unità *ps* è nascosto da copertura vegetale in corrispondenza dello spezzone più occidentale, è invece ben esposto in quello più orientale. Qui infatti, nella parte del taglio stradale in prossimità dei tornanti, sono esposti conglomerati per uno spessore complessivo di circa 15 m; una visione d'insieme della esposizione consente però di individuare, grossomodo a metà parete (dove questa assume la massima altezza), una superficie di separazione tra due tipologie sedimentarie diverse. I conglomerati ad essa sottostanti presentano un colore d'insieme dalle tonalità grigiastre e sono ben stratificati, anche se l'andamento degli strati è alquanto irregolare (il loro spessore varia anche su brevi distanze); a luoghi è manifesta una stratificazione incrociata. Gli spessori dei livelli ciotolosi variano da 10 cm ad oltre 3 m; alcuni sono a diretto contatto, altri sono separati da interstrati sabbiosi o argilloso sabbiosi, dello spessore da pochi centimetri a circa 10 cm. I clasti sono prevalentemente calcarei ed arrotondati; non c'è classazione all'interno dei singoli strati, ma in alcuni casi vi è una differenziazione nelle dimensioni medie degli elementi tra strati diversi. La matrice è in genere scarsa ed il grado di cementazione elevato.

I conglomerati soprastanti la suddetta superficie hanno un colore d'insieme giallastro e non si presentano stratificati. I clasti sono eterometrici, ben elaborati ed immersi caoticamente in abbondante matrice sabbioso-carbonatica. La superficie di separazione con la porzione conglomeratica sottostante dà luogo a marcate ondulazioni, arrivando, nel giro di pochi metri, all'altezza del piano stradale. Riteniamo, anche se ciò non è confortato dalle analisi di laboratorio (i campioni prelevati in parete sotto e sopra la superficie sono risul-

tati sterili), che i conglomerati «inferiori» rappresentino la locale sommità dell'unità *pc*, mentre quelli «superiori» costituiscano la base dei calcari *ps*, anche se la copertura vegetale non consente di osservare la sovrapposizione diretta di questi ultimi. Tuttavia, a poche decine di metri di distanza dalla parete descritta, si può chiaramente osservare che l'unità calcarea presenta, nel suo tratto inferiore, una concentrazione notevole di clasti calcarei (anche di notevoli dimensioni), in abbondante matrice carbonatica contenente grosse Ostree. Fanno seguito calcari detritico-organogeni ben stratificati, con spessori variabili da 10 a 15 cm. Dal contesto delle osservazioni in zona, essi risultano chiaramente discordanti sulle argille *pa* e sui conglomerati *pc*, tanto è vero che giacciono su livelli diversi delle unità sottostanti.

Risultati delle analisi

Abbiamo già anticipato che alcuni campioni (PO 267, PO 266, PO 294, PO 295) prelevati nei conglomerati al passaggio dall'unità *pc* a quella *ps* sono risultati completamente sterili. Nella sequenza sottostante, il contenuto in Foraminiferi planctonici è invece generalmente buono, con la presenza pressoché costante, talora anche con elevata frequenza, dei seguenti taxa: *Globigerina bulloides*, *G. decoraperta*, *G. falconensis*, *G. quinqueloba*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *G. obliquus obliquus*, *G. quadrilobatus quadrilobatus*, *G. quadrilobatus trilobus*, *Globorotalia acostaensis*, *G. puncticulata*, *Orbulina suturalis*, *O. universa*. Più saltuarie e quasi sempre senza frequenze particolarmente elevate sono invece *Globigerina apertura*, *G. calida praecalida*, *Globigerinita bradyi*, *G. glutinata*, *Globigerinoides elongatus*, *G. emeisi*, *G. quadrilobatus sacculifer*, *Globorotalia margaritae*, *G. scitula*.

Nel campione PO-95, prelevato dall'unità *ps*, i planctonici sono frequenti e rappresentati soprattutto da *Globigerina apertura*, *G. decoraperta*, *G. falconensis*, *Globigerinoides elongatus*, *G. obliquus extremus*, *G. quadrilobatus quadrilobatus*, *G. quadrilobatus sacculifer*, *G. ruber*; comuni sono anche *Globigerina quinqueloba*, *Globigerinoides quadrilobatus trilobus*, *Globorotalia acostaensis*, *G. planispira*, *Orbulina* spp..

Dal punto di vista biostratigrafico si deve innanzitutto mettere in evidenza che *Globorotalia puncticulata* è presente sin dal livello basale e si distribuisce in quasi tutta la sequenza sottostante l'unità *ps*. Ciò nondimeno, è attribuibile alla omonima zona (ed alla sua

Sottozona a *Globigerina apertura*) solo l'intervallo sedimentario soprastante il livello di provenienza del camp. PO 81; infatti in quest'ultimo è presente *Globorotalia margaritae* e ciò impone il riferimento alla Zona a *G. puncticulata*-*G. margaritae* del tratto basale dell'unità argillosa, anche se non interamente ricoperto dalla distribuzione del secondo «marker» zonale.

Purtroppo nell'unico campione proveniente dalla formazione *ps* non sono stati riscontrati elementi del tutto probanti dal punto di vista biostratigrafico; ciò nonostante, le caratteristiche qualitative e quantitative dell'associazione, in particolare la presenza di *Globorotalia planispira* e l'elevata frequenza di *Globigerina apertura*, *Globigerinoides elongatus*, *G. ruber*, non lasciano dubbi sull'assegnazione del campione, e quindi dell'unità *ps*, alla Zona a *Globorotalia aemiliana*.

La sezione del Casino del Bulera ci prospetta quindi un quadro stratigrafico del tutto simile a quello riscontrato per la vicina sequenza del T. Pòssera; anche nel caso in questione, infatti, l'unità calcarea mediopliocenica *ps* giace direttamente su sedimenti della Zona a *Globorotalia puncticulata*, i quali costituiscono i termini più recenti di una sequenza del Pliocene inferiore, localmente campionata però ad iniziare dalla Zona a *G. puncticulata*-*G. margaritae*. È comunque del tutto verosimile che la lacuna intercorrente tra i sedimenti del Pliocene medio e quelli del Pliocene inferiore abbia un'ampiezza diversa nelle due sezioni, se non altro a giudicare dallo spessore maggiore che la Zona a *G. puncticulata* presenta nella Sezione Casino del Bulera; l'asserzione è ipotizzabile anche su basi litologiche, in quanto la Zona a *G. puncticulata* si presenta completamente in facies argillosa nella sequenza del Pòssera, come del resto nel suo tratto inferiore della successione del Bulera, la quale però è completata superiormente da altre litologie.

Per quanto riguarda l'ambiente deposizionale, le associazioni a Foraminiferi bentonici dei termini del Pliocene inferiore rivelano, nel complesso, profondità assai vicine a quelle del limite tra la zona neritica interna e quella esterna, in accordo con i valori del rapporto P/B, quasi costantemente inferiori a 1. Le differenze qualitative e quantitative che si percepiscono in alcuni casi e che farebbero sospettare batimetrie talora leggermente soprastanti, tal'altra di poco sottostanti al limite sopra detto, in realtà potrebbero benissimo essere collegate alla temporanea variazione di qualche altro fattore ambientale. Ad escludere comunque profondità sensibilmente maggiori o minori di quelle prospettate vi è, da un lato la pressoché

costante presenza ed elevata frequenza di *Ammonia beccarii beccarii* e di *Florilus boueanus* (saltuariamente in associazione a *Cancris auriculus*, *Cibicides lobatulus*, *Criboelphidium decipiens*, *Elphidium crispum*, *Rosalina globularis*), dall'altra la coesistenza con i taxa sopra citati delle seguenti forme: *Anomalinoidea helicinus*, *Bigenerina nodosaria*, *Bolivina aenariensis*, *B. alata*, *B. apenninica*, *B. italica*, *B. placentina*, *B. punctata*, *B. usensis*, *Bulimina costata*, *B. minima*, *B. subulata*, *Cassidulina neocarinata*, *Cassidulinoidea bradyi*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Dimorphina tuberosa*, *Dorothia gibbosa*, *Fursenkoina schreibersiana*, *Globobulimina affinis*, *G. ovata*, *Guttulina communis*, *Gyroidina soldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *Hoeglundina elegans*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *L. gibba*, *Marginulina costata*, *M. glabra*, *Martinottiella communis*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Mucronina gemina*, *Nodosaria longiscata*, *N. ovicula*, *N. pentecostata*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis*, *Saracenaria italica*, *Sigmoilopsis coelata*, *Siphonina planoconvexa*, *Stilostomella advena*, *S. hispida*, *S. monilis*, *Textularia aciculata*, *T. soldanii*, *Uvigerina peregrina*, *U. rutila*, *Valvulineria bradyana*, *V. complanata*.

