ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

SERVIZIO GEOLOGICO D' ITALIA
Organo Cartografico dello Stato (legge n°68 del 2.2.1960)

NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000

foglio 303
MACERATA

A cura di:
G. Cello[1](†)

Con i contributi di:
R. Coccioni[2], D. Gazzani[3], O. Nesci[2], E. Pennacchioni[3],
M. Piccini[3], M. Riccioni[3], S. Sampaolesi[3], E. Tondi[1] *(Rilevatori)*
R. Coccioni[2], S. Critelli[4], E. Le Pera[4], A. Negri[5], P. Didaskalou[1], M. Potetti[1] *(Analisti)*
D. Savelli[2] *(Geologia del Quaternario)*
P. Farabollini[1] *(Geomorfologia e geologia applicata)*
E. Le Pera[4], S. Critelli[4] *(Petrografia e petrologia delle areniti)*
S. Mazzoli[6], E. Tondi[1] *(Analisi strutturale)*
T. D'Angeli[2] *(Fotointerpretazione)*

(1) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Camerino;
(2) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo";
(3) Libero Professionista - rilevatore a contratto;
(4) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi della Calabria;
(5) Dipartimento di Scienze del Mare, Università Politecnica delle Marche;
(6) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Napoli "Federico II".

Ente realizzatore

Regione Marche
SERVIZIO AMBIENTE E PAESAGGIO
Posizione di Funzione
Informazioni Territoriali e Beni Paesaggistici

PROGETTO CARG

Direttore del Servizio Geologico d'Italia - ISPRA:
A. TODISCO

Responsabile del Progetto CARG per ISPRA - Servizio Geologico d'Italia:
F. GALLUZZO

Responsabile del Progetto CARG per la Regione Marche:
M. PRINCIPI

PER IL SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA:

Revisione scientifica:
F. Capotorti (coord.)**, D. Delogu, S. Nisio**

Coordinamento cartografico:
D. Tacchia (coord.)**, F. Pilato**

Revisione e informatizzazione dei dati geologici:
M. C. Giovagnoli, D. Delogu, L. Battaglini, C. Cipolloni;
A. Fiorentino (ASC)

Coordinamento editoriale e allestimento per la stampa:
M. Vatovec, F. Pilato

PER LA REGIONE MARCHE

Allestimento editoriale e cartografico:
M. Alagna[1], L. Marchigiani[1], L. Mattioni[1], L. Micarelli[1],
A. Rustichelli[1], E. Tondi[1]

Informatizzazione e allestimento per la stampa dalla Banca Dati
L. Carmignani[7], B. Graziosi[7]
(7) - *Centro di GeoTecnologie, Università di Siena*

Gestione tecnico-amministrativa del Progetto CARG:
M. T. Lettieri - Servizio Geologico d'Italia - ISPRA

Si ringraziano i componenti del precedente Comitato Geologico Nazionale per il loro contributo scientifico

Stampa: **A.T.I.** - **S.EL.CA.** srl - **L.A.C.** srl - **SYSTEMCART** srl - **2009**

PROGETTO CARG

INDICE

I - INTRODUZIONE ..... Pag. 5

II - CENNI STORICI ..... » 11

III - CENNI DI GEOMORFOLOGIA ..... » 15

IV - INQUADRAMENTO GEOLOGICO ..... » 19

V - STRATIGRAFIA ..... » 25
1. - LITOSTRATIGRAFIA ..... » 25
1.1. - SUCCESSIONE MARINA ..... » 26
1.1.1. - *Formazione della Laga* (**LAG**) ..... » 26
1.1.1.1. - Membro post-evaporitico (**LAG_3**) ..... » 28
1.1.2. - *Formazione a Colombacci* (**FCO**) ..... » 29
1.1.2.1. - Litofacies arenacea (**FCO_c**) ..... » 29
1.1.2.2. - Litofacies arenaceo-pelitica (**FCO_d**) ..... » 29
1.1.2.3. - Litofacies pelitico-arenacea (**FCO_e**) ..... » 30
1.1.3. - *Formazione delle Argille azzurre* (**FAA**) ..... » 30
1.1.3.1. - Litofacies pelitica ..... » 33
1.1.3.2. - Litofacies pelitico-arenacea ..... » 33
1.1.3.3. - Litofacies arenaceo-pelitica (**FAA_{5d}**) ..... » 34
1.1.3.4. - Litofacies arenacea (**FAA_{5c}**) ..... » 34
1.1.4. - *Formazione di Fermo* (**FEM**) ..... » 36
1.1.4.1. - Litofacies conglomeratico (**FEM_b**) ..... » 37
1.1.4.2. - Litofacies arenacea (**FEM_a**) ..... » 37
1.2. - DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI ..... » 37
1.2.1. - *Tipologia dei depositi continentali Quaternari* ..... » 38
1.2.1.1. - Depositi di glacis ..... » 38
1.2.1.2. - Coltri eluvio-colluviali ..... » 38
1.2.1.3. - Depositi di frana ..... » 38
1.2.1.4. - Depositi alluvionali terrazzati ..... » 39
1.2.1.5. - UBSU, Unconformity–bounded stratigraphic units ..... » 39
2. - BIOSTRATIGRAFIA ..... » 41
2.1. - FORMAZIONE DELLA LAGA E FORMAZIONE A COLOMBACCI ..... » 44
2.2. - FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE ..... » 44
2.3. - FORMAZIONE DI FERMO ..... » 46
3. - ANALISI PETROGRAFICA ..... » 46

PROGETTO CARG

3.1. - Costituenti fondamentali dello scheletro ..... » 46
3.2. - Costituenti fondamentali degli interstizi ..... » 47
3.3. - Formazione a Colombacci ..... » 49
3.4. - Formazione delle Argille azzurre ..... » 51
3.5. - Formazione di Fermo ..... » 51
4. - SEQUENZE DEPOSIZIONALI ..... » 51
4.1. - M_3 (sequenza del Messiniano superiore) ..... » 52
4.2. - P_1 (sequenza marina del Pliocene) ..... » 52
4.3. - P_2 (sequenza marina Pliocene medio-superiore) ..... » 53
4.4. - Q_1 (sequenza marina del Pleistocene inferiore basale) ..... » 53
4.5. - Q_2 (sequenza marina del Pleistocene inferiore sommitale) ... » 54

VI - TETTONICA ..... » 55
1. - ASSETTO REGIONALE ..... » 55
2. - TIPOLOGIE STRUTTURALI ..... » 60
2.1. - Stadio I ..... » 60
2.2. - Stadio II ..... » 67
2.3. - Stadio III ..... » 70
3. - EVOLUZIONE TETTONICA ..... » 71

VII - ELEMENTI DI GEOLOGIA TECNICA E APPLICATA . » 75
1. - FRANE ..... » 75
2. - IDROGEOLOGIA ..... » 76
3. - CAVE ..... » 78

- BIBLIOGRAFIA ..... » 79

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

I - INTRODUZIONE

Il Foglio 303 Macerata della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 è stato realizzato, unitamente ai Fogli Tolentino (302) e Montegiorgio (314), nell'ambito del progetto CARG - Marche a seguito della Convenzione stipulata tra il Servizio Geologico Nazionale (Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali - Presidenza del Consiglio dei Ministri) e la Regione Marche (Servizio Urbanistica e Cartografia).

I responsabili e gli operatori che hanno contribuito alla realizzazione del Foglio 303 Macerata sono indicati di seguito.

Responsabile di Progetto:
Dott. Marcello Principi
- *Regione Marche (Ufficio Cartografia e informazioni territoriali)*

Coordinatore scientifico: Prof. Giuseppe Cello - *Università di Camerino*

Direttore del rilevamento: Prof. Giuseppe Cello - *Università di Camerino*
Prof. Daniele Savelli - *Università di Urbino*

Rilevatori: Prof. Rodolfo Coccioni
Dott. Dino Gazzani
Prof.sa Olivia Nesci
Dott. Ennio Pennacchioni
Dott. Maurizio Piccini
Dott. Marco Riccioni
Dott. Silvano Sampaolesi
Dott. Emanuele Tondi

Analisti: Prof. Rodolfo Coccioni
Dott. Salvatore Critelli
Dott.sa Emilia Le Pera
Dott.sa Alessandra Negri
Dott. Petros Didaskalou
Dott.sa Maria Potetti

Nel corso delle varie fasi della esecuzione del progetto sono stati inoltre coinvolti i seguenti esperti:

Geologia del Quaternario: Prof. Daniele Savelli
Geomorfologia e Geologia applicata: Dott. Piero Farabollini
Petrografia delle areniti: Dott.ssa Emilia Le Pera
Prof. Salvatore Critelli
Analisi strutturale: Prof. Stefano Mazzoli
Dott. Emanuele Tondi
Fotointerpretazione: Dott. Tiziana D'Angeli
Allestimento editoriale e cartografico: Dott.ssa Alagna Marina
Dott. Leonardo Marchegiani
Dott. Luca Mattioni
Dott. Luca Micarelli
Dott. Andrea Rustichelli
Dott. Emanuele Tondi

PROGETTO CARG

L'area oggetto del rilevamento è caratterizzata, in affioramento, dalla presenza di terreni sedimentari appartenenti ad una successione marina mio - plio - pleistocenica e da depositi continentali quaternari.

Il territorio compreso nel Foglio 303 Macerata (fig. 1) è stato, anche in passato, oggetto di rilevamenti specifici per le due precedenti edizioni (1933 e 1967) della Carta Geologica Ufficiale in scala 1:100.000.

Nell'ambito di questo progetto, avente come obiettivo la realizzazione della Carta Geologica ufficiale in scala 1:50.000, sono state rilevate le aree comprese tra i Fiumi Potenza (a nord) e Chienti (a sud), i cui tratti terminali le attraversano in direzione circa est-ovest, dando così origine alle due più importanti piane alluvionali del maceratese, lungo le quali si sono insediate numerose attività produttive e le principali reti viarie della provincia.

I criteri adottati per cartografare i terreni appartenenti alla successione marina sono stati principalmente quelli litostratigrafici e dell'analisi di *facies*; ciò allo scopo di poter utilizzare queste informazioni per il riconoscimento e la caratterizzazione dei paleoambienti e per la loro interpretazione in termini di evoluzione spazio - temporale.

Per i depositi continentali quaternari è stata elaborata una suddivisione in sintemi. Questa suddivisione include i sedimenti alluvionali, che rappresentano i depositi continentali più importanti dell'area marchigiana, e tutti gli altri depositi continentali cartografati (detriti di versante, depositi eluvio - colluviali, ecc).

Il rilevamento geologico dell'area è stato eseguito in scala 1:10.000, utilizzando la carta topografica derivata della Regione Marche, mentre per le successive elaborazioni, alle scale 1:25.000 e 1:50.000, è stata utilizzata la cartografia ufficiale dell'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.).

Nel corso del lavoro di acquisizione della documentazione geologica esistente e durante le varie fasi del rilevamento sono state anche redatte le schede tematiche riportate di seguito:

1 - Schede di affioramento
2 - Schede di campionamento e analisi
3 - Schede delle cave
4 - Schede delle frane
5 - Schede idrogeologiche
6 - Schede dello stato degli alvei e delle opere di difesa idraulica.

Dette schede, unitamente alle schede "Insieme di campioni", "Campione", "Micropaleontologia" e "Petrografia" (edite dal Servizio Geologico Nazionale), contengono le informazioni di base per la banca dati del progetto CARG.

In generale, l'esecuzione del rilevamento effettuato nell'ambito del progetto CARG è stata fortemente condizionata dalla scarsità degli affioramenti analizzabili. Ciò ha reso necessario, da un punto di vista metodologico, un approccio basato sulla estrapolazione di pochi dati geologico - strutturali, peraltro fortemente condizionati dai risultati delle analisi biostratigrafiche, mesostrutturali e petrografiche eseguite durante le varie fasi del progetto. Particolarmente importante è risultato anche lo studio di immagini telederivate a scala diversa (immagini Landsat e foto aeree in scala 1:12.000 e 1:33.000) le quali, unitamente alle indagini di terreno, hanno consentito di cartografare i diversi elementi morfologici e la distribuzione dei depositi continentali quaternari, nonché le varie tipologie di frana presenti nell'area.

Per la caratterizzazione della successione marina, si è fatto largo uso dei criteri litostratigrafici classici, integrati, ove possibile, dalla descrizione di altri caratteri tipici dei depositi silicoclastici, quali, ad esempio, la presenza o meno di discontinuità fisiche, eventuali variazioni di spessore delle unità, la tessitura e la struttura (interna ed esterna) delle rocce e le *litofacies* costituenti le varie unità. Sulla base del rapporto arenaria/pelite (A/P) sono state inoltre distinte le seguenti associazioni litologiche:

- Litofacies pelitica ($A/P < 30\%$)
- Litofacies pelitico-arenacea ($30\% \leq A/P \leq 40\%$)
- Litofacies arenaceo-pelitica ($40\% \leq A/P \leq 70\%$)
- Litofacies arenacea ($A/P > 70\%$)

PROGETTO CARG

L'approccio utilizzato per cartografare i terreni affioranti nell'area di interesse ha consentito di riconoscere e cartografare unità litostratigrafiche di rango differente (formazioni, membri e *litofacies*) le quali hanno permesso di evidenziare l'estrema variabilità latero-verticale che caratterizza la successione mio-plio-pleistocenica marchigiana.

