A. Bossio (*), R. Mazzanti (**), R. Mazzei (***), G. Salvatorini (****), F. Sandrelli (****)

IL PLIOCENE DI S. DALMAZIO-ANQUA E RADICONDOLI-BELFORTE (SIENA E PISA)

Riassunto — A seguito dei risultati ottenuti nella limitrofa area di Pomarance, la ricerca è stata estesa, con la stessa metodologia, ai sedimenti pliocenici dei bacini di S. Dalmazio-Anqua e Radicondoli-Belforte, dei quali vengono descritti, nelle loro caratteristiche litologiche e micropaleontologiche, pressoché tutti gli affioramenti accessibili. Dall'integrazione dei dati di campagna e di laboratorio, in parte acquisiti da pozzi ENEL per ricerche geotermiche, è emerso che anche quest'area è stata interessata dagli stessi eventi dinamici riscontrati nell'area di Pomarance, responsabili dell'avvicendarsi di due cicli sedimentari marini nel corso del Pliocene.

I sedimenti del primo ciclo affiorano unicamente nella parte occidentale dell'area, fin nei pressi del T. Pavone. Questi, nel loro tratto inferiore, sono costituiti da argille profonde della Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. e della Zona a *Globototalia margaritae*; nel tratto superiore da peliti, con un contenuto variabile in sabbia, della porzione inferiore della Sottozona a *Globigerina apertura* (Zona a *Globorotalia puncticulata*). I sedimenti di quest'ultima biozona si sono deposti a profondità minori rispetto a quelli sottostanti e quindi nel corso del sollevamento che ha determinato inizialmente la regressione ed infine la completa emersione dell'area (sempre nell'ambito della Zona a *G. puncticulata*, verosimilmente nella parte sommitale del Pliocene inferiore).

Nonostante sia evidente che il dominio marino del Pliocene inferiore andava ben oltre i limiti degli attuali affioramenti, al momento non si hanno dati comprovanti la sua estensione anche nel settore orientale e quindi la sua eventuale ricongiunzione con il Bacino di Chiusdino.

^(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Pisa.

^(**) Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino, C.N.R., 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. F. Sandrelli, MURST 60% Tit. G. Salvatorini, Contratto CNR - 9000722/05, Tit. A. Lazzarotto e con il contributo del Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino, C.N.R. Pisa.

È invece certo che l'intera area è stata nuovamente invasa dal mare nel corso del Pliocene medio, allorché la ripresa della subsidenza ha innescato un nuovo ciclo sedimentario, i cui depositi della Zona a Globorotalia aemiliana giacciono trasgressivi su termini diversi del Pliocene inferiore, del Miocene superiore e del pre-Neogene. Proveniente da W, questo secondo episodio marino si è esteso progressivamente fino a formare un golfo che, nel momento della sua massima estensione, nella zona centrale dell'area non doveva superare di molto i limiti degli attuali affioramenti settentrionali, mentre doveva spingersi ben oltre quelli meridionali. Nell'area più orientale il golfo in questione si suddivideva in due rami: uno si inoltrava a N almeno fino alla zona di Radicondoli, l'altro si estendeva verso SE fino ad interessare l'area di Chiusdino. Nel corso della evoluzione paleogeografica sopra delineata si verifica, nello stesso senso, una migrazione delle tipologie sedimentarie: prevalentemente argillose nelle zone distali e depresse, sostanzialmente carbonatiche in quelle più marginali. Nel settore più interno, in particolare in quello di Belforte-Radicondoli, la sedimentazione è addirittura pressoché costantemente carbonatico-conglomeratica e si realizza in un ambiente interessato da consistenti apporti dulcicoli.

Nonostante la generale regressione marina mediopliocenica, dovuta al sollevamento di gran parte della Toscana, abbia determinato anche localmente una riduzione progressiva delle aree invase dal mare, tuttavia in questa zona persiste un regime di subsidenza: il dominio marino si sposta pogressivamente verso W e ad esso si sostituisce, senza soluzione di continuità e con l'interposizione di un effimero episodio salmastro, un ambiente dulcicolo, verosimilmente di tipo deltizio, nel quale si riversa una potente pila di elementi clastici grossolani. Questo ambiente si esaurisce nel corso del Villafranchiano inferiore.

Résumé — Le Pliocène de S. Dalmazio-Anqua et de Radicondoli-Belforte (Sienne et Pise). À la suite des rèsultats obtenus dans la zone limitrophe de Pomarance, on a étendu la recherche, par la même méthodologie, aux sédiments pliocènes des bassins de S. Dalmazio-Anqua et Radicondoli-Belforte, dont les affleurements accessibles ont été presque totalement décrits dans leurs caractéristiques lithologiques et microscopiques. De l'integration des données de campagne et de laboratoire, en partie acquises de forages ENEL pour recherches géothermiques, il est émergé que cette zone aussi a été concernée par les mêmes événements dynamiques, relevés dans la zone de Pomarance, responsables de deux cycles sédimentaires marins au cours du Pliocène.

Les sédiments du premier cycle affleurent uniquement dans la partie ouest de la zone jusqu'aux environs du T. Pavone. Ceux-ci, dans leur partie inferieure, sont costitués par des argiles profondes de la Zone à *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. et de la Zone à *Globorotalia margaritae*; dans leur partie superieure il sont costitués par des pélites, avec un contenu variable en sable, de la part inférieure de la Souszone à *Globigerina apertura* (Zone à *Globorotalia puncticulata*). Les sédiments de cette dernère biozone se sont deposés à de profondeurs inférieurs à ceux qui se trouvent au dessous et donc au cours du soulèvement qui a provoqué initialement la régression et finalement l'émersion complète (toujours dans la Zone à *G. puncticulata*, vraisemblablement dans la partie la plus haute du Pliocène inférieur).

Bien qu'il est evident que le domain marin du Pliocène inférieur dépassait largement les limites des affleurements actuels, à présent on n'a pas de données qui attestent son extension même dans le secteur oriental et donc son éventuelle réunion avec le bassin de Chiusdino.

Il est par contre certain que toute cette zone a étée à nouveau envahie par la mer au cours du Pliocène moyen, lorsque la reprise de la subsidence a amorcée un nouveau cycle sédimentaire dont les dépôts, tous de la Zone à Globorotalia aemiliana, demeurent transgressifs sur des niveaux différents du Pliocène inférieur, du Miocène supérieur et du pre-Néogène. Ce deuxième épisode marin, provenant de W, s'est progressivement étendu jusqu'à former un golfe qui, au moment de son éxtension maximum, dans la zone centrale de l'aire ne devait pas tellement dépasser les limites des affleurements actuels du Nord, tandis qu'il devait aller bien au-delà des affleurement du Sud. Dans la zone la plus orientale, le golfe en question se subdivisait en deux branches: l'une s'enfonçait vers le Nord au moins jusqu'à la zone de Radiconcoli et l'autre allait vers Sud-Est jusqu'à la zone de Chiusdino. Au cours de l'évolution paléogéographique susmentionnées se produit, dans le même sense, une migration des typologies sédimentaires: essentiellement argileuses dans les zones plus distaux et plus profondes, principalement carbonatiques dans celles plus marginales. Dans le secteur plus interne, et en particulier dans celui de Belforte-Radicondoli, la sédimentation est même presque constamment carbonatique-conglomeratique et elle se réalise dans un milieu concerné par des apports d'eau douce importants.

Bien que la générale régression marine medio-pliocène, due au soulèvement d'une grande partie de la Toscane, ait provoqué même localement une réduction progressive des zones envahies par la mer, toutefois dans cette zone la subsidence persiste: le domain marin se déplace progressivement vers Ouest et il vient remplacé, sans solution de continuité et avec l'interposition d'un éphémère épisode saumâtre, par un environment d'eau douce, vraisemblablement deltaïque (qui s'épuise au cours du Villafranchien inférieur), dans lequel se déverse un grand épaisseur d'éléments clastiques.

Key words — Stratigraphy, Paleogeography, Pliocene, Tuscany.

INTRODUZIONE

Nella nota di Bossio et Al. (1991a), gli scriventi hanno denunciato la lacunosità delle conoscenze sulle sequenze plioceniche di vari bacini della Toscana e, di conseguenza, programmato una serie di ricerche di dettaglio nelle aree per qualche verso meno documentate e più interessanti. La prima di queste ricerche è stata dedicata ai sedimenti pliocenici della zona di Pomarance affioranti in sinistra del T. Pòssera, cartografati in precedenza da Mazzanti (1966). Un riesame degli affioramenti più significativi e lo studio micropaleontologico di numerose sezioni hanno consentito, tra l'altro, di prospettare un nuovo modello di evoluzione paleogeografica articolato in due cicli sedimentari: uno del Pliocene inferiore e l'altro del Pliocene medio, rispettivamente indicati come I e II ciclo. Anche in vista di un completamento della revisione del rilevamento geologico (tuttora in atto per la zona), questa interessante e alquanto significativa

acquisizione ha consigliato il proseguimento delle ricerche nella limitrofa area, situata più a oriente, di pertinenza dei bacini di S. Dalmazio-Anqua e di Radicondoli-Belforte; gli studi più recenti (v. avanti) sulle successioni plioceniche dei due bacini, se pure confortati da rilievi geologici di dettaglio, sono alquanto carenti di informazioni micropaleontologico-stratigrafiche e quindi lacunosi dal punto di vista bio- e cronostratigrafico.

In questo lavoro sono stati adottati gli stessi metodi e gli stessi criteri utilizzati per la zona di Pomarance, per i quali si rimanda quindi alla nota relativa. In questa sede ci limitiamo a far presente che non poche sono state le difficoltà incontrate nello svolgimento della presente ricerca, con evidenti riflessi limitanti sulla precisione di alcune risoluzioni. Tali difficoltà erano del resto già in parte prevedibili dalla consultazione della bibliografia, la quale segnalava in zona una prevalenza di litologie (soprattutto calcari e conglomerati), a priori certamente non favorevoli a uno studio micropaleontologico basato su elementi isolati. Difficoltà sono state incontrate soprattutto nell'applicazione dello strumento biostratigrafico che, efficiente per sequenze distali, ha comportato talora incertezze conseguenti ai contenuti non sempre favorevoli in organismi planctonici dei sedimenti studiati. Questi ultimi sono talvolta addirittura privi di tali organismi, sui quali è notoriamente impostata la scala biostratigrafica, a sua volta di impalcatura a quella cronostratigrafica. Una forte limitazione è stata incontrata anche nelle operazioni di campagna (sia nelle osservazioni dei dettagli delle sequenze sedimentarie, sia nel prelievo di campioni per le analisi) a causa dei ricoprimenti detritici e, soprattutto, delle estese coltivazioni che interessano i sedimenti argillosi e delle ampie coperture boschive su quelli calcarei e conglomeratici. Tutto ciò spiega il numero rilevante di campioni raccolti (circa 350) nel continuo tentativo di cercare di individuare intervalli il più possibile favorevoli dal punto di vista micropaleontologico. Come è avvenuto per la zona di Pomarance, l'elevato numero di campioni (e di sezioni esaminate) dipende anche dal fatto che le risposte delle analisi micropaleontologiche prospettavano talora situazioni inaspettate, in quanto diverse da quanto riportato nella carta geologica preesistente, o comunque impreviste nelle ipotesi di lavoro che maturavano nel corso della ricerca.

Ci preme inoltre sottolineare che i risultati delle campionature sono stati integrati con quelli ottenuti dallo studio di una serie di pozzi eseguiti dall'ENEL e gentilmente messi a nostra disposizione (¹). Anche se le analisi sono state eseguite su *cuttings* (sono ben note le difficoltà ed i rischi che comporta questo tipo di materiale), esse si sono rivelate di prezioso ausilio e talvolta determinanti nella interpretazione della stratigrafia locale.

CONOSCENZE PRECEDENTI SULLA STRATIGRAFIA PLIOCENICA DELL'AREA DI S. DALMAZIO-RADICONDOLI

I due bacini di S. Dalmazio-Anqua e di Radicondoli-Belforte sono impostati in due Graben separati dalla struttura in rilievo di Sillano-Scarpenata e rappresentano le propaggini sud orientali del vasto bacino neogenico di Volterra (Fig. 1). Mentre nel primo i sedimenti pliocenici sono estesamente rappresentati e non presentano soluzioni di continuità (essi proseguono verso NW nell'area di Pomarance e verso SE in quella di Chiusdino), nel secondo sono ridotti a isolati affioramenti risparmiati dall'erosione sui rilievi più alti.

La porzione più occidentale dell'area, compresa tra i torrenti Pòssera e Pavone, è stata rilevata e descritta da Mazzanti (1966) nel contesto del suo studio sulla zona di Pomarance, mentre la parte restante è stata successivamente illustrata nel lavoro di Lazzarotto e Mazzanti (1978), anch'esso corredato da un rilevamento geologico alla scala 1:25.000 (Fig. 2).

Per quel che concerne la prima nota rimandiamo alla sintesi delle precedenti conoscenze riportata per l'area di Pomarance (Bossio *et Al.*, 1991a), aggiungendo solo che in destra del T. Pòssera la serie pliocenica più recente è chiusa da una sequenza conglomeratica (indicata ancora con *pc*), di età non precisata per la mancanza di una documentazione micropaleontologica, ma per la quale non viene esclusa una eventuale appartenenza al Pliocene superiore.

Per quanto riguarda le ricerche di Lazzarotto e Mazzanti (1978) sul Pliocene della contigua area orientale, investigata fino nei pressi dell'allineamento Mensano-Belforte-Fornace Fiumarello, si deve innanzi tutto rilevare il riconoscimento di un unico ciclo pliocenico, trasgressivo su termini diversi del Miocene superiore e delle unità alloctone.

⁽¹⁾ Si coglie l'occasione per ringraziare l'ENEL per aver concesso l'utilizzazione dei dati relativi ai pozzi eseguiti nella zona studiata.

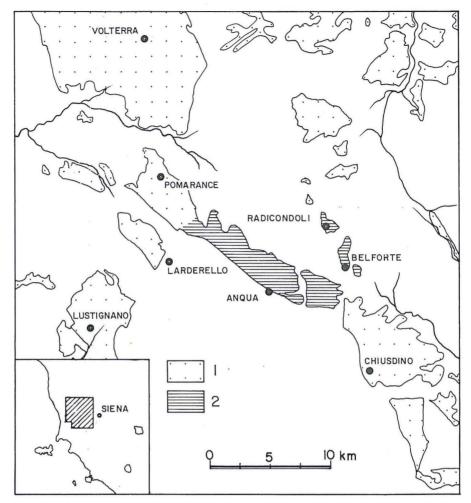


Fig. 1 - 1) Aree di affioramento dei sedimenti pliocenici; 2) Area studiata.

In particolare sono stati descritti e cartografati tre «membri», che non occupano una posizione stratigrafica costante, dando luogo a frequenti eteropie:

«Calcari detritici e sabbie con fossili marini (ps)».

Questa unità, di spessore massimo intorno ai 150 m, affiora estesamente nel Bacino di Anqua fino al Ponte di Cècina, costituendo la base della trasgressione; nel Bacino di Radicondoli è stata segnalata unicamente nella zona di Mensano, ma con giacitura in genere soprastante al «membro» conglomeratico. Gli Autori forniscono una dettagliata descrizione (a cui rimandiamo per i particolari) dell'uni-

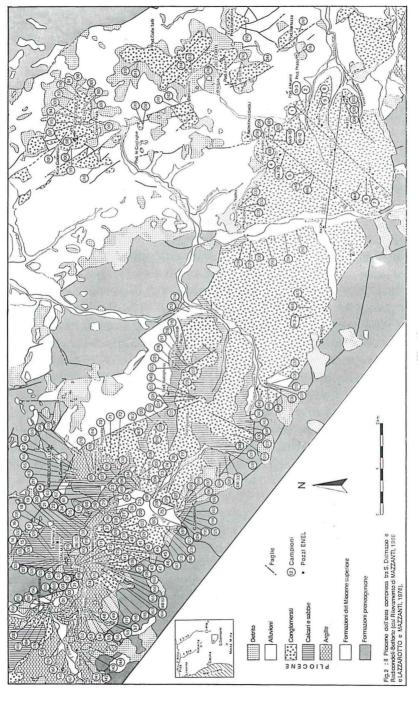


Fig. 2

tà, all'interno della quale riconoscono una variazione verticale di facies (una facies iniziale biostromale è in genere seguita da sedimenti epineritici prima e neritici dopo).

«Argille marine con Pycnodonta navicularis (pa)».

Affiorano solamente a S di Montecastelli e al margine opposto della carta di Lazzarotto e Mazzanti (1978), nella valle del Fiumarello; nella prima località soprastanno ai calcari detritici e sono sormontate dai conglomerati, nella seconda non ne affiora il substrato ma sembra che in un sondaggio esse siano state incontrate per 100 m e che poggino su conglomerati. «Conglomerati (pc)».

Si tratta dell'unità più estesa arealmente e verticalmente (lo spessore è valutato a circa 300 m), concordante sulle due precedenti o, quando si trova alla base della serie, trasgressiva su unità del Miocene superiore o del pre-Neogene. Rimandando al lavoro citato per le descrizioni di dettaglio, ci limitiamo qui a ricordare la distinzione di tre facies: una a blocchi molto grandi, ricollegabile a «masse scoscese e scivolate dai bordi esterni del bacino neoautoctono» in conseguenza «di notevoli dislivelli morfologici fra le aree del bacino, che aveva raccolto la sedimentazione del Miocene superiore e nel quale si svilupperà in seguito la sedimentazione pliocenica, e quelle, ad esso esterne, nelle quali affiorano le formazioni dell'alloctono ligure»; una ad elementi grossolani e medi, con abbondante matrice calcarea, caratteristica di «fondali di pochi metri, soggetti ad un'intensa azione dei frangenti»; una terza, più diffusa, costituita da ciottoli eterometrici, con stratificazione talora grossolana, talaltra inclinata e discontinua, con passaggi laterali a sabbie ed argille; essa sarebbe fossilifera solo in alcune zone e rispecchierebbe un ambiente di «acque molto basse di predelta, o di delta, fino a estendersi alla zona emersa di delta» (tutte le citazioni sopra riportate sono state riprese dalla pag. 1432 del lavoro di Lazzarotto e Mazzanti, 1978).

Per quel che concerne l'età dei tre litotipi, gli Autori puntualizzano l'impossibilità di una datazione diretta dei calcari e dei conglomerati per l'assenza di elementi stratigraficamente significativi. Essi comunque vengono attribuiti indirettamente al Pliocene medio (senza escludere rigorosamente il Pliocene superiore) per i rapporti di giacitura con le argille a *Pycnodonte navicularis* di Val Pavone (datate in precedenza da Mazzanti, 1966, al Pliocene medio) e della Fornace Fiumarello (riferibili al Pliocene inferiore per la presenza di *Globorotalia margaritae* e *G. puncticulata*).

Interessante, infine, l'ipotesi paleogeografica che prevede le seguenti tappe fondamentali:

- Nel Miocene superiore l'intera zona era completamente sommersa dalle acque, lacustri prima e marine dopo, e faceva parte del Bacino di Volterra.
- Alla fine del Messiniano un sollevamento generale ha determinato la completa emersione dell'area (e quindi una temporanea separazione tra il Bacino di Pomarance a NW e quello di Chiusdino a SE); i movimenti differenziali di blocchi avrebbero condotto a forti sbalzi tettonici e morfologici e alla individuazione del rilievo centrale (Sillano-Scapernata).
- L'emersione è persistita nel corso di tutto il Pliocene inferiore, con conseguente erosione di parte dei sedimenti miocenici (totale sul rilievo di Scapernata).
- Nel Pliocene medio una fase di abbassamento avrebbe consentito una nuova trasgressione marina sull'intera area, riunificando in un unico bacino le aree di Pomarance, Radicondoli e Chiusdino. Pur tuttavia la serie pliocenica di Radicondoli avrebbe il significato di «una successione depostasi in una zona di alto relativo fra il bacino di Pomarance... e il bacino di Chiusdino» (pag. 1439) e, come tale, caratterizzato da una minore subsidenza rispetto ai bacini limitrofi.

Dopo le ricerche di Lazzarotto e Mazzanti, sul Pliocene dell'area in oggetto si hanno solo informazioni di carattere generale dalle sintesi paleogeografiche realizzate per la Toscana nel contesto del Progetto Finalizzato Geodinamica.

Per quanto riguarda la sintesi di Ambrosetti *et Al.* (1979), ricordiamo che essa è sostanzialmente riprodotta su tre cartine che rappresentano altrettante tappe significative dell'evoluzione paleogeografica della Toscana, dell'Alto Lazio e dell'Umbria occidentale. Anche se esse sono presentate ad una scala troppo piccola per poterne ricavare informazioni puntuali e relative a problemi strettamente locali, pur tuttavia ci sembra di potervi desumere alcune modifiche per l'area di nostra competenza, e precisamente:

- Nel quadro paleogeografico relativo al Pliocene inferiore (Zona a *Globorotalia puncticulata*), indicato come il periodo di maggior sprofondamento regionale e, conseguentemente, di massima estensione del mare in Toscana, l'intera area risulterebbe sommersa dalle acque marine.
- Nel Pliocene medio (Zona a *Globorotalia* gr. *aemiliana-crassaformis*), a seguito di un vistoso cambiamento paleogeografico

iniziato nella parte sommitale del Pliocene inferiore (con la comparsa di *Globorotalia bononiensis*) e conseguente ad una fase regressiva generale (con riduzione delle zone ricoperte dal mare), l'area in discussione risulterebbe emersa nella metà orientale, sommersa in quella occidentale.

Queste risultanze non vengono comunque adeguatamente espresse nello schema riassuntivo dell'evoluzione paleogeografica, il quale ipotizza, per il Bacino di Radicondoli i seguenti eventi: una trasgressione in momenti diversi del Pliocene inferiore (dalla Zona a *Sphaeroidinellopsis* alla Zona a *Globorotalia puncticulata*); un'emersione almeno parziale verso la fine del Pliocene inferiore (parte della Zona a *G. bononiensis*); una nuova trasgressione (ancora nella zona a *G. bononiensis*), con totale sommersione dell'area fino alla sommità del Pliocene medio (ovvero della Zona a *G. gr. aemiliana-crassaformis*); una definitiva emersione a partire dal Pliocene superiore (Zona a *G. inflata*).

Per quel che concerne le altre sintesi (Costantini *et Al.*, 1980; Bartolini *et Al.*, 1982), esse hanno uno stile tale che è praticamente impossibile ricavarne precise indicazioni per la nostra area. Si fa presente comunque che dalla più recente di esse si evince, dal punto di vista della neotettonica, che l'intera area:

- è considerata in probabile sollevamento per buona parte del Pliocene inferiore dall'inizio della trasgressione pliocenica all'estinsione di *Globorotalia margaritae*;
- ha subìto poi uno sprofondamento, seguito da un sollevamento, in un intervallo di tempo a partire dall'estinzione di *G. margaritae* fino alla Zona a *Globorotalia inflata* inclusa.

LE SEZIONI STUDIATE

Nella documentazione delle sezioni esaminate in questa vasta area, estesa dal T. Pòssera ad W fino ai fossi Quarta e Fiumarello ad E e da questi, verso N, fino a poco oltre Radicondoli, si è ritenuto opportuno procedere per zone a partire dalla fascia più occidentale; i risultati delle campionature integrative saranno riportati dopo l'illustrazione delle sezioni di ciascuna zona. Date le rimarchevoli analogie con la già studiata area di Pomarance (Bossio *et Al.*, 1991a), per non appesantire troppo la documentazione micropaleontologica, gli elenchi dei Foraminiferi bentonici sono stati, in genere, ridotti allo stretto necessario.

A - Zona in destra del T. Pòssera

1 - Pozzo Bulera 3 (Fig. 3)

È stato realizzato in prossimità delle alluvioni del T. Pòssera, circa 700 m a W del Pod. Per Rosso, ed ha incontrato le formazioni neogeniche fino a 220 m di profondità.

La stratigrafia «di cantiere», invero alquanto sommaria, è riportata in figura, nella quale è anche indicata la posizione dei 7 campioni messi a nostra disposizione e sono riportati i relativi contenuti in Foraminiferi planctonici.

L'estrema scarsità di sedimento disponibile per campione è probabilmente il motivo della povertà specifica con cui si presentano le associazioni; essa non consente valutazioni quantitative sulle singole forme. Non rimane pertanto che rilevare la comune ricorrenza dei Foraminiferi fino a 180 m di profondità, con una più o meno marcata prevalenza dei planctonici sui bentonici.

Questi ultimi danno luogo ad associazioni indicative di un ambiente marino di pertinenza di un tratto assai profondo della zona neritica esterna (a titolo di esempio ricordiamo, tra i taxa incontrati, Martinottiella communis, M. perparva, Karreriella bradyi, Dorothia gibbosa, Marginulina costata, Lenticulina cultrata, L. curvisepta, L. vortex, Sphaeroidina bulloides, Stilostomella hispida, Bolivina apenninica, Bulimina costata, B. minima, B. inflata, B. subulata, Globobulimina affinis, Rectuvigerina siphogenerinoides, Uvigerina rutila, U. peregrina, U. pygmaea, Siphonina reticulata, S. planoconvexa, Neoeponides schreibersii, Planulina ariminensis, Gyroidina soldanii, Oridorsalis stellatus, Pullenia bulloides, Anomalinoides helicinus, Melonis soldanii, M. padanus, Cibicidoides pseudoungerianus, Heterolepa bellincionii).

Dal punto di vista stratigrafico è fuori discussione l'appartenenza dei 180 m di sequenza in esame alla parte bassa del Pliocene inferiore; lo prova, da sola, la presenza di *Globorotalia margaritae* nel campione proveniente da 40 m di profondità. Se questo elemento assicura l'attribuzione all'omonima zona del livello di provenienza, per la porzione sottostante i dati per una discriminazione tra la Zona a *G. margaritae* e la sottostante Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. sono troppo scarsi. Non rimane quindi che riferire genericamente il tratto di sequenza che si estende fino a 180 m di profondità ad un intervallo comprensivo delle due biozone.