Profondità minori, senz'altro riconducibili nell'ambito della zona neritica interna, sono invece riferibili al livello di provenienza del camp. PO 95. In esso sono infatti frequenti, o comunque ben rappresentati, *Ammonia beccarii beccarii*, *Amphistegina gibbosa*, *Asterigerinata planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Elphidium complanatum*, *E. crispum*; ad indicare analogo contesto ambientale, anche se scarsamente rappresentate, sono pure *Baggina gibba*, *Cribronion advenum*, *Florilus boueanus*, *Neoeponides schreibersii*, *Planorbulina mediterraneensis*, *Reussella laevigata*, *Rosalina globularis*. Ciò nondimeno è da escludere un ambiente di tipo costiero, data la ricorrenza dei Foraminiferi planctonici e di un certo numero di specie più profonde di quelle prima elencate, anche se una parte di esse può essere stata rimaneggiata dai sottostanti livelli del Pliocene inferiore (*Anomalinoidea ornatus*, *Bolivina apenninica*, *B. punctata*, *Bulimina costata*, *B. subulata*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *Dorothia gibbosa*, *Gyroidina soldanii*, *Hoeglundina elegans*, *Lenticulina calcar*, *Marginulina costata*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis*, *Plectofrondicularia raricostata*, *Siphonina planoconvexa*, *Valvulineria bradyana*).

14 - SEZIONE POD. S. OTTAVIANO (Fig. 18)

Allo scopo di realizzare una documentazione micropaleontologica dell'intera sequenza costituente la formazione *ps* di MAZZANTI (1966), è stata eseguita una campionatura lungo il profilo della sezione geologica che ha direttrice pressappoco W-E, da poco a N di Casettona (circa 1 Km e 250 m a SSE di Pomarance) fino nei pressi del M°. Doccia.

Dalla sezione risulta evidente che l'unità localmente è disposta a blanda sinclinale e che, contrariamente a quanto rilevato dall'Autore della carta geologica, in effetti non è costituita interamente dalla facies carbonatica. Infatti quest'ultima affiora unicamente nelle due zone opposte dei fianchi della sinclinale, mentre una vasta area circostante la zona del nucleo è ricoperta da argille identiche a quelle rilevate da MAZZANTI (1966) nella zona meridionale del bacino e giacenti sopra l'unità *ps*; questa fascia argillosa si estende senza soluzione di continuità a N ed a S del tracciato della sezione.

Nella parte occidentale della sezione il contatto con i sottostanti sedimenti *pc* è nascosto dalle coperture detritica e vegetale. Alcune osservazioni sono state comunque possibili nelle vicinanze (per l'esattezza, ad W della faglia rilevata da MAZZANTI e a circa 250 m a SW di Casettona), alla sommità della vallecchia tra Poggio al Colle e Pod. Monna. Anche se una copertura detritica di pochi metri ricopre il contatto tra le unità *pc* e *ps*, poco sopra esso è ben esposta una parete pressoché verticale di 5 m di altezza; alla sua base affiora, per mezzo metro di spessore, un intervallo sabbioso di colore avana, ricco di *Cerithium*, in cui sono disseminati piccoli ciottoli calcarei. Al di sopra giace un conglomerato, spesso circa 2 m, a scarsa matrice carbonatica o microconglomeratica e ad elementi eterometrici (da pochi centimetri ad oltre 30 cm), prevalentemente calcarei e ben elaborati (per la maggior parte sono addirittura arrotondati). Per aumento della matrice e rarefazione dei clasti, nella parte superiore esso passa gradualmente, ma rapidamente, a calcari, alla base dei quali sono tuttavia ancora disseminati ciottoli. L'unità carbonatica è costituita da strati ben consistenti di calcari detritico-organogeni, di colore giallastro, ricchi di frammenti di fossili. Essi proseguono ancora più in alto, oltre la parete, per qualche decina di metri, ma i singoli strati tendono a diminuire di spessore e diventano progressivamente più sabbiosi, mentre parallelamente aumenta la frequenza e lo spessore degli intervalli sabbioso-argillosi ad essi intercalati.

14 - SEZ. POD. S. OTTAVIANO

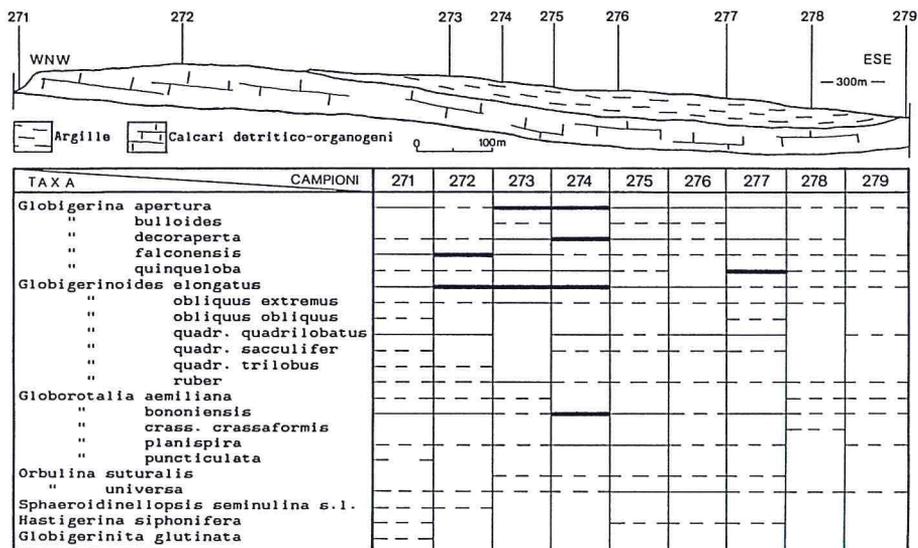


Fig. 18

Prima di tornare alla descrizione della sezione merita ricordare che un campione (PO 292) prelevato alla base dell'intervallo sabbioso a *Cerithium* è risultato costituito da abbondante frazione inorganica e da poche e rare specie di Foraminiferi, esclusivamente bentoniche e di acque pochissimo profonde. Alcune di esse si presentano in pessimo stato (con gusci frammentati ed abrasati), mentre altre manifestano una conservazione ottimale; al primo gruppo appartengono forme prettamente marine, anche se di tipo costiero (*Ammonia beccarii beccarii*, *Asterigerinata planorbis*, *Buccella granulata*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Elphidium crispum*, *Protelphidium granosum*, *Reussella laevigata*), mentre il secondo è rappresentato unicamente da taxa che prediligono acque e salinità inferiore al normale (*Ammonia beccarii tepida*, *Elphidium macellum*). Un aspetto del tutto «fresco» è anche manifestato dai carapaci di alcuni Ostracodi rinvenuti nel campione, appartenenti al solo genere *Cyprideis*. Queste osservazioni ed il significato ecologico dei microfossili ci inducono a ritenere che il livello sabbioso di base della sequenza rappresenti un effimero episodio di acque salmastre (in accordo anche con l'eccezionale frequenza di *Cerithium*), temporaneamente al riparo dell'incalzare del vicino dominio marino (dal quale venivano trasporta-

ti alcuni taxa per azione delle onde o di altri fattori), e quindi soggetto a diluizione per apporti di acque dolci.