Le limitazioni imposte dalla natura fisica del territorio esaminato (soprattutto la scarsità degli affioramenti) non hanno comunque impedito di conseguire, a conclusione del progetto, alcuni risultati importanti per il miglioramento delle conoscenze geologiche dell'area. In particolare, i risultati acquisiti nel corso delle vari fasi del lavoro hanno permesso di:

- precisare, sia attraverso indagini di terreno che con l'ausilio di dati di laboratorio, i caratteri specifici dei diversi litotipi affioranti;
- distinguere e cartografare, sulla base del rapporto arenaria/argilla, le differenti associazioni litologiche che caratterizzano sia i sedimenti messiniani che quelli plio - pleistocenici;
- definire, sulla base dei caratteri biostratigrafici delle diverse formazioni individuate, sia l'età che le condizioni ambientali tipiche dei diversi momenti della storia evolutiva dell'area, nonché le principali ipotesi di correlazione tra le varie parti di successione;
- riconoscere le più importanti superfici di discontinuità di sedimentazione che interessano la successione e di interpretare le correlative superfici di continuità alla scala del bacino con l'obiettivo di separare le diverse sequenze deposizionali che registrano gli effetti dei più significativi cambiamenti tettonico - eustatici avvenuti nelle aree bacinali e/o ai suoi margini;
- caratterizzare, sia sotto il profilo litologico che stratigrafico, le diverse tipologie di depositi continentali quaternari affioranti nell'area.

Nel territorio compreso nel Foglio Macerata è stato inoltre evidenziato che il ciclo plio - pleistocenico (*Auctorum*) non poggia direttamente sulle formazioni messiniane (come avviene più a sud), ma che esso si sviluppa, a partire dal Pliocene medio, al di sopra delle *Argille azzurre* del Pliocene inferiore (*Auctorum*), le quali, nell'area rilevata, sono caratterizzate da spessori variabili che, nel settore a sud del Chienti, superano i 400 metri.

PROGETTO CARG

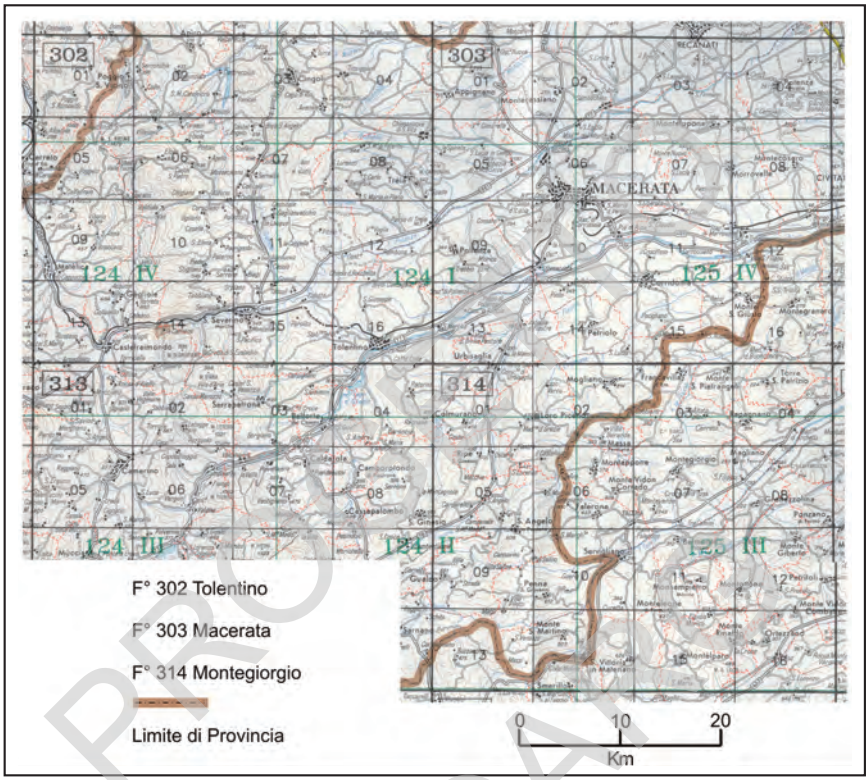

Fig. 1 - *Ubicazione del Foglio 303 (Macerata) e dei contigui Fogli 302 (Tolentino) e 314 (Montegiorgio) rilevati nell'ambito del progetto CARG-Marche.*

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO CARG

II - CENNI STORICI

L'area compresa nel Foglio Macerata è parte integrante, sotto il profilo geologico - strutturale, del settore esterno della catena centro - appenninica. Questo settore di catena è stato oggetto di studio da parte di molti ricercatori fin dalla fine dell'800 (Canavari, 1878a, 1878b, 1879, 1880, 1882). Agli albori del 1900, Mariani (1900, 1902) porta nuovi contributi alla conoscenza delle successioni mesozoiche affioranti nelle zone più interne di catena, mentre nel lavoro di Ugolini (1924) è evidenziato, per la prima volta, il sovrascorrimento delle unità mesozoiche costituenti la dorsale ad occidente della depressione di Camerino.

Un quadro conoscitivo più completo della geologia dell'area proviene dalla nuova edizione (1967) del Foglio 124 (Macerata), in scala 1:100.000, della Carta Geologica d'Italia e relative Note Illustrative (Moretti, 1969; Carloni *et alii*, 1971).

A partire dagli anni '70, l'analisi stratigrafica e sedimentologica dei terreni mio - plio - pleistocenici ha rappresentato un importante filone di studio per il miglioramento delle conoscenze sull'evoluzione sedimentaria dei bacini neogenici dell'Appennino (Ricci Lucchi, 1975a,b,c; 1986). Tra i numerosi lavori relativi a questa tematica si ricordano quelli di Carloni *et alii* (1974), di Cantalamessa *et alii* (1982) e di Monaco (1983), riguardanti i depositi messiniani del "bacino marchigiano esterno"; i lavori di Calamita *et alii* (1979a, 1979b) relativi ai sedimenti miocenici del bacino di Camerino e quelli di Centamore *et alii* (1992) e Cantalamessa *et alii* (1986a) che costituiscono una sintesi delle conoscenze sui bacini

minori torbiditici dell'Appennino umbro - marchigiano. Questi lavori, frutto di rilevamenti geologici condotti utilizzando essenzialmente i criteri dell'analisi di *facies* (Mutti & Ricci Lucchi, 1974, 1981; Mutti *et alii,* 1978; Ori *et alii,* 1991) e spesso corredati da carte geologiche di dettaglio nonché da interpretazioni dei dati di sottosuolo, hanno rappresentato importanti documenti per la comprensione dell'evoluzione tettono - sedimentaria dei bacini periadriatici.

Nelle ricerche più recenti (Ori *et alii,* 1991) i depositi della successione marina mio - plio - pleistocenica vengono analizzati in chiave stratigrafico - fisica secondo un approccio metodologico già adottato in altri settori dell'avanfossa appenninica. Nel lavoro di Ori *et alii*, (1991) vengono sintetizzati i risultati di uno studio regionale condotto integrando i dati geologici di superficie con quelli di sottosuolo (sezioni sismiche a riflessione e *log* di pozzi profondi per l'esplorazione di idrocarburi) disponibili per l'area adriatica, sia nelle zone a terra che *offshore*.

Ori *et alii* (1991) riconoscono, nell'ambito della successione mio - plio - pleistocenica, alcune sequenze deposizionali, ognuna delle quali è caratterizzata da contatti basali e di tetto a limiti inconformi e da specifici caratteri litostratigrafici e sedimentologici.

Per quanto riguarda più specificamente la stratigrafia dei sedimenti pliocenici, nel lavoro di Cantalamessa *et alii* (1986b) vengono descritti il *pattern* stratigrafico, la natura dei sistemi deposizionali e l'evoluzione tettono - sedimentaria del bacino periadriatico nel corso delle ultime fasi della sua storia deformativa.

Accanto agli studi ad indirizzo sedimentologico - stratigrafici condotti nell'area a partire dagli anni '70, un grosso impulso hanno avuto, negli ultimi due decenni, anche le ricerche di tipo geologico - strutturale. Importanti contributi alle conoscenze sull'assetto strutturale e sullo stile tettonico derivato dalle deformazioni neogeniche si trovano in Calamita & Deiana (1986, 1988) e in Menichetti *et alii* (1992), mentre in Calamita *et alii* (1991, 1992, 1994) viene affrontato il tema dell'età della deformazione compressiva. In questi ultimi lavori, che integrano i risultati di indagini strutturali di superficie con lo studio di profili sismici a riflessione, viene anche riconosciuto, in sottosuolo, il sovrascorrimento dei M. Sibillini, la cui emersione in superficie è stata di recente ipotizzata da Barchi *et alii* (1996a) e da Deiana *et alii*, (2002).

A partire dagli anni '80, un altro importante filone di ricerca nell'ambito delle tematiche strutturali è stato quello della caratterizzazione delle rocce di faglia e delle strutture minori associate agli elementi strutturali di rango regionale. I lavori più significativi in questo filone di ricerca sono stati prodotti, per questo settore appenninico, dai ricercatori delle Università di Camerino e Perugia (Cello *et alii*,1995a, Ed; Barchi *et alii*,1996b Eds.).

Questi stessi dati, integrati con quelli di respiro regionale e con dati sperimentali sul comportamento poro - elastico delle rocce, sono stati utilizzati da alcuni

PROGETTO SARG

Autori per proporre sofisticati modelli tettonici e per discutere il ruolo fondamentale dei fluidi nei processi di *thrusting* e di messa in posto di singole unità tettoniche (Cello & Nur, 1988; Cello & Deiana, 1995; Cello, 1996).

Un commento a parte meritano i depositi continentali (depositi alluvionali, detriti stratificati, coltri eluvio-colluviali) con le problematiche connesse alla loro evoluzione, alla loro definizione cronologica ed ai loro rapporti. Le ricerche finora condotte (Alessio *et alii*, 1979; Dramis, 1984; Gentili & Pambianchi, 1987; Coltorti & Dramis, 1988; Calderoni *et alii*, 1991; Coltorti *et alii*, 1991; Cilla *et alii*, 1994), pur con le cautele legate all'incertezza di alcune definizioni cronologiche, portano ad una attribuzione dei processi di aggradazione valliva e della genesi dei detriti stratificati (che con i depositi alluvionali talora si interdigitano) alle fasi fredde del Quaternario, mentre i fenomeni di reincisione e terrazzamento vengono attribuiti alle fasi temperate.

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO CARG

III - CENNI DI GEOMORFOLOGIA

(con il contributo di P. Farabollini)

L'area rilevata nell'ambito del progetto CARG-Marche si estende con una certa continuità e uniformità tra i rilievi pedemontani dell'Appennino, ad occidente, e la costa adriatica ad oriente. Questo territorio, confinante ad ovest con le aree comprese nel Foglio Tolentino (302) e a sud nel Foglio Montegiorgio (314) presenta, in generale, caratteri geomorfologici omogenei che sono quelli tipici del paesaggio collinare che si sviluppa lungo tutta la fascia periadriatica. Localmente, si individuano però anche tratti paesaggistici che dipendono più specificamente dall'assetto geologico-strutturale, dalle caratteristiche della rete fluviale e dalla tipologia dei terreni in affioramento, i quali presentano caratteri litologici variabili dalle argille, alle arenarie, ai conglomerati.

L'attuale assetto geomorfologico dell'area è quindi condizionato da diversi fattori i quali comprendono anche l'evoluzione neotettonica, la successione degli eventi climatici quaternari, le caratteristiche lito-strutturali del substrato roccioso, e, non ultima, l'attività antropica, soprattutto quella più recente.

All'evoluzione tettonica dell'area ed alle caratteristiche litologiche del substrato roccioso è connessa la genesi di rilievi i quali mostrano, generalmente, dislivelli che raramente superano i 300 metri slm ed acclività dei versanti variabile tra il 10% ed il 20%; localmente, si osservano anche rotture di pendio e scarpate di erosione selettiva. In particolare, appare netto il contrasto tra le scarpate strutturali ubicate in corrispondenza degli affioramenti più resistenti (quali le arenarie

esposte nell'area della dorsale di Treia-Pollenza) e i versanti più dolci modellati nei terreni a prevalente componente pelitica. Alla natura litologica del substrato sono inoltre legate le caratteristiche litotecniche delle formazioni superficiali ad esso direttamente connesse, mentre i processi morfogenetici principali derivano dall'azione delle acque correnti superficiali e dalla gravità. Questi processi possono dare origine ad una intensa incisione della rete idrografica, ad estesi fenomeni franosi e talvolta a morfologie calanchive. Di fondamentale importanza, nella morfogenesi dell'area, è risultato l'intenso sollevamento generale che ha interessato tutto il rilievo appenninico a partire dal Pliocene superiore (Dramis *et alii*, 1992; Coltorti *et alii*, 1996). Tale sollevamento ha indotto un generale e rapido approfondimento dell'erosione lineare, sia pure con fasi di minore intensità o di stasi, in relazione alle diverse condizioni climatiche che si sono avvicendate nell'area a partire dal Pleistocene medio.

All'alternanza delle fasi climatiche del passato, caratterizzate da periodi freddi (periglaciali) e periodi temperati, sono legati momenti rispettivamente a prevalente sedimentazione e momenti a prevalente erosione lineare, riconoscibili lungo gli assi vallivi per la presenza di depositi alluvionali disposti a quote decrescenti rispetto al fondovalle attuale e particolarmente sviluppati in sinistra idrografica dei principali fiumi, dove è possibile riconoscere l'intera successione degli ordini terrazzati (Coltorti *et alii*, 1991; Dramis *et alii*, 1992).