Per quel che concerne il tratto più profondo della successione,

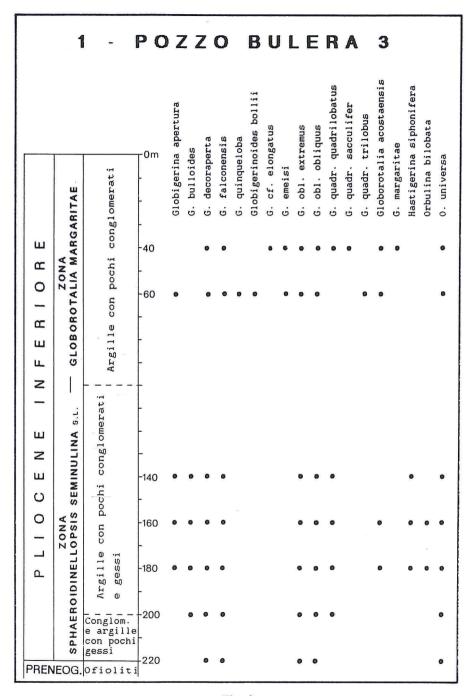


Fig. 3

compreso tra 200 e 220 m, dobbiamo rilevare che i due campioni analizzati, caratterizzati da un'estrema abbondanza della frazione inorganica, contengono rarissimi Foraminiferi marini (bentonici e planctonici), in parte miocenici (tra questi ultimi citiamo Bulimina echinata e Rectuvigerina gaudrynoides), sporadici Foraminiferi bentonici salmastri (Ammonia beccarii tepida), verosimilmente miocenici, nonché alcuni resti di organismi dulciacquicoli di sicura provenienza dalla Serie Lignitifera del Miocene superiore (oogoni di Characeae, opercoli di Bithynia e valve di Ostracodi appartenenti ai generi Bullocypris e Cyprideis). La coesistenza di elementi miocenici a diverso significato ecologico e stratigrafico induce a scartare l'ipotesi che il pacco di conglomerati compreso tra 200 e 220 m di profondità possa rappresentare un residuo di sedimenti messiniani (in tal caso, ovviamente, la presenza di Foraminiferi pliocenici sarebbe da addebitarsi a contaminazione durante le operazioni di perforazione) e ad avallare invece quella di una sua appartenenza al Pliocene inferiore, considerando alloctoni gli elementi più antichi. In tale contesto dobbiamo anche precisare che, a nostro avviso, il contatto con le rocce ofiolitiche è verosimilmente di natura tettonica, anche se il tipo litologico dei sedimenti pliocenici immediatamente soprastanti ben si concilierebbe con quello della base di una trasgressione; le sue associazioni a Foraminiferi, anche se alquanto povere, contengono invece specie (es. Planulina ariminensis, Uvigerina peregrina, Cibicidoides pseudoungerianus, Siphonina reticulata, Bulimina costata e varie forme di Foraminiferi planctonici) certamente non compatibili con un ambiente di tipo costiero.

2 - Sezione Pod. Per Rosso (Fig. 4)

È ubicata a SW di S. Dalmazio, lungo le incisioni di un fosso che, da S del Pod. Per Rosso, discende al torrente Pòssera, scorrendo negli immediati dintorni del podere. È stata campionata per uno spessore di circa 120 m; dal basso verso l'alto essa consta di:

- Argille grigio-azzurre (unità pa di Mazzanti, 1966): affiorano per poco meno di 30 m, ma non si prestano ad una campionatura di dettaglio per l'estesa diffusione di detriti. È stato possibile prelevare solamente due campioni: uno (BEL 161) pressoché sul greto del torrente (nel punto di prelievo sono stati notati ricorrenti Amusium), l'altro (BEL 51) pochi metri sotto la successiva unità dei conglomerati.
 - Conglomerati (unità pc di Mazzanti, 1966): sono ben esposti

2 - SEZ, POD, PER ROSSO	TAXA
	57

in alcune pareti verticali lungo il fosso, purtroppo inaccessibili per la folta copertura boschiva circostante. Se per questa ragione non è possibile la descrizione delle caratteristiche dell'intero intervallo (ne è calcolabile solo lo spessore, risultato di circa 30 m) e l'osservazione diretta del tipo di giacitura sulle sottostanti argille, un piccolo taglio, se pur ubicato poco più a N della sezione e limitato in altezza (circa 3,50 m), ha invece consentito di osservare la parte alta dei conglomerati e il passaggio ai soprastanti calcari. I primi si presentano ad elementi ben elaborati, di prevalente natura calcarea (non mancano clasti di rocce ofiolitiche) e di dimensioni alquanto variabili (fino ad un massimo di 10 cm); la matrice è carbonatica e contiene numerosi fossili, tra cui spiccano, per frequenza e grosse dimensioni, Ostrea e Spondylus. Ricorrenti comunque sono anche altri Lamellibranchi, specialmente Chlamys, Gasteropodi (Turritella, Conus, ecc.) e Brachiopodi (Terebratula). Per aumento progressivo della componente carbonatica e parallela rarefazione dei clasti, si realizza un passaggio graduale, se pur abbastanza rapido, all'unità soprastante.

- Calcari (unità *ps* di Mazzanti, 1966): nell'esiguo affioramento sopra citato, in cui è esposta la loro parte basale per uno spessore di 2,50 m, essi si presentano come calcari detritico-organogeni, di colore giallastro, ben cementati, in strati decimetrici; talora contengono alcuni ciottoli sparsi (quest'ultimi sono più concentrati alla base). Ancora frequenti sono i fossili; oltre a quelli già ricordati per i conglomerati, sono stati osservati Echinidi, Briozoi ed Alghe. Caratteristiche analoghe sono state osservate in alcune pareti esposte in mezzo al soprastante bosco, dove però lo spessore degli strati può raggiungere e talvolta superare il metro; nella parte sommitale, invece, gli strati calcarei divengono molto sabbiosi, più ridotti in spessore ed appaiono alternarsi a strati sabbiosi, progressivamente più frequenti e più spessi verso l'alto. Lo spessore complessivo dell'unità è di poco superiore ai 10 m.
- Argille (unità *pa* di Mazzanti, 1966): sono di colore grigio, spesso siltose o addirittura sabbiose, specie nel tratto inferiore in cui è visibile una fitta alternanza con livelli sabbiosi.

La campionatura, che ha interessato le argille per uno spessore di circa 60 m con il prelievo di 6 campioni (Bel 52-57), è stata arrestata in corrispondenza di una copertura franosa, al bordo sudoccidentale della quale (circa 150 m a S del luogo di prelievo del campione più alto della sezione) si erge una parete costituita da un banco di arenaria giallastra spesso 3-4 m, seguito da un livello di

sabbia argillosa di 40 cm di spessore e ricco di *Pycnodonte*. Al di sopra segue un intervallo di sabbie argillose grigie (nelle quali è stato prelevato il camp. BEL 58) dello spessore di vari metri. In questo affioramento, incluso da Mazzanti (1966) nell'unità *pc*, gli strati presentano forti pendenze verso SW, in netto contrasto rispetto alle argille campionate, le quali immergono verso S, con inclinazione di circa 10°. È evidente quindi un disturbo tettonico tra le argille e la parete di sabbie ed arenarie, confermato del resto anche dalle analisi micropalentologiche (si veda più avanti).

Risultati delle analisi

Le considerazioni analitiche si riferiscono unicamente alla unità argillosa *pa*, in quanto non è stato possibile campionare i conglomerati ed i calcari in esse interposti, vuoi perché i rispettivi affioramenti non erano accessibili, vuoi perché, nei pochi casi favorevoli, le litologie erano tali da non prestarsi allo studio di microfossili isolati.

Dalla tabella riportata in Fig. 4 risulta con immediatezza una differenza assai marcata, dal punto di vista qualitativo e quantitativo, nei contenuti in Foraminiferi planctonici tra le argille sottostanti e quelle soprastanti ai calcari.

Le prime sono infatti caratterizzate da associazioni planctoniche piuttosto scarse come numero di specie e di individui, mentre nelle seconde le tanatocenosi sono in genere più diversificate e con alcuni taxa ad elevata, anche se non costante, frequenza. Fra questi si ricordano soprattutto Globigerina apertura, Globorotalia bononiensis e Globigerinoides elongatus, subordinatamente Globigerina bulloides, G. falconensis, Globorotalia planispira, Globigerinoides obliquus extremus; ricorrenti a più livelli anche Globigerina decoraperta, G. quinqueloba, G. calida praecalida, Globorotalia acostaensis, Globigerinoides quadrilobatus quadrilobatus, Orbulina universa. Quasi sempre rari, e in alcuni casi saltuari, gli altri taxa.

A prescindere dalle considerazioni quantitative, si rimarca la distribuzione discriminante tra i due pacchi argillosi di alcune specie alquanto significative dal punto di vista stratigrafico. Nei due campioni delle argille basali è infatti presente *Globorotalia puncticulata*, un taxon che, in assenza di *G. margaritae*, consente il riconoscimento dell'omonima zona; nei termini dello schema zonale adottato è poi alquanto significativa la mancanza di *G. bononiensis*, in ragione della quale il pacco delle argille sottostanti ai conglomerati può es-

sere attribuito con sicurezza alla Sottozona a *Globigerina apertura* e, pertanto, ad una parte inoltrata, ma non sommitale, del Pliocene inferiore.

Nelle associazioni delle argille superiori è invece assente Globorotalia puncticulata (l'unico esemplare rinvenuto in un campione presenta uno stato di conservazione che non lascia adito a dubbi circa il suo rimaneggiamento) e, praticamente dalla base, compare G. bononiensis, la quale si rinviene con un discreto numero di esemplari fino nel campione stratigraficamente più alto. Essa è accompagnata da altre specie (Globorotalia planispira, Globigerinoides elongatus, G. ruber), insieme alle quali dà luogo ad un'associazione che, per i motivi ripetutamente espressi nella trattazione dell'area di Pomarance (Bossio et Al., 1991a), localmente può essere considerata indicativa della Zona a Globorotalia aemiliana e quindi del Pliocene medio. Del resto il marker zonale è stato rinvenuto, insieme a Globorotalia crassaformis crassaformis, nelle associazioni a Foraminiferi planctonici di tre campioni (BEL 01, BEL 02 e BEL 03) prelevati poco a N del Pod. Per Rosso, nella fascia argilloso-sabbiosa di transizione dai calcari ps alle soprastanti argille pa.

Alla stessa unità biostratigrafica sono riferibili anche i conglomerati e i calcari, in ragione della gradualità nel passaggio dai primi ai secondi e da questi ultimi alle soprastanti argille, palesi espressioni della continuità di sedimentazione tra le tre tipologie litologiche. Del resto la sequenza e la costituzione di questi litotipi sono praticamente identiche a quelle che formano il Pliocene medio della limitrofa area di Pomarance: con le sezioni eseguite in quest'ultima. l'area esaminata nel presente studio è anche accomunata dalle evidenze di un vistoso hiatus tra i conglomerati di base alla successione mediopliocenica e i livelli del Pliocene inferiore. Nella sezione del Pod. Per Rosso l'entità della lacuna abbraccia quasi l'intera Zona a Globorotalia puncticulata ed è più consistente di quella documentata per la vicinissima Sezione del Casino del Bulera (Bossio et Al., 1991a) anche se gli ultimi sedimenti del Pliocene inferiore delle due sezioni rientrano nella stessa biozona. Mentre infatti la Zona a G. puncticulata, nella sequenza in destra del T. Pòssera, è rappresentata unicamente da argille, in quella in sinistra del torrente essa è costituita da peliti cui fanno seguito conglomerati.

La lacuna di cui sopra è altresì documentabile con altre argomentazioni, vuoi di natura paleoambientale, vuoi di carattere geodinamico. Per quel che concerne le prime è evidente che i conglomerati, per tipologia litologica e per contenuto in fossili (si ricorda soprattutto l'abbondanza di grossi *Spondylus* ed *Ostrea*), sono certamente l'espressione sedimentaria di un ambiente marino di tipo costiero e, considerando le litologie successive, in via di approfondimento (nelle argille soprastanti ai calcari le associazioni a Foraminiferi bentonici indicano profondità riconducibili alla parte superiore della zona neritica esterna).

Le argille sottostanti denunciano invece batimetrie più accentuate, verosimilmente prossime a quelle del limite tra la zona neritica interna e quella esterna. Ne sono testimonianza le associazioni a Foraminiferi bentonici, caratterizzate da una più o meno elevata frequenza di Heterolepa bellincionii, Cibicidoides pseudoungerianus, Globobulimina gr. pyrula-ovata, G. affinis, Oridorsalis stellatus, Valvulineria bradyana, Dorothia gibbosa, Pullenia bulloides, Sphaeroidina bulloides, Bigenerina nodosaria, Ammonia beccarii beccarii, Cancris auriculus. Florilus boueanus. È doveroso altresì riconoscere che tali associazioni, confrontate con quelle dei livelli argillosi ancor più sottostanti (v. pozzo Bulera 3), che denotano batimetrie ben più profonde (compatibili con quelle di una parte assai profonda della zona neritica esterna), consentono di prospettare un bacino di sedimentazione in fase di sollevamento, della progressione del quale il livello conglomeratico potrebbe essere interpretato come la logica conseguenza. Pur tuttavia riteniamo del tutto inverosimile che i 2 o 3 m di argille immediatamente sottostanti i conglomerati rappresentino la transizione tra le rispettive tipologie ambientali. Nell'impossibilità di un conforto della visione diretta delle caratteristiche del contatto tra conglomerati e sottostanti argille, la conferma dell'effettiva presenza di una lacuna tra queste due unità proviene da una misura effettuata nei calcari in corrispondenza della sezione (risultati immergere verso S) e dalle analisi micropaleontologiche di una serie di campioni (v. campionatura integrativa) prelevati nella fascia argillosa più meridionale (hanno rivelato età progressivamente più antiche verso S e, di conseguenza, una componente dell'immersione verso N), che evidenziano una sensibile discordanza tra le unità in questione.

3 - Sezione M°. di Pòssera (Fig. 5)

La successione, campionata per uno spessore di circa 25 m, è pressoché interamente esposta poco a S del mulino, lungo la parete che fiancheggia la strada per S. Dalmazio. Dal basso verso l'alto

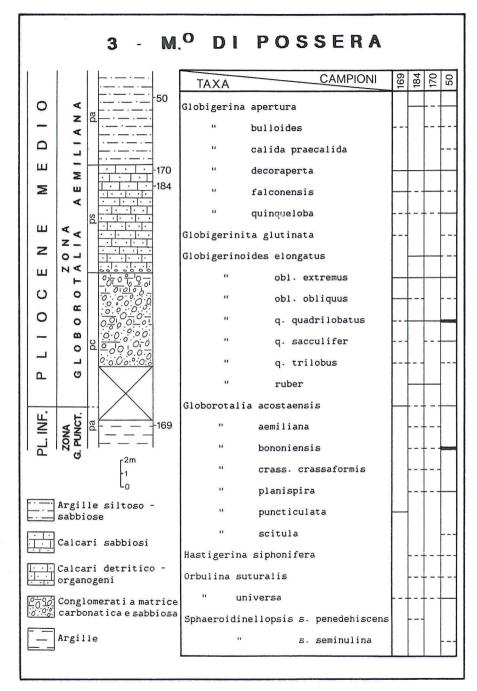


Fig. 5

essa è costituita dai seguenti termini (esposti in ordine progressivo procedendo verso il paese).

- Argille (unità *pa* di Mazzanti, 1966); sono grigio-azzurre, fossilifere e affiorano per pochi metri tra un detrito terrazzato ed un piccolo bosco impostato sui soprastanti conglomerati e calcari. L'unico campione in esse prelevato (BEL 169) proviene dalla zona al limite del bosco e quindi presumibilmente subito sotto il contatto, non direttamente osservabile, con la successiva unità.
- Conglomerati (cartografati insieme con i soprastanti calcari ps); si presentano in strati di spessore variabile, fino ad un massimo di circa 3 m; alcuni livelli sono molto tenaci e a matrice calcarea, altri sono più disgregabili e a matrice sabbiosa, in genere molto più abbondante che nel primo caso. I ciottoli sono quasi esclusivamente calcarei (presenti anche rari elementi ofiolitici), arrotondati e mediamente di 5-6 cm di diametro (non rari comunque anche quelli di circa 10 cm). Ricorrenti i fossili, tra cui prevalgono Ostree di grandi dimensioni: sono stati osservati anche *Chlamys*, *Pinna*, *Glicymeris*, ecc. Lo spessore complessivo è di circa 7 m, anche se non è visibile la loro porzione basale, mascherata dalla copertura boschiva. Per progressivo aumento della componente carbonatica e parallela rarefazione dei clasti, i conglomerati passano gradualmente ai calcari.
- Calcari (unità *ps* di Mazzanti, 1966); sono in prevalenza detritico-organogeni, con ricorrenti piccoli ciottoli nella parte basale; questi ultimi diminuiscono nel numero e nelle dimensioni verso l'alto. Nella parte superiore i calcari divengono dapprima arenacei (ВЕL 184) е poi sabbioso-argillosi (ВЕL 170). Il loro spessore complessivo è di circa 8 m.
- Argille; si tratta della parte inferiore, siltosa, dell'intervallo *pa* di Mazzanti (1966) soprastante il livello calcareo. Il campione BEL 50 è stato prelevato alcuni metri sopra il contatto con quest'ultimo.

Risultati delle analisi

Poiché la sequenza descritta è del tutto paragonabile a quella della vicina Sezione Pod. Per Rosso e analoghe sono le associazioni a Foraminiferi degli intervalli litologicamente equivalenti (e quindi le risultanze di ordine bio-cronostratigrafico e paleoambientale sono le stesse per le due sezioni), ci limitiamo ad un brevissimo cenno sui risultati delle analisi dei campioni raccolti.

— Campione BEL 169: è riferibile alla Zona a Globorotalia punc-

ticulata (Sottozona a *Globigerina apertura*) e pertanto al Pliocene inferiore; dal punto di vista paleoambientale, le associazioni a Foraminiferi bentonici rispecchiano batimetrie compatibili con quelle della zona neritica esterna in prossimità del limite con la zona neritica interna.

- Campioni BEL 170 e BEL 184: sono riferibili alla Zona a Globorotalia aemiliana e quindi al Pliocene medio; oltre al «marker» zonale contengono G. crassaformis crassaformis e G. bononiensis. Le associazioni bentoniche sono costituite soprattutto da taxa ad habitat costiero, alcuni dei quali si presentano con frequenze consistenti (Amphistegina gibbosa, Elphidium crispum, E. complanatum, Protelphidium granosum, Ammonia beccarii beccarii, Baggina gibba, Asterigerinata planorbis, Buccella granulata, Rosalina globularis, Cibicides lobatulus, Reussella spinulosa, ecc.). Non mancano tuttavia alcune specie, rappresentate però da rari individui, a significato batimetrico (e talora stratigrafico) mal conciliabile con quello delle precedenti (es. Uvigerina rutila, Melonis soldanii, Marginulina costata, Anomalinoides helicinus, Planulina ariminensis, Gyroidina soldanii) e pertanto ritenute, almeno in parte, rimaneggiate dai più profondi sedimenti del Pliocene inferiore:
- Campione BEL 50: contiene una ricca associazione a Foraminiferi planctonici in cui spicca per elevata frequenza *Globorotalia bononiensis*; in considerazione anche della posizione stratigrafica del livello di provenienza, essa è di pertinenza della Zona a *Globorotalia aemiliana* e del Pliocene medio. La tanatocenosi bentonica è invece indicativa di profondità non molto discosti da quelle del limite tra la zona neritica interna e quella esterna.

In ultima analisi anche la Sezione M°. di Pòssera mostra una sequenza appartenente al Pliocene medio e ad un contesto deposizionale in via di approfondimento, giacente su termini del Pliocene inferiore e, tenendo conto dei risultati della zona circostante, di un ambiente soggetto invece a progressiva diminuzione batimetrica; è altresì ancora registrabile una consistente lacuna, comprensiva di almeno una buona parte della Zona a *Globorotalia puncticulata*, interposta tra il conglomerato di base della successione mediopliocenica e le sottostanti argille del Pliocene inferiore.

Campionatura integrativa e conclusioni sulla Zona A

Si riportano sinteticamente i dati relativi a due serie di campionature, effettuate l'una a S della Sezione Pod. Per Rosso, nei pressi del Pozzo Bulera 3, l'altra nella zona circostante la Sezione M°. di Pòssera.

La prima è stata eseguita nel tentativo di controllare biostratigraficamente una situazione che, stando alla carta geologica preesistente, si prospettava parzialmente diversa da quella della vicina Sezione Pod. Per Rosso, per la mancanza dell'intervallo calcareo ps. Purtroppo tutto il locale bordo meridionale del bacino neogenico è ricoperto da un'estesa fascia di detriti e di frane, su cui spesso sono impostati dei boschi, che ha impedito di chiarire la reale successione litostratigrafica. A prescindere da alcuni campioni non favorevoli (caratterizzati da faune artificialmente mescolate), la campionatura (BEL 167, BEL 141-144) eseguita in livelli argillosi, a partire dalle pareti a fianco delle alluvioni, ha comunque consentito di accertare, fin oltre l'intervallo conglomeratico riportato sulla carta geologica (del quale non è stato però possibile constatare l'effettiva presenza), l'appartenenza del pacco di sedimenti analizzati alla parte bassa del Pliocene inferiore. Infatti il campione stratigraficamente più basso (BEL 167) è risultato appartenere alla Zona a Sphaeroidinellopsis seminulina s.l., mentre quello più alto (BEL 144) è sicuramente riferibile alla Zona a Globorotalia margaritae, in ottimo accordo con i risultati del vicino Pozzo Bulera 3. Ne consegue pertanto la presenza di una faglia che ha portato a contatto i sedimenti in parola con termini pliocenici più recenti; ciò spiega anche l'interruzione del livello calcareo mediopliocenico. È altresì verosimile che tale disturbo tettonico si ricolleghi a quello evidenziato nelle pagine precedenti, nella zona poco più a S dell'estremità del tracciato della Sezione Pod. Per Rosso. In questo caso le argille della zona a Globorotalia aemiliana vengono a diretto contatto con sedimenti (BEL 58), nel caso specifico prevalentemente arenacei, risultati appartenere alla Sottozona a Globigerina apertura (Zona a Globorotalia puncticulata). Si evidenzia in proposito che una faglia all'interno dei sedimenti pliocenici e con ubicazione pressoché corrispondente a quella prospettata è ipotizzata anche nella sezione geologica n° 8 di Mazzanti (1966).

Alquanto più complessa è risultata la situazione nella seconda zona, interessata da un'intensa tettonica, per il chiarimento della quale è tuttora in corso una revisione del rilevamento di Mazzanti (1966). La campionatura in questa zona era stata consigliata soprattutto dal fatto che su brevi distanze erano state rilevate situazioni ben diverse (l'assenza dei conglomerati sottostanti i calcari, negli affioramenti tra il T. Pòssera e la prima delle due faglie a E del

mulino, e, nella fascia tra queste due ultime, la mancanza sia dei conglomerati sia dei soprastanti calcari, con conseguente contatto diretto tra argille plioceniche e gessi messiniani). In realtà l'indagine in zona e le analisi micropaleontologiche hanno consentito di ravvisare alcune differenze rispetto a quanto riportato in letteratura. Per non oltrepassare però i limiti della presente ricerca, in questa sede ci limitiamo unicamente a riportare, senza commento e in modo sintetico, i risultati ottenuti per i singoli campioni (per la loro ubicazione rispetto alle unità cartografate si rimanda alla Fig. 2).

Campione BEL 168 — Prelevato in argille prive di macrofossili. Il campione, costituito da comuni Ostracodi dulciacquicoli (*Candona* sp.), frequenti vegetali carbonizzati e rari opercoli di *Bithynia*, è riferibile alla Serie Lignitifera miocenica.

Campioni BEL 202 e BEL 203 — Prelevati in argille grigio-azzurre, fossilifere, al limite di un piccolo bosco impostato su calcari ps di Mazzanti (1966) (quest'ultimi sono cartografati in affioramento continuo fino alla prima delle due faglie a E della strada per S. Dalmazio, ma in realtà sono limitati agli immediati dintorni di quest'ultima). Il primo è riferibile alla Zona a G. margaritae, mentre il secondo non contiene elementi cronologicamente significativi (la sua vicinanza al camp. BEL 202 e la spiccata somiglianza microfaunistica con quest'ultimo rendono comunque probabile, anche per esso, lo stesso inquadramento biostratigrafico). Le associazioni a Foraminiferi bentonici dei due campioni indicano profondità nell'ambito della zona neritica esterna.

Campione BEL 186 — Prelevato in una piccola intercalazione a forte componente pelitica di un intervallo costituito da un'alternanza di sottili livelli di conglomerati a matrice calcarea, calcari detritici e argille sabbioso-calcaree. Il contenuto in Foraminiferi è assai simile a quello del campione BEL 50 della Sezione M°. di Pòssera, con conseguente identico significato bio-cronostratigrafico e paleoambientale.

Campioni BEL 185, BEL 187 e BEL 188 — Prelevati in argille grigio-scure, in alcuni casi tettonizzate. Sono tutti riferibili alla Serie lacustre del Miocene superiore; contengono infatti Ostracodi dulciacquicoli (*Candona* sp., *Cyprideis* sp., *Neocyprideis* sp.), talora frequenti talaltra rari, più o meno abbondanti resti vegetali carbonizzati, opercoli di *Bithynia* e oogoni di *Characeae*.

A prescindere dagli aspetti ancora da chiarire e di natura soprattutto cartografica, possiamo concludere che nella fascia imme-

diatamente in destra del T. Pòssera vi sono sufficienti testimonianze per ammettere un quadro evolutivo pliocenico del tutto analogo a quello ricostruito per la limitrofa zona di Pomarance ed articolato in due cicli sedimentari. Una fase tettonica positiva nell'ambito del Pliocene inferiore ha determinato batimetrie decrescenti dalla zona neritica esterna (Zona a Sphaeroidinellopsis seminulina sl. e Zona a Globorotalia margaritae) alla zona neritica interna (Zona a Globorotalia puncticulata; Sottozona a Globigerina apertura), con conseguente emersione e successiva erosione di una parte dei sedimenti del I ciclo (quelli più costieri). Una nuova fase di subsidenza ha avuto inizio nel Pliocene medio (Zona a Globorotalia aemiliana) ed ha innescato un nuovo ciclo sedimentario, la cui base è rappresentata da un livello conglomeratico in matrice carbonatica e in trasgressione sulle argille del Pliocene inferiore. L'ambiente deposizionale, inizialmente caratterizzato da modeste batimetrie e da acque ricche di carbonati, ha subìto un progressivo approfondimento, arrivando a superare di poco i valori del limite tra zona neritica interna e zona neritica esterna.

B - ZONA CIRCOSTANTE S. DALMAZIO

In termini molto generali, si può osservare che la successione stratigrafica pliocenica che occupa, in senso trasversale, la porzione di Graben compresa tra la faglia passante poco a S della Rocca di Sillano e quella, più meridionale, dei pressi del Pod. Selvapiana, è costituita da una potente serie di calcari (unità ps di Mazzanti, 1966), che affiora estesamente a N e a E di S. Dalmazio, dove trasgredisce sulle formazioni alloctone e su alcuni lembi miocenici del rilievo di Sillano. Verso S i calcari passano lateralmente ad argille (unità pa), sulle quali giace una potente successione conglomeratica (unità pc) che chiude la locale sequenza pliocenica.