Tornando alla sezione, non ci rimane da segnalare altro che l'unità calcarea presenta le stesse caratteristiche e le stesse variazioni verticali prima descritte per l'affioramento più meridionale e che le argille ad essa soprastanti sono di colore grigio ed a variabile componente sabbiosa (riteniamo comunque che tali argille siano almeno in parte eteropiche con i calcari che affiorano per consistenti spessori lungo la fascia più orientale, oltre il limite della sezione). Il loro spessore massimo conservato si aggira sui 30 m.

Risultati delle analisi

I campioni prelevati lungo il profilo hanno rivelato contenuti in Foraminiferi planctonici, nell'insieme, abbastanza modesti, anche se alcuni di essi, segnatamente quelli provenienti dai livelli più pelitici, presentano tanatocenosi abbastanza diversificate. I taxa più spesso ricorrenti, talora anche con elevata frequenza, sono *Globigerina apertura*, *G. decoraperta*, *G. falconensis*, *G. quinqueloba*, *Globigerinoides elongatus*, *Globorotalia bononiensis*; quantitativamente subordinati, anche se pressoché costantemente presenti, *Globigerina bulloides*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *G. quadrilobatus quadrilobatus*, *G. quadrilobatus sacculifer*, *G. ruber*, *Globorotalia planispira*, *Orbulina suturalis*, *O. universa*. Assai sporadicamente e con rari individui compaiono altre forme, tra le quali merita comunque segnalare, alla luce del loro importante significato stratigrafico, *Globorotalia aemiliana* e *G. crassaformis crassaformis*. Questi taxa, la cui presenza, tra l'altro, concorda con il contesto generale delle associazioni, permette di riferire senza alcun dubbio la sequenza campionata alla Zona a *Globorotalia aemiliana*, a piena conferma di quanto finora emerso dall'illustrazione delle precedenti sezioni.

Le associazioni delle facies carbonatiche sono dominate dal bentos, rappresentato soprattutto da specie tipiche di modeste profondità; sono infatti frequenti *Ammonia beccarii beccarii*, *Amphistegina gibbosa*, *Asterigerinata planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Elphidium crispum*, *Oridorsalis* sp., alle quali si associano, in genere con quantità subordinate, *Aubignyna perlucida*, *Cancris auriculus*, *Cribronion advenum*, *Elphidium complanatum*, *Florilus boueanus*, *Hanzawaia boueana*, *Neocorbina terquemi*, *Neoeponides schreibersii*, *Planorbulina mediterraneensis*, *Reussella spinulosa*. Sono presenti anche taxa caratteristici di acque più profonde (es. *Cibicidoides unge-*

rianus, *Gyroidina soldanii*, *Marginulina costata*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Oridorsalis stellatus*, *Planulina ariminensis*, *Uvigerina peregrina*), ma parte di essi sono indubbiamente rimaneggiati.

Da un ambiente neritico interno di modesta profondità per le facies calcaree si passa ad uno più profondo per quelle argillose, anche se le batimetrie non si discostano molto da quelle circostanti il limite tra la zona neritica interna e quella esterna. Nel camp. PO 273, il primo ad essere raccolto nelle argille procedendo da W verso E, si nota infatti un aumento della quantità di plancton (che rimane comunque subordinata a quella del benthos) ed una diminuzione degli individui dei taxa bentonici di tipo costiero, eccezion fatta per *Ammonia beccarii beccarii*, che subisce anzi un sensibile incremento numerico. Ben percettibile è anche un maggior numero delle forme ad habitat medio-profondo, alcune delle quali sono anche discretamente rappresentate (si sottolinea il fatto che queste sono ora ottimamente conservate, al contrario di quanto osservato nei campioni delle facies detritico-organogene). L'elenco dei taxa rinvenuti nel campione comprende: *Ammonia beccarii beccarii*, *Anomalinoidea helicinus*, *Asterigerinata planorbis*, *Astrononion stelligerum*, *Baggina gibba*, *Bigennerina nodosaria*, *Bolivina aenariensis*, *B. alata*, *B. apenninica*, *Bulimina subulata*, *Cassidulina crassa*, *C. neocarinata*, *Cibicoides pseudoungerianus*, *C. ungerianus*, *Cribrononion punctatum*, *Dorothia gibbosa*, *Elphidium aculeatum*, *E. complanatum*, *E. crispum*, *Florilus boueanus*, *Fursenkoina schreibersiana*, *Gyroidina soldanii*, *Gyroidinoidea umbonatus*, *Hoeglundina elegans*, *Lagena auticosta*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *L. inornata*, *Melonis padanus*, *M. soldanii*, *Neocorbina williamsonii*, *Neoeponides schreibersii*, *Oolina exagona*, *Planorbulina mediterraneanensis*, *Planulina ariminensis*, *Pyrgo oblonga*, *Quinqueloculina* spp., *Rectuvigerina siphogenerinoidea*, *Rosalina globularis*, *Sigmoilopsis coelata*, *Spiroloculina canaliculata*, *S. excavata*, *Spirosigmoilina tenuis*, *Stlostomella hispida*, *Textularia aciculata*, *Uvigerina peregrina*, *Valvulineria bradyana*.

Se si considera che nel campione sono stati rinvenuti anche numerosi resti di *Ditrupa* (un polichete tubicolo, frequente, secondo PERES e PICARD (1964), su fondi mobili del piano circalitorale, ad una cinquantina di metri di profondità), ci sembra ragionevole assegnare al suo livello di provenienza batimetrie riconducibili alla parte più profonda della zona neritica interna o alla parte più superficiale di quella esterna.

Per i campioni stratigraficamente più alti (PO 274, PO 275 e PO 276) si rilevano associazioni nel complesso simili alla precedente, ma si percepisce in esse una diminuzione del numero delle specie di acque bas-

se e delle loro singole quantità (*Ammonia beccarii beccarii* è tuttavia ancora frequente), nonché un incremento del numero di individui delle forme più profonde (es. *Bolivina punctata*, *Gyroidina soldanii*, *Heterolepa bellincionii*, *Hoeglundina elegans*, *Melonis padanus*). È verosimile quindi che tali associazioni (cui partecipano, oltre alle specie citate sopra ed a quelle segnalate per il camp. PO 273, *Bolivina pseudoplicata*, *Bulimina costata*, *Coryphostoma perforata*, *Dimorphina tuberosa*, *Globobulimina affinis*, *Marginulina costata*, *Martinottiella communis*, *Oridorsalis stellatus*, *Plectofrondicularia inaequalis*, *Pullenia bulloides*) siano espressione di un ulteriore approfondimento del bacino, pur sempre contenuto nella parte superiore della zona neritica esterna.

Per non incorrere in inutili ripetizioni tralasciamo i risultati delle analisi dei restanti campioni (PO 277-279), i quali, così come elencati (sempre in successione da W verso E), presentano infatti una evoluzione batimetrica analoga, ma ovviamente di verso opposto, a quella prima prospettata.