Alle fasi fredde che hanno caratterizzato il Quaternario è da riferire, oltre ai depositi alluvionali terrazzati essenzialmente ghiaiosi a cui si intercalano livelli e lenti sabbiose, a luoghi argillose, e alle potenti coltri detritiche e colluviali che riempiono il fondo di vallecole più o meno ampie, talora sospese o isolate dall'attuale sistema di drenaggio, anche potenti accumuli di *glacis* (Dramis *et alii*, 1993) anch'essi caratteristici di ambienti arido-freddi e costituiti da materiali essenzialmente fini provenienti dalla degradazione del paesaggio collinare pleistocenico a cui si intercalano, in più casi, sedimenti di origine eolica (*loess*; Farabollini, 1995).

La piana alluvionale più recente (4° ordine) si presenta ben sviluppata e continua in tutti i principali assi vallivi presenti nel Foglio (torrente Monocchia, fiume Potenza, fiume Chienti, torrente Fiastra, torrente Cremone e fiume Ete Morto). La messa in posto della maggior parte di tali depositi, indicativamente riferita all'Olocene recente, essenzialmente ghiaiosi ma a luoghi anche sabbioso-limosi (Farabollini, 1995) per notevoli spessori (Sant'Egidio e San Leopardo in sinistra idrografica del fiume Potenza, Piediripa sul fiume Chienti), si è verificata per effetto di processi di degradazione ed erosione dovuti all'antropizzazione dei versanti e, in particolare, al massiccio smantellamento della copertura boschiva per fini agro-pastorali, oltre che per soddisfare le sempre più forti richieste di legname (Gentili & Pambianchi, 1987; Coltorti *et alii*, 1996).

Recentemente l'attività antropica (agricoltura, urbanizzazione, regimazione

PROGETTO CARG

delle acque, attività di escavazione, ecc.) ha costituito e costituisce il principale fattore di controllo della morfogenesi recente e attuale, introducendo nel quadro evolutivo dell'area processi di erosione e di accumulo notevolmente più rapidi ed intensi di quelli dovuti alle cause naturali (Farabollini *et alii*, 2000). Gli estesi ed intensi fenomeni di incisione verticale e laterale del *talweg*, particolarmente evidenti lungo il torrente Fiastra, lungo il fiume Chienti e lungo il fiume Potenza, nella maggior parte dei casi manifestano i loro effetti sulle opere antropiche (strutture ed infrastrutture) presenti nelle aree di pertinenza fluviale, quali sottoescavazione dei piloni dei ponti, scalzamenti di briglie e pennelli, cedimenti delle scarpate stradali, ecc.

Alla radicale trasformazione dell'uso del suolo ed alla forte antropizzazione che caratterizza la pianura alluvionale olocenica si devono i notevoli danni agli insediamenti, all'attività produttiva, soprattutto agricola, alle reti infrastrutturali, in particolare alla viabilità, legati ai frequenti fenomeni di esondazione ed allagamento che hanno interessato il fiume Potenza ed il fiume Chienti (Farabollini *et alii*, 2000) ed i cui ventagli di esondazione sono ancora riconoscibili all'interno della piana olocenica.

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO CARG

IV - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di interesse è parte dell'Appennino centrale (fig. 2), un settore estremamente importante per la comprensione dell'evoluzione delle zone esterne appenniniche a causa della grande diffusione, in affioramento, dei sedimenti terrigeni mio - plio - pleistocenici che, attraverso la differenziazione dei loro caratteri litologici, sedimentologici e stratimetrici, registrano in maniera pressoché continua i vari passaggi della complessa storia deformativa neogenica di questo settore di catena. Inoltre, la considerevole mole di dati acquisiti negli ultimi anni, sia dati di superficie che di sottosuolo (ultimi dei quali quelli relativi alla esecuzione del profilo CROP - 03), hanno consentito di poter disporre per questo settore esterno di catena di un quadro conoscitivo adeguato per affrontare i principali problemi stratigrafici, sedimentologici e tettonici dell'area nell'ambito delle conoscenze disponibili sulla evoluzione geodinamica di questo segmento di catena peri - mediterranea interposto tra le strutture sepolte della pianura padano - veneta e l'Appennino meridionale.

La successione sedimentaria affiorante nel settore centrale dell'Appennino è tipicamente rappresentata dalla serie umbro - marchigiana (fig. 3); detta successione (Centamore *et alii*, 1971) si è depositata in un ambiente pelagico che, verso sud, si raccordava ad un ambiente di piattaforma carbonatica (la piattaforma laziale - abruzzese; *Auctorum*). Questi due ambienti deposizionali risultavano ben differenziati fin dalle fasi iniziali della sedimentazione (nel Trias) a testimonianza del fatto che lungo tutto il paleomargine Afro - Adriatico, caratterizzato essenzialmente dallo sviluppo di

un unico grande dominio di piattaforma carbonatica (Cello *et alii*, 1995b), si andavano localizzando, già in questo intervallo temporale, aree bacinali di dimensioni variabili alle quali può essere attribuito il rango di sub - domini (Cello *et alii*, 1991).

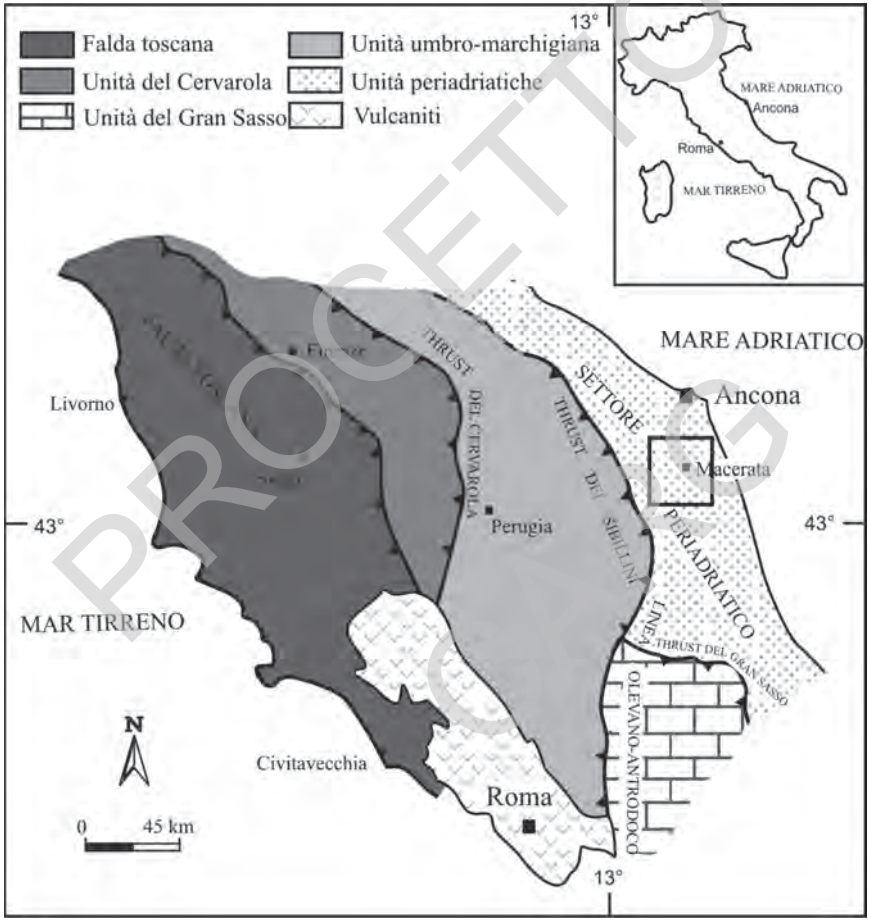

Fig. 2 - *Schema geologico-strutturale dell'Italia centrale (da Autori Vari).*

Nelle aree più settentrionali del margine continentale Afro - Adriatico, in questo periodo, si depositano essenzialmente *facies* evaporitiche (*Formazione delle Anidriti di Burano*; Martinis & Pieri, 1964) e carbonatiche (*Formazione del Calcare massiccio*; Colacicchi *et alii*, 1970; Centamore *et alii*, 1971; Pialli, 1971), mentre verso sud affiorano prevalentemente depositi dolomitici (Crescenti *et alii*, 1969).

PROGETTO

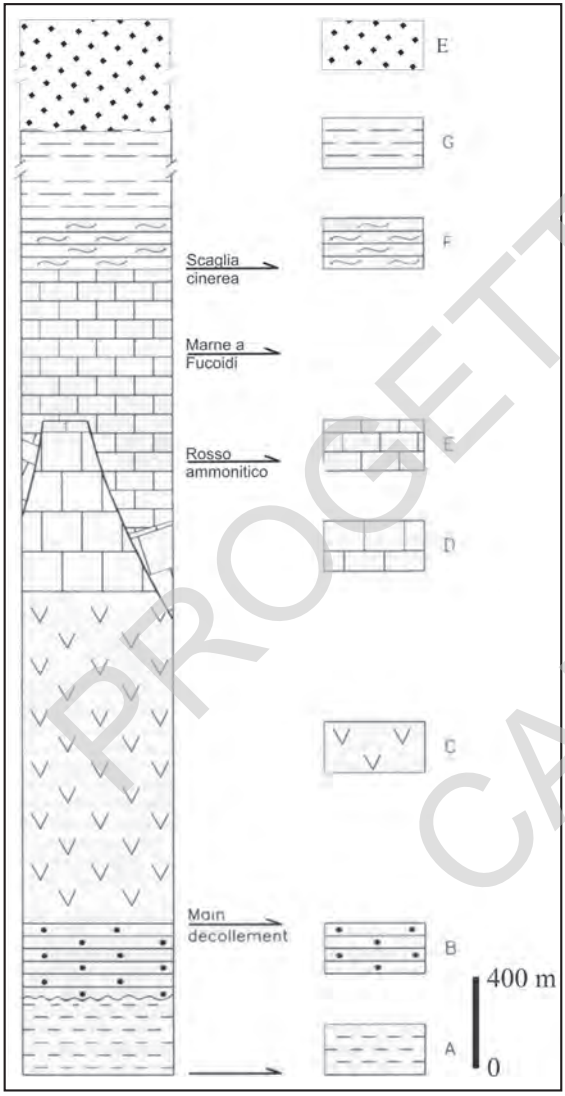

Fig. 3 - Schema stratigrafico della Successione umbro-marchigiana e ubicazione dei principali livelli di scollamento (da Autori Vari).

A: *Basamento filladico (Permo-Carbonifero.);*
B: *Sequenza clastica continentale (Verrucano, Trias medio);*
C: *Depositi evaporitici (Anidridi di Burano, Trias superiore);*
D: *Sequenza di piattaforma carbonatica (Calcari e marne a Rhaetavicula contorta e Calcare massiccio, Trias superiore - Lias inferiore);*
E: *Sequenza pelagica costituita da calcari, calcari marnosi e calcari selciferi ben stratificati (Corniola, Rosso ammonitico, Calcari a Posidonia, Calcari diasprigni, Maiolica, Marne a Fucoidi, Scaglia bianca, Scaglia rossa, Lias medio - Eocene medio);*
1: *Sequenza giurassica condensata (Gruppo del Bugarone);*
F: *Sequenza emipelagica marnosa e marnoso-calcarea (Scaglia variegata, Scaglia cinerea, Bisciaro, Schlier, Marnosa-Umbra, Marne con Cerrogna, Marne a Pteropodi, Eocene superiore - Miocene superiore);*
G: *Depositi torbiditici silicoclastici e carbonatici (Burdigaliano p.p. - Pliocene inferiore);*
E: *ciclo plio-pleistocenico.*

Nel settore umbro - marchigiano, la sedimentazione dei carbonati pelagici si è protratta fino al Paleogene in risposta ai processi distensivi indotti dapprima dalla apertura dell'Oceano Ligure (dominio della Neotetide), realizzatosi a partire dal Giurassico e, successivamente, sia da fenomeni di subsidenza termica che di assottigliamento tettonico del paleomargine (Cello *et alii*, 1996; Marchegiani *et alii*, 1997, 1999).

PROGETTO CARG

Il riconoscimento, nell'ambito della serie umbro - marchigiana, di successioni sedimentarie caratterizzate da forti variazioni di spessore e di *facies* (successioni complete, condensate e lacunose; *Auctorum*) suggerisce che l'ambiente pelagico in parola era tutt'altro che uniforme e la variabilità della risposta sedimentaria evidenzia la persistenza di diverse unità morfostrutturali intrabacinali che hanno condizionato, nel tempo, lo sviluppo deposizionale delle successioni sedimentarie (Centamore *et alii*, 1971).

A partire dal Miocene, questa successione di copertura del margine continentale Afro-Adriatico, viene coinvolta nella strutturazione del sistema a *thrust* appenninico che, nell'area in esame, inizia al passaggio Messiniano - Pliocene. Nel corso di questa fase di deformazione e di accrezione della copertura sedimentaria del margine Afro - Adriatico, che porterà alla costruzione della catena centro - appenninica, la paleogeografia del bacino umbro - marchigiano si modifica drasticamente così che la sedimentazione viene ad essere significativamente controllata dalla continua riorganizzazione delle aree bacinali durante i diversi stadi evolutivi del sistema catena - avanfossa - avanpaese (Bigi *et alii*, 1999).

Nel settore periadriatico, la serie umbro - marchigiana, che è bene esposta fino ai termini giurassici nelle zone assiali di catena, si ritrova coinvolta, tranne rare eccezioni, solo nelle strutture sepolte al di sotto della successione torbiditica di avanfossa depositatasi a partire dal Miocene (Bally *et alii*, 1986).