Per inquadrare in un contesto bio-cronostratigrafico e paleoambientale l'intera sequenza sedimentaria, nell'area sono state eseguite alcune campionature in serie e prelevati numerosi campioni di controllo, specialmente nei calcari; per questi ultimi sono stati inoltre analizzati alcuni «cuttings» di un pozzo eseguito dall'ENEL poco a NE di S. Dalmazio.

4 - I calcari della Zona di S. Dalmazio - Campionatura di superficie e Pozzo S. Dalmazio - 3 (Fig. 6)

Si presentano con ottime esposizioni, soprattutto lungo le pareti

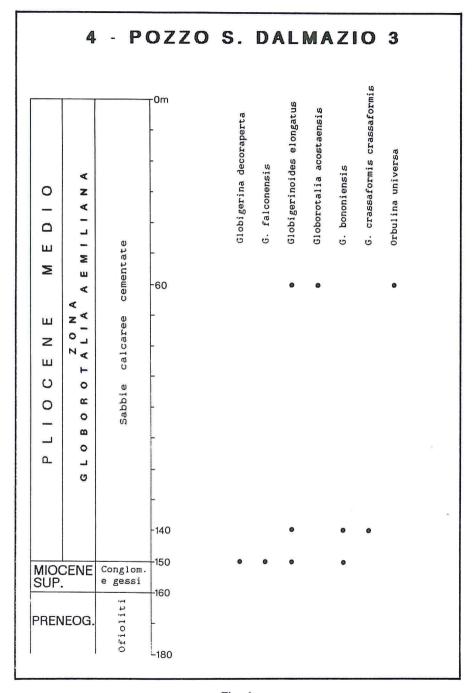


Fig. 6

pressoché verticali che orlano, per alcune decine di metri di altezza, la parte sommitale del fianco occidentale dell'incisione valliva del T. Pavone nella zona sottostante la Pieve. Una veduta panoramica di questi affioramenti, possibile dal fianco opposto della valle, consente di constatare una successione ben stratificata, con livelli di vario spessore e differente consistenza, immergentesi, nel suo insieme, verso SW con debole inclinazione. Il contatto con le rocce ofiolitiche è ben evidente e sale dolcemente in direzione di Sillano.

Osservazioni più ravvicinate delle pareti, purtroppo accessibili solo in alcuni punti e limitatamente alla loro porzione inferiore, mostrano un calcare detritico-organogeno di colore giallastro, ricco di Alghe e di frammenti di Molluschi, con netta prevalenza di strati decimetrici (sporadici quelli di spessore intorno al metro). Alcuni livelli si presentano intensamente bioturbati, con tracce di 2-3 cm di diametro, intersecantesi variamente e spesso in rilievo per diagenesi e alterazione differenziate; alcune di esse hanno un chiaro andamento serpiforme. La base della trasgressione, anche se spesso mascherata dalla copertura boschiva o dal terreno vegetale, almeno nei punti accessibili non è marcata da alcun conglomerato; piccoli ciottoli di ofioliti, fino a 2-3 cm di diametro, sono comunque sparsi nella parte basale dei calcari.

Caratteristiche analoghe sono riscontrabili anche alla estremità settentrionale dell'affioramento, presso il Pod. Barbiana, dove i calcari trasgrediscono su argille lacustri mioceniche. Discontinue e limitate esposizioni dell'unità sono visibili anche lungo alcuni tagli della strada che conduce a Lanciaia, attraversando i calcari in direzione S-N, nonché negli immediati dintorni di S. Dalmazio. Esse mostrano strati di calcare detritico, in genere dello spessore di 10-20 cm, più raramente intorno al mezzo metro o poco più. Alcuni intervalli, spessi anche alcuni metri, sono facilmente disgregabili per la loro più o meno elevata componente argillosa o sabbiosa (alcuni livelli si presentano addirittura come argille sabbiose o sabbie calcaree), mentre altri sono tenacemente cementati. Il colore prevalente è il giallo-arancio.

Un'ottima esposizione è visibile poche centinaia di metri a W di S. Dalmazio, lungo la parete del taglio della strada che conduce al paese. Qui affiora la locale parte superiore dell'unità, costituita da calcari detritico-organogeni giallastri, ben stratificati, ricchi di frammenti di fossili (non mancano, comunque, esemplari integri di Ostrea, Pecten, Chlamys) e, talvolta, di piccoli ciottoli, soprattutto calcarei (ricorrenti, comunque, anche quelli di rocce ofiolitiche). Agli

strati calcarei si interpongono livelli sabbioso-argillosi grigi, fossiliferi, spessi fino a circa 20 cm. Nella parte superiore dell'affioramento gli strati calcarei divengono più sottili, più radi e più sabbiosi; al contrario aumentano di spessore quelli sabbioso-argillosi.

Lo spessore complessivo dell'unità è difficilmente valutabile, in considerazione di ripetute variazioni delle direzioni e immersioni degli strati, almeno in parte verosimilmente dovute a stratificazione incrociata a grande scala (osservata direttamente in affioramenti più orientali); il pozzo ENEL S. Dalmazio 3 ha comunque attraversato i calcari per uno spessore di 150 m.

Le caratteristiche geometriche di questa litofacies e l'impossibilità (per la copertura boschiva e la ripidità di alcune esposizioni) di eseguire una campionatura in serie lungo un tracciato abbracciante l'intero intervallo non hanno consentito di riportare l'ubicazione dei numerosi campioni di superficie in una rappresentazione grafica della sequenza, del resto superflua per l'uniformità litologica. Quest'ultima è risultata evidente anche dall'esame dei «cuttings» del Pozzo S. Dalmazio 3, ubicato pressoché al centro dell'area di affioramento dei calcari, in prossimità della strada per Lanciaia, poco meno di 400 m a E del Pod. Querciareccia. Dalla stratigrafia di «cantiere» risulta infatti che la perforazione ha incontrato «sabbie calcaree cementate» fino a 150 m di profondità, a cui fanno direttamente seguito conglomerati e gessi del Miocene superiore, a loro volta giacenti sopra le Ofioliti con uno spessore di circa 10 m.

Risultati delle analisi

I preparati di tutti i campioni di superficie prelevati nell'unità sono uniformemente caratterizzati da copiosi frantumi di resti organici (specialmente Molluschi, Echinidi, Briozoi, concrezioni carbonatiche vacuolari di origine vegetale) e, in genere, da un elevato numero di Foraminiferi bentonici. I Foraminiferi planctonici, sempre più o meno nettamente subordinati ai bentonici, sono relativamente frequenti nel tratto inferiore della sequenza od anche in quello superiore, ma soltanto nella zona più meridionale (e distale); sono invece rari, in alcuni casi addirittura assenti, in campioni prelevati nella parte basale o nella porzione superiore della parte più prossimale della sequenza (per l'elenco dei taxa determinati, la loro ripartizione e stima quantitativa si rimanda alla Tab. 1).

L'intera sequenza calcarea appartiene indiscutibilmente al Pliocene medio; lo testimonia la presenza, a vari livelli (compresi quelli Tab. 1

CAMPIONATURA	DI SUPERFICIE DEI CALCARI	DI S.	DALMAZIO
TAXA	315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331	330 331 59 60 15 333 16	17 18 19 22 20 21 31 32 33
Globigerina apertura			
" bulloides		1	
" calida praecalida			
" decoraperta			
" falconensis		 	
" quinqueloba			
Globigerinita glutinata			
Globigerinoides elongatus			
" obl. extremus			
" obl. obliquus			-+-+-4
" quadr. quadrilobatus			
" quadr. sacculifer		I	
" quadr. trilobus			
" ruber		1	
Globoquadrina gr. altispira	- 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2		-R-
Globorotalia acostaensis			
" aemiliana			
" bononiensis			
" crass. crassaformis			I
" planispira		1	
" puncticulata	- R R	- R - R	-8-
Hastigerina siphonifera		 	
Orbulina bilobata		1	
" suturalis			
" universa		+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++	
Sphaeroidinellopsis semin. penedehiscens		1	
" seminulina s.l.			

basali e quelli sommitali), di taxa caratteristici della Zona a *Globo-rotalia aemiliana*; oltre al taxon nominale si ricordano anche *Globo-rotalia crassaformis crassaformis*, *G. bononiensis*, *G. planispira*. Una conferma dei risultati ottenuti dalla campionatura di superficie proviene anche dai campioni disponibili per il Pozzo S. Dalmazio 3, se pur costituiti da pochi frammenti del sedimento. Tra i rari Foraminiferi planctonici incontrati si rileva infatti la presenza, che non richiede ulteriore commento, di *G. bononiensis* alla base della sequenza calcarea, e di *G. crassaformis crassaformis* nel campione prelevato 10 m al di sopra di essa.

Le composizioni qualitative e quantitative delle associazioni a Foraminiferi bentonici dell'unità carbonatica denotano un ambiente di sedimentazione contenuto entro i limiti della zona neritica interna, tutt'al più localmente esteso alla porzione superiore della zona neritica esterna nei momenti di maggior approfondimento. I campioni raccolti nella sequenza calcarea dei settori settentrionale e orientale dell'area di affioramento (cioè lungo la fascia più prossimale che borda il contatto con le unità preplioceniche) sono infatti costantemente costituiti, esclusivamente o in assoluta prevalenza, da specie bentoniche tipiche o preferenziali di modeste batimetrie, mentre i planctonici si presentano con un numero di taxa e di individui alquanto ridotto. Tra le prime si ricorda la ricorrente, elevata frequenza di Elphidium crispum, E. complanatum, Cribrononion advenum, Ammonia beccarii beccarii, Cibicides lobatulus, C. refulgens, Asterigerinata planorbis, Amphistegina gibbosa, nonché la presenza, in quantità più limitate, ma talora non trascurabili, di Cancris auriculus, Reussella laevigata, R. spinulosa, Florilus boueanus, Buccella granulata, Asterigerinata mamilla, Rosalina globularis, Mississippina concentrica, Gypsina vescicularis, Protelphidium granosum, Planorbulina mediterranensis, Spiroloculina canalicata.

Nella zona più distale e circostante l'abitato di S. Dalmazio gli spezzoni delle campionature in senso verticale hanno invece rivelato una iniziale tendenza ad un progressivo approfondimento: nelle associazioni a Foraminiferi bentonici, insieme a molte delle forme già citate, compaiono taxa ad habitat più profondo, rappresentati però solo raramente da un numero cospicuo di esemplari. Si ricorda, ad esempio, Cibicidoides pseudoungerianus, C. ungerianus, Heterolepa bellincionii, Gyroidina soldanii, Planulina ariminensis, Melonis soldanii, M. padanus, Anomalinoides helicinus, A. ornatus, Oridorsalis stellatus, Globocassidulina subglobosa, Uvigerina peregrina, U. longistriata, Stilostomella hispida, Trifarina fornasinii, T. bradyi, Bulimi-

na costata, B. subulata, Bolivina apenninica, Lenticulina spp., Marginulina costata, Martinottiella communis, Bigenerina nodosaria, Dorothia gibbosa, Sigmoilopsis coelata. Anche se vi è il dubbio di una almeno parziale alloctonia di queste forme (sintomi di rimaneggiamento si riscontrano anche nel plancton; v. ad esempio la presenza di Globorotalia puncticulata, Globoquadrina gr. altispira), appare evidente che le associazioni, nel loro complesso, inducono a ritenere che le batimetrie possano aver raggiunto valori compatibili anche con la parte più superficiale della zona neritica esterna, in armonia, del resto, con le accresciute quantità degli organismi planctonici. Nelle porzioni sommitali degli spezzoni delle campionature in questione il numero delle specie profonde tende invece a diminuire progressivamente, mentre ritornano preponderanti quelle costiere; questo dato delinea una chiara tendenza regressiva.

In conclusione la zona di S. Dalmazio deve aver costituito la sponda settentrionale di un bacino in subsidenza, per effetto della quale essa è stata interessata da un ciclo marino, iniziatosi e conclusosi entro i limiti del Pliocene medio, ma verosimilmente con diacronia della trasgressione in ragione delle locali fisiografie (le zone più settentrionali e più elevate sarebbero state raggiunte tardivamente).

5 - Sezione Botro alle Fonti (Fig. 7)

La campionatura è stata eseguita, a partire dalle immediate vicinanze del paese di S. Dalmazio, pressoché interamente lungo un sentiero che attraversa la valle del Botro alle Fonti. Lo spessore campionato si aggira sui 215 m ed è rappresentato, per circa 200 m, dall'unità argillosa pa di Mazzanti (1966) e per il resto dai soprastanti conglomerati pc.

Più in particolare, i sedimenti compresi tra la base della sezione e il livello di provenienza del campione BEL 150 sono costituiti da argille grigie fossilifere, talora massicce talaltra in straterelli centimetrici, più o meno siltose, addirittura sabbiose nelle porzioni inferiore e superiore.

Segue un intervallo di 9 m, ben esposto lungo una piccola incisione di un rigagnolo, di transizione all'unità pc; esso consta di un livello a prevalenti sabbie calcareo-organogene, di colore giallo-ocraceo, spesso 1,20 m, con ciottoletti sparsi e sottili intercalazioni argilloso-sabbiose grigie o intercalazioni conglomeratiche (i ciottoli, di prevalente natura calcarea, non superano i 5 cm di diametro).

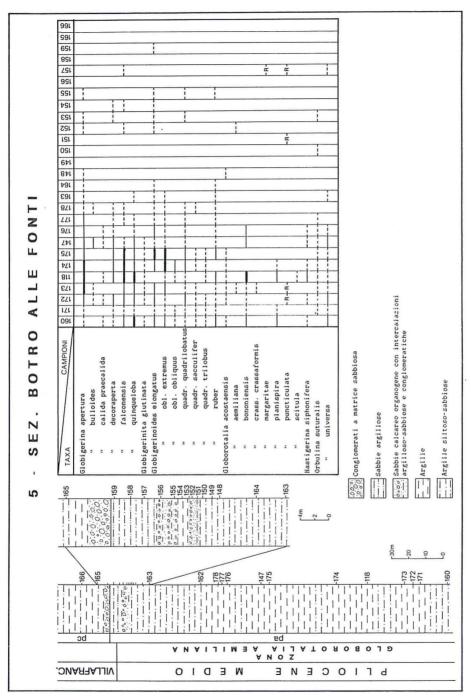


Fig. 7

I fossili sono frequenti, e a volte talmente concentrati da dare luogo a vere e proprie lumachelle; in alcuni orizzonti prevalgono i Cerizi, in altri i Veneridi, accompagnati da ricorrenti Ostrea, Cardium, Pecten, Chlamys, Arca, Cerithium, ecc. Fanno seguito: argille grigio-azzurrognole o giallastre, ricche di vegetali carbonizzati, spesse 0.80 m; una fitta alternanza di sottili livelli conglomeratici, sabbioso-organogeni e argilloso-sabbiosi, con frequenti fossili alla base (Turritella, Natica, Cerithium, Cardium, Ostrea, Glicymeris), dello spessore complessivo di circa 3 m; prevalenti sabbie argillose di colore giallastro e argille sabbiose a tonalità più grigie, che raggiungono uno spessore di circa 4 m.

Si tratta, in sostanza, di un passaggio molto graduale all'unità conglomeratica cartografata da Mazzanti (1966). Tale unità, lungo la sezione, inizia con un banco conglomeratico di alcuni metri di spessore, a elementi in prevalenza calcarei e ben elaborati, di diametro fino a 15 cm (mediamente di 7-8 cm), legati da una frazione sabbiosa. Non vi sono stati notati fossili, i quali sono assenti anche nell'intervallo soprastante, costituito da argille grigie, talora siltose o sabbiose, di colore azzurro tendente al giallastro per alterazione. Queste ultime affiorano, se pur in modo discontinuo, per oltre 25 m; la sezione termina in corrispondenza dell'inizio di una copertura franosa di «Argille scagliose».

Risultati delle analisi

Per quel che concerne i Foraminiferi planctonici, dalla figura allegata, in cui sono riportati i risultati analitici dei 27 campioni raccolti, emerge con evidenza che i due terzi inferiori dell'intervallo argilloso (fino al camp. BEL 176) sono caratterizzati da associazioni relativamente ben diversificate e consistenti. Esse sono in genere dominate da Globigerina apertura, G. falconensis, G. quinqueloba, Globigerinoides elongatus, G. obliquus extremus, e, in alcuni casi, da Globorotalia bononiensis. Comunque possono assumere importanza numerica non trascurabile anche Orbulina universa, Globigerina decoraperta, Globigerinoides quadrilobatus quadrilobatus, G. ruber, Globorotalia planispira.

Nei livelli soprastanti si assiste ad un progressivo e sensibile impoverimento sia nel numero delle specie che in quello degli esemplari (questi ultimi tendono inoltre a diminuire di dimensioni), fino alla completa scomparsa dei Foraminiferi planctonici in prossimità dell'inizio della sedimentazione più grossolana; i pochi esemplari rin-

venuti negli orizzonti superiori sono, come vedremo, da ritenersi sicuramente rimaneggiati.

Contrariamente a quanto operato in precedenza, per questa sezione riteniamo opportuno far precedere le considerazioni di ordine bio- e cronostratigrafico da quelle sull'evoluzione ambientale deducibile per l'intera sequenza.

L'associazione a Foraminiferi bentonici del campione prelevato quasi alla base dell'unità argillosa (camp. BEL 160) contiene un discreto numero di specie che prediligono modeste profondità; tra quelle più frequenti segnaliamo Ammonia beccarii beccarii, Asterigerinata planorbis, Elphidium complanatum, E. crispum, Cibicides lobatulus, C. refulgens, Florilus boueanus. Ricordiamo comunque anche la presenza, se pur in quantità subordinate, di Spiroloculina excavata, Reussella spinulosa, Rosalina globularis, Buccella granulata, Neoconorbina terguemi, Asterigerinata mamilla, Amphistegina gibbosa. Non è improbabile tuttavia che una certa componente di questo «stock» di forme «costiere» sia spiazzata da zone più superficiali, come è dato supporre dallo stato di conservazione di una parte degli esemplari e dalla grande quantità nel campione di frammenti di macroorganismi. Se si tiene conto della frequenza dei Foraminiferi planctonici (quest'ultima, se pur elevata, è inferiore a quella dei bentonici) e della presenza di varie specie ad habitat più profondo (Martinottiella communis, Dorothia gibbosa, Bolivina punctata, Bulimina subulata, B. costata, Globobulimina affinis, Uvigerina peregrina, Valvulineria bradyana, Gyroidina soldanii, Planulina ariminensis, Cibicidoides pseudoungerianus, C. ungerianus, Melonis padanus, Hoeglundina elegans), alcune con un numero non trascurabile di individui, riteniamo non del tutto improbabile un ambiente marino con profondità assai vicine a quelle del limite tra le zone neritica interna ed esterna.

Un ambiente riconducibile alla parte meno profonda della zona neritica esterna è poi desumibile almeno fino al livello di provenienza del camp. BEL 175. Nelle corrispondenti argille di questo intervallo si assiste infatti ad un incremento dei gruppi tipici di ambienti più profondi (Nodosariidi, Buliminidi, Uvigerinidi, Cibicididi, Anomalinidi) e ad una parallela diminuzione di quelli «più superficiali», oltreché ad un aumento quantitativo dei planctonici.

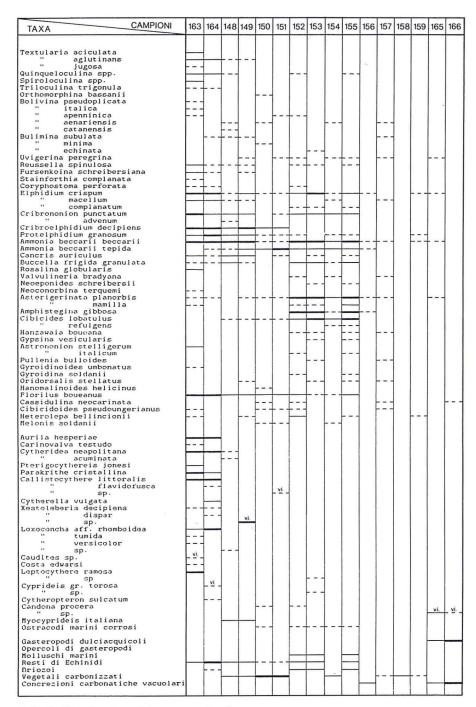
A partire dai campioni BEL 177 e BEL 178 vi è invece una inversione di tendenza nei valori della profondità, che rientrano entro i limiti della zona neritica interna; evidenze in tal senso si riscontrano, oltre che nella sensibile diminuzione dei Foramiferi planctonici,

soprattutto nel considerevole aumento dei Miliolidi (specialmente con il genere Quinqueloculina) e, in particolare, di Ammonia beccarii beccarii, che nel campione BEL 178 si presenta con un numero molto elevato di individui. Se per questi livelli della porzione superiore della sequenza argillosa le associazioni a Foraminiferi nel loro complesso indicano batimetrie riconducibili ancora alla parte più profonda della zona neritica interna, ben diverse sono le indicazioni per il tratto sommitale, a partire dal quale si assiste a rapidi cambiamenti faunistici in conseguenza di marcati mutamenti ambientali (2). In ragione di ciò, questo tratto della sezione è stato campionato in dettaglio; per esso è stata preparata la Tab. 2, dove sono stati riportati i dati relativi ai Foraminiferi bentonici e agli Ostracodi, e dove sono segnalati altri elementi interessanti rilevati nei preparati micropaleontologici. La distribuzione degli elementi più significativi è inoltre riportata nella Fig. 8, dove è evidenziata anche la conseguente interpretazione dell'evoluzione paleoambientale del tratto di sequenza in questione.

L'associazione a Foraminiferi del campione BEL 163 contiene rarissimi e piccoli individui di poche specie planctoniche e frequenti bentonici indicanti un ambiente marino di modesta profondità (si veda, ad esempio, l'elevata frequenza di Elphidium crispum, Cribrononion punctatum, Cribroelphidium decipiens, Ammonia beccarii beccarii, Florilus boueanus, la comune presenza di più specie di Quinqueloculina e Triloculina, e quella di Reussella spinulosa, Elphidium macellum, Protelphidium granosum, Cancris auriculus, Rosalina globularis) in perfetta armonia con i contenuti delle ostracofaune. Un ambiente simile è prospettabile anche per il soprastante campione BEL 164, nel quale tuttavia compaiono alcuni esemplari di Ammonia beccarii tepida e qualche valva immatura di Cyprideis gr. torosa, sintomi evidenti di un abbassamento, anche se leggero, dei valori della salinità. Acque con tali caratteristiche devono essersi mantenute fino alla deposizione del livello da cui proviene il camp. BEL 148, nel quale è peraltro ricorrente Miocyprideis italiana, un taxon tipico delle acque sottosalate. Per il soprastante intervallo, compreso tra i campioni BEL 149 e BEL 156, si può evidenziare:

— la scomparsa di Ostracodi prettamente marini, eccezion fatta per la temporanea permanenza di numerosi esemplari di *Xestole*beris sp. nel campione basale e quella di rari individui di *Callistocy-*

⁽²⁾ Purtroppo mancano i dati relativi all'intervallo compreso tra i campioni BEL 178 e BEL 163; il campione BEL 162 non ha fornito infatti alcun elemento significativo.



Tab. 2 - Distribuzione dei Foraminiferi bentonici e degli Ostracodi nel tratto sommitale della Sezione Botro alle Fonti.

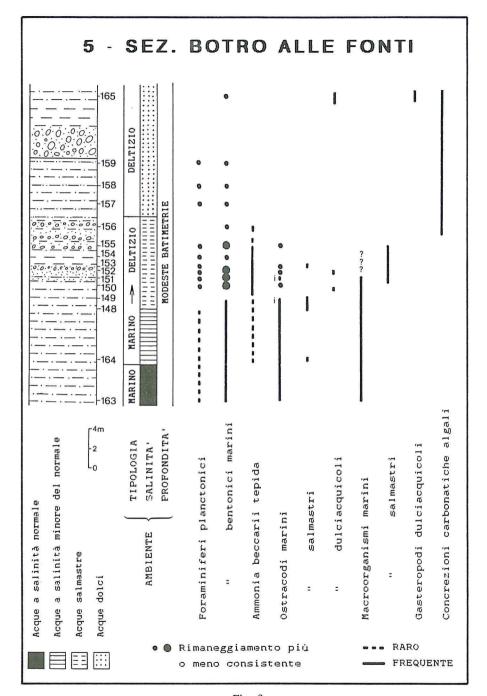


Fig. 8

there sp. poco più in alto e per la presenza di alcuni taxa sicuramente rimaneggiati; la presenza, esclusivamente con valve immature, degli Ostracodi sopra citati (da cui l'indeterminazione a livello specifico) segnala una inequivocabile difficoltà di sopravvivenza di queste forme in un ambiente certamente non favorevole. A persistere, se pur con rari individui, sono invece *Cyprideis* sp. e *Candona procera*; la seconda è tipica delle acque dolci, la prima predilige acque salmastre;

- la scomparsa dei Foraminiferi planctonici; i saltuari esemplari rinvenuti in alcuni livelli non danno adito a dubbi, con il pessimo stato di conservazione dei loro gusci (fra l'altro di normali dimensioni), circa il loro rimaneggiamento. La maggior parte di essi è inoltre concentrata nell'intervallo coperto dai campioni BEL 152-155, dove si presentano i più vistosi fenomeni di rimaneggiamento anche nei Foraminiferi bentonici;
- la progressiva rarefazione dei Foraminiferi bentonici, tranne che nell'intervallo dei campioni BEL 152-155; a una riduzione della diversità specifica si accompagna, comunemente, una sensibile diminuzione nel numero degli esemplari. Una eccezione alquanto significativa è offerta dall'incremento numerico di Ammonia beccarii tepida, un taxon tipico delle acque salmastre. Questo impoverimento faunistico è ancora più evidente se si considera che varie specie (es. Orthomorphina bassanii, Bolivina apenninica, Bulimina minima, Uvigerina peregrina, Cassidulina neocarinata, Cibicidoides pseudoungerianus, Melonis soldanii) presentano un significato ambientale contrastante con il contesto che stiamo delineando e quindi sono, con tutta probabilità, alloctone; del resto, in molti casi, questa interpretazione trova conforto nel pessimo stato di conservazione dei gusci. Nel campione sommitale (BEL 156) quest'ultima caratteristica si presenta con evidenze ancor più marcate ed è estesa a tutti i taxa presenti, con la sola eccezione di Ammonia beccarii tepida.