OSSERVAZIONI INTEGRATIVE SULL'AREA

In questo contesto ci preme soprattutto segnalare il controllo di due situazioni che, almeno dalla carta geologica di MAZZANTI (1966), si prospettavano alquanto interessanti alla luce delle risultanze finora acquisite. Infatti, nella zona ad W di Pod. Stillano (all'estremità sud-occidentale del bacino pliocenico di Pomarance) e presso il Pod. Fontebagni, in destra del Botro Caldana (al limite della carta rilevata), venivano segnalate facies calcaree alla base della locale sequenza del Pliocene inferiore ed in trasgressione sui sedimenti messiniani; per contro, dalle sezioni illustrate e dalle osservazioni condotte in tutta l'area di Pomarance, è finora emerso che l'unità carbonatica ricopre una posizione stratigrafica ben diversa, risultando di età medio-pliocenica e pressoché costantemente in giacitura sui sedimenti del Pliocene inferiore.

Per quanto riguarda gli affioramenti di Stillano, si deve innanzitutto precisare che il piccolo ed isolato affioramento di calcari rilevato sulla formazione gessifera e posto a contatto per faglia con le argille *pa*, è costituito da un litotipo del tutto simile a quello affiorante estesamente nella zona di Pomarance. Il contatto con l'unità messiniana è ricoperto da bosco; è tuttavia probabile che alla base dei calcari sia presente un conglomerato a matrice carbonatica, almeno a giudicare dai blocchi di tale natura sparsi sul terreno.

I tre campioni (PO 256a, b e c) prelevati in punti diversi di una

stessa intercalazione sabbioso-argillosa della placchetta calcarea hanno fornito rari Foraminiferi planctonici (in parte sicuramente rimaneggiati; es. *Globorotalia puncticulata*) ed una associazione bentonica costituita soprattutto da specie tipiche di acque di modesta profondità (insieme a frequenti Briozoi, sono infatti presenti, talvolta con numerosi esemplari, *Ammonia beccarii beccarii*, *Amphistegina gibbosa*, *Asterigerinata mamilla*, *A. planorbis*, *Baggina gibba*, *Cancris auriculus*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Elphidium complanatum*, *E. crispum*, *Reussella laevigata*, *R. spinulosa*, *Rosalina globularis*). Sono presenti anche alcuni taxa indicativi di acque più profonde, ma in parte o totalmente rimaneggiati (come esempio citiamo *Uvigerina rutila*, esclusiva del Pliocene inferiore). Già la presenza di rimaneggiati del Pliocene inferiore è elemento sufficiente a confutare l'età attribuita a questo affioramento; se nel plancton a Foraminiferi non vi è però alcun elemento a conferma di ciò (la presenza di *Globigerinoides elongatus* comunque consente di escludere almeno una parte del Pliocene inferiore), ottime indicazioni vengono fornite dal Nannoplancton calcareo; in esso infatti sono presenti taxa che consentono un riferimento alla Sottozona a *Coccolithus pelagicus* (Zona a *Discoaster tamalis*), un'unità correlabile con la parte inferiore della Zona a *Globorotalia aemiliana* dei Foraminiferi e contenuta nella metà inferiore del Pliocene medio.

Ricordiamo infine che il camp. PO 257, prelevato in argille immediatamente sottostanti ai calcari ed inserite da MAZZANTI (1966) nella Serie gessifera, è effettivamente attribuibile alla biofacies di «lago-mare», caratteristica della sommità del Messiniano (contiene un'associazione salmastra con frequenti *Loxococoncha elliptica* e *Cyprideis* sp., nonché rare *Ammonia beccarii tepida*). Il camp. PO 133, prelevato nelle argille plioceniche a diretto contatto (per faglia) con i calcari, contiene invece una tanatocenosi a Foraminiferi bentonici caratteristica di una porzione profonda della zona neritica esterna, nonché una associazione planctonica con comuni individui di *Globorotalia puncticulata*. Tra i risultati localmente acquisiti, oltre a quello di una trasgressione mediopliocenica direttamente sulla serie messiniana, possiamo quindi aggiungere anche la documentazione che la faglia prima citata ha agito in un intervallo compreso entro la parte alta del Pliocene inferiore.

Per quanto riguarda la ristretta fascia calcarea cartografata alla base del Pliocene poco a N dell'affioramento prima illustrato, purtroppo la zona in cui è ubicata è oggi interamente ricoperta da un bosco molto fitto che impedisce sicure osservazioni; comunque, per-

correndo un sentiero nella vegetazione, sono stati incontrati calcari detritico-organogeni, ma solo in grossi blocchi disseminati sul terreno.

Un campione (PO 258) raccolto in uno di essi ha fornito una associazione a Foraminiferi identica a quella rinvenuta nella vicina placca calcarea già illustrata ed una tanatocenosi nannofloristica con significato stratigrafico uguale a quello del camp. PO 256. Qualunque sia il significato di questi blocchi, è quindi certo che essi appartengono ad affioramenti del Pliocene medio, come è del resto indiscutibile che, se affioramento di calcari in posto esiste (e su questo avanziamo riserve), esso ha una estensione ben più limitata di quanto cartografato. Le osservazioni condotte nella vallecola immediatamente ad E dell'ubicazione del camp. PO 258, se pur ostacolate dalla copertura boschiva, hanno consentito di appurare che direttamente sopra i sedimenti sicuramente riferibili alla facies di «lago-mare» messiniana (camp. PO 259) affiorano argille plioceniche profonde della Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. (PO 260 e PO 134). Si tratta cioè di una sequenza sedimentaria uguale a quella prospettata da MAZZANTI (1966) ancor più ad E, dove le argille *pa* del Pliocene inferiore vengono a contatto con la successione messiniana, senza l'interposizione di facies calcaree; una campionatura (PO 135-138) ivi eseguita al passaggio Mio/Pliocene ne dà del resto una piena conferma.

Passiamo ora a considerare l'affioramento calcareo ad W del Pod. Fontebagni, precisando innanzitutto che esso, contrariamente a quanto prospettato dall'Autore della carta geologica, giace sulle argille plioceniche *pa* e che queste non affiorano solo sotto il bordo occidentale della placca calcarea, ma anche sotto almeno un tratto di quello orientale. In altre parole i calcari avrebbero una giacitura trasgressiva sui sedimenti del Pliocene e, se non intervengono complicazioni tettoniche, su quelli del Messiniano. Concretizzano queste osservazioni anche le analisi micropaleontologiche; i campioni raccolti nella fascia basale dell'unità argillosa *pa* (PO 171, PO 168, PO 167, PO 166) sono infatti da riferirsi alla Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l., mentre quelli prelevati nei livelli stratigraficamente più alti, almeno localmente, della stessa unità contengono già *Globorotalia puncticulata* e sono quindi attribuibili ad un Pliocene inferiore più inoltrato. I soprastanti calcari (campioni PO 169 e PO 170) contengono invece un'associazione a Foraminiferi quasi esclusivamente bentonica (sono presenti solo alcuni Foraminiferi planctonici, es. *Globorotalia puncticulata*, rimaneggiati dai sottostanti livelli ar-

gillosi), costituita da taxa costieri (ricordiamo *Ammonia beccarii beccarii*, *Asterigerinata planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium complanatum*, *E. crispum*, *Eponides repandus*, *Reussella laevigata*) ed una nannoflora indicativa della parte superiore della Zona a *Discoaster tamalis*, di pertinenza quindi della parte inferiore del Pliocene medio.

A conclusione di questa trattazione ricordiamo che nell'unità carbonatica *ps* dell'area di Pomaranace e nelle argille ad essa soprastanti sono stati raccolti vari altri campioni (PO 77, PO 96-97, PO 121, PO 132, PO 139-140, PO 142-145, PO 160-163, PO 213) e che tutti hanno confermato l'età medio-pliocenica emersa nel contesto della illustrazione delle sezioni ed il significato paleoambientale dedotto per livelli stratigraficamente equivalenti. Ci preme comunque segnalare in particolare che l'intercalazione del litotipo *pc* tra i calcari, cartografato da MAZZANTI (1966) immediatamente ad W di Pomaranace, è in realtà costituito da argille grigie prive di ciottoli (PO 77, PO 144, PO 163), le quali, pur sempre del Pliocene medio, rivelano un ambiente più profondo rispetto ai calcari sotto- e «soprastanti» e alimentano il sospetto che il contatto di tali argille con questi ultimi sia di natura tettonica.