Nell'area oggetto del rilevamento, la successione di avanfossa include i depositi messiniani del bacino della Laga e quelli della *Formazione a Colombacci*, nonché i sedimenti pliocenici e pleistocenici del bacino marchigiano esterno (*Auctorum*).

I terreni appartenenti alla *Formazione della Laga* registrano, fino al Miocene superiore, gli effetti di un'intensa attività tettonica sinsedimentaria che si era sviluppata già a partire dal Miocene inferiore; ciò è testimoniato, a scala regionale, dalle differenze di spessore e di *litofacies* nella successione pre - torbiditica (*Bisciaro-Schlier*) e dalla distribuzione areale delle pelagiti dello *Schlier*, delle *Marne a Pteropodi* e dei primi sedimenti torbiditici.

I caratteri petrografici relativi ai sedimenti torbiditici messiniani (cfr. Analisi Petrografica) indicano che gli apporti di materiale terrigeno provengono principalmente da rocce carbonatiche e silicoclastiche mature e subordinatamente da rocce metamorfiche, intrusive acide, vulcaniche (di tipo acido-intermedio) e ofiolitiche.

Sulla base delle conoscenze attuali sull'assetto paleotettonico pre - pliocenico di questo settore appenninico, si ritiene che le probabili aree di alimentazione si possono quindi localizzare nella Toscana meridionale, nelle isole dell'arcipelago toscano e nell'Umbria occidentale (si veda anche Colacicchi, 1958).

Gli altri affioramenti nelle aree oggetto del rilevamento appartengono ai depositi del ciclo deposizionale del Pliocene inferiore e a quello plio-pleistocenico

PROGETTO CARG

(*Auctorum*). Questi ultimi poggiano in discordanza angolare su un substrato piegato ed eroso costituito dalla *Formazione della Laga* e, localmente, dalle *Argille azzurre* (*Auctorum*) ascrivibili al Pliocene inferiore.

Nel corso degli eventi deformativi che hanno interessato le zone esterne appenniniche, a partire dal Pliocene inferiore, nel bacino marchigiano esterno si individuano i seguenti settori caratterizzati da una diversa evoluzione tettono - sedimentaria (Bigi *et alii*, 1997b):

Settore anconetano;
Settore maceratese;
Settore fermano;
Settore teramano;
Settore chietino.

Nel Settore anconetano si deposita, tra la fine del Pliocene inferiore e parte del Pliocene medio, una successione condensata prevalentemente argillosa; nella parte esterna (orientale) del bacino era però già emersa, in questa finestra temporale, la dorsale del Monte Conero.

Il Settore fermano include le porzioni più profonde del bacino le quali sono rappresentate da una successione completa, continua e di maggiore spessore rispetto a quella del settore anconetano. L'ambiente di sedimentazione, nel settore fermano, è generalmente batiale; sono comunque presenti, a diverse altezze stratigrafiche nell'ambito dell'intera successione, numerose intercalazioni di torbiditi più o meno grossolane.

Il Settore maceratese (entro cui ricade l'area rilevata), insieme a quello teramano e chietino, fa parte invece di un generale ambiente di piattaforma continentale.

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO CARG

V - STRATIGRAFIA

1. - LITOSTRATIGRAFIA

Nel foglio Macerata affiorano terreni appartenenti ad una successione marina di età Messiniano p.p. - Pleistocene inferiore p.p. e depositi continentali quaternari.

La successione marina affiorante è stata distinta in quattro unità litostratigrafiche, alle quali è stato attribuito il rango di formazione. Di seguito le formazioni cartografate, denominate (dal basso verso l'alto):

Formazione della Laga
Formazione a Colombacci
Formazione delle Argille azzurre
Formazione di Fermo,

sono descritte e caratterizzate sulla base delle informazioni bibliografiche disponibili e in base ai risultati del rilevamento e delle analisi di laboratorio eseguite nell'ambito del progetto CARG.

La denominazione adottata per la *Formazione di Fermo*, così come pure quelle adottate per i depositi continentali quaternari, sono state scelte selezionando i nomi delle località dove le stesse presentano caratteristiche rappresentative a scala regionale piuttosto che sulla base dei caratteri specifici (comunque evidenziati in fase di rilevamento) che presentano nell'ambito dei singoli Fogli. Per questo motivo alle formazioni cartografate sono state attribuite denominazioni derivate anche da zone fuori carta.

Per quanto attiene ai depositi continentali quaternari, questi ultimi sono stati descritti in base alle loro caratteristiche litologiche, genetiche e cronologiche ed accorpati in Sintemi.

1.1. - SUCCESSIONE MARINA

La successione marina affiorante nell'area compresa nel Foglio Macerata è organizzata, nell'insieme, in una struttura monoclinalica regionale immergente verso ENE la cui base affiora nel settore sud - occidentale del Foglio, dove sono esposti i terreni messiniani della *Formazione della Laga* e quelli della *Formazione a Colombacci*, mentre nel settore centrale del Foglio si ritrova, al di sotto delle coperture quaternarie, la *Formazione delle Argille azzurre* sulla quale, nel settore più orientale, si rinvengono i depositi sabbioso - ciottolosi regressivi della *Formazione di Fermo*.

Nel settore ubicato nella porzione più settentrionale del Foglio, i terreni appartenenti alla *Formazione delle Argille azzurre* presentano, nell'insieme, caratteristiche litologiche leggermente differenti (con una maggiore componente pelitica) rispetto a quelli affioranti nel restante settore centro - orientale (a sud del Fiume Potenza).

1.1.1. - *Formazione della Laga* (**LAG**)

Nel territorio compreso nel Foglio Macerata, i terreni appartenenti a questa formazione sono costituiti da sedimenti silicoclastici che si ritrovano in affioramento esclusivamente a sud della Valle del Fiume Chienti.

A scala regionale, la *Formazione della Laga* affiora all'interno di una ampia zona a forma triangolare (fig. 4) che si estende verso sud fino in prossimità del fronte est - ovest del sovrascorrimento del Gran Sasso e, verso ovest, fino a quello dei Monti Sibillini (Bigi *et alii*, 1997a; 1999).

I terreni della *Formazione della Laga* sono invece limitati verso est dalla traccia in superficie del contatto trasgressivo basale della successione marina plio - pleistocenica (*Auctorum*).

I sedimenti torbiditici costituenti la *Formazione della Laga* si sono deposti, a partire dal Messiniano inferiore, in un bacino di avanfossa ubicato al fronte del sovrascorrimento dei Monti Sibillini e presentano spessori massimi variabili da circa 3000 metri (Ricci Lucchi, 1975c) ad oltre 4000 metri (Parotto & Praturlon, 1975). Nell'insieme, i depositi silicoclastici appartenenti alla *Formazione della Laga* costituiscono un ciclo sedimentario di primo ordine di tipo trasgressivo caratterizzato da associazioni litologiche marcate da forti variazioni latero - verticali di spessore e di *facies* (Centamore *et alii*, 1993).

PROGETTO CARG

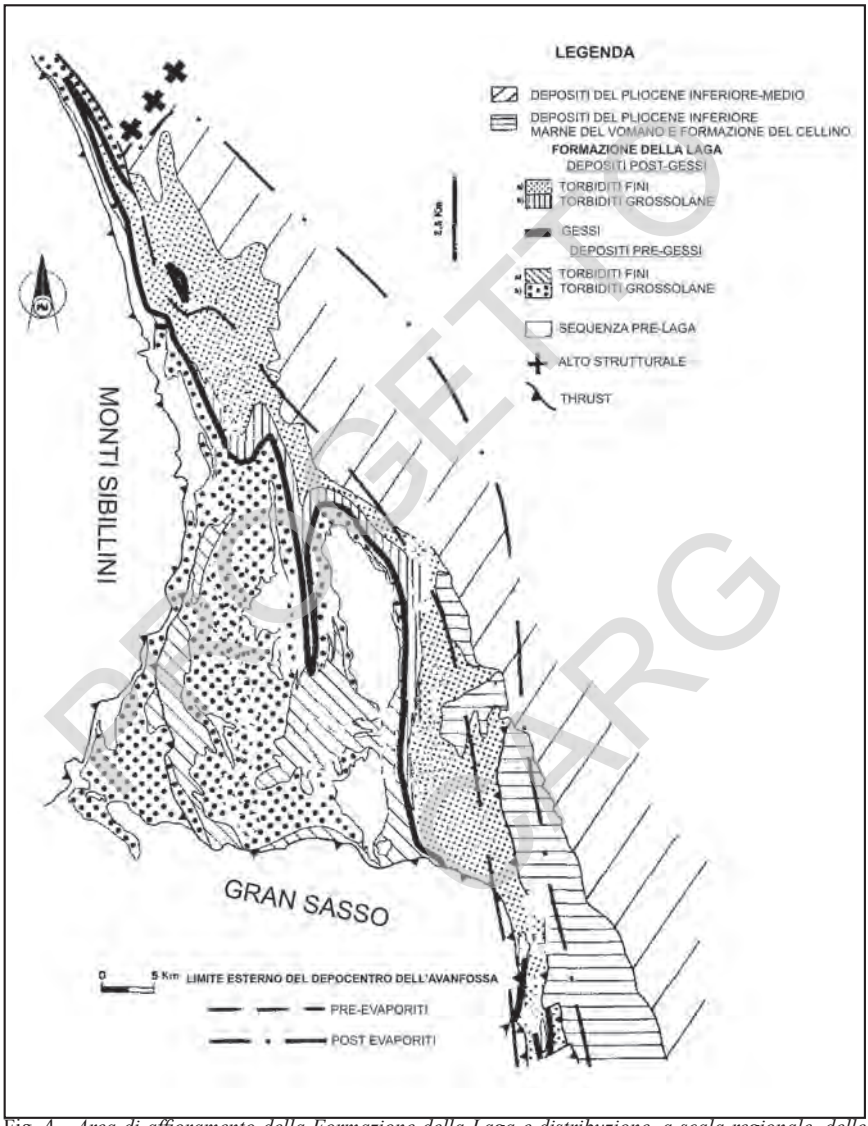

Fig. 4 - *Area di affioramento della Formazione della Laga e distribuzione, a scala regionale, delle principali litofacies (da* Bigi *et alii, 1996).*

La formazione è stata suddivisa in tre principali unità litostratigrafiche alle quali è stato attribuito il rango di membri, riconoscibili a scala regionale, denominati dal basso verso l'alto: (i) *Membro pre - evaporitico*, (ii) *evaporitico* e (iii) *post - evaporitico* (Cantalamessa *et alii*, 1986a).

I caratteri specifici dei terreni costituenti la *Formazione della Laga* suggeriscono che il bacino di avanfossa messiniano era caratterizzato da due principali depocentri: uno più interno e più meridionale ove si sono deposti, a partire dal Messiniano inferiore, il membro basale e quello evaporitico, ed uno più esterno e settentrionale entro cui, nella parte alta del Messiniano, si è sedimentato il *Membro post - evaporitico* (Centamore *et alii*, 1993).

L'area sud - occidentale del Foglio Macerata (a sud della Valle del Fiume Chienti) dove affiorano sedimenti del Messiniano superiore, fa parte del settore più settentrionale del bacino della Laga e, in quest'area, affiorano esclusivamente terreni appartenenti al *Membro post - evaporitico*; più a sud, invece, a partire dalla linea Fiastrone - Fiastrella (Cantalamessa *et alii*, 1986a), sono presenti anche i membri evaporitico e pre - evaporitico. In particolare, nella zona di Acquasanta e in quella della Montagna dei Fiori, il *Membro pre - evaporitico* si ritrova in discordanza angolare (con valori intorno a 5 gradi) al di sopra delle *Marne a Pteropodi* (Tortoniano medio - Messiniano inferiore). In altre zone, invece, lo stesso membro riposa in discordanza anche sulle altre formazioni emipelagiche pre - torbiditiche (*Schlier* e *Marne con Cerrogna*).

Al di sopra del *Membro evaporitico*, che mostra caratteri variabili dalle gessareniti ai gessi primari, nel Messiniano superiore si deposita il *Membro post - evaporitico* che, nel Foglio Macerata, è rappresentato solo dalla sua porzione sommitale. In altre aree più meridionali, dove affiora questo membro, è possibile invece osservare anche la porzione basale contenente un livello vulcanoclastico a composizione riodacitica e con spessori dell'ordine del metro (Cantalamessa *et alii*, 1986a).

PROGETTO CARG

1.1.1.1. - Membro post - evaporitico (**LAG$_3$**)

Il *Membro post - evaporitico* della *Formazione della Laga* è costituito, in generale, da *litofacies* pelitico - arenacee indicative di depositi non canalizzati organizzati in sequenze negative che sono tipiche di apporti a bassa efficienza (Mutti & Ricci Lucchi, 1981). Questi depositi si differenziano notevolmente rispetto a quelli che caratterizzano il *Membro pre - evaporitico* che veniva invece alimentato da flussi torbiditici che originavano apparati ad alta efficienza (Mutti *et alii*, 1978).

L'analisi delle paleocorrenti evidenzia anche che, nell'insieme, il bacino della Laga era alimentato da correnti di torbida di provenienza nord - occidentale che venivano smistate verso SSE; tuttavia, i dati relativi al solo Membro post - evaporitico sembrano indicare anche provenienze più francamente occidentali e, a luoghi, addirittura da sud - ovest (Centamore *et alii*, 1993).

La sedimentazione nel bacino della Laga cessa nel Pliocene inferiore con la deposizione delle Argille azzurre; dette peliti registrano la chiusura del ciclo

deposizionale durante il quale si è realizzata la sedimentazione del cuneo clastico messiniano e l'evoluzione del bacino della Laga dallo stadio di avanfossa a quello di *wedge-top basin* (Centamore *et alii*, 1992).