Un discorso a parte meritano i campioni BEL 152-155, i quali presentano contenuti in apparente contrasto con quanto finora esposto. La frazione organica dei preparati è infatti molto ricca di organismi diversi (Briozoi, Molluschi, Echinidi, ecc.); essi si presentano tuttavia rotti od in frammenti con evidenti segni di elaborazione (anche gli elementi dell'abbondante frazione inorganica sono ben levigati); caratteristiche uguali sono manifestate pure dai frequenti Foraminiferi, le cui associazioni presentano una marcata somiglianza con quelle delle facies carbonatiche esaminate in precedenza (questa analogia è del resto palese anche per il contenuto in macroorganismi). La loro alloctonia è comunque evidente, oltre che per lo stato

dei singoli elementi, per il contrasto nel significato ecologico con i taxa che invece si presentano ottimamente conservati (Ammonia beccarii tepida tra i Foraminiferi e Candona, Cyprideis, Leptocythere tra gli Ostracodi). Tra l'altro anche tra le forme rimaneggiate sussiste una certa eterogeneità dal punto di vista batimetrico e, in qualche caso, cronologico (sono presenti anche elementi messiniani, come Bulimina echinata).

L'insieme delle considerazioni svolte induce a ritenere che l'intervallo compreso tra i campioni BEL 149 e BEL 156 rappresenti l'espressione sedimentaria delle ultime fasi di un bacino marino, le cui acque erano sottoposte a una sensibile e rapida diluizione per consistenti apporti dulcicoli continentali, i quali determinavano la progressiva scomparsa degli elementi marini, consentendo la colonizzazione del bacino solo da parte di alcuni organismi salmastri.

La permanenza di questi ultimi risulta tuttavia alquanto effimera; essi infatti sono completamente assenti nei livelli superiori della sequenza (a partire dal camp. BEL 157), caratterizzati o da soli vegetali carbonizzati o da frequenti concrezioni carbonatiche vacuolari di indubbia origine algale (i saltuari e rarissimi Foraminiferi rinvenuti sono sicuramente non «in situ» e spesso la frammentarietà e/o l'erosione dei loro gusci non consente nemmeno la determinazione a livello specifico). La presenza di questi resti, a cui si associano, nei due campioni più alti, Ostracodi del genere Candona e frequenti Gasteropodi dulciacquicoli, sono la chiara testimonianza del definitivo esaurimento del dominio marino e della sua completa sostituzione da parte di quello continentale.

Per quel che concerne l'inquadramento bio- e cronostratigrafico dell'intera sequenza illustrata, non sussiste alcun problema per il tratto di sezione in cui i Foraminiferi planctonici si mantengono più o meno abbondanti (cioè fino al livello di provenienza del campione BEL 176). Esso è infatti caratterizzato dalla pressoché costante presenza di *Globorotalia bononiensis*, che ne assicura l'attribuzione alla Zona a *G. aemiliana* e quindi al Pliocene medio, anche se il taxon nominale è stato rinvenuto insieme alla altrettanto significativa *G. crassaformis crassaformis* unicamente nel camp. BEL 173 (³). Purtroppo il controllo ambientale sulle associazioni planctoniche della

⁽³⁾ Si ricorda che, nelle sezioni studiate nell'area di Pomarance, le globorotalie del gruppo *G. aemiliana - G. crassaformis* raramente sono state rinvenute in livelli mediopliocenici di facies argillosa, mentre esse sono alquanto ricorrenti in quelli a più o meno abbondante componente carbonatica.

sovrastante porzione sedimentaria non consente l'acquisizione di elementi stratigraficamente significativi. Si ritiene tuttavia di poter attribuire sempre alla stessa unità biostratigrafica quasi tutta la rimanente parte dell'intervallo argilloso (con esclusione del solo breve tratto sommitale di facies prettamente dulcicola), in ragione della già evidenziata eteropia tra l'unità pa e l'unità ps addossata al rilievo di Sillano e da noi già attribuita al Pliocene medio. Un dato interessante è però emerso dai numerosi Foraminiferi rimaneggiati rinvenuti nel campione BEL 152, prelevato in un livello di sabbia calcarea all'interno della facies salmastra di poco precedente l'inizio dell'unità conglomeratica continentale. Già abbiamo evidenziato la stretta somiglianza della «associazione» del campione (che si estende anche al resto della frazione organica del «lavato», nonché alla sua porzione inorganica) con le tanatocenosi che caratterizzano le facies calcaree della parte settentrionale della zona in studio; tale somiglianza è, tra l'altro, rafforzata dalla presenza di Globorotalia aemiliana tra i rimaneggiati. In ragione del fatto che gli scriventi considerano le sabbie calcaree dell'intervallo BEL 152-155 il risultato di una risedimentazione in zone più distali di materiale da poco deposto in quelle più marginali (sui probabili motivi di ciò torneremo più avanti), è evidente che gli esemplari della specie sopra menzionata possono essere considerati penecontemporanei (per la precisione di poco precedenti) alle ultime fasi della sedimentazione argillosa del dominio marino ormai prossimo all'esaurimento, indicando così l'appartenenza anche di quest'ultima alla Zona a Globorotalia aemiliana e perciò al Pliocene medio.

Sicuro conforto a questa interpretazione e alla conseguente attribuzione stratigrafica proviene dal risultato delle analisi nannofloristiche, che prevedono l'inquadramento della porzione inferiore della sequenza argillosa (fino al camp. BEL 174) nella Sottozona a *Coccolithus pelagicus* (Zona a *Discoaster tamalis*) e di quella superiore (campioni BEL 175-150) nella Zona a *Discoaster surculus*, ovvero in due unità biostratigrafiche correlabili, nel loro insieme, alla metà inferiore della Zona a *Globorotalia aemiliana* e quindi del Pliocene medio.

Per quel che concerne i sedimenti prettamente dulcicoli (gli ultimi 3 m delle argille pa e la soprastante unità pc), ricordiamo che essi seguono senza soluzione di continuità quelli marini del Pliocene medio; anche in assenza di documenti paleontologici significativi essi sono quindi riferibili al Villafranchiano inferiore. Ci riserviamo comunque di tornare sull'argomento nel capitolo dedicato alle con-

clusioni generali, soprattutto per «fissare un tetto» a tale inquadramento cronostratigrafico.

6 - Sezione Pod. l'Apparita (Fig. 9)

Si tratta di una sezione composita, con una parte inferiore che comprende il passaggio calcari *ps*-argille *pa* e una superiore, ben più spessa della precedente, costituita dal tratto terminale delle argille *pa*, dalla piccola lente dell'unità *ps* ad esse soprastante e dalla potente formazione conglomeratica *pc* di chiusura del ciclo. La porzione sommitale dei calcari è stata campionata lungo il taglio stradale immediatamente a W del ponte sul T. Pavone, la porzione inferiore delle argille soprastanti è stata campionata un po' più a NW; la campionatura della parte superiore della sezione è stata eseguita pressoché interamente lungo la strada che da Pod. l'Apparita prosegue verso S, fino alla faglia che separa i sedimenti neogenici dalle unità alloctone.

Per quanto riguarda l'unità ps alla base dello spezzone inferiore, essa è costituita da calcari detritico-organogeni, talvolta alquanto grossolani e ricchi di minuti ciottoli di rocce calcaree ed ofiolitiche, in genere del diametro di pochi millimetri, raramente di qualche centimetro; la stratificazione è ben evidente (lo spessore dei singoli strati varia da 10 a 70-80 cm), marcata soprattutto da intercalazioni sabbioso-argillose, o argilloso-sabbiose grigio-giallastre, di spessore variabile da pochi centimetri a circa 20 cm, talvolta ricche di fossili (soprattutto Ostreidi). Nella parte superiore e più occidentale dell'affioramento (separata da quella inferiore da una faglia) i livelli calcarei divengono più radi e più sottili (in genere non superano i 10 cm), mentre aumentano di frequenza e di spessore (raggiungendo anche alcuni metri) gli intervalli a componente sabbiosa e argillosa. Di conseguenza il colore d'insieme, sulle tonalità del giallo nel tratto inferiore, assume una tonalità più grigia. In sostanza si realizza un passaggio graduale dai calcari alle argille, con alternanze dei due litotipi.

Le soprastanti argille dei due spezzoni, quasi totalmente interessate da coltivazioni, affiorano in modo discontinuo e solo in corrispondenza di piccole incisioni operate da rigagnoli: esse si presentano con il solito colore grigio e con una quantità variabile di componente sabbiosa.

Anche la soprastante lente ps, di spessore intorno ai 10 m, offre solo qualche piccola esposizione all'interno della sua copertura bo-

VILLAFRANCHIANO INFERIORE

IL PLIOCENE DI S. DALMAZIO-ANQUA E RADICONDOLI-BELFORTE

6 Fig.

schiva; si tratta in prevalenza di sabbie calcaree giallastre, con qualche livello più calcareo e tenacemente cementato nella porzione inferiore; frequenti i fossili, rappresentati soprattutto da Alghe e Lamellibranchi (Ostrea e Cardium).

Segue un notevole spessore (stimato in circa 200 m) dell'unità conglomeratica pc, la quale forma una blanda sinclinale troncata a S da una faglia. Purtroppo gli affioramenti sono alquanto discontinui; ciò nonostante risulta con evidenza che gli intervalli conglomeratici, di spessore estremamente variabile (da pochi centimetri a qualche metro), sono nettamente subordinati a quelli argillosi e sabbiosi, i quali possono assumere potenze anche di qualche decina di metri. I primi contengono elementi in netta prevalenza calcarei, ben elaborati, eterometrici, senza alcuna classazione e, in genere, con una scarsa matrice di natura sabbioso- microconglomeratica. I ciottoli hanno dimensioni medie che si aggirano sui 5 cm; in alcuni livelli non sono infrequenti ciottoli con oltre 10 cm di diametro; più rari quelli che superano i 20 cm. Le argille sono più o meno siltose e sabbiose, di colore grigio e, in alcuni livelli, con sfumature azzurrognole, giallastre o rossastre; non vi sono stati osservati fossili, eccezion fatta per frequenti Cardium alla loro base (in corrispondenza del campione BEL 179).

Risultati delle analisi

I due campioni prelevati nelle intercalazioni a maggior componente pelitica dei calcari basali si presentano con le caratteristiche delle facies carbonatiche già illustrate. Sono infatti costituiti da un'ingente quantità di frammenti di organismi diversi (Briozoi, Molluschi, Echinidi, Alghe, ecc.), a cui si associano frequenti Foraminiferi con netta prevalenza di quelli bentonici. I planctonici sono comunque piuttosto frequenti e rappresentati soprattutto da globigerine (G. apertura in particolare, con subordinate G. decoraperta, G. quinqueloba e G. falconensis), globigerinoidi (a G. quadrilobatus quadrilobatus, G. elongatus e G. obliquus extremus spettano le frequenze più elevate; possono essere comuni comunque anche G. quadrilobatus trilobus, G. quadrilobatus sacculifer e G. ruber) ed orbuline (con la sola O. universa). Le associazioni bentoniche sono costituite per lo più da taxa che prediligono modeste batimetrie, come ad es. Elphidium crispum, E. complanatum, Ammonia beccarii beccarii, Florilus boueanus, Cibicides refulgens, C. lobatulus, Neoeponides schreibersii, Amphistegina gibbosa, Asterigerinata planorbis, Reussella spinulosa, Planorbulina mediterranensis, Buccella granulata. Nonostante la frequenza elevata di alcuni dei taxa sopra elencati, la presenza, se pur in via nettamente subordinata, di specie ad habitat più profondo (Planulina ariminensis, Hoeglundina elegans, Melonis padanus, Uvigerina longistriata, U. peregrina, Bolivina apenninica, Marginulina costata, Lenticulina spp.) evidenzia che i valori batimetrici tendono a spostarsi verso la parte più profonda della zona neritica interna, in buon accordo con la consistente quantità del plancton.

Profondità di poco maggiori, verosimilmente prossime a quelle del limite fra zona neritica interna ed esterna, sono deducibili per la facies argillosa soprastante i calcari; in essa, nonostante siano ancora più o meno frequenti taxa che prediligono bassi fondali (quali Ammonia beccarii beccarii, Elphidium spp., Cibicides lobatulus, Florilus boueanus, Asterigerinata planorbis), e le quantità di bentonici permangano sensibilmente superiori a quelle dei planctonici si nota infatti un aumento della componente «profonda» delle associazioni bentoniche, specialmente con Uvigerina peregrina, Bulimina subulata, Bolivina aenariensis, Oridorsalis stellatus, Pullenia bulloides, Melonis padanus, M. soldanii, Cibicidoides pseudoungerianus, C. ungerianus e con vari Nodosaridi.

I Foraminiferi planctonici dell'intervallo in questione danno luogo ad associazioni assai simili, dal punto di vista quantitativo e qualitativo, a quelle delle facies calcaree; si rileva soprattutto una diminuzione di alcuni Globigerinoidi e un notevole incremento numerico di *Globorotalia bononiensis*.

Per quel che concerne la parte sommitale delle argille si riscontrano associazioni con contenuti assai simili, e quindi con analogo significato paleoambientale, a quelle del corrispondente intervallo della Sezione Botro alle Fonti. Nel breve tratto campionato è infatti evidente una progressiva diminuzione della profondità del bacino di sedimentazione che, pur sempre contenuta nei limiti della zona neritica interna, da valori più elevati in corrispondenza del livello di provenienza del campione BEL 34, scende a valori piuttosto modesti nella parte sommitale. Infatti mentre nel primo caso, pur essendo largamente rappresentate le forme di tipo costiero, sono ancora discretamente ricorrenti Melonis soldanii, Uvigerina peregrina, Cibicidoides ungerianus, Heterolepa bellincionii, Anomalinoides helicinus, Dorothia gibbosa, nel secondo le specie «profonde» scompaiono pressoché totalmente e le tanatocenosi risultano costituite soprattutto da Ammonia beccarii beccarii, Quinqueloculina e Triloculina spp.. Protelphidium granosum, Cribroelphidium decipiens, Cribrononion punctatum, Elphidium crispum, Florilus boueanus, Cancris auriculus, Buccella granulata, Rosalina globularis, Reussella spinulosa, Asterigerinata planorbis. I planctonici sono costantemente poco rappresentati, addirittura molto rari e di piccole dimensioni nel campione sommitale.

Associazioni indicative di acque molto basse, analoghe a quelle delle argille immediatamente sottostanti, ma con maggiore frequenza di *Protelphidium granosum* e, soprattutto, di *Ammonia beccarii beccarii* e di *Elphidium crispum* (ambedue con una eccezionale quantità di grossi esemplari nella facies carbonatica), si riscontrano anche nell'intercalazione sabbioso-calcarea e per un breve tratto delle argille soprastanti, da cui proviene il campione BEL 179. In questo intervallo i Foraminiferi planctonici sono rappresentati da sporadici individui, tra l'altro di piccole dimensioni, appartenenti ad un numero molto esiguo di taxa.

Con fisionomia completamente diversa appaiono invece i preparati dei campioni prelevati nella soprastante sequenza conglomeraticoargillosa (nei due fianchi della sinclinale), caratterizzati dalla pressoché totale assenza di Foraminiferi (è presente unicamente qualche
raro esemplare rimaneggiato) e dalla quasi costante presenza, spesso in rilevante quantità, di vegetali carbonizzati e, di concrezioni carbonatiche di origine vegetale. La testimonianza più palese di un ambiente dulcicolo è offerta comunque dalle ostracofaune, le quali presentano, a più livelli e talora con numerosi individui, elementi esclusivamente oligoalini (Candona sp., C. cf. neglecta, Iliocypris gibba,
Paralimnocythere cf. rostrata).

Il tratto della sequenza argille sommitali pa- conglomerati pc manifesta, in sostanza, un'evoluzione paleoambientale simile a quella documentata per la porzione superiore della vicina Sezione Botro alle Fonti, anche se nella successione del Pod. l'Apparita non è stato possibile documentare la facies salmastra di transizione dall'ambiente marino a quello continentale. È pertanto logico trasferire al primo il significato bio-cronostratigrafico della seconda e attribuire al Villafranchiano inferiore i sedimenti continentali dell'unità pc e alla Zona a Globorotalia aemiliana (quindi al Pliocene medio) i sottostanti sedimenti marini. La presenza del taxon nominale nelle facies calcaree basali e quella di Globorotalia bononiensis nelle soprastanti argille rendono evidente questa attribuzione stratigrafica. Se le nannoflore confermano appieno questo inquadramento zonale, esse consentono una ulteriore ed interessante precisazione rispetto alla Sezione Botro alle Fonti: mentre infatti in quest'ultima la Sottozona

a Coccolithus pelagicus (Zona a Discoaster tamalis) è stata riscontrata per almeno 65 m di argille (ma potrebbe anche essere alcune decine di metri più spessa: tra l'ultimo campione della Zona a D. tamalis ed il primo della successiva Zona a Discoaster surculus intercorrono 40 m di peliti non campionate), nelle argille della sezione Pod. l'Apparita la sottozona si estende per uno spessore non superiore ai 20 m. Ciò evidenzia una eterocronia della facies calcarea e di quella argillosa ed, in particolare, una diminuzione di spessore di quest'ultima verso E. Tra l'altro è verosimile che nella sezione in parola abbia uno spessore più ridotto anche l'intervallo marino di pertinenza della Zona a Discoaster surculus, ma su ciò, e sulle sue possibili conseguenze di ordine paleogeografico, preferiamo ritornare più avanti, quando saranno considerate sezioni non disturbate da eventi tettonici.

Campionatura integrativa e conclusioni sulla Zona B

Alcuni campioni sparsi sono stati prelevati nella parte superiore delle argille pa e in quella inferiore dell'unità conglomeratica pc per poter controllare in vari punti i risultati acquisiti dalle sezioni. Anche se le relative analisi micropaleontologiche non apportano alcun risultato nuovo rispetto a quanto emerso nelle pagine precedenti, ne diamo qui di seguito una breve documentazione.

Campioni BEL 48 e BEL 49 — provengono dalla porzione superiore della unità argillosa pa, alcune centinaia di metri a NE del Pod. Le Tassinaie. Il campione BEL 48 contiene un'associazione a prevalenti Foraminiferi bentonici (il plancton comunque è comune), indicanti un ambiente marino della parte meno profonda della zona neritica esterna; l'associazione a planctonici contiene frequenti esemplari di Globorotalia bononiensis e quindi, visto il contesto stratigrafico locale, è di indubbia appartenenza alla zona mediopliocenica a Globorotalia aemiliana. Il campione BEL 49, prelevato qualche decina di metri sopra il precedente, presenta una notevole riduzione degli organismi planctonici (che non annoverano specie stratigraficamente significative) ed un benthos caratteristico della zona neritica interna. Esso rappresenta pertanto una tappa in quella evoluzione paleoambientale del Pliocene medio, che abbiamo in precedenza documentato essere caratterizzata da una progressiva diminuzione di profondità fino all'instaurazione di un ambiente con acque salmastre.

Campione BEL 146 — È stato raccolto nella parte superiore delle argille pa affioranti tra le sezioni Botro alle Fonti e Pod. l'Apparita. Per esso valgono considerazioni analoghe a quelle esposte per il campione BEL 49.

Campioni BEL 115, BEL 117, BEL 119 — Provengono dai livelli sommitali dell'unità argillosa pa, da un intervallo di pochi metri sottostante la base dei conglomerati pc. Essi presentano contenuti assai simili e in ottimo accordo con i risultati esposti nelle pagine precedenti. Sono infatti privi di Foraminiferi planctonici o ne contengono solo sporadici e di piccole dimensioni, appartenenti a un numero molto esiguo di taxa. Le associazioni bentoniche sono costituite da forme tipiche di acque pochissimo profonde e, in un caso, a salinità leggermente inferiore al normale (camp. BEL 119, con comune Ammonia beccarii tepida).

Campioni BEL 116, BEL 120 e BEL 122 — Provengono dalla porzione inferiore dei conglomerati *pc*; i rari Ostracodi (*Candona* sp.) e piccoli Gasteropodi a guscio sottile e privo di ornamentazione, rinvenuti in alcuni campioni (gli altri contengono solo vegetali carbonizzati e/o concrezioni carbonatiche algali), ben si allineano con i contenuti delle campionature in serie dell'unità conglomeratica e con l'ambiente dulcicolo per essa evidenziato.

Si precisa infine che anche nella campionatura integrativa non sono mancati casi (es. campione BEL 116) che hanno evidenziato la presenza di alcuni Foraminiferi marini (planctonici e bentonici) chiaramente rimaneggiati dai precedenti livelli pliocenici.

A sintetico riepilogo di quanto emerso per la zona di S. Dalmazio, ricordiamo innanzi tutto che la sequenza sedimentaria pliocenica ivi affiorante è interamente di pertinenza del ciclo sedimentario più recente tra i due individuati nell'area più occidentale, dato che include depositi marini appartenenti alla zona mediopliocenica a Globorotalia aemiliana. Essi si presentano in facies calcarea, di modesta profondità, nella zona a N e a E dell'abitato di S. Dalmazio, dove sono chiaramente trasgressivi (con probabile diacronia della loro base) su unità alloctone e mioceniche e danno luogo ad una unità prossimale potente almeno 150 m. Nella zona a S di S. Dalmazio il bacino era invece caratterizzato da batimetrie maggiori, come è evidenziato dal fatto che in essa i calcari sono quasi per intero sostituiti lateralmente da sedimenti di tipo pelitico. Il regime di subsidenza, che aveva inizialmente caratterizzato l'intera area di S. Dalmazio, nel corso del Pliocene medio è verosimile abbia subìto un arresto nel settore settentrionale, soggetto anzi con tutta probabilità ad un movimento di innalzamento, mentre proseguiva la sua azione in quello più meridionale. Questo basculamento avrebbe prodotto un restringimento dell'area occupata dal dominio marino ed una tendenza ad un suo progressivo interrimento. Ciò nondimeno la velocità della sedimentazione e della subsidenza dovevano essere tali da consentire la deposizione di una potente sequenza sedimentaria, determinata soprattutto da un consistente, anche se periodico, apporto di materiale grossolano da parte di acque continentali che avrebbero dapprima instaurato un regime salmastro e successivamente dulcicolo. Questo evento villafranchiano di chiusura del ciclo marino pliocenico costituisce una ulteriore novità nel quadro dell'evoluzione paleogeografica pliocenica finora delineato a partire dall'area di Pomarance.

C - ZONA TRA IL T. PAVONE E IL F.SO FODERA

Questa zona, in cui includiamo per semplicità di esposizione anche gli affioramenti immediatamente in sinistra del T. Pavone e in destra del F.so Fodera, presenta una successione di termini litologici nel complesso assai simile a quella della zona B, ma con una evidente riduzione verso E dello spessore della facies calcarea *ps* e, ancora più vistosa, di quella argillosa *pa*, che addirittura scompare (almeno come unità cartografabile) nella sua parte più orientale.

7 - Sezione Pod. Ginigatti 1; 8 - Sezione Pod. Ginigatti 2 (Fig. 10)

Sono state campionate due sezioni, comprendenti, nel loro complesso, la porzione sommitale dei calcari *ps*, le argille *pa* e parte dei soprastanti conglomerati *pc*. L'una (Ginigatti 1) è stata effettuata all'incirca lungo il bordo orientale delle alluvioni del T. Pavone, l'altra (Ginigatti 2) a circa 300 m a E delle alluvioni e poco a N del podere. Esse vengono trattate in uno stesso contesto, date la vicinanza e l'identità delle due successioni stratigrafiche.

Per quel che concerne la Sezione Ginigatti 1, la campionatura è stata iniziata a partire dalla parte superiore dell'unità *ps*, la quale localmente si presenta con calcari detritico-organogeni, in strati di spessore (da una decina di centimetri ad oltre mezzo metro) e consistenza variabili; nella porzione sommitale sono presenti intercalazioni sia a maggior componente pelitica che di vere e proprie argille.

Seguono, per uno spessore di poco superiore alla decina di me-

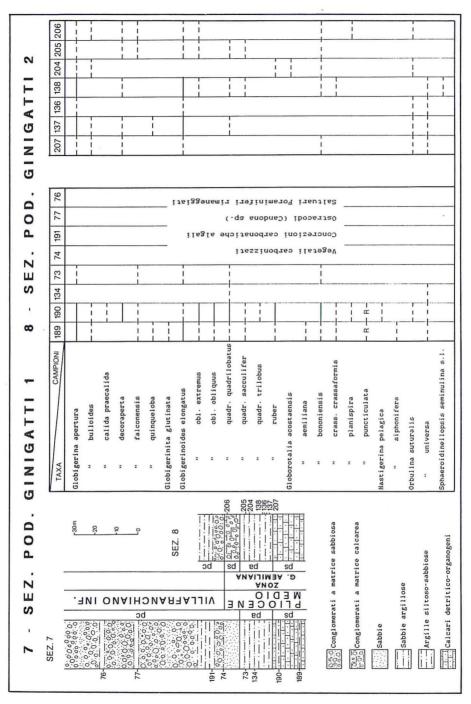


Fig 10

tri, argille siltose grigie che, pochi metri sotto l'inizio della soprastante unità, si arricchiscono nella componente sabbiosa fino a passare a sabbie. Un'ottima esposizione di quest'ultimo tratto (già inserito nell'unità pc da Mazzanti, 1966 e da Lazzarotto e Mazzanti, 1978) ha rivelato un elevato contenuto in fossili (Pinna, Donax, Solenocurtus, Nucula, Anomia, Ostrea, Tellina, Chlamys, Natica, Turritella, Cerithium, Turbo, ecc.). Nella parte sommitale dell'esposizione inizia anche la formazione conglomeratica, purtroppo quasi del tutto mascherata dalla copertura boschiva. Ottimi affioramenti dell'unità si rinvengono comunque poche decine di metri a SW; in pareti esposte all'interno del bosco, alte oltre 10 m, i conglomerati si presentano irregolarmente stratificati, con variazione di spessore dei singoli strati, che può raggiungere vari metri, anche su brevi distanze. I ciottoli sono ben arrotondati, non classati, prevalentemente calcarei (ricorrenti anche quelli di ofioliti) e mediamente con diametro inferiore ai 10 cm. Alcuni livelli sono tenacemente cementati, ma nella maggior parte dei casi i ciottoli sono debolmente legati da una scarsa matrice sabbioso-microconglomeratica. Sono presenti alcune sottili lenti sabbiose o argilloso-sabbiose grigie; del tutto assenti i fossili.

Il resto della formazione conglomeratica è largamente ricoperto da bosco; ciò nondimeno è palese la presenza di ripetute intercalazioni argilloso-siltose, di spessore molto variabile, nella prima delle quali, di potenza non indifferente, è stato prelevato il camp. BEL 191.

Per quanto riguarda la Sez. Ginigatti 2, si deve innanzi tutto precisare che in corrispondenza di essa è stato possibile campionare l'intervallo pa solo nella sua parte superiore, l'unica favorevole a questo scopo. A completamento della campionatura sono stati comunque inseriti nella colonna della sezione anche i campioni BEL 136-138 e BEL 207, prelevati nel tratto basale delle argille esposto poco a N, nei pressi di C. Pietraie. Qui, contrariamente a quanto cartografato, l'unità pa affiora in fascia continua sopra i calcari ps e, nonostante sia interessata da una faglia, si ricongiunge, senza soluzione di continuità e con spessore crescente verso S, al tratto in cui è stata eseguita la sezione.