CONCLUSIONI

Lo studio delle 14 sezioni analizzate costituisce innanzitutto una solida documentazione micropaleontologica per i sedimenti pliocenici dell'area di Pomaranace, in precedenza pressoché sconosciuti da questo punto di vista. Le scarse notizie riportate in LAZZAROTTO e MAZZANTI (1965) ed in MAZZANTI (1966) sono infatti relative a pochi campioni e risalgono ad un momento in cui non era stato ancora soddisfacientemente stabilito uno strumento bio- e cronostatigrafico di base per i sedimenti del territorio italiano in generale e della Toscana in particolare. A prescindere comunque da questo aspetto e dalla risoluzione dei problemi strettamente locali e puramente marginali (ma di indubbio ausilio per la revisione cartografica dell'area), riteniamo che la nostra ricerca, realizzata mediante una stretta e continua integrazione delle osservazioni sul terreno e di una campionatura estesa a pressoché tutta l'area, abbia consentito di centrare pienamente gli obiettivi programmati e cioè: una conoscenza della stratigrafia pliocenica locale più soddisfacente e rispondente alle esigenze della moderna bio- e cronostatigrafia e, soprattutto, la formulazione di una ipotesi circostanziata della evoluzione paleogeo-

grafica dell'area nel corso del Pliocene. La Fig. 19 riassume le nostre acquisizioni in merito e visualizza le testimonianze di quanto prima asserito.

A chiarimento della figura precisiamo anzitutto che le sezioni sono state riportate secondo l'ordine della loro ubicazione da W (in sinistra) verso E, con la sola eccezione della sezione 14 (all'estremità destra). Per ogni colonna litostratigrafica sono state rappresentate le caratteristiche sostanziali ricavate dalle osservazioni sul terreno. Alla estremità sinistra compare il contesto bio- e cronostratigrafico adoperato come strumento di base per la correlazione reciproca delle sequenze studiate; l'entità verticale delle singole unità è espressa in milioni di anni, sulla base delle recenti acquisizioni in campo bio-cronologico e geocronologico (per i ragguagli in merito si rimanda a BOSSIO, GUELFÌ *et Al.*, in corso di stampa). Alla destra dello schema, con linea più spessa, è stata tracciata l'isocrona del limite Pliocene inferiore/Pliocene medio, mentre le altre rette più sottili rappresentano i limiti zonali nelle distinte sezioni. È ovvio che, per non eccedere nelle dimensioni della figura, non sono state rispettate le proporzioni temporali delle unità biostratigrafiche e che pertanto l'estensione delle singole sezioni nell'ambito degli spazi riservati a quest'ultime è solo conseguenza degli spessori (riportati in scala) delle unità litostratigrafiche; per gli stessi motivi risulta altresì puramente indicativo il posizionamento reciproco di una parte delle sezioni entro i limiti di una stessa unità biostratigrafica.

DUE CICLI SEDIMENTARI PLIOCENICI

Dalla impostazione della figura traspare immediata una prima e fondamentale osservazione: l'unità *ps* di MAZZANTI (1966) giace su espressioni sedimentarie e su biozone diverse, da quella a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. a quella a *Globorotalia puncticulata*. In altri termini in tutte le sezioni è ben apprezzabile una lacuna di sedimentazione, di ampiezza variabile nelle varie località ed anche molto diversa per zone relativamente vicine. In considerazione:

- dell'ubicazione delle sezioni, le quali ricoprono pressoché tutta l'area;
- delle caratteristiche litologiche e paleontologiche della base dell'unità *ps* (caratterizzata, in genere, da un conglomerato in matrice carbonatica e da associazioni micro- e macrofossilifere indicative di modeste batimetrie), in netta contrapposizione con quelle

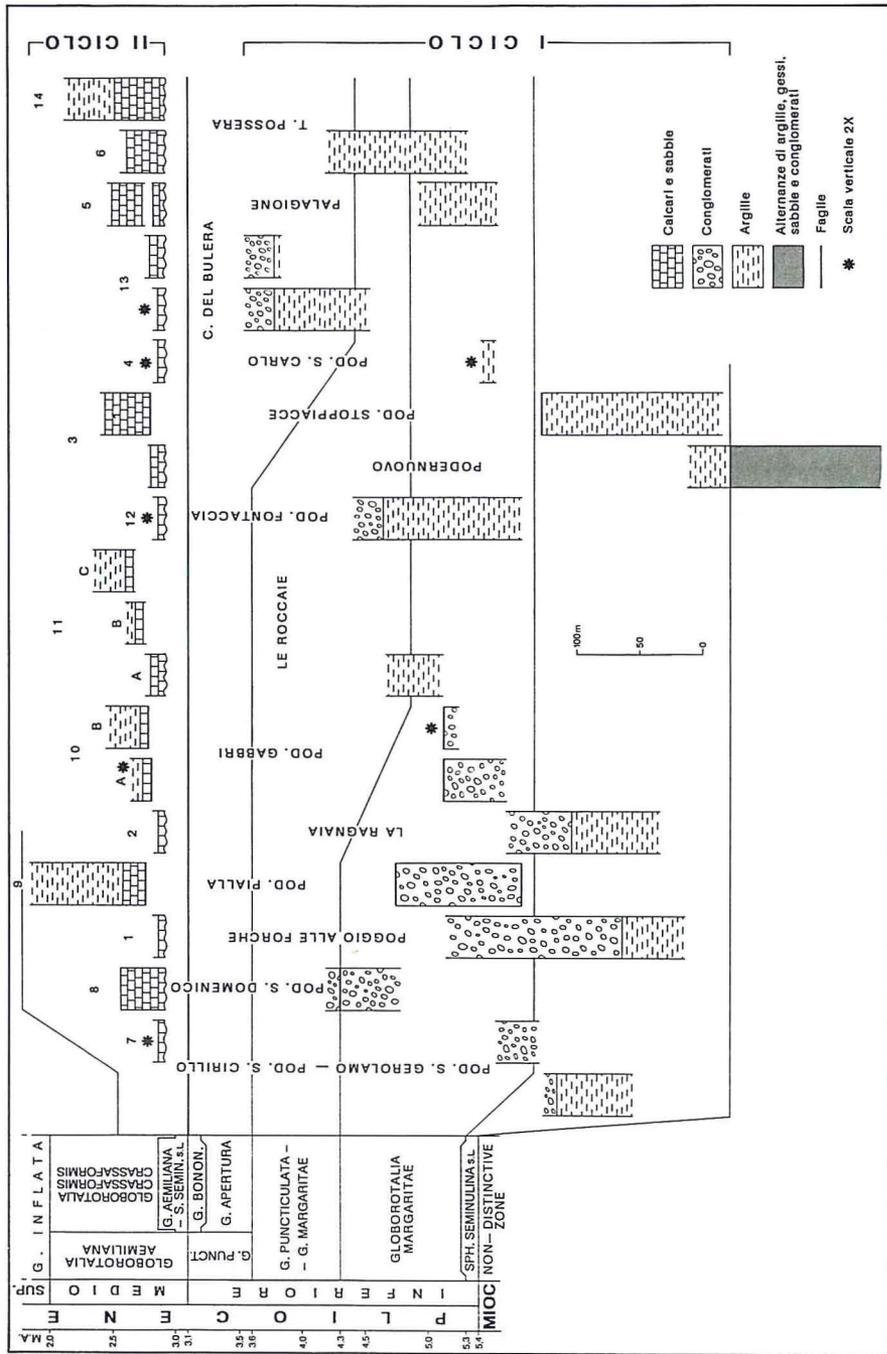


Fig. 19

dei sedimenti ad essa immediatamente sottostanti (di natura argillosa o argilloso-ciottolosa, ma sempre di ambiente più o meno sensibilmente profondo);

— della giacitura dell'unità ps, talvolta in apprezzabile discordanza angolare sulle sottostanti sequenze;

non si può altro che interpretare come trasgressiva l'unità ps ed imputare a fenomeni erosivi ad essa precedenti le marcate differenze nella entità della lacuna. In altre parole l'area di Pomarance è stata la sede dell'avvicinarsi di due cicli sedimentari pliocenici: un ciclo più antico, che per semplicità di esposizione indicheremo come I ciclo, del Pliocene inferiore, caratterizzato dalle zone a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l., a *Globorotalia margaritae*, a *Globorotalia puncticulata*-*G. margaritae* nella loro interezza, nonché da una piccola porzione della Zona a *Globorotalia puncticulata* (Sottozona a *Globigerina apertura*), con una durata quindi intorno ai 2 MA; l'altro, più recente, che denomineremo II ciclo, di pertinenza del Pliocene medio e, in termini biostratigrafici, della Zona a *Globorotalia aemiliana* (per ulteriori ragguagli sulla sua ripartizione cronologica si veda più avanti).