Nel Foglio Macerata, la porzione affiorante del Membro post - evaporitico ubicata al di sopra del livello vulcanoclastico è caratterizzata principalmente da una successione torbiditica pelitico-arenacea (**LAG**$_{3e}$), entro la quale si intercalano pacchi arenaceo-pelitici (**LAG**$_{3d}$).

Lo spessore affiorante del membro in parola è di circa 150 m.

1.1.2. - *Formazione a Colombacci* (**FCO**)

La *Formazione a Colombacci* si ritrova con contatto stratigrafico discordante al di sopra del *Membro post - evaporitico* della *Formazione della Laga*. Al tetto di questa unità, nell'area a nord del Fiume Chienti, affiorano in discordanza i depositi del Pliocene inferiore (zona a *G. puncticulata*).

Dove gli affioramenti sono più continui ed estesi, ad esempio nell'area compresa nel Foglio Tolentino, la *Formazione a Colombacci* è costituita da torbiditi grossolane (arenaceo-conglomeratiche, arenaceo e arenaceo-pelitiche), a geometria lenticolare, passanti verso l'alto e lateralmente a torbiditi più fini e arealmente più continue (pelitico-arenacee e pelitiche). Qui, nell'ambito delle associazioni pelitico - arenacee e pelitiche, sono contenuti i caratteristici livelli calcarei "colombacci" (Selli, 1952).

Lo spessore complessivo della formazione, osservabile più ad occidente dell'area rilevata nella zona di S. Severino - Tolentino, è di 600-700 m.

Nell'ambito di questa unità sono state riconosciute le seguenti *litofacies*.

1.1.2.1. - Litofacies arenacea (**FCO**$_c$)

Affiora al nucleo dell'anticlinale, a direzione assiale N150°, su cui sorge l'abitato di Pollenza e si sviluppa da Passo di Treia a Trebbio. E' costituita da arenarie giallo - nocciola a granulometria medio - grossolana in strati da spessi a medi a mercata geometria lenticolare, con frequenti cogoli diagenetici alla base degli strati che rappresentano il riempimento di canali di erosione (*facies* B); a luoghi sono presenti arenarie a granulometria medio - fine con livelli pelitici più spessi.

1.1.2.2 - Litofacies arenaceo-pelitica (**FCO**$_d$)

Affiora essenzialmente ad ovest della struttura di Pollenza e, solo limitata-

PROGETTO CARG

mente, anche ad est; è formata da un'alternanza di arenarie giallo - nocciola a granulometria medio - fine in strati generalmente di spessore medio, a geometria lenticolare, e peliti marnose grigie; localmente si rinvengono anche arenarie in strati più spessi.

1.1.2.3 - Litofacies pelitico - arenacea (**FCO$_e$**)

E' stata riconosciuta, spesso, alternata alla *Litofacies arenaceo - pelitica*, da cui si distingue principalmente sulla base del diverso rilievo morfologico che produce, essendo costituita essenzialmente da livelli marnosi pelitici alternati ad arenarie fini e molto fini.

1.1.3. - *Formazione delle Argille azzurre* (**FAA**)

La *Formazione delle Argille azzurre*, affiora in quasi tutto il territorio che ricade nel Foglio Macerata e si estende verso ovest nel Foglio Tolentino e, verso sud, nel Foglio Montegiorgio. Corrisponde, in parte, alla *Formazione delle Argille azzurre* del Pliocene inferiore (*Auctorum*) e, in parte, ai terreni del ciclo plio - pleistocenico (*Auctorum*).

Nell'area oggetto del rilevamento, la *Formazione delle Argille azzurre* è costituita da una successione sedimentaria in prevalenza pelitica caratterizzata da una parte basale pliocenica costituita da argille marnose fossilifere con rare lenti pelitico - arenacee, e una parte sommitale pleistocenica di natura prevalentemente pelitica, la quale include intercalazioni di corpi arenaceo - conglomeratici, arenacei, arenaceo - pelitici, pelitico - arenacei e di peliti laminate.

Nel Foglio Macerata, la formazione in parola è rappresentata nella sua interezza. A sud del Fiume Chienti è stata infatti riconosciuta la base dell'unità (ascrivibile al Pliocene inferiore, zona a *G. margarita*) che si ritrova, con contatto discordante e trasgressivo, al di sopra delle arenarie piegate ed erose del *Membro post - evaporitico* della *Formazione della Laga*. A nord del Fiume Chienti, in prossimità dell'abitato di Pollenza, lo stesso contatto si realizza invece tra i terreni del Pliocene inferiore (zona a *G. puncticulata*) e la sottostante *Formazione a Colombacci* (fig. 5).

Nell'area compresa tra i Fiumi Potenza e Chienti, a nord dell'abitato di Sforzacosta, si può osservare la porzione medio - bassa della successione. Qui, muovendosi lungo una direttrice ENE, la successione si sviluppa, con *facies* prevalentemente pelitiche, fino al passaggio con i primi orizzonti clastici grossolani che affiorano in prossimità dei quartieri occidentali della città di Macerata.

PROGETTO CARG

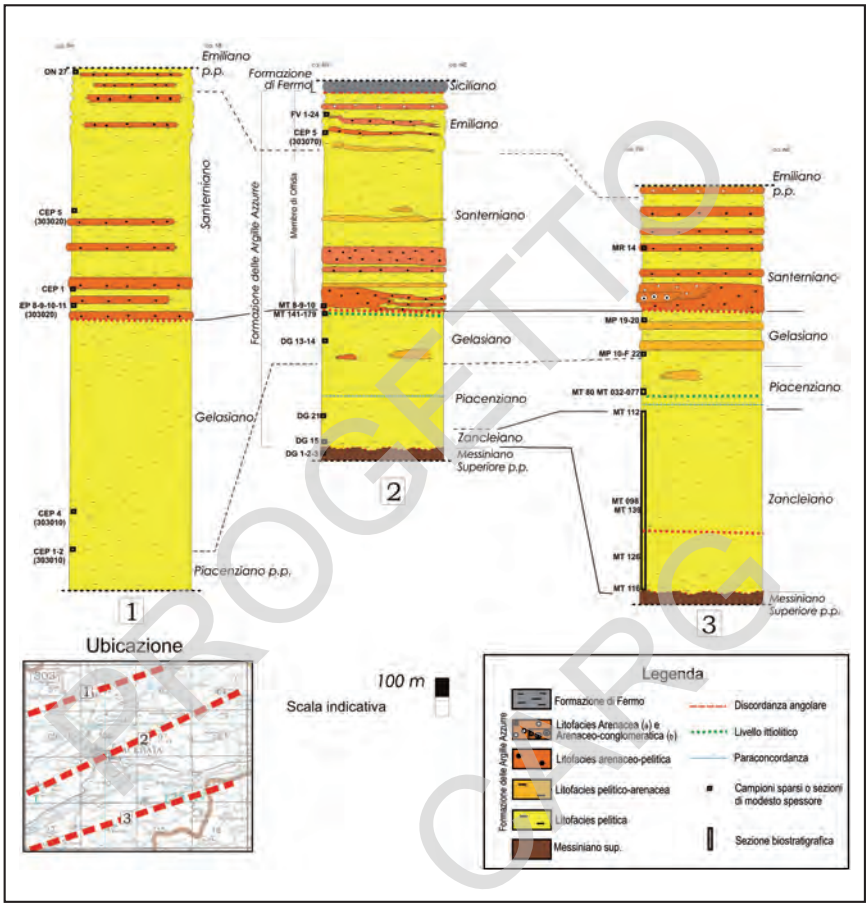

Fig. 5 - *Sezioni stratigrafiche rappresentative del Foglio Macerata*

Spostandosi ancora verso est, si possono riconoscere i caratteri salienti dei sedimenti che caratterizzano la parte alta della formazione, fino al passaggio con i terreni sabbioso - ciottolosi appartenenti alla sovrastante *Formazione di Fermo* (di nuova istituzione), i quali affiorano solo nei settori nord - orientali del Foglio.

Nell'area compresa nel Foglio oggetto del rilevamento, la *Formazione delle Argille azzurre* presenta spessori variabili tra poco più di 1100 metri, nella zona a sud del Fiume Chienti, a poco meno di 1000 metri nella dorsale compresa tra i Fiumi Chienti e Potenza. Come si può osservare dalle sezioni stratigrafiche di figura 5, questa diversità deriva principalmente dalle variazioni di spessore che interessano per lo più la porzione basale (pliocenica) della successione, la quale risulta maggiormente condensata nell'area a nord del Chienti, a testimonianza

della presenza di una zona intrabacinale rialzata rispetto a quella più meridionale. Questa tendenza appare invece invertita nell'area a nord del Fiume Potenza, dove la porzione intermedia (Pliocene superiore) della formazione presenta spessori maggiori rispetto agli affioramenti più meridionali.

In generale, la *Formazione delle Argille azzurre* è osservabile solo in pochi affioramenti limitati, specie dove è costituita principalmente dai termini arenacei intercalati ai livelli pelitici. Ciononostante, nell'ambito della formazione sono state riconosciute diverse *litofacies* che hanno consentito di meglio caratterizzare, da un punto di vista litostratigrafico, le varie parti della successione e di evidenziare il progressivo aumento verso l'alto della frazione arenacea.

Sulla base di queste informazioni, unitamente all'osservazione che nella porzione pleistocenica della successione si registrano frequenti ripetizioni di orizzonti clastici a granulometria più grossolana, è stato istituito un membro locale (*Membro di Offida* **FAA**$_5$) a chiusura della *Formazione delle Argille azzurre*. Al *Membro di Offida* è stata attribuita un'età compresa tra il Pleistocene basale e il Siciliano.

La denominazione «*Membro di Offida*» attribuita al membro sommitale della *Formazione delle Argille azzurre* deriva dal fatto che i diversi orizzonti arenacei che lo caratterizzano sono correlabili, nell'insieme, con i corpi clastici grossolani affioranti nel contiguo Foglio Montegiorgio e più a sud (nella zona di Offida, appunto) dove presentano condizioni di affioramento e tipologie che meglio ne rappresentano i caratteri alla scala dell'intero bacino di sedimentazione. Nel Foglio Montegiorgio, *il Membro di Offida* è sempre ubicato nella porzione sommitale della *Formazione delle Argille azzurre*, la quale però, nella sua porzione medio - bassa, presenta altri corpi clastici grossolani ai quali è stato assegnato il rango di membri locali. Il più basso tra questi membri è stato denominato *Membro delle Spungone*; ha uno spessore massimo di circa 170 metri ed è riferibile al Pliocene medio basale. Gli orizzonti arenaceo - conglomeratici di questo membro locale si ritrovano in discordanza angolare sui terreni piegati ed erosi del *Membro post - evaporitico* della *Formazione della Laga* e, a luoghi, al di sopra di un livello di peliti grigio - azzurre del Pliocene inferiore appartenenti alla *Formazione delle Argille azzurre*.

Un altro membro locale della *Formazione delle Argille azzurre*, affiorante in settori più meridionali, è costituito essenzialmente da arenarie grossolane ed è stato denominato *Membro dell'Ascensione*; ha uno spessore massimo di circa 500 metri e risulta ubicato ad un'altezza stratigrafica intermedia tra il *Membro di Offida* a tetto e quello dello Spungone a letto. Al *Membro dell'Ascensione* è stata attribuita un'età pliocenica superiore.

A completamento delle informazioni relative alle caratteristiche litostratigrafiche della porzione medio - bassa della *Formazione delle Argille azzurre*, va infine segnalato che nel limitrofo Foglio Tolentino e nel Foglio Jesi è stato riconosciuto un ulteriore membro locale (il *Membro delle Arenarie di Borello*, sottostante al *Membro dello Spungone*).

PROGETTO CARG

Da quanto sopra esposto risulta pertanto chiara l'attribuzione, in legenda e nello schema V, delle denominazioni e delle rispettive sigle, in progressione numerica dal basso verso l'alto, dei cinque membri locali appartenenti alla *Formazione delle Argille Azzurre*.

Nel Foglio Macerata, a differenza di quanto cartografato nei Fogli contigui, è stato riconosciuto il solo *Membro di Offida*. Questo perché qui, come detto, la porzione medio-bassa della formazione è costituita essenzialmente da peliti entro cui solo raramente si ritrovano intercalati, a varie altezza stratigrafiche e con scarsa continuità, orizzonti siltoso-sabbiosi.

Nell'ambito della parte basale pliocenica della *Formazione delle Argille azzurre* si riconoscono una *Litofacies pelitica* ed una *pelitico-arenacea*, mentre nell'ambito del *Membro di Offida*, oltre alle suddette, si riconoscono una *Litofacies arenaceo-pelitica*, una *arenacea*, una *arenaceo-conglomeratica*, ed una costituita da peliti laminate.

1.1.3.1. - Litofacies pelitica

Rappresenta la *litofacies* prevalente nell'ambito della *Formazione delle Argille azzurre*; è costituita principalmente da peliti marnose grigio - azzurre massive, più o meno siltose, in strati da sottili a sottilissimi alternate a straterelli limoso - sabbiosi ocracei; raramente si osservano lenti sabbiose a granulometria molto fine di colore giallo o grigio, caratterizzanti pacchi di strati fittamente laminati. La stratificazione delle peliti massive è in genere poco visibile, la frattura è concoide e le tonalità grigio - azzurre; a luoghi, sono presenti sottili strati siltoso - sabbiosi a laminazioni piano - parallela osservabili al tetto degli strati argillosi. *Litofacies* pelitiche affiorano estesamente in tutto il Foglio Macerata e possono presentare spessori variabili da alcune centinaia di metri, così come avviene per la porzione inferiore (pliocenica) della *Formazione delle Argille azzurre* (**FAA**), ad alcune decine di metri nei casi in cui le peliti si ritrovano alternate a corpi arenacei e pelitico - arenacei, così come si osserva nella porzione pleistocenica della *Formazione delle Argille azzurre* (**FAA**$_5$) affiorante a sud del Fiume Potenza.