Alle argille fanno immediatamente seguito i conglomerati pc; non è stata osservata alcuna traccia della lente calcarea interposta, riportata in Mazzanti (1966) e in Lazzarotto e Mazzanti (1978). Si deve tuttavia far presente che localmente la porzione basale dell'unità pc è costituita soprattutto da clasti (in genere non superano 4-5 cm di diametro, rari sono quelli con diametro superiore ai 10 cm) in matrice calcarea ed è riccamente fossilifera (Ostrea, Chlamys, Ve-

nus, Chama, Turritella, Natica, Murex, Vermetus, ecc.). È altresì evidente che questo intervallo non è lentiforme, ma prosegue verso E costantemente sovrapposto alle argille, interrompendosi solo in corrispondenza di una faglia. La copertura boschiva non consente di individuare con esattezza lo spessore del tratto fossilifero; certo è che, dopo un intervallo di qualche decina di metri, compare una consistente intercalazione argillosa che si ricongiunge, verso W, a quella priva di fossili da cui proviene il campione BEL 191 della precedente sezione.

Risultati delle analisi

I due campioni (BEL 189 e BEL 190) della Sezione Ginigatti 1 prelevati nelle intercalazioni più argillose della parte sommitale dell'unità calcarea hanno fornito abbondanti associazioni a Foraminiferi, con netta prevalenza di quelli bentonici. I planctonici sono comunque comuni, specialmente con Globigerinoides elongatus, G. ruber, G. quadrilobatus quadrilobatus, G. obliquus obliquus, G. obliquus extremus, Globigerina apertura, G. decoraperta, Globorotalia bononiensis. Tra i rimanenti taxa, tutti più o meno rari, si segnala in particolare la presenza di Globorotalia aemiliana e di G. crassaformis crassaformis, che assicurano l'appartenenza dell'intervallo campionato alla Zona a G. aemiliana e quindi al Pliocene medio.

Le associazioni a Foraminiferi bentonici, caratterizzate dall'abbondanza di Ammonia beccarii beccarii, Cibicides lobatulus, Asterigerinata planorbis e dalla comune ricorrenza di Amphistegina gibbosa, Elphidium crispum, E. complanatum, Florilus boueanus, Baggina gibba, Cibicides refulgens, indicano profondità comprese nell'ambito della zona neritica interna, anche se le quantità non indifferenti di Foraminiferi planctonici e la presenza di comuni esemplari di Heterolepa bellincionii, Gyroidina soldanii, Hoeglundina elegans, Cibicidoides pseudoungerianus e Uvigerina peregrina tendono a spostare i valori batimetrici verso la parte più profonda di tale zona.

Mentre per il tratto inferiore dell'intervallo argilloso *pa* (camp. BEL 207 e BEL 136-138 della Sezione Ginigatti 2) non si apprezzano sensibili variazioni batimetriche rispetto alla porzione superiore dei calcari, profondità più modeste sono desumibili per la sua parte superiore, in cui le associazioni a Foraminiferi planctonici si impoveriscono notevolmente fino a ridursi a rarissimi esemplari di poche specie, mentre le associazioni bentoniche risultano costituite pressoché esclusivamente da taxa ad habitat costiero. Tra questi spiccano,

per l'eccezionale frequenza e per le notevoli dimensioni, *Elphidium crispum* e *Ammonia beccarii beccarii*; sono comunque frequenti, oltre alle varie specie prima elencate per le facies carbonatico-argillose, anche *Cancris auriculus*, *Protelphidium granosum*, *Cribroelphidium decipiens*, *Cribrononion punctatum*, *Buccella granulata*.

Considerazioni paleoambientali del tutto simili valgono anche per il tratto fossilifero basale dei conglomerati *pc* a matrice calcarea (camp. BEL 206 della Sezione Ginigatti 2), mentre nel resto dell'unità i Foraminiferi scompaiono pressoché totalmente (il pessimo stato di conservazione degli sporadici esemplari rinvenuti in qualche livello non lascia adito a dubbi circa il loro rimaneggiamento). Le caratteristiche dei campioni esaminati sono invece riconducibili a quelle della facies dulcicola già documentata per le sezioni più occidentali. Anche nel caso specifico si rinvengono infatti vegetali carbonizzati in quantità variabile e concrezioni carbonatiche vacuolari, particolarmente frequenti nel camp. BEL 77, in cui sono presenti anche rari Ostracodi dulciacquicoli del genere *Candona*.

Dal punto di vista bio- e cronostratigrafico, l'inquadramento effettuato per la parte sommitale dei calcari trova perfetto riscontro nella presenza di Globorotalia crassaformis crassaformis (oltreché in quella di G. bononiensis e G. planispira) nelle argille pa, la quale consente evidentemente di inquadrare nella Zona a G. aemiliana del Pliocene medio anche i restanti sedimenti marini delle due sezioni. Non rimane quindi che riferire al Villafranchiano inferiore i soprastanti depositi continentali, perché si prospetti un contesto stratigrafico e paleoambientale del tutto analogo a quello espresso per le sezioni in sinistra del T. Pavone, eccezion fatta per la riduzione, in corrispondenza della sequenza del Pod. Ginigatti, dello spessore dell'unità pa e dei suoi valori batimetrici, preludio ad una completa sostituzione verso E da parte della facies calcarea e conglomeraticocarbonatica. Si deve comunque puntualizzare che nella stessa direzione si assiste ad una riduzione anche nella durata complessiva dell'episodio marino. Ciò avviene per due motivi: l'estensione «tempotrasgressiva» verso E del dominio marino (sull'argomento torneremo più avanti) e, nella stessa direzione, l'inizio precoce della fase continentale. A prova di quest'ultima affermazione si rileva che la Zona a Discoaster surculus delle nannoflore, di cui fa parte la sequenza marina immediatamente sottostante quella continentale, nelle sezioni di Pod. Ginigatti è ridotta ad una decina di metri contro i circa 90 m, e forse più, nella Sezione Botro alle Fonti. In altri termini anche la regressione è diacrona, progredendo da E verso

W in tempi via via più recenti (sempre però contenuti nell'ambito del Pliocene medio) e consentendo la progressiva estensione nello stesso senso del dominio dulcicolo, verosimilmente configurabile in un delta in espansione.

9 - Sezione La Colombaia (Fig. 11)

La campionatura è stata eseguita poco a S del podere, lungo la strada S. Dalmazio-Montecastelli, a partire dalla porzione sommitale dell'unità *ps*, costituita da calcari detritico-organogeni tenacemente cementati. Ad essi fa seguito un consistente intervallo (spesso circa 125 m) quasi totalmente nascosto da terreno coltivato; dalla natura di quest'ultimo e dai pochi tagli esistenti lungo il tracciato stradale è comunque evidente che esso è costituito da argille più o meno sabbiose, alle quali si intercalano intervalli di vere e proprie sabbie, addirittura prevalenti nella porzione medio-superiore della sequenza.

La parte sommitale della sezione è invece costituita nuovamente da calcari detritico-organogeni (non cartografati in Lazzarotto e Mazzanti, 1978), su cui è impostato il cimitero di Montecastelli, ben visibili solo nell'antistante taglio stradale.

Risultati delle analisi

I campioni prelevati nella facies calcarea basale e in quella sommitale sono risultati alquanto sfavorevoli per le analisi micropaleontologiche, a causa dell'elevata consistenza del sedimento. Anche se difficilmente riconoscibili, i Foraminiferi sono comunque poco comuni e rappresentati esclusivamente da forme tipiche di acque poco profonde, tra le quali spiccano grossi e ricorrenti esemplari di Amphistegina gibbosa, Elphidium crispum e Ammonia beccarii beccarii, a cui si associano comuni individui di Asterigerinata planorbis. Sembrano completamente assenti i Foraminiferi planctonici.

Alla modesta batimetria indicata dalle facies calcaree iniziale e finale si contrappongono profondità più sensibili per l'intervallo argilloso-sabbioso compreso tra esse, anche se verosimilmente contenute nei limiti della zona neritica interna. Al di là della presenza del plancton (invero mai abbondante), nei pochi campioni disponibili si nota infatti, insieme a taxa di tipo costiero, uno «stock» di specie che prediligono gli ambienti medio-profondi, alcune anche rappresentate da un discreto numero di individui (Cibicidoides pseudoungerianus, Uvigerina peregrina, Melonis padanus, Cassidulina neo-

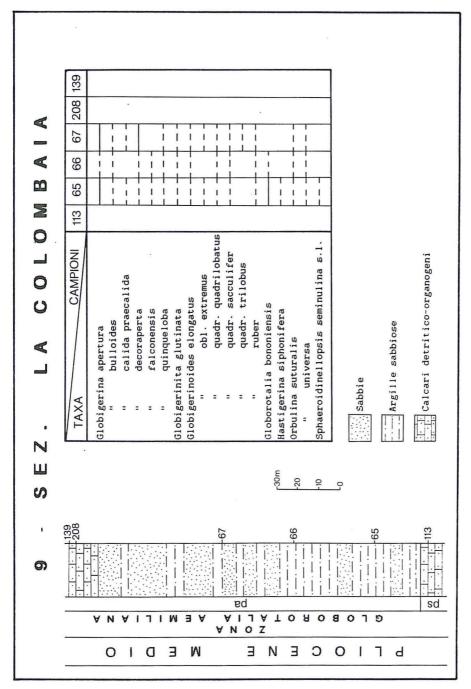


Fig. 11

carinata, Valvulineria bradyana, Dorothia gibbosa, Pullenia bulloides, ecc.). Purtroppo il numero alquanto ridotto dei campioni, oltrettutto concentrati nella metà inferiore dell'unità pa, non consente di delineare nei dettagli le modalità di transizione tra le varie tipologie ambientali, in particolare quelle del passaggio alla facies calcarea sommitale.

Anche i dati per l'inquadramento biostratigrafico della sequenza sono carenti, vuoi per il numero limitato di campioni raccolti, vuoi per l'assenza dei Foraminiferi planctonici in una parte di essi.

È pur tuttavia indiscutibile che l'intera sequenza appartiene alla Zona a *Globorotalia aemiliana* e quindi al Pliocene medio, anche se lo testimonia soltanto la presenza di *Globorotalia bononiensis* in alcuni campioni. Questa conclusione è suffragata dal fatto che nella sequenza sono state riconosciute le equivalenti unità nannofloristiche a *Coccolithus pelagicus* e a *Discoaster surculus*.

10 - Pozzo Montecastelli 1 (Fig. 12)

È ubicato nei pressi di Casetta, poche centinaia di metri a SW del cimitero di Montecastelli. Se esso è alquanto significativo per l'interpretazione della sequenza miocenica, incontrata da 35 a 315 m di profondità, non lo è altrettanto per quella pliocenica, se non per il fatto che indica che essa è costituita da 35 m di «calcare arenaceo». Nonostante il pozzo sia ubicato, rispetto alla carta geologica di Lazzarotto e Mazzanti (1978), alla base delle argille pa, il debole spessore locale di queste ultime è stato completamente asportato dalle operazioni di sbanco per l'installazione del pozzo stesso. L'unico campione disponibile, prelevato a 20 m di profondità, è costituito da frammenti calcarei giallastri, fossiliferi, nei quali però non sono identificabili i Foraminiferi. Pur tuttavia l'appartenenza di questi calcari al Pliocene medio (Zona a Globorotalia aemiliana) deriva indirettamente oltreché dal locale contesto stratigrafico (v. sezioni Ginigatti e La Colombaia), dal contenuto di due campioni (BEL 209 e BEL 210), prelevati nelle soprastanti argille che affiorano nelle immediate vicinanze, nei quali sono stati rinvenuti ricorrenti esemplari di Globorotalia bononiensis.

11 - Sezione F.so Ricavolo (Fig. 13)

È ubicata tra Montecastelli ed Anqua, lungo la strada che conduce a Radicondoli, fiancheggiando, nel tratto iniziale, il Fosso Ricavolo. Interessa la parte sommitale dei calcari *ps* e un tratto della

	10 - POZZO MONTECASTELLI 1											
1	MEDIO	ZONA G. AEMILIANA	Calcare arenaceo	Prammenti calcarei giallastri, fossiliferi -20 (non sono identificabili i Foraminiferi)								
	MIOCENE SUPERIORE	SERIE LACUSTRE ILACUSTRE SERIE MARINA	Argille con sabbie Argille grigie e conglomerati	Microfauna marina a prevalenti Foraminiferi bentonici, tendente alla oligotipia per l'elevata frequenza di <u>Bulimina echinata</u> , 80 Bolivina dilatata e <u>Bolivina dentellata</u> . Mescolanza di taxa salmastri e dulciacquicoli: Ammonia beccarii tepida (c), Cyprideis sp. (P), Bullocypris sp. (R), Loxoconca aff. elliptica (R), Leptocytere sp. (R), Candona sp. (R), cogoni di Chara (R), opercoli di Bithynia. -140 -160 -180 -200 Livelli sterili o con Ostracodi (da R a F) dulciacquicoli (Cyprideis, Bullocypris e opercoli di Bithynia). -240 -260 -280 -300								
F	PRENEOGENE -325											

Fig. 12

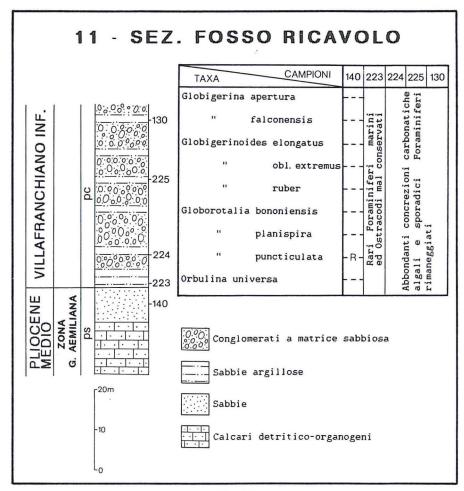


Fig. 13

sovrastante unità conglomeratica pc. La prima unità è costituita dai soliti calcari detritico-organogeni giallastri, localmente molto tenaci e ricchi di Alghe, i quali sono sostituiti, nella loro porzione terminale, da sabbie calcaree riccamente fossilifere (in corrispondenza del campione BEL 140 è stata notata una vera e propria lumachella a prevalenti Ostreidi). L'unità pc, come cartografata da Lazzarotto e Mazzanti (1978), inizia con sabbie debolmente argillose, prive di fossili, a cui segue un'alternanza di questo litotipo con livelli conglomeratici, a elementi molto elaborati, prevalentemente calcarei, e di diametro fino a 15 cm circa.

Lo spessore totale campionato si aggira sui 50 m.

Risultati delle analisi

Il campione BEL 140, prelevato nella parte sommitale dell'unità ps, è l'unico che contiene Foraminiferi sicuramente in posto. In esso sono presenti sporadici Foraminiferi planctonici, appartenenti ad un numero limitato di specie, e frequenti bentonici, per lo più ad habitat preferenzialmente costiero. Tra questi ultimi sono abbondanti Ammonia beccarii beccarii ed Asterigerinata planorbis, mentre sono comuni Buccella granulata, Florilus boueanus, Reussella spinulosa, Cibicides lobatulus, Elphidium complanatum, E. crispum, Protelphidium granosum, Cribroelphidium decipiens, Rosalina globularis; ricordiamo comunque anche la presenza di Amphistegina gibbosa, Asterigerinata mamilla, Neoeponides schreibersii, Cancris auriculus, Planorbulina mediterranensis. Non mancano tuttavia alcune forme più profonde (Uvigerina peregrina, Melonis soldanii, Anomalinoides helicinus, Fursenkoina schreibersiana, Dorothia gibbosa, Valvulineria bradyana, Bolivina apenninica, Cassidulina neocarinata, Cibicidoides pseudoungerianus, le ultime cinque con apprezzabile numero di esemplari), le quali sono indicative di una profondità corrispondente all'intervallo inferiore della zona neritica interna.

Nel campione prelevato nell'intervallo sabbioso-argilloso alla base dell'unità pc sono assenti i Foraminiferi planctonici, mentre i rarissimi Foraminiferi bentonici rinvenuti (Ammonia beccarii beccarii, Amphistegina gibbosa e Cibicides lobatulus) indicano acque marine di modesta profondità. Tuttavia il pessimo stato di conservazione dei gusci, riscontrabile anche nei rari Ostracodi presenti (Bairdia e Aurila), mette in dubbio la loro autoctonia. Se un ambiente dulcicolo non è del tutto da scartare per l'intervallo sabbioso-argilloso di base, esso è sicuramente ipotizzabile per i livelli soprastanti, contenenti pressoché esclusivamente concrezioni calcaree vacuolari, elemento caratterizzante i depositi continentali in precedenza descritti.

Sotto il profilo stratigrafico, anche se la successione non mostra elementi concreti al riguardo, la presenza di *Globorotalia bononiensis* e il quadro bio- e cronostratigrafico desunto per il settore più occidentale sono elementi del tutto plausibili per riferire alla zona a *Globorotalia aemiliana*, e quindi al Pliocene medio, la facies marina della sequenza in parola e al Villafranchiano inferiore i suoi livelli continentali.

Campionatura integrativa e conclusioni sulla Zona C

Prima di illustrare i dati integrativi riteniamo opportuno completare il quadro delle osservazioni di campagna e delle analisi micropaleontologiche sui sedimenti pliocenici affioranti nella parte occidentale della zona in esame, tra La Colombaia e C. Camiciana, rispettivamente all'estremità settentrionale e a quella meridionale del Graben.

Per quel che riguarda la facies calcarea basale, trasgressiva su unità alloctone e mioceniche nella zona a SW di Montecastelli, un tentativo di campionatura è stato effettuato lungo la strada che l'attraversa per intero a E del ponte sul T. Pavone. Nonostante le ottime pareti esposte lungo il taglio stradale, la elevata consistenza dei calcari non ha consentito che il prelievo di due campioni, tra l'altro non significativi dal punto di vista stratigrafico. Mentre infatti nell'uno (BEL 211) i Foraminiferi sono alquanto rari e rappresentati esclusivamente da poche specie bentoniche tipiche di acque di modesta profondità (Asterigerinata planorbis, Ammonia beccarii beccarii, Cibicides refulgens), nell'altro (BEL 62), pur essendo presente un discreto numero di Foraminiferi planctonici, mancano, tra questi ultimi, indicatori zonali. Comunque eventuali indicazioni biostratigrafiche sarebbero state di utilità relativa, in quanto la formazione calcarea risulta interessata da eventi tettonici più di quanto appaia dal rilevamento pubblicato. Si ricorda infatti che all'attività di faglie è da ricollegarsi non solo la piccola placca di sedimenti miocenici riportata in Mazzanti (1966) e in Lazzarotto e Mazzanti (1978) (4), ma anche, più ad W, l'affioramento (non cartografato) di argille mioceniche, in corrispondenza del quale è stato raccolto il campione BEL 61 (contenente un'associazione ad Ostracodi con frequenti Candona, Cyprideis, Bullocypris, Loxoconcha, Tavanicythere, rarissime Ammonia beccarii tepida e piccole Bolivine, nonché sporadici oogoni di Characeae e opercoli di Bithynia), e il repentino e ripetuto cambiamento di immersione degli strati (non mancano strati addirittura

⁽⁴⁾ Si fa presente che questo limitato affioramento è interpretato dagli Autori citati come costituito da evaporiti; in realtà, almeno lungo il taglio stradale, è presente un'alternanza di strati argillosi ed arenacei di facies salmastra (nei camp. BEL 63 e BEL 64 sono state incontrate frequentissime *Cyprideis* sp., in associazione con abbondanti Foraminiferi, rappresentati soprattutto da *Cassidulina prima*, piccole Cassiduline e Bolivine, e, subordinatamente, da *Miliammina fusca* e piccole Bulimine), con contenuti assai simili a quelli degli intervalli di transizione tra la Serie Lignitifera e quella Gessifera.

quasi verticali), sia ad E che a W dell'ubicazione del campione BEL 211. Anche se per poter valutare il locale spessore dell'unità calcarea è necessario individuare e cartografare tali faglie, è comunque evidente che esso è alquanto consistente nella zona a ridosso del substrato e diminuisce verso E (v. Pozzo Montecastelli 1).

Per quanto riguarda i campioni sparsi, prelevati nelle argille pa, già si è accennato al significato bio-cronostratigrafico di BEL 209 e BEL 210, provenienti dalla parte inferiore dell'unità, pochi metri sopra il piano di campagna del Pozzo Montecastelli 1. Analogo significato stratigrafico (Zona a Globorotalia aemiliana) e ambientale (profondità prossime al limite zona neritica interna/zona neritica esterna) è da attribuire anche al campione BEL 69, prelevato in prossimità della faglia a E di La Colombaia. Sono invece da attribuire al Messiniano i campioni BEL 68 e BEL 114 (ubicati rispettivamente a N e a S del Cimitero di Montecastelli); questo dato comporta la necessità di un lieve spostamento della faglia cartografata da Lazza-ROTTO e MAZZANTI (1978) nelle immediate vicinanze. A titolo di informazione si ricorda che il campione BEL 68 contiene una quantità eccezionale di Ostracodi, rappresentati però da un'associazione oligotipica a Cyprideis e Leptocythere, indicativa di acque sottosalate. e che il campione BEL 114 è invece caratterizzato da un'associazione oligotipica a Bulimina echinata, Bolivina dentellata e B. dilatata, tipica di ambienti iperalini. Infine, l'associazione a Foraminiferi planctonici del campione BEL 72, ubicato in argille sabbiose molto fossilifere (Mytilus, Ostrea, Chlamys, Venus, Cardium, Murex, Vermetus, Dentalium, Balanus, ecc.) della parte sommitale dell'unità pa, presenta elementi mediopliocenici, mentre l'associazione a Foraminiferi bentonici indica un ambiente marino contenuto nei limiti della zona neritica interna. Questo riferimento ambientale è in ottimo accordo con l'eccezionale frequenza di Amphistegina gibbosa notata in alcuni blocchi (non esistono esposizioni in posto) di calcari detritico-organogeni facenti parte della piccola lente cartografata presso C. Poggetto, in posizione stratigrafica analoga a quella del livello fossilifero del camp. BEL 72.

Nei pressi di C. Poggetto sono stati prelevati anche due campioni (BEL 70 e BEL 71) nell'unità conglomeratica pc, qualche decina di metri sopra la sua base; essi non contengono Foraminiferi, ma abbondanti concrezioni carbonatiche di origine vegetale, resti di vegetali carbonizzati, qualche oogone di *Characeae* e rari frammenti di Gasteropodi a guscio sottile e liscio, che indicano un ambiente deposizionale in facies dulcicola.

Per quel che riguarda la zona più meridionale, circostante C. Camiciana, sui due fianchi del T. Pavone era segnalata, a contatto per faglia con unità liguridi, una sequenza pliocenica presentante una diretta sovrapposizione dei conglomerati *pc* ai calcari *ps*. Anche se la zona non si presta ad osservazioni e a campionature dettagliate, l'integrazione dei dati di campagna e di laboratorio ha fatto prospettare un quadro parzialmente diverso.

Sui due versanti sono effettivamente presenti calcari troncati a S dalla faglia, ma, in corrispondenza di questa, essi affiorano solo a partire da una trentina di metri sopra la fascia dei depositi alluvionali; la loro base degrada quindi dolcemente scomparendo sotto le alluvioni qualche centinaio di metri più a N. Il pacco di sedimenti interposto tra le alluvioni ed i calcari è costituito invece da argille grigie più o meno sabbiose, contenenti associazioni planctoniche della Zona a Globorotalia puncticulata (Sottozona a Globigerina apertura), mentre quelle bentoniche denotano profondità prossime al limite zona neritica interna/zona neritica esterna. Nella Tab. 3, in cui sono documentate le associazioni a Foraminiferi planctonici del Pliocene inferiore, è incluso anche il campione BEL 196, prelevato presso

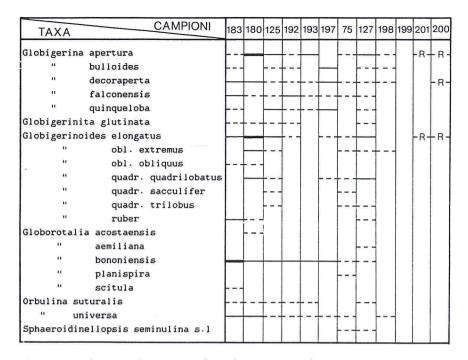
TAXA	CAMPIONI	196	194	124	234	126
Globigerina	apertura					
ii .	bulloides	L			 	
и	decoraperta					
п	falconensis	L				
	quinqueloba	l		-		
Globigerini	ta glutinata					
Globigerino	ides elongatus		L		-	
	obl. extremus		-	L	- 1	
n	obl. obliquus				-	
310	quadr. quadrilobatus				-	
n	quadr. sacculifer				4	
п	quadr. trilobus				4	
Globoquadri	na gr. altispira					
Globorotali	a acostaensis	<u> </u>			-	
	puncticulata			<u> </u>	-	
u	scitula					
Hastigerina	siphonifera	<u> </u>	-			
Orbulina su	turalis	L	-		-	
" un	iversa	<u> </u>			-	
Sphaeroidin	ellopsis seminulina s.l				4	

Tab. 3 - Distribuzione dei Foraminiferi bentonici e degli Ostracodi nel tratto sommitale della Sezione Botro alle Fonti.

C. Camiciana, dove è stato individuato un altro affioramento di argille di questa età, ma in un contesto tettonico probabilmente più complesso.

I due campioni (BEL 123 e BEL 181) prelevati nella parte basale dei calcari, presentano associazioni a Foraminiferi eterogenee dal punto di vista ambientale. A numerose specie tipiche di acque basse sono infatti associate altrettanto numerose forme ad habitat più profondo ed una cospicua quantità di planctonici, tra i quali non è rara Globorotalia puncticulata. Se tra i Foraminiferi non vi sono elementi cronologici in contrasto con la presenza di questo taxon, un sicuro rimaneggiamento di questo (e verosimilmente anche delle specie bentoniche più profonde) è tuttavia reso evidente dalle nannoflore presenti nei due campioni; queste ultime infatti appartengono alla Sottozona a Coccolithus pelagicus (Zona a Discoaster tamalis), una unità del Pliocene medio incompatibile con la ripartizione stratigrafica di G. puncticulata.