Questa ci sembra una acquisizione alquanto originale per il Bacino di Pomarance, anche se, ad onor del vero, già MAZZANTI (1966) aveva constatato che i sedimenti del Pliocene medio si presentano trasgressivi su quelli del Pliocene inferiore; per l'Autore però ciò si realizzerebbe solo in zone marginali, mentre in quelle più centrali del bacino vi sarebbe concordanza e continuità di sedimentazione tra essi. In sostanza MAZZANTI non riconosce due cicli, ma invoca solo una «piccola» regressione nella parte più alta del Pliocene inferiore, limitata alle zone marginali, seguita da una nuova e localmente più ampia trasgressione nel Pliocene medio.

È altresì intuitiva la risonanza che ha tale acquisizione dal punto di vista strettamente tettonico; essa implica infatti un regime di sollevamento almeno locale nel Pliocene inferiore, (in questo la nostra ipotesi si trova in assonanza con i postulati dei lavori di AMBROSETTI *et Al.*, 1979, COSTANTINI *et Al.*, 1980 e BARTOLINI *et Al.*, 1982, anche se, in realtà, essa prevede tempi diversi per la sua realizzazione), seguito da una fase negativa nel Pliocene medio, (la quale non trova invece riscontro nella bibliografia sopra citata). Riteniamo comunque opportuno procedere per gradi nella ricostruzione del nostro modello di evoluzione paleogeografica, iniziando ovviamente dal periodo più antico.

I Ciclo sedimentario

I primi sedimenti pliocenici dell'area investigata appartengono alla Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. e sono ovunque in facies argillosa (unità *pa*), di acque profonde; per l'esattezza le batimetrie rivelate dalle associazioni microfaunistiche sono riconducibili alla porzione inferiore della zona neritica esterna. Sottolineiamo che ciò vale anche per quelle zone più occidentali ritenute marginali da MAZZANTI (1966), tant'è che per esse l'Autore ipotizza una trasgressione nel Pliocene inferiore, testimoniata da facies carbonatiche basali (queste ultime sono risultate invece appartenere alla trasgressione medio-pliocenica). Ricordiamo anche che, laddove il contatto Mio/Pliocene non è di natura tettonica, i sedimenti messiniani immediatamente sottostanti a quelli della prima biozona pliocenica sono di pertinenza della ben nota facies lacustre di «lago-mare», che caratterizza i livelli terminali del Miocene mediterraneo. Anche se le modalità di transizione da quest'ultima a quella marina pliocenica sono state sufficientemente documentate solo per la sezione di Podernuovo, le caratteristiche prima citate per i sedimenti basali pliocenici e per quelli sommitali messiniani e riscontrate anche in tutto il bordo occidentale rendono del tutto verosimile la possibilità che la transizione si sia realizzata nello stesso modo sull'intera estensione dell'area studiata. Più precisamente, tutti i nostri documenti parlano in favore di un dominio continentale alla fine del Miocene, caratterizzato da acque poco profonde, dulcicole o debolmente salmastre, drasticamente sostituito da un dominio marino profondo, determinato da una rapida trasgressione «acqua su acqua», in conseguenza della concomitanza di due fattori; uno locale, ma certamente non limitato ai confini della nostra area (probabilmente è esteso a buona parte della Toscana) e di natura tettonica, in conseguenza del quale il bacino si trovava in subsidenza all'inizio del Pliocene; l'altro, di ordine ben più generale, determinato da un'invasione del Bacino Mediterraneo da parte delle acque marine, realizzatasi in modo alquanto brusco con il ripristinarsi delle comunicazioni tra Mediterraneo ed Atlantico, dopo un periodo di isolamento del primo e della conseguente «crisi di salinità».

In ultima analisi riteniamo che con l'inizio del Pliocene quella che noi chiamiamo area di Pomarance sia stata solo una porzione di un bacino marino ben più vasto; i suoi limiti, quello meridionale e quello orientale inclusi, si spingevano ben oltre (verosimilmente più di quanto prospettato in passato) quelli solo apparenti dovuti

alla conservazione degli affioramenti. È evidente che per una ricostruzione delle originarie linee di costa sono necessarie indagini interdisciplinari su un'area ben più vasta; in tale contesto, nel caso della mancata conservazione delle facies costiere, potrebbero assumere un ruolo non trascurabile anche le variazioni quantitative dei taxa cosiddetti «spiazzati», da noi rinvenuti abbastanza ricorrentemente fin dai livelli basali del Pliocene, ma sempre in quantità del tutto trascurabili nell'area studiata.

Se dal punto di vista batimetrico nel dominio marino pliocenico non si percepiscono, in genere, sensibili variazioni fin quasi alla sommità della Zona a *Globorotalia margaritae* (?), un elemento nuovo viene invece ad integrare la sedimentazione argillosa profonda a partire già dall'interno della zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l.; si tratta dell'arrivo di un'ingente massa di materiale clastico più o meno grossolano e caotico, che dà luogo all'unità *pc* di MAZZANTI (1966). Per la comprensione della provenienza e delle caratteristiche di trasporto di questo materiale non certo tipico degli ambienti profondi si richiedono ulteriori indagini di carattere prettamente sedimentologico, non previste per l'elaborazione di questa ricerca. A prescindere dalla nostra convinzione che l'unità *pc* sia costituita da un complesso sistema di canalizzazioni, laterali e variamente sovrapposte, immerso in una facies argillosa, una osservazione oggettiva è comunque consentita dall'esame della Fig. 19; in essa appare infatti evidente una distribuzione areale differenziata della facies conglomeratica per tempi via via più recenti. Analizzando più in particolare questa dispersione «tempo-spaziale», possiamo rilevare che l'arrivo delle masse clastiche si è realizzato inizialmente su un'area probabilmente assai ristretta e limitata alla zona immediatamente circostante l'abitato di Pomarance e si è esteso verso W e verso E solo in tempi di poco successivi, contenuti sempre nei limiti della Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. (si confronti la sezione 1 con la 2 e la 7). Nel corso della Zona a *Globorotalia margaritae* l'espansione dei conglomerati verso E deve essersi arrestata prima dell'allineamento Le Roccaie (sezione 11) - Pod. Fontaccia (sezione 12), raggiunto e superato solo a Zona *G. puncticulata*-*G. margaritae* inoltra-

(?) Le oscillazioni positive registrate nella Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. e nella Zona a *Globorotalia margaritae* della Sezione Poggio alle Forche non sono state riscontrate in altre sezioni, forse per difetto delle campionature; comunque esse sembrano costituire episodi saltuari, irrilevanti nel contesto della evoluzione paleogeografica generale, che vede l'area in regime di subsidenza nel corso delle due unità citate.