Nella porzione sommitale del *Membro di Offida* si riconoscono, a luoghi, corpi cartografabili di peliti laminate (**FAA**$_{5f}$).

1.1.3.2. - Litofacies pelitico - arenacea

E' costituita, in genere, da peliti e peliti laminate con intercalazioni sabbiose di spessore variabile da circa 2-3 cm fino a 25 cm. Il rapporto sabbia/argilla è generalmente molto basso (0,3-0,4); la frazione pelitica è costituita da silt argil-

PROGETTO CARG

loso e, più raramente, da silt o argilla. La frazione sabbiosa è data, per lo più, da arenarie gialle e talora grigiastre a granulometria da media a fine che presentano un basso grado di cementazione. Le strutture sedimentarie che interessano le peliti sono rare e si limitano alla sola laminazione piano - parallela, mentre nelle sabbie si osserva, di frequente, una laminazione ondulata e/o incrociata e, a luoghi, una laminazione piano - parallela. La geometria degli strati sabbiosi più sottili è generalmente lenticolare; quelli più spessi danno luogo, alla scala dell'affioramento, ad una stratificazione piano - parallela. La base degli strati sabbiosi è, comunque, netta ed erosiva rispetto alle sottostanti peliti.

Questa *litofacies* è principalmente rappresentata nell'ambito dei depositi del Pleistocene inferiore p.p. che costituiscono il *Membro di Offida* (**FAA**$_{5e}$), e subordinatamente nei depositi pliocenici sottostanti al membro suddetto (**FAA**$_{e}$).

1.1.3.3. - Litofacies arenaceo - pelitica (**FAA**$_{5d}$)

E' caratterizzata da un'alternanza di strati, da sottili a medio - spessi, di sabbie e straterelli di peliti rappresentate sia da livelli di qualche centimetro di spessore, isolati e laminati, che da orizzonti pelitico - arenacei con spessori massimi di 30-50 cm. La frazione sabbiosa è data da sabbie gialle ocracee, localmente giallo arancio, talora grigiastre, con granulometria da media a fine e con rari livelli più grossolani. Gli strati più spessi si presentano gradati e con laminazione generalmente piano - parallela e/o ondulata, localmente incrociata. La frazione pelitica è costituita da materiale argilloso - siltoso in lamine singole (spessore massimo di 1 cm) o associate a lamine di sabbia. Si rinvengono, inoltre, particolari strutture sedimentarie legate probabilmente a fenomeni meccanici di fluidificazione e ad attività biologica di organismi fossatori. Questa *litofacies* è tipica della porzione sommitale (pleistocenica) della *Formazione delle Argille azzurre* e si ritrova sistematicamente alternata a livelli pelitici e pelitico - arenacei.

1.1.3.4. - Litofacies arenacea (**FAA**$_{5c}$)

E' costituita principalmente da strati arenacei e da sottili livelli pelitici intercalati. Le arenarie si presentano ben cementate, a granulometria da fine a grossolana e in strati che, a luoghi, sono anche molto spessi. Localmente, alla base del *Membro di Offida*, si rinvengono strati a granulometria più prettamente conglomeratica *(Litofacies arenaceo-conglomeratica* (**FAA**$_{5b}$)*)*. In alcuni casi è riconoscibile una marcata geometria lenticolare, che si sviluppa a scala dell'affioramento, con contatti basali erosivi indicativi di processi canalizzati. Le peliti sono costituite principalmente da argille marnoso - siltose di spessore centimetrico. La

PROGETTO CARG

Litofacies arenacea presenta spessori variabili tra i 30 e i 70 metri ed è ubicata in prossimità del tetto della *Formazione delle Argille azzurre*.

A completamento di quanto sopra illustrato, di seguito vengono anche descritti i singoli corpi clastici grossolani costituenti la porzione sommitale della *Formazione delle Argille azzurre*.

Corpo di Montecassiano. E' costituito da quattro distinti orizzonti dello spessore di circa 20 metri ciascuno, affioranti in prossimità dell'abitato suddetto; questi sono rappresentati da alternanze di sabbie ocracee da poco a molto cementate dello spessore variabile da 3 a 15 cm e da argille grigio-azzurre marnoso-siltose in strati centimetrici.

Corpo di Monteferro. E' rappresentato da orizzonti dello spessore di circa 20-25 m costituiti da argille e argille marnose alternate a sabbie in livelli di spessore massimo di 15 cm con interstrati evidenziati da spalmature di sabbie ocracee.

Corpo di Macerata. E' costituito da un'alternanza di strati da sottili a medi di sabbie gialle scarsamente cementate con granulometria media e/o fine con strati gradati e laminati e livelli pelitici in genere sottili. Lo spessore medio dei singoli corpi arenacei è di circa 40-50 m.

Corpo di Montelupone. E' costituito da arenarie mediamente e molto cementate, con granulometria fine e strati con spessore variabile da 5 a 100 cm, e da argille a luoghi fogliettate. L'orizzonte clastico stratigraficamente più basso ha uno spessore di circa 30-35 m e passa, lateralmente senza soluzione di continuità, ad orizzonti marcatamente pelitico-arenacei.

Corpi arenaceo-pelitici in affioranti in località Culmici. Sono costituiti da due orizzonti di arenarie cementate di colore ocraceo molto simili litologicamente e con spessori variabili fra i 20 e i 30 m; sono separati da interstrati argillosi che, nell'insieme, tendono a sfrangiarsi verso SE.

Corpi arenaceo-pelitici affioranti tra Morrovalle e il T. Asola. Rappresentano la continuazione verso SE degli orizzonti sopra descritti; le arenarie mostrano spessori variabili fra i 20 e i 30 m e si presentano da poco a ben cementate, di colore ocraceo, in strati di 5 - 30 cm e con stratificazione e laminazioni piano parallele.

Corpo di S. Pietro. E' costituito da due orizzonti arenacei, di circa 20 m di spessore, presenti nei dintorni degli abitati di Petriolo e Colmurano. Sono costituiti da strati di sabbie intercalati a sottili strati pelitici (1-3 cm) e da livelli pelitico-arenacei dello spessore massimo di 30-40 cm. La stratificazione, a scala dell'affioramento, presenta geometrie tabulari che, a più ampia scala, diventano invece lenticolari.

Corpo di M. Lumirano. E' caratterizzato da orizzonti arenacei, con uno spessore di circa 25-30 m di spessore. Le arenarie si presentano ben cementate, a granulometria da fine a grossolana, con strati a luoghi molto spessi e, almeno in un caso, lenticolari alla scala dell'affioramento; il contatto basale è erosivo. Le

PROGETTO CARG

peliti sono costituite da argille marnoso - siltose di spessore centimetrico. Il corpo in parola si sviluppa lungo i versanti del M. Lumirano e, sulla base degli elementi giaciturali osservati, potrebbe tentativamente essere correlato alle *litofacies* arenacee estesamente affioranti nei rilievi più orientali in prossimità di S. Elpidio a Mare e di Montecosaro.

Corpo di Recanati. Affiora diffusamente nei dintorni dell'abitato di Recanati ed è caratterizzato da arenarie ben cementate a granulometria da fine a grossolana di circa 15-20 m di spessore. Questo corpo mostra variazioni laterali in relazione alla percentuale di arenaria presente, passando, senza soluzione di continuità, a corpi arenaceo-pelitici e pelitico-arenacei.

In conclusione, i caratteri litostratigrafici della *Formazione delle Argille azzurre* suggeriscono che, nell'insieme, questa risulta caratterizzata da una estrema variabilità latero - verticale alla scala del bacino di sedimentazione. Questa variabilità, marcata anche da alcune discontinuità fisiche (cfr. Sequenze deposizionali) che delimitano le varie porzioni di successione (fig. 5), registra la penecontemporanea risposta sedimentaria ad eventi tettonici locali ed è stata utilizzata per la ricostruzione, in termini di evoluzione tettonica, della storia deformativa di questo settore di avanfossa appenninica (cfr. Tettonica).

Un esempio di risposta sedimentaria differenziata nell'ambito del ciclo plio - pleistocenico marchigiano si registra nel settore a cavallo tra il Foglio Macerata e il Foglio Jesi. Qui, infatti, nell'intervallo temporale compreso tra il Pliocene superiore sommitale e il Pleistocene basale, la successione sedimentaria evolve nel settore meridionale (Foglio Macerata e Foglio Montegiorgio) attraverso lo sviluppo di corpi clastici grossolani (*Membro di Offida*) caratterizzati dalla presenza di una discontinuità basale erosiva e, nel settore settentrionale, attraverso la sedimentazione in *facies* essenzialmente pelitica della *Formazione di Fosso Strige* (affiorante nel limitrofo Foglio Jesi).

PROGETTO CARG

1.1.4. - *Formazione di Fermo* (**FEM**)

La *Formazione di Fermo* corrisponde ai depositi regressivi terminali del ciclo plio - pleistocenico (*Auctorum*) ed affiora esclusivamente nel settore nord - orientale del Foglio Macerata, dove poggia, con contatto discordante ed erosivo, sui sottostanti depositi pleistocenici del *Membro di Offida*. Detta sequenza è costituita dai depositi di un ciclo sedimentario completo, caratterizzato dalla presenza di materiali a granulometria grossolana, affioranti sia alla base che al tetto, i quali sono indicativi di uno sviluppo deposizionale del tipo *shallowing upward* (Cantalamessa *et alii*, 1986b).

La *Formazione diFermo* è di età siciliana.

La formazione in parola è costituita da due *litofacies* sovrapposte, quella inferiore conglomeratica, l'altra arenacea.

1.1.4.1. - Litofacies conglomeratica (**FEM$_b$**)

È costituita da conglomerati a ciottoli calcareo - selciferi, anche di grandi dimensioni, dispersi in subordinata matrice sabbiosa, che sono, spesso, associati a corpi canalizzati.

1.1.4.2. - Litfacies arenacea (**FEM$_a$**)

È costituita da arenarie da scarsamente a molto cementate, di colore variabile dall'ocra al grigio, con granulometria da fine a grossolana. Presentano spesso struttura massiva con, a luoghi, laminazioni piano - parallele e/o debolmente inclinate. La bioturbazione è presente sia in tracce (singoli *burrows* e/o piste di fuga), sia come generale otomogeneizzazione del sedimento con conseguente completa obliterazione delle originarie strutture sedimentarie.

La denominazione «*Formazione di Fermo*» deriva dal fatto che i sedimenti che la costituiscono sono correlabili con i depositi dello stesso ciclo sedimentario affioranti lungo la fascia costiera adriatica e rappresentati in tutto il loro sviluppo nella zona fermana, dove è esposta anche la porzione basale della successione. Questa risulta caratterizzata dalla presenza di un livello ghiaioso di ambiente fluvio - deltizio e spessori variabili tra qualche metro e 15 metri, passante superiormente a sabbie di granulometria variabile e localmente, ad argille verdi con Gasteropodi e crostoni travertinosi associati.

1.2. - Depositi continentali quaternari

Ai depositi continentali quaternari appartengono i depositi alluvionali terrazzati e le coltri eluvio - colluviali. Nelle fasi iniziali del rilevamento, l'attribuzione dei depositi alluvionali terrazzati è stata effettuata con il tradizionale criterio della suddivisione in ordini e solo in seguito, durante le fasi di coordinamento della Legenda, per questi depositi è stata elaborata una suddivisione in sintemi. I dati litostratigrafici di terreno suggeriscono una ripetitività degli eventi deposizionali principali, con ripetizione ciclica di associazioni di *facies* e strutture che ne indicano un carattere freddo.

Nello schema adottato, ciascun ciclo principale e, perciò, ciascun evento maggiore di aggradazione (accumulo su precedenti superfici di discontinuità principali) insieme alla successiva superficie di discontinuità prodotta da processi di reincisione/terrazzamento (modellamento di nuove superfici di discontinuità principali), è stato attribuito a un sintema.

PROGETTO CARG

Di seguito vengono descritti i caratteri specifici dei depositi continentali quaternari affioranti nell'area e viene proposto lo schema di corrispondenza ordine - sintema elaborato nell'ambito del progetto CARG.

1.2.1. - *Tipologia dei depositi continentali quaternari*

1.2.1.1. - Depositi di glacis

Rappresentano depositi profondamente dissecati che ricoprono estesamente, e con spessori rilevanti (fino a 25 m. circa), molte zone di spartiacque, culminazioni collinari e spianate «sommitali» (zone di Petriolo, Corridonia e Montecosaro).

Si tratta di lembi relitti di estese coperture costituite da sedimenti prevalentemente fini. I depositi preservati sono infatti generalmente rappresentati da sabbie da fini a finissime e limi di colore giallastro privi di evidenti strutture interne e spesso intensamente degradati. A varie altezze compaiono suoli sepolti bruni, in parte apparentemente correlabili su aree relativamente ampie. La loro distribuzione areale e la loro posizione topografica fanno ritenere che si tratti di lembi relitti di ampi *glacis* smembrati dall'erosione. La loro distribuzione, generalmente lungo profili che corrono a quote superiori o talvolta paragonabili con quelle dei depositi alluvionali terrazzati più antichi, permette di attribuirli a fasi deposizionali/morfogenetiche riferibili perlomeno al Pleistocene medio-iniziale.