I calcari, che hanno uno spessore massimo intorno alla decina di metri, in sinistra del T. Pavone si immergono verso NW, mentre quelli in destra immergono verso NE (se non intervengono complicazioni tettoniche sembrerebbero adagiati sui fianchi opposti di un dosso di argille del Pliocene inferiore, oggi parzialmente smembrato dall'erosione fluviale); in ambedue i casi essi costituiscono l'unità basale di una successione a cui partecipano, a partire dal basso, argille, seguite da argille sabbiose, sabbie ricche in fossili (Ostreidi, Pettinidi, Turritella, Strombus, ecc.) e quindi da un modestissimo spessore di calcari sabbiosi e di arenarie più o meno ciottolose. Sopra questo intervallo, spesso qualche decina di metri, indubbiamente marino e denotante batimetrie progressivamente decrescenti, giace una potente sequenza prevalentemente conglomeratica, la parte basale della quale rivela ancora una facies marina, anche se di acque molto basse (BEL 199); per il resto essa denota un ambiente deposizionale dulcicolo. Infatti nei camp. BEL 200 e BEL 201, prelevati nel suo tratto inferiore, sono presenti gli Ostracodi oligoalini Candona e Candonopsis, insieme a frequenti vegetali carbonizzati, a subordinate concrezioni carbonatiche vacuolari e ad alcuni Foraminiferi marini chiaramente rimaneggiati. In sostanza si tratta di una seguenza sedimentaria di pertinenza del ciclo del Pliocene medio (e la Tab. 4, relativa ai Foraminiferi planctonici dei campioni raccolti, lo attesta con sicurezza) — Villafranchiano inferiore, con caratteristiche analoghe a quelle documentate in altre sezioni in sinistra e in destra del T. Pavone.



Tab. 4 - Distribuzione dei Foraminiferi planctonici in alcuni campioni del Pliocene medio della Zona C.

Per quel che concerne le campionature integrative più orientali, analizziamo prima quelle effettuate lungo il bordo settentrionale del Graben, iniziando dalla zona circostante la Fatt.a Paganina. Qui l'intervallo calcareo ps (ben esposto per qualche decina di metri anche al Pod. Bucignano) è costituito da strati di spessore anche superiore ai 2 m, molto cementati, ricchissimi di Alghe, con sparsi frammenti di Lamellibranchi e piccoli ciottoli arrotondati (raramente superano i 2-3 cm); nella parte superiore i ciottoli possono essere più grandi e maggiormente concentrati, tanto da dare luogo ad intercalazioni conglomeratiche a matrice calcarea. Molto rare sono le intercalazioni con una sensibile componente sabbioso-argillosa; i campioni in esse prelevati (BEL 132 e BEL 133) presentano pressoché esclusivamente frammenti di Alghe calcaree e loro concrezioni.

Al passaggio con la formazione conglomeratica soprastante non sono state notate argille; in corrispondenza del punto di prelievo del campione BEL 220 è invece esposta una parete di 3-4 m di altezza, costituita da sabbie calcaree di color arancio, con debole componente argillosa e rari ciottoletti sparsi; ricorrenti i fossili con *Cardium, Ostrea, Venus, Donax, Natica,* ecc.. Si tratta, in sostanza, di un intervallo analogo, per posizione stratigrafica e per costituzione, a quello segnalato alla sommità dell'unità calcarea della Sez. Fosso Ricavolo; infatti anche il campione BEL 140, proveniente da quest'ultima, presenta contenuti (e quindi significato ambientale) molto simili a quelli del camp. BEL 220. In quest'ultimo sono presenti poche specie e rari individui di Foraminiferi planctonici, mentre l'associazione bentonica, costituita soprattutto da *Ammonia beccarii beccarii* (addirittura eccezionalmente frequente), *Florilus boueanus, Elphidium crispum, Cribroelphidium decipiens, Protelphidium granosum, Cancris auriculus, Buccella granulata, Asterigerinata planorbis, Cibicides lobatulus*, è indicativa di un ambiente marino con acque alquanto basse.

Niente di nuovo rispetto a quanto già conosciuto aggiungono infine i campioni prelevati nella soprastante formazione conglomeratica pc (BEL 219, BE 1 e BE 2), costituiti dagli elementi che caratterizzano il dominio continentale di chiusura del ciclo (Ostracodi con *Candona*, più o meno abbondanti concrezioni carbonatiche vacuolari e vegetali carbonizzati).

Dal Pod. Bucignano gli affioramenti dell'unità calcarea proseguono in fascia continua verso E fin oltre il Podere S. Paolo; si ricorda che ottime esposizioni sono visibili a circa 150 m a NE del Pod. Casetta, in corrispondenza di una parete alta una decina di metri. Qui i calcari si presentano ben cementati, in strati da millimetrici a metrici, talvolta lievemente ondulati alla base; in alcuni punti è osservabile una stratificazione incrociata. Frequenti i fossili, concentrati particolarmente nella fascia mediana della parete, dove sono stati notati *Balanus, Flabellipecten, Chlamys, Ostrea, Brachiopodi, ecc.*; alcuni livelli sono particolarmente ricchi di *Amphistegina*; altri contengono piccoli ciottoli sparsi.

Un campione (BEL 215), prelevato poco sopra il contatto con i sedimenti miocenici, nella zona di Doccia di S. Paolo, ha fornito rarissimi e piccoli Foraminiferi planctonici (rappresentati solo da Globigerina decoraperta, G. apertura e Globigerinoides elongatus) e un'associazione bentonica tipica di acque molto basse. Ne è testimonianza l'eccezionale frequenza di Ammonia beccarii beccarii, cui si accompagna una quantità più o meno consistente di Elphidium crispum, Protelphidium granosum, Cribroelphidium decipiens, Cribrononion punctatum, Aubignyna perlucida, Florilus boueanus, Asteri-

gerinata planorbis, Amphistegina gibbosa, Cibicides lobatulus, Buccella granulata, Cancris auriculus.

Tre campioni (BEL 217, BEL 218 e BEL 221 (5) sono stati invece prelevati nel tratto sommitale dell'unità *ps*, in livelli sabbioso-argillosi caratterizzati da frequenti Ostreidi e Pettinidi; essi hanno rivelato associazioni a rarissimi Foraminiferi planctonici (con sporadica *Globorotalia bononiensis*) e a frequenti bentonici, pressoché identiche a quelle dei campioni BEL 140 e BEL 220 già illustrati, prelevati in posizione stratigrafica analoga, ai quali rimandiamo per il significato ambientale e stratigrafico.

Prima di passare ad illustrare i campioni del bordo meridionale del Graben, ricordiamo che sono stati raccolti anche due campioni (BEL 226 e BEL 227) in livelli più friabili dei calcari esposti lungo le pareti del taglio stradale che fiancheggia il F.so Ricavolo. Le rispettive associazioni a Foraminiferi denotano una batimetria contenuta nei limiti della zona neritica interna, in quanto dominate da Amphistegina gibbosa e Ammonia beccarii beccarii, alle quali si accompagnano ricorrenti Elphidium crispum, Asterigerinata planorbis, Cibicides lobatulus, Buccella granulata, Astrononion stelligerum, e, in quantità subordinate, varie altre specie (Cancris auriculus, Bolivina apenninica, Dorothia gibbosa, Valvulineria bradyana, Melonis soldanii, Uvigerina peregrina, ecc.); molto rari vi appaiono i Foraminiferi planctonici.

Per quel che concerne la fascia meridionale degli affioramenti pliocenici, sono stati effettuati alcuni controlli nella zona circostante il Fosso Petriolo, dove il rilievo pubblicato (Lazzarotto e Maz-

⁽⁵⁾ Si fa presente che il camp. BEL 221 è ubicato alla sommità dell'unità calcarea ps, come risulterebbe dal rilevamento di Lazzarotto e Mazzanti (1978). Proprio lungo il taglio stradale sotto il Pod. Casetta affiora infatti una piccola parete costituita da un'alternanza di sabbie calcaree leggermente argillose e di calcari sabbiosi con frequenti fossili. Si coglie l'occasione per ricordare anche che i camp. BEL 222 e 216, pure ubicati nella fascia di competenza degli affioramenti calcarei secondo i rilievi della carta geologica, sono risultati privi di Foraminiferi ed hanno invece fornito associazioni ad Ostracodi dulcicoli, del Miocene il primo, di un probabile Pliocene il secondo. Il camp. BEL 222, prelevato in argille che affiorano sotto sottili placche calcaree, contiene infatti frequenti Cyprideis gr. torosa e Candonopsis sp., nonché rari esemplari di Amnicythere sp., taxa che caratterizzano la Serie Lignitifera del Miocene superiore. Il camp. BEL 216, proveniente da un livello sabbioso a contatto per la faglia con i calcari pliocenici (è probabile che si tratti della stessa faglia segnalata dagli Autori, la quale andrebbe leggermente spostata verso E), contiene invece, oltre a frequenti Cyprideis sp., abbondanti Candona sp. e Cypria sp., insieme a numerose concrezioni carbonatiche algali e a rari oogoni di Characeae.

ZANTI, 1978) prospettava una situazione analoga a quella cartografata sui due fianchi vallivi del T. Pavone, ma che invece è risultata assai diversa. Per prima cosa si deve precisare che qui non affiorano, a differenza che al T. Pavone, sedimenti a Globorotalia puncticulata, ma unicamente depositi del ciclo mediopliocenico. Questi ultimi, però, non sono solamente in facies carbonatica e conglomeratica (come risulta dal rilevamento), ma assai frequentemente sono anche in facies argillosa. Più precisamente, nella parte settentrionale dell'evidente andamento a sinclinale dell'insieme si hanno soprattutto calcari (immergono verso S e sono ottimamente esposti nella forra che scende a valle da circa 250 m a S del Pod. Qualtra), i quali passano ai soprastanti conglomerati o pressoché direttamente o con l'interposizione di un intervallo argilloso-sabbioso ricco di fossili marini e di spessore crescente verso S. Nella parte meridionale, dove gli strati immergono verso N, prevalgono invece argille e sabbie, mentre molto sporadici sono i livelli calcarei.

Una buona esposizione di parte della serie locale si presenta lungo l'incisione del F.so Petriolo. Qui, a partire dal contatto per faglia con le unità alloctone, sono state osservate delle argille grigio-azzurre con Ostrea, Venus, Cardium, Amusium, Turritella, Aporrhais, Nassa, Natica, Dentalium, ecc. Queste, dopo uno spessore di oltre 10 m, divengono rapidamente sabbiose, fino a passare a sabbie argillose con prevalenti Ostreidi, cui si associano numerosi altri Lamellibranchi, tra cui ricordiamo, Chlamys, Pinna, Mytilus. A questo primo intervallo, dello spessore complessivo di circa 20 m, seguono 5 m di calcari giallastri molto tenaci, grossolanamente detritici, con piccoli ciottoli sparsi, in strati decimetrici, alquanto fossiliferi; al di sopra si ha un'alternanza di sabbie grigie e di sabbie calcaree giallastre, la quale affiora per uno spessore di 7-8 m ed è poi ricoperta da alluvioni.

In sostanza è palese un passaggio laterale tra argille, sabbie e calcari, il quale però non si realizza solo verso N, ma anche verso E. Infatti in sinistra del T. Fodera si osservano notevoli pareti di calcari, mentre le argille e le sabbie sono limitate ad alcune intercalazioni di debole spessore.

I dati biostratigrafici confermano ancora una volta l'appartenenza delle facies sopra indicate al ciclo del Pliocene medio. Tra i campioni raccolti nella fascia argillosa e sabbiosa meridionale del F.so Petriolo, BEL 335 (prelevato nelle argille sabbiose) e BEL 339 (proveniente dai calcari di poco soprastanti) contengono infatti una ricca associazione a Foraminiferi planctonici con frequente *Globorotalia*

bononiensis; nel campione BEL 340, prelevato in un piccolo affioramento calcareo in posizione stratigrafica più alta rispetto ai precedenti campioni, pur scarseggiando i planctonici è addirittura presente *G. aemiliana*. I campioni prelevati nelle intercalazioni argillose dei calcari in sinistra del F.so Fodera non hanno invece fornito elementi utili per un loro inquadramento cronologico.

Dal punto di vista paleoambientale l'insieme dei campioni raccolti (da BEL 334 a BEL 343) rivela profondità riconducibili a quelle della zona neritica esterna (se pur limitata alla sua porzione più superficiale) per i livelli stratigraficamente più bassi e più argillosi, decrescenti a valori contenuti nella zona neritica interna per i livelli più vicini alla formazione conglomeratica di tetto. Per questa ultima, infine, i campioni BEL 128 e BEL 129 (raccolti lungo la cresta del dosso tra i due fossi) denotano ancora una volta l'ambiente continentale già documentato per la formazione pc su tutta l'area finora esaminata.

Per concludere questa rassegna riferiamo brevemente che anche sulla destra del F.so Fodera, dove in precedenza erano segnalati conglomerati pliocenici a diretto contatto con argille lignitifere mioceniche, in realtà è presente sotto ai primi una modesta fascia di calcari, troncata sul lato occidentale da una faglia che pone questi ultimi in contatto con le argille lignitifere. Tale faglia è ben visibile in corrispondenza di una piccola parete da cui provengono i campioni BEL 212, BEL 238 e BEL 239; il primo prelevato da argille mioceniche, gli altri nei calcari pliocenici. Dalle campionature e osservazioni di campagna risulta quindi che la faglia segnalata sulla carta geologica deve essere spostata verso E e fatta passare in prossimità di Pod. Casetta (il camp. BEL 236 prelevato in argille immediatamente ad W di essa contiene ostracofaune di acqua dolce, mentre poche decine di metri più ad oriente si rinvengono grossi blocchi di calcari fossiliferi pliocenici). Si sottolinea infine che i sedimenti ad W della faglia non sono rappresentati da conglomerati pliocenici, bensì da argille, conglomerati e marne calcaree a Bithynia del Miocene superiore (il campione BEL 346, prelevato in un intervallo a lamine e sottili strati di marne, ha fornito, oltre a comuni opercoli del gasteropode dulciacquicolo, ricorrenti oogoni di Characeae ed Ostracodi dei generi Candona e Cyprideis gr. torosa). Ciò è anche confermato dalle analisi di 20 campioni prelevati dalla sequenza sedimentaria incontrata nel Pozzo Tegoni 1, ubicato sulle alluvioni del F.so Fodera a N del Pod. Casetta. Ad eccezione del campione più profondo (205 m), risultato completamente sterile e con caratteristiche litologiche che inducono a ritenere del tutto verosimile la sua appartenenza al substrato preneogenico, tutti i campioni esaminati (fino alla profondità di 195 m) contengono elementi indicativi di un ambiente caratterizzato da acque dolci. In particolare la presenza, spesso consistente, di opercoli di *Bithynia* e di Ostracodi dulciacquicoli (*Cyprideis* gr. torosa e Candona sp.) in numerosi campioni consente di inquadrare la sequenza nell'ambito della Serie Lignitifera, in buon accordo con l'abbondanza di resti vegetali carbonizzati e la presenza, se pur saltuaria, di oogoni di *Characeae*.

In conclusione, la zona compresa tra il T. Pavone ed il F.so Fodera è per intero ricoperta da sedimenti del II ciclo pliocenico, fatta eccezione per una limitata fascia all'estremità sudoccidentale dove, al di sotto dei termini mediopliocenici, affiora un modesto spessore di argille sabbiose della Zona a *Globorotalia puncticulata*. Per le limitate batimetrie che tali argille denunciano, esse dovevano appartenere o ad una zona relativamente prossimale dell'area occupata dal dominio marino del I ciclo o essere l'espressione della fase regressiva dello stesso (in analogia con quanto ricostruito per le zone più occidentali).

Se per l'unità villafranchiana di tetto, dulcicola e prevalentemente conglomeratica, non abbiamo niente da aggiungere rispetto a quanto illustrato per l'area in sinistra del T. Pavone, in confronto a quest'ultima muta, e in misura maggiore verso E, il quadro generale della sottostante sequenza marina della Zona a Globorotalia aemiliana. A palesare le differenze concorre soprattutto la sensibile riduzione di spessore della facies argillosa, che rivela pressoché ovunque profondità minori che nei più potenti affioramenti occidentali. Essa è presente con uno spessore inferiore ai 20 m in tutto il settore occidentale (nella sua parte più settentrionale l'unità pa raggiunge spessori maggiori, ma è in realtà costituita per buona parte da sabbie), ma si estingue rapidamente verso E, permanendo unicamente nella porzione più meridionale (e più profonda) fino alla zona del F.so Petriolo. Se i calcari detritico-organogeni rimangono a costituire costantemente la tipologia sedimentaria più tipica e più consistente della sequenza marina, in sostituzione delle peliti, a quest'ultima partecipano anche altri litotipi, come calcari sabbiosi, sabbie calcaree, sabbie argillose, conglomerati in matrice carbonatica.

Il quadro d'insieme è comunque quello di una successione marina sedimentatasi in un ambiente prossimale, con batimetrie pressoché ovunque contenute nei limiti della zona neritica interna (ma più depresso nel settore sud-occidentale) e di spessore riducentesi verso E. Le analisi delle associazioni a Nannoplancton calcareo offrono evidenze che inducono a ritenere che tale riduzione di spessore è anche l'espressione di una minor durata della fase marina del ciclo mediopliocenico, e che questa è da addebitare ad una diacronia non solo nella trasgressione, ma anche nella regressione.

D - Zona tra il F.so Fodera e il F.so Quarta

Si tratta di un'area alquanto estesa, ricoperta quasi per intero dalla formazione conglomeratica pc, la quale, a prescindere dai contatti di natura tettonica, giace in concordanza su calcari pliocenici nel settore nord-occidentale (e sud-occidentale, secondo quanto già esposto per gli affioramenti immediatamente in destra del F.so Fodera) e trasgredisce direttamente, secondo il rilievo geologico di Lazzarotto e Mazzanti (1978), sui sedimenti preneogenici in alcune zone meridionali, su quelli miocenici lungo gran parte del limite settentrionale ed orientale degli affioramenti.

In considerazione dei dati paleoambientali finora ottenuti per queste unità, già a priori era evidente che questa zona si sarebbe presentata alquanto sfavorevole per uno studio stratigrafico dei sedimenti di superficie. Ad integrazione dei dati su quest'ultimi sono stati perciò analizzati i campioni provenienti da 8 pozzi eseguiti dall'ENEL nella sua parte orientale, i quali hanno attraversato l'intera sequenza neogenica.

Osservazioni sui sedimenti di superficie

Le osservazioni e le campionature sono state indirizzate soprattutto alla ricerca dell'intervallo in facies marina della sequenza locale e quindi concentrate prevalentemente lungo il bordo dove era cartografato il contatto stratigrafico di quest'ultima con le unità preplioceniche.

Nella zona del P.te di Cècina il tratto basale della successione pliocenica, costituito dai calcari *ps*, è estesamente ricoperto da boschi, tanto che non è accessibile alcun punto in cui si possano fare osservazioni di dettaglio sulle sue caratteristiche al contatto con le argille lignitifere (ben esposte in sinistra del F. Cècina) e sulle modalità di transizione ai soprastanti conglomerati. Alcuni limitati e isolati affioramenti hanno permesso comunque di constatare che si

tratta ancora di calcari detritico-organogeni, stratificati (con spessori variabili da pochi decimetri a oltre 2 m), giallastri, fossiliferi (frequenti le Alghe, ricorrenti i Pettinidi e gli Ostreidi; alcuni livelli sono ricchi di *Amphistegina*), del tutto simili a quelli delle zone più occidentali. Lo spessore complessivo, che si aggira intorno ad alcune decine di metri, è alquanto minore rispetto a quello di questi ultimi.

L'unità pc soprastante è esposta in modo pressoché continuo lungo i recenti tagli della strada che fiancheggia il percorso del fiume. Essa è costituita in netta prevalenza da conglomerati in intervalli di spessore alquanto variabile (raramente al di sotto del metro, frequentemente di qualche decina di metri), talora costituiti quasi esclusivamente da elementi minuti (in genere con diametro minore di 5-7 cm) e con qualche ciottolo sparso più grosso, talaltra da elementi prevalentemente grossolani (anche di 30-40 cm). All'interno dei singoli intervalli non vi è traccia di classazione e di stratificazione. I clasti sono quasi esclusivamente di natura calcarea e ben elaborati. La matrice può essere scarsa (specialmente nei livelli a elementi maggiori); più frequentemente è abbondante, ma sempre sabbiosa o microconglomeratica. Il colore generale è giallo-bruno, con sfumature rossastre per alterazione.

Ai conglomerati si interpongono livelli, talora anche di diversi metri, di sabbie brune, spesso con ciottoli sparsi; molto saltuariamente sono presenti sottili livelli argillosi o sabbioso-argillosi grigi. Tutti i campioni (BEL 229-230, BEL 294-297) prelevati in questi ultimi (quello stratigraficamente più basso è ubicato circa 15 m sopra la sommità dei calcari) hanno fornito una frazione organica costituita esclusivamente da quantità variabili di vegetali carbonizzati (solo in un caso sono stati rinvenuti sporadici Foraminiferi in pessimo stato, sicuramente rimaneggiati da sedimenti del Pliocene inferiore). Alcuni livelli sono caratterizzati da abbondanti concrezioni carbonatiche dovute a vegetali, riscontrate in numerosi campioni della facies continentale dulcicola delle zone occidentali.

Nel tratto P.te di Cècina-Pod. S. Andrea (a SW di Montingègnoli) la parte basale della sequenza pliocenica è mascherata da una fascia detritica pressoché continua. Ciononostante è stato possibile constatare che essa è rappresentata ancora da una facies carbonatica, almeno nelle due uniche località in cui è esposta, e precisamente nei pressi di C. Nuova e, più ad E, nelle ripide pareti sul fondo dell'incisione del F.so Riverdello (in quest'ultima località era segnalata una sovrapposizione diretta dei conglomerati pliocenici sui sedimenti miocenici). In ambedue i casi lo spessore è di qualche decina di metri;

nel secondo è presente, tra i calcari e le argille lacustri mioceniche, un conglomerato di trasgressione con matrice calcarea e frequenti fossili, dello spessore di circa 6 m.

Tre campioni (BEL 231-233) prelevati in successione nei calcari di C. Nuova contengono associazioni a Foraminiferi costituite pressoché esclusivamente da bentonici (qualche sporadico planctonico è stato notato solo nel campione intermedio), rappresentati da taxa a habitat costiero (tra i più frequenti ricordiamo Amphigestina gibbosa, Elphidium crispum, Ammonia beccarii beccarii, Asterigerinata planorbis, Cibicides lobatulus). Degna di nota è la comune ricorrenza, nel campione stratigraficamente più alto, della forma salmastra tepida di Ammonia beccarii, preludio all'instaurarsi del dominio continentale.

Quello di F.so Riverdello è l'affioramento più orientale dei calcari pliocenici; già a partire da Pod. S. Andrea al contatto con le unità mioceniche si incontrano infatti conglomerati, ma questi ultimi, contrariamente a quelli soprastanti, presentano una matrice calcarea e contengono fossili marini (essenzialmente Ostreidi). Il sensibile dislivello (di poco inferiore ai 100 m) tra i conglomerati e i calcari al fondo dell'incisione del vicino F.so Ricavolo fa presumere, tenendo presente il carattere litorale di questi ultimi, che la trasgressione abbia raggiunto tardivamente le zone rilevate, nelle quali le acque, ancora ricche di carbonati, avrebbero lasciato depositi prevalentemente clastici.

Oltre che al Pod. S. Andrea, conglomerati fossiliferi in matrice carbonatica sono stati osservati nei pochi affioramenti della piccola placca di Montingègnoli e, più a S, al bivio per il paese. In quest'ultima località, all'inizio della strada che conduce al Pod. Agresto, è stata campionata (BEL 298) una sottile intercalazione argillosa nei conglomerati, che qui si presentano con elementi eterometrici, da pochi centimetri a 15-20 cm di diametro, generalmente arrotondati ed eterogenei nella costituzione, anche se prevalgono quelli calcarei; essa è risultata deposta in ambiente marino di modesta profondità e con acque a salinità sotto i valori medi. L'associazione è infatti completamente priva di organismi planctonici e costituita da frequenti Florilus boueanus, Cibicides lobatulus, Elphidium macellum, a cui si accompagnano, se pur con un numero subordinato di esemplari, altre forme costiere, quali Protelphidium granosum, Elphidium crispum, Ammonia beccarii s.l., Asterigerinata planorbis, Reussella spinulosa. A conferire un carattere leggermente salmastro a questa tanatocenosi è soprattutto la presenza, tra l'altro con ricorrenti esemplari, di *Ammonia beccarii tepida*. Una tendenza verso acque salmastre si deduce anche dall'ostracofauna, in cui alcune forme «sottosalate» (*Loxoconcha elliptica, Cyprideis* gr. *torosa* e *Miocyprideis* sp.), invero rappresentate da rari individui, compaiono in un'associazione prettamente marina, anche se tipica di acque poco profonde (essa è infatti costituita da *Aurila convexa*, molto frequente, *Xestoleberis communis, Mutilus elegantulus, Loxoconcha turbida, Callistocythere pallida, Graptocythere h-scripta, Caudites calceolatus*).

Poco sopra il campione prima citato, i conglomerati a matrice carbonatica sono rapidamente sostituiti da quelli a matrice sabbiosoargillosa; in una intercalazione pelitica di questi ultimi, circa 10 m sopra il campione BEL 298, è stato prelevato il campione BEL 299, risultato appartenere ad un ambiente con acque a debolissima salinità (nel residuo sono infatti presenti comuni concrezioni e sporadici esemplari di Ammonia beccarii tepida, l'unico rappresentante tra i microorganismi). Tutti i campioni raccolti nella sequel za soprastante sono invece privi di Foraminiferi e pressoché costantemente caratterizzati da abbondanti concrezioni vacuolari di origine vegetale. È evidente quindi il loro significato ambientale, tra l'altro confermato da Ostracodi dulciacquicoli (soprattutto Candona) rinvenuti in qualche caso. Del resto la successione continentale si presenta con caratteristiche molto simili a quella descritta in sinistra del F. Cècina. Alcune buone esposizioni lungo il taglio stradale, fin quasi al contatto per faglia con le unità alloctone, mostrano infatti un'alternanza di intervalli conglomeratici e sabbiosi (molto sporadici ed in genere di piccola entità quelli argillosi), anche di notevole potenza. A seconda della quantità della matrice, in genere sabbiosa, i primi possono presentarsi abbastanza compatti o sciolti. Gli elementi, in prevalenza calcarei, sono di norma smussati e di dimensioni fino a circa 50 cm; in alcuni livelli sono mescolati caoticamente clasti di svariate dimensioni, in altri prevalgono nettamente le dimensioni intorno a un certo ordine di grandezza. Il colore d'insieme presenta toni giallo-bruni, ma sono ricorrenti le sfumature rossastre per alterazione.

Gli intervalli sabbiosi, di colore grigio-bruno, presentano spesso ciottoletti sparsi e talvolta sacche ciottolose a piccoli elementi; del tutto assenti i fossili.

In conclusione, nella zona di Montingègnoli-Pod. Agresto vi è l'evidenza di una rapida evoluzione, espressa in poche decine di metri di sedimenti in facies prevalentemente conglomeratica, da un dominio marino ad uno dulcicolo, con l'interposizione di una fase salma-

stra; i conglomerati marini sono contraddistinti macroscopicamente dalla matrice carbonatica e dai ricorrenti fossili marini.