ta. È solo nella porzione inferiore, anche se non del tutto basale, della successiva Zona a *G. puncticulata*, che la parte più orientale (v. sezione 13) è interessata da una deposizione di tipo conglomeratico prevalente; per quest'ultima zona però non si può escludere una origine dei conglomerati connessa con la regressione marina dell'area di Pomarance. Se pur al momento necessariamente incompleto in alcune sue parti, riteniamo che questo modello «tempo-spaziale», integrato dalle conoscenze sulla natura dei sedimenti pliocenici e del loro substrato nelle aree circostanti il Bacino di Pomarance (si veda ad es. LAZZAROTTO, 1967, per quelle a S, e la nuova edizione del F° 113 (Volterra) della Carta Geologica d'Italia, per quelle a N), indichi una chiara provenienza meridionale delle masse clastiche. Infatti da una zona con sedimenti pliocenici prevalentemente conglomeratici a S (Bacino di Poggio della Fornace e Bacino di Serrazano-Lustignano), si passa, a N, ad una zona caratterizzata pressoché esclusivamente da facies argillose⁽³⁾. Del resto questa ipotesi ben si concilia con i più recenti modelli di evoluzione paleogeografica della Toscana marittima nel corso del Pliocene inferiore (AMBROSETTI *et Al.*, 1979, COSTANTINI *et Al.*, 1980, BARTOLINI *et Al.*, 1982), che contemplano zone in sollevamento a S (verosimilmente in conseguenza della messa in posto di «stock» intrusivi) e in sprofondamento a N (Bacino di Pomarance incluso). In ultima analisi, gli arrivi, periodici e di estensione progressivamente maggiore, degli apporti clastici grossolani potrebbero rappresentare fasi di ringiovanimento morfologico di aree più meridionali, progressivamente più intense e/o più estese, ed essere quindi utilizzabili per la datazione indiretta dell'attività plutonica.

La citazione dei modelli paleogeografici di cui sopra ci offre l'occasione di evidenziare un elemento molto importante emerso dal nostro studio e non previsto da tali ipotesi; tale elemento è rappresentato dal fatto che il processo di innalzamento nel corso del Pliocene inferiore ha interessato anche l'area di Pomarance e anzi ha avuto la conseguenza di una sua completa emersione in un momento corrispondente alla porzione inferiore della Zona a *Globorotalia puncticulata*, cioè a poco meno di 3,5 MA. Per l'area in questione vi sono evidenze che il sollevamento ha avuto inizio addirittura nella porzio-

(3) In realtà in destra del F. Cècina, alcuni chilometri a N di Pomarance, è segnalata (v. Fig. 21 in Bossio *et Al.*, 1978) una fascia conglomeratica entro sedimenti del Pliocene inferiore; essa potrebbe rappresentare una porzione più distale del «corridoio» di scorrimento.

ne inferiore della precedente Zona a *G. puncticulata* *G. margaritae* (cioè intorno ai 4,3 MA); è proprio da questo intervallo infatti che le associazioni a Foraminiferi iniziano ad indicare batimetrie decrescenti e quindi chiare tendenze regressive. Certo è che in zona non si sono conservati i sedimenti regressivi di tipo prettamente costiero (le profondità dei sedimenti più recenti (v. ad es. la sezione 13), sono riconducibili a valori non molto discosti da quelli del limite tra la zona neritica esterna e quella interna); ciò è evidentemente imputabile alle azioni erosive esplicatesi nel periodo di emersione, talmente intense da portare all'esposizione biozone plioceniche diverse (quella a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. inclusa) e addirittura alla loro erosione da alcune aree.

II Ciclo sedimentario

Innanzitutto dobbiamo rilevare che le associazioni a Foraminiferi planctonici non consentono di individuare la collocazione dei sedimenti di questo ciclo in relazione alle due sottozone (a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. - *Globorotalia aemiliana* ed a *Globorotalia crassaformis crassaformis*) in cui è stata suddivisa la Zona a *Globorotalia aemiliana*. L'intenso rimaneggiamento dai sottostanti sedimenti del Pliocene inferiore impedisce infatti di prestar fede alla presenza dei rappresentanti del genere *Sphaeroidinellopsis*, constatata in numerosi campioni della sequenza mediopliocenica (si ricorda che è proprio la scomparsa di tale genere a marcare il suddetto limite sottozonale); né la distribuzione di *Globorotalia crassaformis crassaformis* nei sedimenti mediopliocenici mediterranei è stata ancora chiarita a sufficienza da poter utilizzare questa specie come elemento di discriminazione del tutto probante nell'ambito della Zona a *Globorotalia aemiliana*. Tuttavia i risultati ottenuti dallo studio delle nannoflore locali suggeriscono che la trasgressione mediopliocenica abbia avuto inizio poco meno di 3 MA, nella parte sommitale della Zona a *Discoaster tamalis* (Sottozona a *Coccolithus pelagicus*), correlabile con la porzione inferiore della Sottozona a *Globorotalia crassaformis crassaformis* dei Foraminiferi planctonici.

Con l'inizio del II ciclo cambiano sensibilmente i caratteri chimici del nuovo dominio marino, caratterizzato, per un tempo più o meno lungo a seconda delle località, da acque ricche di carbonati. Infatti la sedimentazione conseguente (rappresentata dall'unità *ps* di MAZZANTI, 1966) dà luogo ad una consistente pila di calcari nel settore centro-settentrionale (anche il conglomerato che spesso ne

costituisce la base è in matrice carbonatica), mentre in quello più meridionale le espressioni carbonatiche hanno spessori più modesti e si associano più frequentemente a litotipi sabbiosi od addirittura argillosi. Comunque tutte le espressioni sedimentarie della parte inferiore dell'unità *ps*, che in zona trasgredisce su termini diversi del Pliocene inferiore e del Miocene superiore, si realizzano ovunque a modeste profondità; esse si mantengono ben entro il limite esterno della zona neritica interna. Ne sono prova diversi elementi delle associazioni micro- e macrofossilifere: in queste ultime si ricorda, ad esempio, la frequenza del genere *Ostrea*, la ricorrenza di *Spondylus* e la presenza di *Isognomon*, nonché lo stato frammentario con cui si presentano frequentemente i macrofossili (ad indicare un ambiente ad elevata energia, quindi con batimetrie conciliabili con la zona di influenza dei più intensi moti meccanici). In questo generale contesto iniziale merita anche segnalare l'intenso rimaneggiamento dei Foraminiferi bentonici e planctonici dai sottostanti e più profondi livelli del Pliocene inferiore, che caratterizza pressoché tutti i campioni prelevati nel tratto inferiore dell'unità *ps*.

Nelle sezioni favorevoli, per la loro estensione verticale, già a partire dalla porzione superiore della formazione *ps* (nella quale divengono, tra l'altro, più ricorrenti e, in genere, progressivamente più consistenti, le intercalazioni pelitiche), si avvertono i sintomi di un progressivo approfondimento, che determinerà ben presto la sostituzione della facies carbonatica con quella prevalentemente argillosa (unità *pa* p.p. di MAZZANTI, 1966) e l'instaurazione di un dominio marino con batimetrie riconducibili alla zona neritica esterna, anche se di poco superiori a quelle del limite con la zona neritica interna.