1.2.1.2. - Coltri eluvio - colluviali

Data la natura prevalentemente pelitca/pelitico-arenacea dei terreni affioranti, nelle sezioni rilevate si ha un'ampia diffusione di coltri eluvio-colluviali che ricoprono settori talora ampi dei versanti collinari, delle superfici dei terrazzi ad essi raccordanti e riempiono il fondo della maggior parte delle vallecole.

Gli spessori sono talora notevoli, spesso superiori ai 10-15 m. Le coltri sono rappresentate per lo più da sedimenti fini, con granulometrie delle sabbie, limi e argille in proporzioni variabili, talora con subordinati frammenti arenitici angolari. Lungo i tratti di versante di raccordo fra superfici terrazzate successive, questi depositi contengono percentuali più o meno abbondanti di ciottoli rimaneggiati dai depositi alluvionali terrazzati.

1.2.1.3. - Depositi di frana

Tutte le sezioni rilevate sono interessate da numerosi fenomeni franosi, più frequenti sui versanti con giacitura del substrato a franapoggio o a traversopog-

PROGETTO CARG

gio. Si tratta generalmente di colamenti o di frane complesse rappresentate da scivolamenti che evolvono in colamento. I fenomeni interessano talvolta interi versanti e i loro contorni sono spesso mal definiti. Alcuni fenomeni franosi (ad esempio la frana di Montelupone) hanno superfici di scivolamento relativamente profonde all'interno della roccia inalterata. La maggior parte delle frane osservate interessa tuttavia le coltri eluvio-colluviali o il regolite e presenta piani di scivolamento superficiali, corrispondenti con il passaggio alla sottostante roccia inalterata. Quando questi fenomeni superficiali danno origine ad accumuli distinti e di dimensioni cartografabili alla scala 1:25.000, sono stati rappresentati separatamente come «depositi di frana» e caratterizzati, ove possibile, a seconda del loro stato di attività.

1.2.1.4. - Depositi alluvionali terrazzati.

Lungo le valli di tutti i principali corsi d'acqua presenti nel foglio Macerata compaiono lembi di depositi alluvionali terrazzati, anche se con frequenza, ampiezza e caratteristiche del deposito a volte diversificate, sia da un corso d'acqua all'altro che da un evento di terrazzamento all'altro.

Per la differenziazione dei suddetti sedimenti si è quindi adottata una relazione diretta ordine - sintema, nonostante siano emerse varie difficoltà nell'inquadrare i diversi lembi terrazzati rilevati negli ordini tradizionali, soprattutto nei casi dei depositi alluvionali ascrivibili al Pleistocene medio e al termine del Pleistocene superiore - Olocene antico.

1.2.1.5. - UBSU, Unconformity-bounded stratigraphic units.

Lo schema dei rapporti ordine - sintema elaborato nell'ambito del progetto è il seguente.

Sintema del F. Musone ***(MUS)*** *(Olocene).* Comprende l'insieme di terrazzi «minori» ascritti in letteratura al 4° ordine e i depositi alluvionali, terrazzati o meno, depositati durante il modellamento delle scarpate che incidono i depositi del Pleistocene superiore e che, a luoghi, possono ricoprirli. Comprende inoltre le coltri eluvio - colluviali costituite da sedimenti limoso - argillosi con frazione sabbiosa e con elementi marnosi o arenacei in relazione alla natura del bacino di alimentazione. Vengono infine compresi, nel suddetto sintema, detriti di versante ad elementi prevalentemente arenacei e i corpi di frana.

Sintema di Matelica ***(MTI)*** *(Pleistocene superiore).* Comprende i depositi alluvionali terrazzati del 3° ordine tradizionale, esclusi quelli dei terrazzi minori di cui sopra.

PROGETTO CARG

Supersintema di Colle Ulivo - Colonia Montani ***(AC)*** *(Pleistocene medio finale).* Questo Supersintema è stato istituito perché, nell'area oggetto del rilevamento, si riconoscono due distinte unità terrazzate distinguibili su bai morfo-stratigrafiche. Queste sono attribuite alla medesima fase glaciale (Pleistocene medio finale) in base a dati cronologici di manufatti del Pleolitico inferiore e medio (tardo-Acheluani e Musteriano antico) segnalati da Coltorti (1981) e Coltorti & Nanni (1987). Il Supersintema comprende i depositi alluvionali terrazzati del 2° ordine, sia di terrazzi principali che di terrazzi minori, «sigillate» dal paleosuolo fersiallitico *eemiano*. Per questi depositi si incontrano difficoltà di correlazione e attribuzione, probabilmente a causa della presenza di terrazzi minori legati alla reincisione del corpo principale e/o della possibile coesistenza di subfasi separate da importanti episodi erosivi.

Lungo le valli principali presenti nel foglio Macerata i depositi alluvionali riferibili al sintema del *Pleistocene medio-finale* sono rappresentate da lembi terrazzati, più o meno ampi e isolati, posti a quote comprese fra circa 35-40 m. (2° ordine) sugli attuali alvei. Spesso i depositi sono profondamente degradati e intensamente rimodellati, anche con vistose regolarizzazioni che giungono a obliterare completamente le scarpate fra i differenti livelli dei terrazzi. I depositi sono prevalentemente ghiaiosi; tuttavia in certe aree (Chienti), al di sopra di corpi ghiaiosi di 10-15 m di spessore, si osservano coltri di sedimenti sabbioso-limosi di diversi metri di spessore, mai osservati in affioramento, ma verosimilmente di natura alluvionale. Comprende inoltre i depositi sabbioso - limosi di origine colluviale con frazione argillosa e con rari elementi marnosi o selciferi.

Sintema di Urbisaglia ***(URB)*** *(Pleistocene medio - medio/inferiore)*

Comprende i depositi alluvionali terrazzati del 1° ordine, rappresentati da ghiaie poligeniche ed eterometriche e sabbie limose a geometria essenzialmente lenticolare, con al tetto relitti di suoli arrossati. Comprende inoltre depositi di *glacis*, costituiti da depositi sabbioso - limosi, di origine colluviale, con frazione argillosa e con rari elementi marnosi o selciferi.

I depositi alluvionali riferibili al *Pleistocene superiore* e all'*Olocene* sono arealmente molto più continui dei precedenti. Le superfici dei relativi terrazzi si trovano rispettivamente a quote di 15-30 m. e < 15 m. sull'alveo. I depositi sono mediamente meno grossolani dei precedenti e sono rappresentati generalmente da corpi ghiaiosi associati o intercalati a limi e sabbie relativamente abbondanti; è spesso evidente una tendenza del tipo (*fining-upward*) che in superficie si esprime con estese coperture sabbiose e sabbioso limose della sommità dei corpi alluvionali. Nelle sezioni rilevate, lo spessore massimo dei depositi alluvionali terrazzati riferibili al Pleistocene superiore si aggira sui 30-35 m., mentre quello degli stessi attribuibili all'Olocene, non supera apparentemente gli 8-10 m.

PROGETTO CARG

2. - BIOSTRATIGRAFIA

(a cura di: M. Potetti)

Gli schemi biostratigrafici utilizzati in questa nota sono stati messi a punto dall'estensore di questo paragrafo; essi si riferiscono alla successione miocenica (fig. 6) e a quella plio-pleistocenica inferiore (fig. 7). Si tratta di schemi biozonali, basati sui foraminiferi planctonici, precedentemente elaborati per l'area umbro-marchigiana e ampiamente collaudati a scala regionale. Essi sono stati modificati ed integrati.

Negli schemi sono stati riportati tutti gli eventi che definiscono i limiti biostratigrafici e che pertanto permettono di evidenziare le variazioni apportate. Sono stati inoltre aggiunti eventi che, pur non rientrando nella definizione delle biozone, sono utili per la correlazione sia con gli schemi standard sia con altri schemi elaborati per lo stesso intervallo da diversi autori.

In tutti gli schemi, con il tratteggio sono stati riportati i bioeventi con un'età cronometrica incerta, che non risultano cioè correlati direttamente con la scala delle inversioni di polarità o che non hanno una taratura astronomica.

Per le attribuzioni cronostratigrafiche delle unità cartografate si è fatto riferimento alla scala cronostratigrafica standard (SCS) e alle indicazioni più recenti delle commissioni e sottocommissioni nazionali e internazionali di stratigrafia (CIS, 1998; CIS, 1999).

In particolare per il Foglio Macerata le analisi biostratigrafiche sono state basate sullo studio dei foraminiferi planctonici e bentonici e del nannoplancton calcareo, quest'ultimo limitatamente ai sedimenti del passaggio Pliocene - Pleistocene.

Gli schemi biozonali usati sono quelli che figurano in Micarelli & Potetti (1985) e in Cantalamessa *et alii* (1986a e b), aggiornati e integrati. In essi sono stati riportate anche le biozone basate sul nannoplancton calcareo (Martini, 1971; Rio *et alii*, 1990) e la scala della polarità magnetica (Cande & Kent, 1995).

PROGETTO CARG

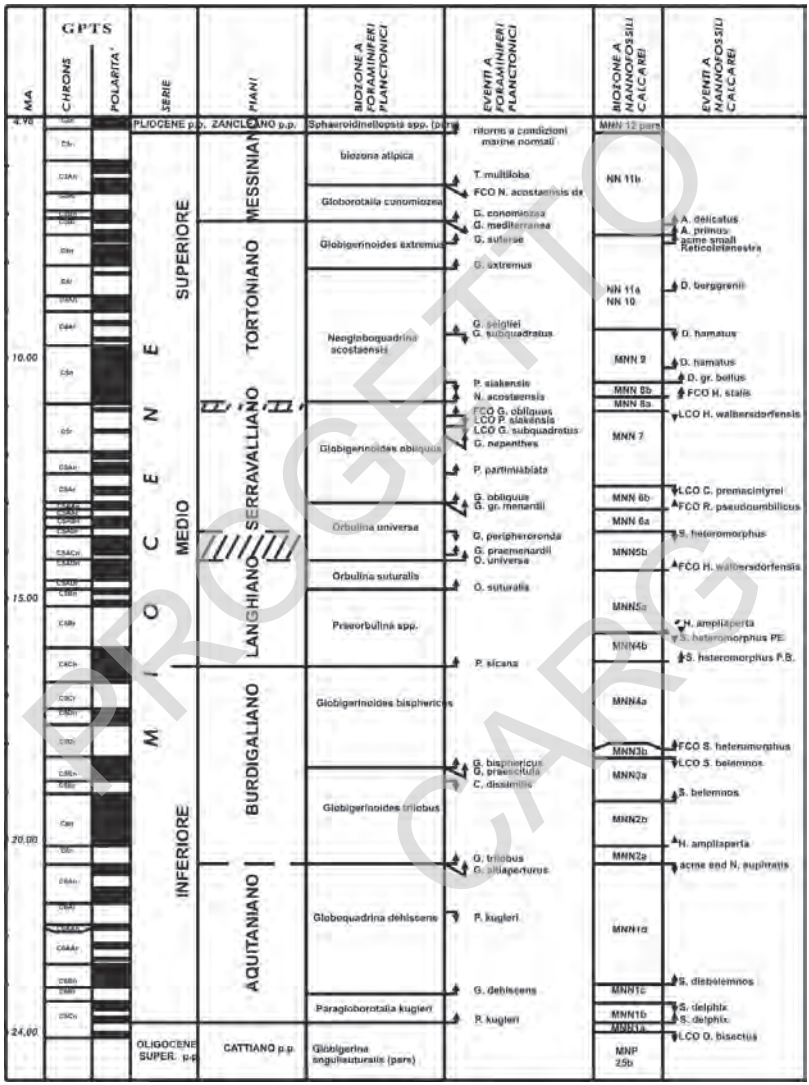

Fig. 6 - Schema stratigrafico del Miocene.
Magnetostratigrafia (GPTS) da Cande & Kent *(1995). Biocronologia e cronostratigrafia da* Berggren *et alii (1995); da* Montanari *et alii Eds., (1997); da* Sprovieri *et alii (1996). I limiti cronostratigrafici tratteggiati corrispondono a limiti in via di ridefinizione. Biozone a foraminiferi planctonici da* Micarelli & Potetti *(1985) in parte modificate. Biozone a nannofossili calcarei da* Fornaciari & Rio *(1996) per il Miocene inferiore; da* Fornaciari *et alii (1996) fino al Tortoniano inferiore; da* Martini *(1971) fino al Messiniano con eventi supplementari di* Negri *et alii (1999). Il tratteggio in corrispondenza di alcuni bioeventi corrisponde a dati biocronologici incerti. (PB=Paracme Beginning; PE=ParacmeEnd).*