La presenza di un intervallo basale conglomeratico a matrice calcarea del ciclo pliocenico, dello spessore di qualche decina di metri e costantemente caratterizzato da fossili marini, è riscontrabile anche a SE del Pod. Agresto, in corrispondenza di limitrofi affioramenti lungo il sentiero che scende al F.so Quarta e, particolarmente bene, per un buon tratto del taglio della strada principale che fiancheggia il fosso (fino alla confluenza con il Botro Quartuccio). La parete stradale, che nel suo punto più alto supera i 10 m, offre infatti un'ottima esposizione di conglomerati a elementi prevalentemente calcarei (non mancano diaspri, ofioliti, marne, arenarie, eurite), di dimensioni assai variabili (da pochi centimetri a circa 50 cm; i più frequenti hanno comunque un diametro inferiore a 20 cm), generalmente arrotondati o con spigoli smussati. Mancano evidenze di classazione e di stratificazione. La matrice è calcarea, alquanto tenace, quasi sempre di colore bianco sporco. I fossili sono assai diffusi, talvolta concentrati in nidi, spesso in frammenti; prevalgono Ostrea, Chlamys, Alghe calcaree, Serpulidi; presenti anche grossi radioli di Echinidi, Balanus, Cardium, Fissurella, Turritella e altri Gasteropodi.

L'esposizione dei conglomerati termina in corrispondenza del ponticello sul Botro Quartuccio, al di là del quale inizia bruscamente un affioramento di argille più o meno sabbiose che fiancheggia la strada per circa 20 m di lunghezza, seguito ancora da conglomerati per circa 30 m. Alcuni campioni prelevati dai livelli pelitici hanno fornito ostracofaune di acque dolci con frequente *Cyprideis* gr. torosa (camp. BEL 1, BEL 3, BEL 13), o di acque salmastre con *Loxoconcha elliptica, Candona* sp., *Cyprideis* gr. torosa e rarissime *Ammonia beccarii tepida* (camp. BEL 2). È assai probabile che queste argille rappresentino un tratto basale della facies continentale pliocenica e che una faglia sia responsabile dei loro rapporti attuali con i conglomerati marini che ad esse si accostano sul lato occidentale (il contatto brusco tra le due unità si percepisce anche lungo il tratto iniziale del sentiero che dal ponte sale al Pod. il Monte).

I campioni BEL 10-12, che hanno un significato ambientale analogo, sono stati raccolti nella porzione inferiore dell'unità conglomeratica di questa località, ma in livelli stratigraficamente soprastanti a quelli marini prima descritti. Tali livelli affiorano in sinistra del Botro Quartuccio, in corrispondenza di uno scasso eseguito per l'installazione di un pozzo ENEL (i cui campioni non abbiamo avuto

l'opportunità di esaminare). Il taglio, alto circa 15 m, mostra essenzialmente un'alternanza di strati argillosi e sabbiosi, con spessori singoli di 2-3 m, in cui si inseriscono sottili orizzonti conglomeratici. Ostracodi ipoalini (Cyprideis gr. torosa e Candona sp.), Gasteropodi a guscio delicato e privo di ornamentazione, vegetali carbonizzati, concrezioni carbonatiche algali e qualche Foraminifero marino rimaneggiato (Globigerinoides elongatus, G. obliquus obliquus, Globigerina falconensis, Bulimina minima, Cibicidoides pseudoungerianus, Protoelphidium granosum) sono gli elementi caratterizzanti i tre campioni raccolti nella sequenza. Risultati analoghi sono stati ottenuti per altri campioni prelevati più a S nella stessa unità, due dei quali (BEL 8 e BEL 9) ubicati tra il Botro Quartuccio e il Botro Rancia, altri tre (BEL 303-305) tra quest'ultimo e il F.so Quartino. Si fa tuttavia presente che per questa fascia più orientale, ampiamente ricoperta da bosco, non sono state possibili osservazioni sull'intervallo basale dell'unità (almeno come è riportato sulla carta geologica); si è potuto unicamente constatare che si presenta con una facies prevalentemente argillosa. Si tratta comunque di una zona che, anche per i risultati ottenuti dallo studio del Pozzo Radicondoli 23 (si veda più avanti), necessita di ulteriori controlli.

Concludiamo questa rassegna di osservazioni facendo presente che lungo il bordo meridionale degli affioramenti pliocenici il contatto tra questi ultimi e le unità alloctone è di natura tettonica. Anche nelle zone a SW di Anqua e di Elci, dove esso era considerato stratigrafico nel rilievo di Lazzarotto e Mazzanti (1978), presenta infatti caratteristiche tali che lasciano intuire la presenza di una faglia (andamento rettilineo del contatto, frequenza di calcite nelle fessure del substrato, mancanza di livelli marini alla «base» dei conglomerati, nonché l'aspetto di questi ultimi, certamente non identificabile con quelli di base del locale ciclo pliocenico). Si ricorda infine che anche i campioni BEL 3-6, raccolti nell'unità conglomeratica a NE di Anqua, hanno offerto, ancora una volta, chiare indicazioni sulla natura continentale di quest'ultima.

Le sequenze del sottosuolo e conclusioni sulla Zona D

Otto pozzi sono stati perforati dall'ENEL nella zona degli affioramenti conglomeratici compresa tra il F. Cécina e i fossi Quarta e Quartino; per essi non esiste una stratigrafia di dettaglio, ma solo generiche indicazioni fornite dagli operatori di cantiere, dalle quali è possibile evincere, per l'intervallo risultato pliocenico, una sequenza sedimentaria rappresentata costantemente da un'alternanza di conglomerati ed argille. Essa è stata incontrata per spessori molto variabili, compresi tra un minimo di 130 m (Radicondoli 19) ed un massimo di 460 m (Radicondoli 18), su un substrato costituito da unità alloctone nel settore sud-occidentale (Radicondoli 16, 18 e 24), da formazioni mioceniche negli altri casi (Radicondoli 19, 20, 21, 22 e 23) (6).

Nella Fig. 14 sono rappresentati sinteticamente i dati ricavati da numeriosi «cuttings»; le relative interpretazioni sono espresse in legenda. Queste interpretazioni sono state poi estrapolate lungo tre sezioni (Fig. 15), due delle quali a direzione NE-SW (A e B), una a direzione E-W (C). Nel limitare le nostre considerazioni alla sequenza pliocenica (ovviamente non meno interessanti sarebbero le numerose considerazioni di ordine tettonico, stratigrafico, micropaleontologico, paleoambientale e paleogeografico sul substrato prepliocenico, ma esse esulerebbero dal contesto della presente ricerca), sottolineiamo qui di seguito i principali risultati al riguardo.

In tutti i pozzi è stata individuata una facies marina alla base della successione pliocenica, espressa da spessori compresi tra i 40 e i 110 m (al proposito si ricorda che gli spessori debbono essere considerati approssimativi, in relazione alle difficoltà di discriminazione tra elementi in posto, contaminati da livelli soprastanti e rimaneggiati extraformazionali. Tali difficoltà sono abbastanza ricorrenti nello studio dei «cuttings», ma in particolare di quelli delle facies in parola; ovviamente il grado di approssimazione nella valutazione degli spessori è anche in relazione all'entità degli intervalli non campionati entro cui sono stati ubicati i due limiti della facies marina; è possibile che lo spessore ipotizzato si discosti, almeno in

⁽⁶⁾ In realtà nei vicini pozzi 21 e 22, tra la successione pliocenica e quella «lignitifera» miocenica, sono stati incontrati, a quote assai simili e per spessori pressoché uguali, sedimenti di natura calcarea (di aspetto decisamente non paragonabile a quelli neogenici affioranti nella zona), contenenti Foraminiferi planctonici paleogenici in discreto stato di conservazione, talvolta in quantità considerevole; al contrario, solo in qualche caso è stata notata la presenza di Foraminiferi pliocenici con esemplari estremamente rari e in genere frammentari, certamente «contaminati» da livelli soprastanti durante le operazioni di recupero. È del tutto verosimile che questo pacco di sedimenti, probabilmente senza soluzione di continuità da un pozzo all'altro, rappresenti una paleofrana di poco precedente l'inizio della sedimentazione pliocenica, innescata per la stessa causa che ha determinato la trasgressione marina (si ricorda che fenomeni analoghi sono già stati segnalati per altre località del Bacino di Radicondoli da Lazzarotto e Mazzanti, 1978).

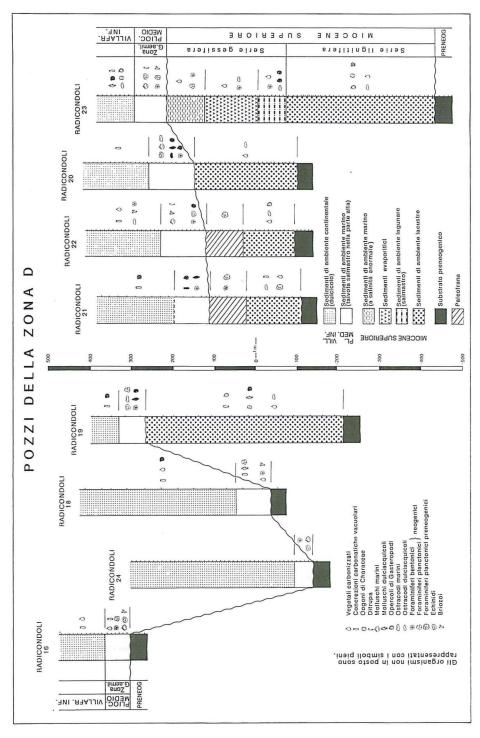


Fig. 14 - I simboli riportati a lato dei pozzi indicano, per ciascun intervallo, il contenuto fossilifero complessivo.

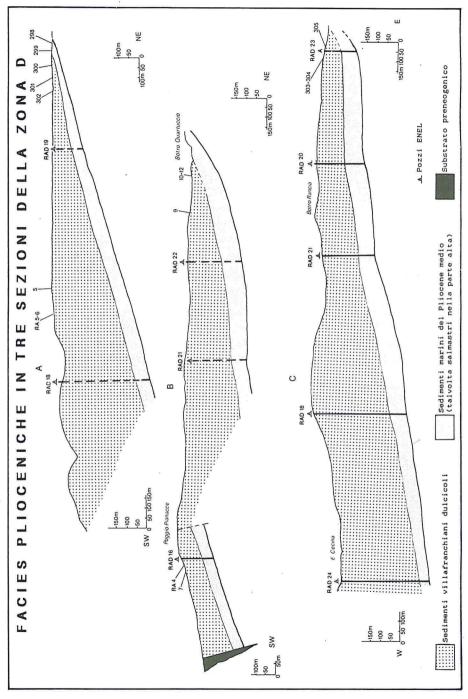


Fig. 15

qualche caso, di alcune decine di metri da quello reale). Dalle Tabb. 5a e 5b, in cui è riportato l'elenco di pressoché tutte le specie di Foraminiferi incontrate con le relative ripartizioni quantitative nei vari campioni, risulta con immediatezza che l'ambiente in cui si depositarono i sedimenti campionati aveva caratteristiche quasi proibitive per i planctonici (ridotti ad un esiguo numero di individui e di specie e limitati ad alcuni campioni; in qualche caso è peraltro sicuro, ad es. per Globorotalia puncticulata, o del tutto verosimile, un loro rimaneggiamento) e, a luoghi, episodicamente sfavorevole anche per quelli bentonici. Con la depurazione degli elementi sicuramente o probabilmente alloctoni (es. Uvigerina rutila, Bolivina placentina, Vaginulinopsis soluta soluta), le associazioni indicano batimetrie costantemente contenute, nello spazio e nel tempo, entro i limiti della zona neritica interna; in alcuni casi esse si avvicinano a quelle del limite con la zona neritica esterna, in altri assumono valori alquanto modesti.

La considerazione più immediata e più ovvia che consegue a quanto sopra esposto è che l'attuale andamento generale della fisiografia del fondo della porzione di bacino pliocenico in studio (v. sezioni geologiche) non rispecchia certamente quello originale; quest'ultimo doveva infatti configurarsi come un bassofondo senza sensibili variazioni batimetriche ed essere stato successivamente interessato da un sistema di faglie post-deposizionali che lo ha portato all'assetto attuale (nella sezione B di Fig. 15 sono state riportate solo due faglie, una sicura e l'altra ipotetica quanto a ubicazione, ma è verosimile che altre ne esistano tra la seconda e il Pozzo Radicondoli 21).

Le ripartizioni qualitative e quantitative in senso verticale delle associazioni a Foraminiferi delle singole sequenze dei pozzi consentono inoltre di desumere, almeno per alcuni di essi (16, 20, 23) e con tutte le cautele del caso, un progressivo aumento di profondità (se pur sempre contenuto nell'ambito della zona neritica interna), ben presto seguito però da una inversione di tendenza. In alcuni casi (es. Pozzi 16, 24, 18, 19, 20) si riscontrano poi, associati fra loro, organismi marini e salmastri (Foraminiferi ed Ostracodi), questi ultimi quasi certamente provenienti da livelli di poco soprastanti; questo dato lascia presupporre la presenza di una transizione graduale nell'evoluzione da un dominio marino ad uno continentale (del resto già documentata nei campioni di superficie). Quest'ultimo, in facies di acque dulcicole, è ampiamente documentato dai contenuti faunistici e floristici delle soprastanti sequenze (oogoni di *Characeae*, vegetali carbonizzati, concrezioni carbonatiche vacuolari, Ga-

Taxa rari	POZZI	1	9	1	8			24					1	6						2	:3			
- I comuni I frequenti	PROFONDITA	80	120	400	440	400	410	420	430	440	115	125	135	145	155	165	95	105	115	125	135	145	155	16
obigerina apertura																			Γ	Г				Γ
" decoraperta		L																						ı
																								ı
" obl. ex	tremus																							
obigerinoides elongat obl. es obl. obl. obl. ob q. quac ruber	irilobatus																					:		ı
" ruber sp.					1																			ı
oborotalia acostaensi bononiensi	S																							
" puncticula bulina suturalis	ta																							١
" universa																-								ı
xtularia soldanii																								l
" candeiana " sagittula															L									ı
" aciculata																								1
generina nodosaria																			1		T -			
gmoilopsis coelata	,																							
gmoilopsis coelata irosigmoilina tenuis iloculina trigonula inqueloculina seminu															L									1
nticulina calcar	lum																							ı
" cultrata " inornata																								ł
ginulinopsis soluta a ilostomella hispida	soluta																							1
														:										ı
andulina laevigata ittulina communis obulina tuberculata shaeroidina bulloides illenia bulloides " quinqueloba																:::								1
haeroidina bulloides																					L			1
" quinqueloba																			i - i					1
llenia bulloides quinqueloba ussella spinulosa laevigata ryphostoma perforata obobulimina affinis "pyrula							l									- 1						- 1		
obobulimina affinis																					L			ı
rsenkoina schreibers:	iana																		L		==			
olivina aenariensis																								
" placentina " dilatata																								
" punctata																								1
" alata																					:			1
" lucana " apenninica																			L					
ppkinsina bononiensis																								1
" subulata " costata														-										
rifarina angulosa " bradyi																		s .						
igerina rutila																								1
" peregrina " pygmaea phidium crispum																								l
" aculeatum		-									-			-			-		-					+-
" macellum														1										
" complanatum otelphidium granosum											_		_	1										1
ribroelphidium decipie ribrononion punctatum " advenum	ens												†											
" advenum lorilus boueanus																								
trononion stelligerum monia beccarii "beccarii tepid	ת																							İ
" beccarii tepid	a .						Ī - ī									1								1
salina globularis																								ϯ.
beccarii tepid bignyna perlucida salina globularis sccella frigida granu dvulineria bradyana	lata																				:			1
incris auriculus iphonina planoconvexa conides repandus coeponides schreibers																								ı
onides repandus											\dashv													
bicidoides pseudounge	erianus										1		- 1			- 1				- 1				
" ungerianu: bicides lobatulus	s	L	L					L						1					L					L
" refulgens	i																							İ
praecinta terigerinata mamilla		L									1		7		7			- 1						
planorb	is	F=:										_								L				
planorb phistegina gibbosa anorbulina mediterra	nensis																							
ssidulina neocarinat	a										-				-									1
inzavaia boueana	_										4													
nnzavaia boueana roidinoides umbonatu: laevigat: roidina soldanii	us										1		- 1	İ	1	:								
rroidina soldanii ridorsalis stellatus lanulina ariminensis nomalinoides helicinu															:=:									1
anulina ariminensis						1	i	1 1				- 1	- 1	- 1		- 1	- 1		1	1				1
nomalinoides belision	c													- 1		- 1								1

Tab. 5a

	Taxa rari	POZZI					20										22								21	
_	n frequenti	PROFONDITA	165	175	185	195	215	225	245	255	265	185	195	205	215	225	235	245	255	265	275	285	190	210	230	250
obigerin	a apertura bulloides																									
::	bulloides decorapert	a																								1 1
	falconensi	a								1																
**	oides elonga	tus xtremus																								
::	obl. o	bliquus																								
	q. qua	xtremus bliquus drilobatus																								1 1
horotal	sp. ia acostaens bononiens	1 =																								ш
"	bononiens	is																								
bulina s	puncticul uturalis	ata																								
" u	niversa																									
xtularia	soldanii																									
	candeiana sagittula																									
	aciculata																									
rothia g	ibbosa nodosaria																-									
rtinotti	ella communi	a																								
irosigmo	ilina tenuis																					1				
iloculin inqueloc	is coelata ilina tenuis a trigonula ulina seminu	lum																		L.,						
nticulin	a calcar cultrata																									
**	inornata																									
ginulino	psis soluta lla hispida	soluta			1																					
andulina	lla hispida laevigata																									
bulina	laevigata communis tuberculata na bulloides ulloides uinqueloba spinulosa laevigata ma perforata ina affinis pyrula				1 8																	i I				
naeroidi	na bulloides			L																					2	
" 9	uinqueloba							District.																		
issella	spinulosa laevigata														L											
ryphosto	ma perforata		ŀ																							
" "	pyrula a schreibers																									
livina a	enariensis	iana						L																		
	enariensis talica																									
9	lacentina																									
p	unctata atanensis																									
" a	lata																									
	ucana penninica							L																		
pkinsina	bononiensis ibba ubulata																									
	ubulata																									-
	ostata angulosa																									ì
,	angulosa bradyi																					1				i
igerina "																										1
" phidium	руджава				1			L	Ĺ												L.,					į
••	aculeatum															1										i
	macellum complanatum															L	1									
otelphid	complanatum lium granosum idium decipi	1																								
i brononi	on punctatum	ens																								!
	adverium							L																	1	İ
trononic	comeanus in stelligeru iccarii iccarii tepid perlucida globularis rigida granu ia bradyana iriculus	io.				-		[]		T														[]		ì
" be	ccarii tepid	la			L				1:																	
bignyna	perlucida									1																
ccella f	rigida granu	ilata																								1
lvuliner ncris au	ia bradyana riculus																3									,
phonina	planoconvexa	i																								1
peponide	planoconvexa epandus s schreibers	:11		İ																						
oicidoic	les pseudoung ungeriand	gerianus					1		1																	
oicides	lobatulus	-			1																			1-1		
terolepa	lobatulus refulgens bellincioni praecinta nata mamilla planort na gibbosa na mediterra a neocarinat oides bradyi bousana	i																						~		
reri -eri	praecinta	arc N																								:
rerigeri	planort	is														L										
phistegi	na gibbosa	nensie														i								1		
ssidulir	a neocarinat	a																								1
					1																					1
roidinoi	des umbonatu	IS	h																							1
roidina	soldanii s stellatus	us						Γ	1																	i
idorsali	s stellatus ariminensis des helicinu																									
	cmerienses																									
omalinoi lonis so	des helicinu	ıs			1																	1				1

steropodi dulciacquicoli, Ostracodi con Candona negleta, Candona sp., Iliocypris gibba, Iliocypris sp., Cyprideis gr. torosa).

Il consistente spessore della successione continentale, che nei pozzi 18 e 24 è di poco inferiore ai 400 m, è ancora una volta la chiara testimonianza che essa, sicuramente espressione di un ambiente di modesta profondità (ne sono evidenze, ad es., le ostracofaune e gli oogoni di Characeae), si è deposta in regime di persistente subsidenza e di più o meno costante equilibrio tra la velocità di quest'ultima e quella di sedimentazione. Se variazioni nell'entità della prima sono intervenute, è probabile che, per un giuoco di causa ed effetto, parallele variazioni abbiano interessato la seconda. In questo contesto è anche verosimile che l'evoluzione batimetrica riscontrata nel corso dell'episodio marino (iniziale approfondimento e successiva diminuzione della colonna d'acqua) non sia necessariamente da addebitarsi ad una inversione dei movimenti del fondo; in un costante regime di subsidenza (che ha determinato l'iniziale approfondimento) il locale bacino, verosimilmente non più alimentato dalle acque marine, subiva un iniziale interrimento e una progressiva diluizione da parte delle acque continentali.

Le nostre ricerche sulla zona D consentono di concludere che tutti i sedimenti pliocenici in essa compresi, sia quelli affioranti sia quelli incontrati con le perforazioni, sono l'espressione di un unico ciclo sedimentario, di cui ovviamente i sedimenti marini basali rappresentano lo sviluppo mediopliocenico e quelli continentali costituiscono la chiusura villafranchiana. L'ovvietà della conclusione non è dettata tanto dal reperimento di elementi bio-cronostratigrafici particolarmente significativi (alla loro generale assenza, del resto plausibile in un contesto ambientale come quello delineato, fa eccezione la presenza di Globorotalia bononiensis in un campione derivante da un cutting), quanto dalla identità di tipo e di evoluzione delle lito- e biofacies con le zone più occidentali, con le quali non vi è peraltro soluzione di continuità negli affioramenti. Rispetto a queste è semmai palese una ulteriore e sensibile riduzione verso E dello spessore dell'espressione sedimentaria marina e quindi (a maggior ragione se si considera che essa è di natura prevalentemente conglomeratica nella sua porzione più orientale) della durata del relativo episodio, già messa in relazione con una diacronia dell'inizio della facies marina e di quella dulcicola (la trasgressione marina avrebbe raggiunto tardivamente le zone orientali dove la fase continentale, e quindi la regressione marina, sarebbe stata precoce). È pur vero che tali sfasamenti debbono essersi verificati anche su scala locale; infatti va da sé che localmente, a seconda della fisiografia del bacino, il proseguimento della subsidenza ha determinato uno sfasamento locale nei tempi di sommersione delle zone emerse. Ciò è stato più volte documentato per la fase marina, ma è altrettanto ben immaginabile per quella dulcicola, specialmente in ragione dei consistenti spessori lasciati da quest'ultima nella zona in parola (evidenze del caso sono state riscontrate anche nella vicina area di Chiusdino; Bossio *et Al.*, 1991b); in una situazione paleogeografica come quella delineata (un bacino marino di modesta profondità e in via di estinzione), il perdurare della subsidenza e la costante alimentazione da parte delle acque dolci devono senz'altro aver condotto il conseguente dominio acquatico a debordare dai suoi limiti originari e a «trasgredire», in tempi diversi, direttamente su aree in precedenza più elevate.

E - Affioramenti isolati del Bacino di Radicondoli-Belforte

In questo bacino sono stati cartografati da Lazzarotto e Mazzarotti (1978) numerosi affioramenti pliocenici risparmiati dall'erosione (circa 30); essi sono allineati secondo l'asse del bacino e ricoprono, in genere, le culminazioni dei locali rilievi, occupando superfici talora molto limitate, talaltra relativamente estese. Secondo gli Autori sopra citati tutte queste placche sono costituite dai conglomerati *pc*, trasgressivi su varie unità mioceniche, con la sola eccezione di quella di Mensano, nella quale ricompaiono i calcari *ps*.

Nel corso della precedente ricerca è stata visitata buona parte di questi affioramenti, ma, in genere, le estese coperture di detriti, boschi, coltivazioni e costruzioni hanno consentito solo una scarsa e frammentaria raccolta di dati e di campioni. In ragione di ciò le descrizioni ed i risultati saranno esposti molto sinteticamente, riunendo insieme, per quanto possibile, gli elementi di affioramenti distinti.

In questa rassegna non verrà fatta menzione del piccolo affioramento a E del Pod. le Costaglie, in cui sono stati prelevati i campioni BEL 249 e 250 che hanno fornito indicazioni di un'età messiniana. A prescindere dall'abbondanza di cristalli di gesso, essi contengono infatti rari Foraminiferi, tra i quali, oltre Heterolepa haidingeri, Melonis soldanii, Cibicidoides pseudoungerianus, Hanzawaia boueana, Valvulineria bradyana, Asterigerinata planorbis, sono presenti Bolivina dentellata e B. dilata, specie caratteristiche appunto di questo

piano. Tra l'altro, poco più in alto della sequenza argillosoconglomeratica, da cui provengono i due campioni, sono visibili delle pareti di gesso con ciottoli sparsi.

Come premesso in altra parte, è stata altresì scartata dalla presente trattazione la zona a N di Radicondoli, per la quale è necessaria una accurata revisione del rilevamento geologico. Questa necessità deriva soprattutto dalla constatazione di una situazione stratigrafica completamente diversa, in particolare nella zona di Mensano, rispetto a quanto prospettato da Lazzarotto e Mazzanti (1978). Secondo gli Autori, nell'esteso affioramento pliocenico di questa zona ricomparirebbero i calcari ps, in eteropia di facies con l'unità conglomeratica pc e in trasgressione su formazioni diverse del Miocene. Senza entrare nei particolari ci limitiamo a riferire che tali calcari presentano in realtà caratteristiche litologiche e paleontologiche ben diverse da quelli pliocenici finora incontrati (questi ultimi, ampiamente diffusi nel Graben di S. Dalmazio-Angua, presentano i loro affioramenti più orientali nella zona del Fosso Riverdello, a SW di Montingègnoli) e un contenuto in Foraminiferi, Nannoplancton calcareo ed Ostracodi che ne attesta una sicura età messiniana. Dati i risvolti alquanto interessanti che la zona può offrire al contesto della paleogeografia messiniana, se si considera che depositi calcarei di questa età non erano mai stati segnalati nell'intero bacino miocenico di Radicondoli, essa sarà a breve scadenza oggetto di una nota separata. Al momento non è possibile stabilire con sicurezza se la zona sia stata interessata anche dalla sedimentazione pliocenica; certo è che, se depositi di questa età sono presenti, per caratteristiche litologiche e per significato paleoambientale non dovrebbero modificare il quadro generale delle conoscenze da noi acquisite sul bacino. Questo asserto può essere esemplificato con la situazione riscontrata nel taglio stradale in prossimità del bivio per Mensano, dove è esposta una successione di sedimenti interessata da una faglia; immediatamente a E di quest'ultima affiorano, per tutta la parete, i calcari miocenici marini, visibili anche in basso a W della faglia. Sopra questi ultimi giacciono, in leggera discordanza, conglomerati di ambiente dulcicolo (testimoniato dalle Ostracofaune), i quali potrebbero rappresentare la locale espressione sedimentaria del Pliocene.