Purtroppo le associazioni a Foraminiferi planctonici e a Nannoplancton calcareo non offrono alcun elemento cronologicamente significativo per poter appurare se la trasgressione si è realizzata diacronicamente o meno. Sul quesito possiamo comunque speculare con altri criteri ed avanzare un'ipotesi; se il modello paleogeografico prospettato per il Pliocene inferiore è valido, allora è anche intuitivo che dovevano esistere fondali marini con inclinazioni verso N, in modo da permettere lo scorrimento in tal senso delle masse ciottolose. Se l'innalzamento che ha determinato la locale emersione ed il successivo sprofondamento che ha innescato il II ciclo avessero agito uniformemente nel tempo e nello spazio sull'intera area investigata, allora dovremmo ipotizzare una trasgressione mediopliocenica da N verso S ed aspettarci di rinvenire nella zona meridionale

una più consistente fascia di sedimenti costieri (nel caso specifico sostanzialmente calcari), con passaggi laterali ad una facies più profonda (rappresentata nell'area soprattutto da argille) verso N. Le nostre osservazioni di campagna, evidenziate solo in parte nelle sezioni illustrate, ci mostrano invece un contesto diverso; vale a dire le argille hanno una notevole diffusione ed uno spessore non indifferente nella zona meridionale, dove giacciono su espressioni sedimentarie costiere di più modesto spessore, peraltro solo in parte rappresentate da sedimenti calcarei, mentre le facies carbonatiche si sviluppano maggiormente lungo una fascia più settentrionale a direzione appenninica, grossomodo lungo l'allineamento Pomarance-S. Dalmazio; sono altresì evidenti i rapporti di eteropia tra queste ultime e le peliti.

Questa constatazione implica evidentemente che i processi erosivi abbiano agito durante il periodo di emersione in modo tale da creare una depressione nella zona meridionale oppure, più verosimilmente, che nel corso della tettonica negativa, il cui inizio deve essersi realizzato intorno al limite Pliocene inferiore/Pliocene medio, il movimento di abbassamento si debba essere espresso con intensità arealmente differenziate (con fasce più meridionali, probabilmente a direzione NW-SE, in maggiore attività) o per lo meno in tempi diversi (con sommersione precoce della zona più meridionale). In tutti i casi il risultato sarebbe stato lo stesso ed avrebbe determinato a N una zona relativamente più elevata, raggiunta quindi dalla trasgressione in tempi progressivamente più recenti.

Per inciso ricordiamo che una diacronia della trasgressione mediopliocenica, pur su piccola scala, è percettibile anche dalla effimera esistenza di associazioni salmastre a prevalenti *Cerithium*, rinvenute a SE di Pomarance, immediatamente sotto il conglomerato marino di trasgressione (v. parte descrittiva della sezione 14): con la loro presenza esse infatti segnalano la vicinanza del dominio marino e con la loro scomparsa la sua effettiva instaurazione in loco.

Concludiamo la nostra rassegna paleogeografica rilevando che la sequenza del Pliocene medio, almeno nei limiti degli spessori conservati, non manifesta apprezzabili tendenze regressive; i suoi livelli più recenti sono ancora in facies argillosa e presentano associazioni a Foraminiferi indicative di profondità prossime a quelle del limite zona neritica esterna/zona neritica interna, mentre per essi le evidenze nannofloristiche consentono un inquadramento nell'ambito della porzione inferiore della Zona a *Discoaster surculus*, correlabile con la parte media della Sottozona a *Globorotalia crassaformis* cras-

saformis, cui corrispondono poco più di 2,5 MA. Tuttavia sappiamo (Bossio, *et Al.*, 1991) che ad E del Bacino di Pomarance, dove il dominio marino mediopliocenico si estende ampiamente nei bacini di S. Dalmazio-Anqua-Belforte-Chiusdino, sono tuttora conservate le evidenze di una fase marina regressiva e di una sua transizione, con l'interposizione di un effimero episodio salmastro, ad un dominio continentale dulcicolo, con il quale si chiude in modo definitivo (verosimilmente entro i limiti del Pliocene medio) il ciclo in questione. Quest'ultimo ha quindi avuto una durata sensibilmente inferiore al precedente, e cioè una durata di circa 1 MA, contro quella di circa 2 MA del primo.

BIBLIOGRAFIA

- AMBROSETTI P., CARBONI M.G., CONTI M.A., COSTANTINI A., ESU D., GANDIN A., GIROTTI O., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., NICOSIA U., PARISI G., SANDRELLI F. (1979) - Evoluzione paleogeografica e tettonica nei bacini tosco-umbro-laziali nel Pliocene e nel Pleistocene inferiore. *Mem. Soc. Geol. It.*, **19**, 573-580.
- BARTOLETTI E., BOSSIO A., ESTEBAN M., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G., SANESI G., SQUARCI P. (1986) - Studio geologico del territorio comunale di Rosignano Marittimo in relazione alla carta geologica alla scala 1:25.000. In: La Scienza della Terra - Nuovo strumento per la lettura e pianificazione del territorio di Rosignano Marittimo. *Quad. Stor. Nat. Livorno*, **6** (suppl. 1), 33-127.
- BARTOLINI C., BERNINI M., CARLONI G.C., COSTANTINI A., FEDERICI P.R., GASPERI G., LAZZAROTTO A., MARCHETTI A., MAZZANTI R., PAPANI G., PRANZINI G., RAU A., SANDRELLI F., VERCESI P.L., CASTALDINI D., FRANCAVILLA F. (1982) - Carta neotettonica dell'Appennino Settentrionale. Note illustrative. *Boll. Soc. Geol. It.*, **101**, 523-549.
- 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. In: Messinian Seminar n. 4, I.G.C.P. Project n. 96, 1-88, Pisa.
- BOSSIO A., GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. (1981) - 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. Paleont. It. (Pisa, ottobre 1981), 55-90, Pisa.
- BOSSIO A., GUELFI F., MAZZEI R., MONTEFORTI B., SALVATORINI G. (In corso di stampa) - Note geologiche e stratigrafiche sull'area di Palmariaggi (Lecce, Puglia). *Riv. It. Paleont. Strat.*
- 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. Stor. Nat. Livorno*, **6** (Suppl. 1), 129-170.
- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G., SANDRELLI F. (1991) - Il Pliocene di S. Dalmazio-Anqua e Radicondoli-Belforte (Siena). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A*, **98**, 99-191.

- CITA M.B. (1975) - The Pliocene/Miocene boundary: History and definition. In: SAITO T., BURCKLE L.H., Late Neogene Epoch Boundaries. *Micropal*, Spec. Publ. 1, 1-30.
- COSTANTINI A., GANDIN A., GUASPARRI G., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., SANDRELLI G. (1980) - Neotettonica dei fogli: 111 Livorno - 112 Volterra - 113 Castelfiorentino - 119 Massa Marittima - 120 Siena - 121 Montepulciano - 126 Isola d'Elba - 127 Piombino - 128 Grosseto - 129 S. Fiora. Contr. prelim. alla realiz. Carta Neotettonica d'Italia. Prog. Final. Geod. Pubbl. n. 356, 1075-1186.
- 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 Valle di Cecina. IX Conv. Soc. Paleont. It. (Pisa, ottobre 1981), 9-19, Pisa.
- IACCARINO S., SALVATORINI G. (1982) - A framework of planktonic foraminiferal biostratigraphy for early Miocene to Late Pliocene Mediterranean area. *Paleont. Strat. ed Evol.*, Quad. 2, 115-125.
- LAZZAROTTO A. (1967) Geologia della zona fra l'alta valle del fiume Cornia ed il torrente Pavone (Prov. di Pisa Grosseto). *Mem. Soc. Geol. It.*, 6 (2), 151-197.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. (1965) - Stratigrafia neogenica toscana: Studio geologico di tre sezioni del complesso neoauctono di Pomarance e Castelnuovo di Val di Cecina (Provincia di Pisa). *Boll. Soc. Geol. It.*, 84 (3), 291-302.
- MAZZANTI R. (1966) - Geologia della zona di Pomarance-Larderello (Prov. di Pisa). *Mem. Soc. Geol. It.*, 5 (2), 105-138.
- PERES J.M., PICARD J. (1964) - Nouveau manuel de bionomie bentique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, 31 (47), 1-43.

(ms. presentato il 28 gennaio 1991; ult. bozze il 10 maggio 1991)