Zona di Belforte

In nessun affioramento di questa zona è esposto il contatto tra

i sedimenti pliocenici e quelli sottostanti miocenici, o per lo meno tale contatto è in condizioni tali da non offrire la possibilità di osservazioni e di campionatura. Il tratto inferiore della sequenza conglomeratica ps è comunque visibile, anche se non accessibile, in alcune pareti che si innalzano dal bosco poco a N del Pod. Casino, circa 500 m a NE di Belforte. Qui i conglomerati si presentano in strati di spessore variabile da 30 cm a circa 1 m, costituiti da elementi calcarei ben elaborati e di diametro molto variabile (fin oltre i 20 cm), in matrice calcareo-sabbiosa di colore giallastro. Alcuni livelli sono tenacemente cementati, mentre altri si presentano più facilmente disgregabili; quest'ultimi hanno in genere clasti più piccoli e abbondante matrice sabbioso-argillosa.

Blocchi sparsi di un conglomerato analogo a quello descritto si rinvengono, sempre nella placca di Belforte, nei pressi di Pod. Colle Talli e lungo la strada principale che conduce al paese, nonché in alcuni punti, ubicati in prossimità del contatto con i sedimenti miocenici, dei lembi di Bellavista e del Pod. Bardellina. Limitati affioramenti della porzione inferiore dei conglomerati sono esposti, se pur in modo frammentario, al Pod. Prato e a SE del Pod. Barluzza. Anche qui il conglomerato, ancora caratterizzato da matrice calcareo-sabbiosa, si presenta stratificato, con livelli di qualche decimetro di spessore, ed appare costituito da ciottoli eterometrici ed arrotondati; sono presenti alcune intercalazioni sabbioso-argillose, sabbiose od arenacee di modesta entità.

Tra i campioni provenienti dalla fascia basale dell'unità, dello spessore complessivo di pochi metri, segnaliamo BEL 246 e 247, prelevati in prossimità del contatto, rispettivamente negli affioramenti di Pod. Prato e di Pod. Barluzza. Il primo contiene rarissimi Foraminiferi bentonici, con Ammonia beccarii beccarii, A. beccarii tepida, Asterigerinata planorbis, Cribrononion articulatum e Cellanthus umbilicatulus, un'associazione alquanto scarna, tipica di un ambiente di basse batimetrie e salinità. Acque salmastre ancora più diluite sono deducibili dall'analisi del campione BEL 247, in cui sono presenti, tra i rarissimi Ostracodi, Loxoconcha elliptica, e frammenti indeterminabili di altri Ostracodi a carapace liscio e delicato, mentre i Foraminiferi sono rappresentati solo da Ammonia beccarii tepida e Cribrononion articulatum.

Gli altri campioni di questo intervallo basale (BEL 245 e 241) sono risultati sterili, ma per essi sussiste qualche dubbio su una loro effettiva provenienza da livelli pliocenici.

I campioni prelevati da livelli pelitici nel resto della formazione

conglomeratica hanno invece fornito indicazioni di un ambiente dulcicolo; a concrezioni carbonatiche vacuolari più o meno abbondanti (non mancano casi di eccezionali frequenze), si accompagnano talora vegetali carbonizzati e Ostracodi appartenenti ai generi Candona e Cyprideis. L'unica eccezione è offerta dal camp. BEL 243, ubicato sul colle del Pod. Fonte di Sotto, nel quale sono stati rinvenuti ricorrenti esemplari di Ammonia beccarii tepida; si deve tuttavia far presente che l'area è interessata da numerose faglie ed è probabile che una di queste sia responsabile di questa unica eccezione al quadro evolutivo della paleogeografia locale. In sostanza tale quadro fa prospettare un ambiente iniziale di tipo marginale, costiero o addirittura lagunare o deltizio, intensamente influenzato da apporti dulcicoli che mantenevano la salinità entro valori alquanto bassi per tutto l'arco della sua breve esistenza. Ben presto infatti alle acque salmastre si sono definitivamente sostituite quelle dolci, in ottimo accordo con quanto documentato per le altre zone sinora studiate.

È logico che in un contesto ambientale quale quello prospettato non siano reperibili elementi paleontologici stratigraficamente significativi; ciò nondimeno, sulla base di quanto sviluppato a conclusione della vicina zona D, non è affatto ingiustificato inquadrare anche i sedimenti marini della zona di Belforte nell'ambito della Zona a Globorotalia aemiliana e quindi nel Pliocene medio, attribuendo al Villafranchiano inferiore i soprastanti e più potenti termini dulcicoli.

Zona di Radicondoli

La grossa placca conglomeratica su cui è impostato il paese di Radicondoli è quasi per intero orlata da un fascia detritica che nasconde il contatto tra i sedimenti miocenici e quelli pliocenici, nonché una porzione più o meno spessa di questi ultimi. L'unica zona in cui affiora quasi totalmente la loro parte basale (una copertura vegetale ne nasconde solo uno spessore di circa 1 m, al contatto con le evaporiti messiniane) è quella di C. Colombaia, a N del paese, dove essa è esposta in parete per circa 10 m di altezza. È costituita per intero da conglomerati grossolanamente stratificati, non gradati, con livelli più o meno compatti, ad elementi in prevalenza calcarei, arrotondati (alcuni sono appiattiti), eterometrici (il diametro, in genere, è inferiore ai 15 cm, ma non sono infrequenti ciottoli con diametro superiore a 30 cm), in matrice calcareo-sabbiosa (sabbiosa nel tratto superiore dell'esposizione). Non sono presenti livelli favo-

revoli ad una campionatura, né è stato osservato alcun fossile.

Un'altra ottima esposizione è presente circa 1 Km a S della località precedente, in corrispondenza di un taglio artificiale che si estende per un centinajo di metri poco a NW di C. Nuova e circa 20 m sopra il contatto con i sedimenti messiniani; l'affioramento è quindi in posizione stratigrafica di poco soprastante quello prima illustrato. I circa 10 m di altezza della parete sono costituiti interamente da conglomerati, con caratteristiche analoghe a quelli di C. Colombaia; la matrice, a luoghi assente, è però sabbioso-argillosa o sabbiosa. Nella parte occidentale dell'affioramento (che stratigraficamente corrisponde alla parte superiore della locale successione) sono presenti sottili e discontinui livelli di argilla grigia (non superano i 10 cm), con inclusi ricorrenti piccoli ciottoli. In un campione (BEL 248), prelevato da uno di essi, sono stati rinvenuti, oltre a rare concrezioni carbonatiche di origine vegetale, comuni Foraminiferi ed Ostracodi. I primi appartengono unicamente ad Ammonia beccarii tepida, i secondi a Cyprideis gr. torosa (l'unica ad essere ben rappresentata), C. sp. Loxoconcha elliptica, Iliocypris gibba, Candona sp. Sia gli uni che gli altri sono senza dubbio espressione di un ambiente di debole profondità e con acque a basso contenuto salino.

Indicazioni di acque salmastre sono espresse anche dai campioni BEl 90 (con A. beccarii tepida, Florilus boueanus, Iliocypris sp.) e BEL 94 (con A. beccarii tepida e Cyprideis gr. torosa), i quali provengono dalla parte orientale dell'esteso affioramento conglomeratico di Radicondoli, rispettivamente (secondo il rilievo geologico) dalla porzione inferiore e da un intervallo ben inoltrato dell'unità. Da un controllo effettuato nella zona circostante il livello di provenienza del camp. BEL 94 (che fa parte di una piccola sequenza costituita prevalentemente da sabbie e arenarie stratificate, a cui si interpongono sottili livelli microconglomeratici a matrice arenacea) è stato appurato che essa è interessata da più faglie. Di conseguenza la posizione stratigrafica del campione in questione è in realtà solo di qualche metro soprastante alle argille grigie e compatte, sicuramente appartenenti alla Serie Lignitifera del Miocene superiore; da queste ultime proviene il campione BEL 309, che è risultato costituito quasi esclusivamente da resti vegetali carbonizzati. Senza soluzione di continuità queste argille mioceniche si ricollegano agli affioramenti cartografati più a S, tra il Convento dei Frati e C. Bercio. Da questa zona provengono i due campioni, BEL 95 e 96, che sono risultati però molto inquinati da detriti di frana e quindi non utilizzabili per gli studi micropaleontologici.

Per quanto riguarda il resto dell'unità, gli affioramenti che si presentano qua e là nella placca di Radicondoli (i migliori sono esposti lungo la strada che esce a E del paese, ad oriente del cimitero e nella zona del Convento dei Frati) mostrano intervalli conglomeratici non gradati, talvolta più o meno irregolarmente stratificati, senza traccia di classazione e di fossili. Alcuni livelli sono ben cementati, altri decisamente sciolti; la matrice, più o meno abbondante, è in genere sabbiosa; i ciottoli si presentano eterometrici e generalmente ben elaborati. Ricorrenti sono le intercalazioni sabbiose e arenacee, le quali però solo raramente superano il metro di spessore: sporadiche e sempre sottili sono invece quelle argillose. I numerosi campioni esaminati, a prescindere da quelli sterili, presentano la stessa fisionomia di quelli delle facies dulcicole ampiamente documentate in precedenza; essi sono infatti caratterizzati da quantità variabili di vegetali carbonizzati e di concrezioni carbonatiche vacuolari, a cui si associano, in vari casi, Ostracodi (Candona e Cyprideis) e Gasteropodi dulciacquicoli.

Anche per la zona di Radicondoli si può quindi prospettare un contesto ambientale e stratigrafico equivalente a quello ricostruito per la zona di Belforte: nel corso del Pliocene, ad un iniziale episodio mediopliocenico di ambiente salmastro (sembrano anche qui assenti sedimenti decisamente marini), da ricollegarsi ad una zona costiera, lagunare o deltizia, intensamente interessata da afflusso di acque continentali, subentra rapidamente, sempre in regime di prevalente deposizione grossolana, una più duratura fase continentale villafranchiana.

CONCLUSIONI

Con questa ricerca, condotta attraverso una stretta integrazione tra analisi micropaleontologiche e revisione sul terreno della maggior parte degli affioramenti, è stato indubbiamente acquisito un quadro più esauriente della stratigrafia pliocenica dei bacini di S. Dalmazio-Anqua e Radicondoli-Belforte. Se da un lato esso impone, almeno per alcuni aspetti, un aggiornamento della cartografia geologica preesistente, dall'altro porta all'acquisizione di nuove conoscenze sulla bio-cronostratigrafia e sulle caratteristiche deposizionali, sufficienti per delineare fin da ora un modello di evoluzione paleogeografica della zona nel corso del Pliocene. Pur nuovo per l'area esaminata tale modello è in perfetta assonanza con quello ricostruito

per il più occidentale, ma contiguo, Bacino di Pomarance (Bossio *et Al.*, 1991a), del quale peraltro costituisce conferma e completamento al tempo stesso.

Nel delinearne i lineamenti generali, è prioritario ricordare che anche nell'area investigata nella presente ricerca sono emerse le evidenze di due cicli marini, l'uno del Pliocene inferiore e l'altro del Pliocene medio, quest'ultimo trasgressivo sia su biozone diverse del primo, sia su unità mioceniche e preneogeniche.

Per quel che concerne il I ciclo i dati sono alquanto scarsi e frammentari, in ragione soprattutto dell'estesa copertura dei suoi sedimenti da parte dei sedimenti del II ciclo; è comunque probabile che eventi tettonici prima ed erosivi dopo abbiano determinato una frammentarietà dei depositi del primo ciclo già prima della realizzazione del secondo. In affioramento essi sono comunque presenti in fascia continua lungo il fianco vallivo in destra del T. Pòssera, dove consentono di ricostruire una sequenza argillosa che, priva probabilmente dei suoi termini basali per ragioni tettoniche e sicuramente priva di quelli costieri sommitali per motivi erosionali, si ripartisce dalla Zona a Sphaeroidinellopsis seminulina s.l. alla parte iniziale di quella a Globorotalia puncticulata (Sottozona a Globigerina apertura). In quest'ultima zona il I ciclo manifesta una palese tendenza regressiva, verosimilmente già iniziata nella precedente Zona a G. puncticulata - G. margaritae, non campionata in destra del torrente, ma ben documentata in sinistra nel già citato lavoro di Bossio et Al. (1991a).

Le ragguardevoli batimetrie raggiunte durante la realizzazione di questo ciclo, certamente riflettenti una porzione assai profonda della zona neritica esterna e riscontrate almeno nelle zone a Sphaeroidinellopsis seminulina s.l. e a G. margaritae, ovviamente lasciano presupporre un'estensione del dominio marino ben oltre i limiti suggeriti dagli attuali affioramenti. In particolare, limitandoci in questa sede a considerare l'area studiata, ciò solleva il quesito circa l'estensione del mare verso E, argomento che in letteratura trova opinioni contrastanti. Si ricorda infatti che l'intera area è considerata da Mazzanti (1966) e Lazzarotto e Mazzanti (1978) emersa fin dalla fine del Messiniano e per tutto il Pliocene inferiore, determinando così una temporanea separazione tra il Bacino di Pomarance a NW e quello di Chiusdino a SE; al contrario essa è ritenuta completamente sommersa in Ambrosetti et Al. (1979), Costantini et Al. (1980) e Bartolini et Al. (1982). Al momento non disponiamo di elementi sufficienti per un pronunciamento concreto su questo problema, anche se in realtà la facies non profonda dei sedimenti del Pliocene inferiore degli affioramenti di Val Pavone, i più orientali da noi rinvenuti (7), il mancato reperimento di termini di tale età anche nelle sequenze campionate in perforazione nelle zone più orientali, nonché la distribuzione delle facies del ciclo successivo (che prevede batimetrie decrescenti verso E), concorderebbero nel far propendere per l'ipotesi inizialmente prospettata da Lazzarotto e Maz-ZANTI (anche se quest'ultima deve però escludere dall'emersione almeno l'intera zona a W dell'affioramento più orientale da noi segnalato). Tuttavia queste indicazioni potrebbero essere interpretate anche in maniera diversa, se si considera il fatto che: 1) le facies più prossimali riscontrate nei sedimenti del Pliocene inferiore dei dintorni del T. Pavone appartengono in realtà alla Zona a Globorotalia puncticulata e quindi ad un intervallo nel corso del quale è stata da noi documentata una fase regressiva; 2) l'assenza dei depositi del Pliocene inferiore nel settore orientale potrebbe essere dovuta alla loro completa erosione in conseguenza di un innalzamento più accentuato di quest'ultimo; 3) nel corso di tale innalzamento potrebbe essersi determinata anche la pendenza generale verso W di quella che sarà la fisiografia del bacino di sedimentazione del II ciclo. Sull'argomento torniamo comunque nel contesto dello studio sul limitrofo Bacino di Chiusdino (Bossio et Al., 1991b).

Una acquisizione invece del tutto sicura è che, in armonia con il quadro evolutivo dell'area di Pomarance, anche nell'area del presente studio, l'inizio del II ciclo si è realizzato nell'ambito della Zona a Globorotalia aemiliana. Questo dato delinea così un probabile perfetto sincronismo delle due aree nei movimenti di verso opposto, che hanno determinato una emersione prima ed un nuovo annegamento dopo. Ad una valutazione approssimativa del «prima» e ad una precisazione del «dopo» concorre lo studio del Nannoplancton calcareo che, per l'intervallo in questione, offre una risoluzione biostratigrafica maggiore di quanto sia possibile con i Foraminiferi planctonici. Da una parte infatti i termini più recenti della Zona

⁽⁷⁾ Si coglie l'occasione per evidenziare che i sedimenti affioranti lungo il fianco destro del F.so Fiumarello (all'estremità SE dei sedimenti pliocenici riportati nella carta geologica di Lazzarotto e Mazzanti, 1978), interpretati come «Argille marine a Pycnodonta navicularis» del Pliocene inferiore dagli Autori citati, sono in realtà depositi dulcicoli del Villafranchiano inferiore. In essi sono effettivamente presenti Globorotalia margaritae e G. puncticulata, ma i rarissimi esemplari rinvenuti sono associati ad organismi di acque dolci e presentano indizi evidenti del loro rimaneggiamento.

a Globorotalia puncticulata anche nell'area in parola contengono nannoflore appartenenti alla Sottozona a Reticulofenestra pseudoumbilica (parte basale della Zona a Discoaster tamalis), facendo quindi ipotizzare, per il loro carattere regressivo, una probabile emersione a poco meno di 3,5 MA (e una durata del primo ciclo pliocenico intorno ai 2 MA). Dall'altra parte i primi sedimenti trasgressivi mediopliocenici sono inquadrabili, come per l'area di Pomarance, all'interno della Sottozona a Coccolithus pelagicus (porzione sommitale della Zona a D. tamalis); questo dato comporta l'inizio del secondo ciclo a poco meno di 3 MA e una probabile durata di circa mezzo milione di anni del periodo minimo (riferito cioè alle zone più depresse e più occidentali) di emersione interposto tra i due episodi marini. Purtroppo non disponiamo di elementi diretti per valutare anche il periodo massimo di emersione per le zone più elevate e per quelle più orientali, raggiunte tardivamente dal progredire «tempo-trasgressivo» del dominio marino; in merito a ciò possiamo comunque avanzare un'ipotesi basata sulla presumibile contemporaneità tra intervallo di massimo spessore della colonna d'acqua raggiunto nelle zone più occidentali ed estensione massima della trasgressione. Orbene, se si prende a riferimento la Sezione Botro alle Fonti, la più completa tra quelle da noi documentate per la zona occidentale, i valori batimetrici più elevati si rilevano a partire dalla porzione superiore della Sottozona a Coccolithus pelagicus e fino alla parte basale della Zona a Discoaster surculus; è quindi ragionevole supporre che è intorno a 2,7-2,6 MA che l'intera area di competenza del secondo ciclo veniva a trovarsi sommersa.

Prima di procedere oltre nelle valutazioni di ordine temporale, sintetizziamo lo sviluppo paleogeografico che si è verificato nel corso di questa fase trasgressiva del ciclo mediopliocenico. La ripartizione orizzontale delle litologie e il loro significato ambientale fanno prospettare un bacino di ricezione più depresso nel settore sudoccidentale e con profondità decrescenti verso N e verso E. In conseguenza della continua subsidenza, la trasgressione marina, proveniente certamente da W, ha avuto un'espansione radiale e ha interessato progressivamente zone più settentrionali ed orientali, delineando un golfo in espansione con parallela migrazione delle facies prossimali carbonatiche e di quelle distali argillose. Nel tentativo di ipotizzare un modello di distribuzione spazio-temporale delle facies si può immaginare che, sino a che le profondità si mantengono nei limiti della zona neritica interna, ed in particolare della sua porzione superiore, vi è elevata produzione di carbonati, soprattutto per

l'intensa attività algale sul fondo; in ragione di ciò anche nelle zone più depresse la sedimentazione è carbonatica nelle sue prime fasi, pur se frammista inizialmente a materiale di natura clastica grossolana. Allorché le batimetrie assumono valori più elevati, raggiungendo quelle di pertinenza della zona neritica esterna (anche se in nessuna zona vengono raggiunte le profondità più ragguardevoli di quest'ultima), la deposizione carbonatica è rapidamente sostituita da quella sostanzialmente pelitica, con la persistenza della prima solo nelle zone più marginali, ove rimane a caratterizzare l'intero arco di durata del dominio marino.

Con questa migrazione, nel momento di massima della trasgressione, la facies argillosa si è estesa verso E fin nei dintorni del F.so Petriolo, mentre quella carbonatica si è spinta ben oltre, almeno sino all'altezza del F.so Riverdello, a partire dal quale è sostituita da quella conglomeratico-calcarea. Anche se non si conoscono esattamente i limiti dell'area occupata dal dominio marino nel momento della sua massima estensione, è del tutto verosimile che, almeno nel settore centro-occidentale, la linea di costa non si sia spinta a N molto oltre i limiti degli attuali affioramenti dei calcari costieri; a S invece essa doveva ben superare l'attuale confine (peraltro di natura tettonica) degli affioramenti mediopliocenici, come ci è dato di giudicare dalla distribuzione delle facies più profonde, presenti anche a ridosso di tale confine. È certo che il golfo si è espanso verso E, con una propaggine in direzione S fino ad interessare l'area di Chiusdino, ed una in direzione N, fino a lambire le zone di Belforte e di Radicondoli, in questi casi però in un contesto di acque decisamente basse ed altamente influenzato da apporti dulcicoli, ricchi di materiale clastico grossolano.

La permanenza del dominio marino nel settore più orientale, in particolare in quello verosimilmente più elevato di Belforte-Radicondoli, è però di breve durata, in quanto rapidamente sostituito da quello spiccatamente dulcicolo. È questo il momento in cui tutta l'area risente di un'inversione nel trend evolutivo in conseguenza del fatto che, nonostante il bacino fosse in regime di subsidenza senza soluzione di continuità, la sua fase marina si avvia verso un progressivo esaurimento, in sintonia con la regressione generale che si va instaurando in tutta la Toscana e, al contempo, a causa di essa. L'areale di competenza del dominio marino subisce una progressiva riduzione e la sedimentazione argillosa delle zone più distali si integra sempre di più con quella sabbiosa in progressivo aumento (nelle ultime fasi addirittura con quella incipiente conglome-

ratica), con manifestazioni di una tendenza all'interrimento e di una diminuzione generale delle batimetrie fino a valori alquanto modesti. Non è difficile immaginare (e lo abbiamo documentato in più punti) che, in un contesto fisiografico come quello più volte delineato, la regressione sia progredita nella stessa direzione della trasgressione, ma in verso opposto, con estinzione del dominio marino prima nelle zone orientali e poi in quelle occidentali. Ciò ha avuto come conseguenza, in concomitanza con il perdurare della subsidenza, un'espansione e una migrazione nello stesso senso del regime dulcicolo deltizio del Villafranchiano inferiore, che ovunque, ma in tempi diversi, ha sostituito definitivamente quello marino, dopo un effimero episodio di transizione di acque salmastre, già caratterizzato da una prevalente deposizione sabbioso-conglomeratica.

In questo contesto evolutivo si verificano anche rapidi e sensibili cambiamenti nelle associazioni macro- e microfaunistiche che, alquanto rigogliose (specialmente le prime) nelle ultime fasi marine (ma prive, o comunque con esiguo numero di forme planctoniche), si modificano e impoveriscono notevolmente durante l'episodio salmastro, riducendosi poi a poche specie di Molluschi e di Ostracodi dulciacquicoli, accompagnati però da una rigogliosa flora al fondo, in quello continentale villafranchiano.

L'arrivo di ingenti quantità di materiale clastico grossolano che caratterizza, costantemente nelle zone orientali ed episodicamente in quelle occidentali e più distali, l'intero periodo di durata del delta, è evidente indizio di un regime di sollevamento di aree limitrofe, probabile preludio ad un imminente innalzamento anche di quella in esame e alla definitiva conclusione del suo regime acquatico. Certo è che l'area studiata, per la sua subsidenza protrattasi oltre l'episodio marino mediopliocenico, rappresenta almeno un'eccezione al quadro generale finora conosciuto per la Toscana, secondo il quale, nel corso del Pliocene medio, la regione avrebbe rappresentato un'area soggetta a sollevamento, che avrebbe provocato una generale regressione prima ed una completa emersione dopo. Semmai, la risedimentazione durante il breve episodio salmastro (documentato per esempio nella Sezione Botro alle Fonti) di una ingente quantità di materiale proveniente dalle zone marginali settentrionali può far ipotizzare che, se regressione per movimento tettonico positivo è intervenuta in zona, essa ha interessato unicamente queste ultime, innescando verosimilmente, con la loro emersione, processi franosi di sedimenti da poco deposti.

Per quel che concerne l'età in cui si chiude l'evoluzione sedi-

mentaria dell'area investigata non sono disponibili elementi concreti ricavati da questa ricerca. Quello che possiamo arguire è soltanto il fatto che la regressione marina si è conclusa nell'ambito della parte inferiore della zona nannofloristica a Discoaster surculus (intorno a 2,5 MA; essa corrisponde alla parte mediana della Zona a Globorotalia aemiliana dei Foraminiferi planctonici) e che quindi rimane disponibile, nell'ambito del Pliocene medio, un lasso di tempo sufficientemente esteso (circa 0.5 MA) da far ritenere verosimile che in tale periodo abbia avuto fine anche la fase continentale acquatica. Una conferma indiretta a questa ipotesi proviene da studi in corso su un'estesa area grossetana, comprendente sia il bacino dei fiumi Ombrone ed Orcia, che la zona di Roccastrada. In un contesto evoluzionistico analogo, nelle linee generali, a quello descritto nella presente ricerca (anche nel grossetano è stato individuato un ciclo marino mediopliocenico, chiuso da sedimenti continentali), la fase continentale della prima zona contiene Vertebrati terrestri riferibili ad una porzione del Villafranchiano inferiore, correlabile col Pliocene medio della cronostratigrafia «marina», mentre quella di Roccastrada soggiace a rioliti datate radiometricamente a 2.3 MA (Borsi et Al., 1967), e quindi di età di poco precedente il limite Pliocene medio/Pliocene superiore (attualmente ubicato a circa 2 MA). In ultima analisi il secondo ciclo pliocenico, inclusi i sedimenti continentali di chiusura, avrebbe avuto una durata certamente inferiore ad un milione di anni, quindi sensibilmente più breve di quella del primo ciclo.

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.
- Bartolini C., Bernini M., Carloni G.C., Costantini A., Federici P.R., Gasperi G., Lazzarotto A., Marchetti G., 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.
- Borsi S., Ferrara G., Tongiorgi E. (1967) Determinazione con il metodo K/Ar della età delle rocce magmatiche della Toscana. *Boll. Soc. Geol. It.*, **86**, 403-410.
- Bossio A., Mazzanti R., Mazzei R., Salvatorini G., Sandrelli F. (1991a) Il Pliocene dell'area di Pomarance (Pisa). Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 98, 1-98.

- Bossio A., Mazzanti R., Mazzei R., Salvatorini G., Sandrelli F. (1991b) Il Pliocene del Bacino di Chiusdino (Siena). Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 98, 193-250.
- Costantini A., Gandin A., Guasparri G., Lazzarotto A., Mazzanti R., Sandrelli F. (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. realiz. Carta Neotet. d'Italia.

 Prog. Final. Geol., Pubbl.356(3), 1075-1186.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. (1978) Geologia dell'alta Val di Cecina. *Boll. Soc. Geol. It.*, **95**, 1365-1487.
- MAZZANTI R. (1966) Geologia della zona di Pomarance-Larderello (Prov. di Pisa). Mem. Soc. Geol. It., 5(2), 105-138.

(ms. presentato il 25 febbraio 1991; ult. bozze il 19 luglio 1991)