PROGETTO CARG

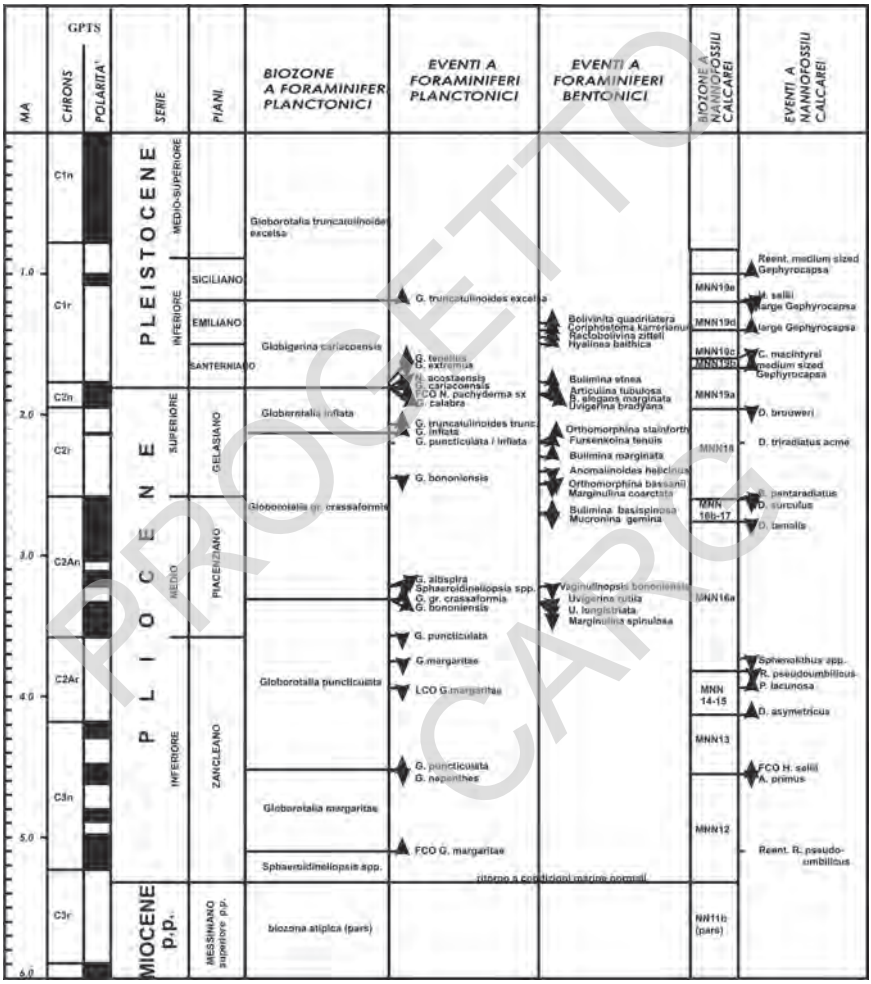

Fig. 7 - *Schema stratigrafico del Pliocene-Pleistocene inferiore.*
Magnetostratigrafia (GPTS) da Cande & Kent *(1995). Biocronologia da* Sprovieri *(1993). Biozone a nannofossili calcarei da* Rio *et alii (1990). Biozone a foraminiferi planctonici da* Cantalamessa *et alii (1986). Cronostratigrafia da* Rio *et alii (1994). Il tratteggio in corrispondenza di alcuni bioeventi corrisponde a dati biocronologici incerti.*

PROGETTO CARG

2.1. - Formazione della Laga e Formazione a Colombacci

I campioni prelevati in queste due unità o sono risultati sterili o hanno un'associazione costituita da piccoli foraminiferi (*Turborotalita* spp., *Globigerina* spp., *Brizalina dilatata* REUSS, *Bulimina aculeata* d'ORBIGNY, *Globorotalia scitula* (BRADY)) o presentano prevalentemente forme rielaborate del Cretacico (*Hedbergella* sp., *Rotalipora* sp.) e del Miocene inferiore-medio (*Globigerina venezuelana* HEDBERG, *G. praebulloides* BLOW, *Paragloborotalia* spp., *Praeorbulina* sp., *Globigerinoides altiaperturus* BOLLI e *Catapsydrax dissimilis* CUSHMAN & BERMUDEZ).

I caratteri dell'associazione sono indicativi della *biozona atipica* pp. e, pertanto, entrambe le unità vengono riferite al Messiniano superiore.

2.2. - Formazione delle Argille azzurre

Il contenuto paleontologico presente in questa unità permette il riconoscimento di distinti intervalli in cui l'associazione a foraminiferi presenta caratteristiche diverse. Nell'intervallo più basso, fino alla scomparsa di *Globorotalia puncticulata*, l'associazione è abbastanza ricca e diversificata ed è costituita per lo più da forme planctoniche.Particolarmente frequenti risultano *Globigerinoides obliquus* BOLLI, *G. extremus* BOLLI & BERM., *Globigerina bulloides* D'ORBIGNY, *G. apertura* CUSHMAN, *G. decoraperta* TAKAY. & SAITO, *Turborotalita quinqueloba* (NATLAND), *Neogloboquadrina acostaensis* (BLOW), *N. humerosa* (TAKAY. & SAITO), *Globorotalia incompta* (CIFELLI) e *Orbulina universa* D'ORBIGNY. Ad esse si associano *Globorotalia margaritae* BOLLI & BERM, presente fin dalla base dell'unità, e successivamente *Globorotalia puncticulata* (DESHAYES).

Le forme bentoniche sono poco frequenti ma diversificate e sono rappresentate per lo più da *Lenticulina* spp., *Planulina ariminensis* D'ORBIGNY, *Siphonina reticulata* (CZJZEK), *Cibicidoides* spp., *Nodosaria* spp., *Oridorsalis umbonatus* (REUSS), *Stilostomella* spp., *Bulimina* spp., *Uvigerina* spp., *Dentalina leguminiformis* (BATSH), *Heterolepa* spp.

L'elevata percentuale di foraminiferi planctonici e l'associazione bentonica priva di forme litorali, indicano una deposizione in ambiente batiale.

I caratteri complessivi dell'associazione microfaunistica permettono di riconoscere la biozona a *Globorotalia margaritae* e la biozona a *Globorotalia puncticulata* (esclusa la parte superiore) e di riferire questo intervallo allo Zancleano pp.

Nel successivo intervallo, i bentonici diventano predominanti; alle forme dell'associazione sopracitata si aggiunge *Ammonia* spp. e aumentano di frequenza *Valvulineria bradyana* (FORNASINI), *Cassidulina neocarinata* THALMANN e

PROGETTO CARG

Brizalina spp.. Le forme suddette, insieme alla ridotta frequenza di planctonici, sono indicative di una diminuzione di profondità del bacino di sedimentazione. L'intervallo è riferito alla parte alta della biozona a *Globorotalia puncticulata,* di età Piacenziano inferiore.

Nell'intervallo che segue, l'associazione a Foraminiferi cambia; i planctonici, rispetto al primo intervallo, diventano meno abbondanti, hanno una distribuzione discontinua e sono spesso subordinati ai bentonici. *Globigerinoides ruber* (D'ORBIGNY) sostituisce come importanza *G.* gr. *obliquus*; *Globigerina apertura* CUSHMAN e *G. decoraperta* TAKAY. & SAITO diminuiscono di frequenza.

I bentonici sono meno diversificati, sia per la scomparsa, sia per la diminuzione di frequenza di molte forme.

Gli eventi più significativi, in ordine stratigrafico, sono: la scomparsa, alla base, di *Uvigerina rutila* CUSHMAN & TODD; la comparsa di *Globorotalia bononiensis* DONDI e di *G.* gr. *crassaformis*; la comparsa di *Bulimina basispinosa* TEDESCHI & ZANMATTI seguita dalla scomparsa di *Mucronina gemina* (SILVESTRI) e di *Anomalinoides helicinus* (COSTA); la comparsa di *Bulimina marginata* D'ORBIGNY, di *Orthomorphina stainforthi* PERCONIG e di *Globorotalia inflata* (D'ORBIGNY) ; e infine al tetto dell'intervallo la comparsa di *Globigerina calabra* COLALONGO & SARTONI, di *Uvigerina bradyana* FORNASINI e di *Bulimina elegans marginata* FORNASINI.

Nella parte basale e sommitale di questo intervallo, in corrispondenza di livelli pelitici laminati scuri, si rinvengono resti di pesci (Sorbini, 1988) e microfaune particolari. Le peliti inferiori (area di Sforzacosta) contengono un'associazione oligotipica a *Globorotalia bononiensis* e sono correlabili con altri livelli ricchi di sostanza organica, segnalati sia nel contiguo Foglio 314 e nell'area del teramano, sia nell'Appennino settentrionale (D'Onofrio & Roveri, 1983 e referenze citate). Le peliti scure superiori (area di S. Egidio) hanno un'associazione in cui predominano i foraminiferi planctonici (per lo più *Neogloboquadrina* spp. e *Globigerina* spp.) ma non presentano faune oligotipiche. Esse sono coeve delle peliti sapropelitiche che si rinvengono sia nell'area marchigiano-romagnola (Sorbini, 1988) sia nella sezione plio-pleistocenica di Vrica (Selli *et alii*, 1977).

Il tetto di questo intervallo corrisponde al passaggio Plio-Pleistocene, documentato anche dalla comparsa di *Gephyrocapsa oceanica* s.l. nell'associazione a nannoplancton calcareo. L'intervallo descritto corrisponde alla biozona a *Globorotalia* gr. *crassaformis* e alla biozona a *Globorotalia inflata* ed ha un'età Piacenziano pp.-Gelasiano.

Nell'ultimo intervallo, le associazioni diventano più povere; i foraminiferi planctonici continuano a diminuire di frequenza e sono rappresentati per lo più da *Globigerinoides ruber* e da *Globigerina bulloides*; le forme bentoniche sono costituite principalmente da *Bulimina* spp., *Globobulimina* spp., *Cassidulina neocarinata, Valvulineria bradyana, Quinqueloculina* spp..

PROGETTO CARG

Gli eventi più significativi, in ordine stratigrafico, sono: la presenza alla base di *Neogloboquadrina pachyderma* (EHRENBERG) prevalentemente sinistrorsa; la comparsa di *Globigerinoides tenellus* PARKER (sempre molto raro) e di *Bulimina etnea* SEGUENZA; la comparsa di *Hyalinea balthica* (SCHROETER).

Le forme sopra elencate permettono di individuare la biozona a *Globigerina cariacoensis* e quindi di riferire l'intervallo in esame al Santerniano-Emiliano.

In tutti gli intervalli esaminati, in particolar modo nel secondo e nell'ultimo, nell'ambito dei foraminiferi planctonici, si possono rinvenire forme rielaborate del Cretacico (*Globigerinelloides* sp., *Hedbergella* sp., *Rotalipora* sp.), del Paleogene (*Morozovella* sp. e *Acarinina* sp.), del Pliocene (*Globorotalia margaritae* e *G. puncticulata*) e soprattutto del Miocene (*Paragloborotalia* spp., *Globoquadrina* spp., *Globigerina* spp., *Globorotalia* gr. *menardii, G. conomiozea* KENNETT).

L'età complessiva della *Formazione delle Argille azzurre* si estende dal Zancleano pp. all'Emiliano.

2.3. - Formazione di Fermo

In questa unità i foraminiferi sono assenti o sono rappresentati da poche forme bentoniche (*Ammonia* spp., *Elphidium* spp., *Florilus* sp.) che non danno indicazioni né di carattere biostratigrafico né cronostratigrafico. Tuttavia la presenza di *Hyalinea balthica* nella formazione sottostante e la presenza della discontinuità alla base della formazione permettono di riferire questa unità al Siciliano.

3. - ANALISI PETROGRAFICA

(a cura di: Emilia Le Pera e Salvatore Critelli)

Lo studio petrografico quantitativo delle areniti affioranti nel Foglio 303 Macerata, è stato condotto mediante conteggio per punti al microscopio ottico. Per ogni sezione sottile sono stati conteggiati da oltre 300 a circa 500 punti, utilizzando il metodo di conteggio *Gazzi-Dickinson* (Ingersoll *et alii*, 1984; Zuffa, 1985) al fine di descrivere i costituenti fondamentali dello scheletro e degli interstizi.

3.1. - Costituenti fondamentali dello scheletro

Quarzo, K-feldspati e plagioclasi si ritrovano sia in granuli singoli che come cristalli in frammenti faneritici (frammenti di roccia in cui singoli monocristalli hanno dimensione >0.0625 mm). In tale gruppo rientrano anche cristalli di quarzo di chiara origine vulcanica, caratterizzati da *embayments* nei quali si ritrova cristallizzata la pasta di fondo, e quarzo di natura multiciclica in frammenti di arenarie.

PROGETTO CARG

Il quarzo policristallino presenta un *microfabric* tettonico, caratterizzato da una tessitura microgranulare foliata (es. frammenti di miloniti, quarziti, etc.), con contatti tra sub-cristalli suturati, oppure un *microfabric* non-tettonico, con contatti tra sub-granuli netti il cui litotipo di provenienza è più complesso.

Plagioclasio e K-feldspato si rinvengono per lo più come singoli cristalli e con prevalenza del plagioclasio sul K-feldspato. Il K-feldspato prevalente è l'ortoclasio e meno diffuso è il microclino, il plagioclasio ha composizione oligoclasica.

I litici afanitici (granuli litici in cui i singoli cristalli hanno dimensione <0.0625 mm) sono rappresentati da detrito di natura sedimentaria, metamorfica, plutonica e vulcanica, in ordine di abbondanza decrescente. Il detrito di natura sedimentaria comprende granuli carbonatici extrabacinali (CE; Zuffa, 1980; 1985), granuli silicoclastici quali argilliti e siltiti a cemento carbonatico o a componente autigena argillosa, e granuli di selce impura. I granuli carbonatici extrabacinali sono rappresentati da varie tipologie di calcari (micritici e microspatitici puri, biospariti e biomicriti, *grainstones*), rari calcari foliati, cristalli singoli di calcite e/o di dolomite detritica. Le metamorfiti sono rappresentate sia da detrito faneritico (gneiss) che da detrito afanitico (filladi, scisti, quarziti, detrito ofiolitico). Gli gneiss sono rappresentati da granuli caratterizzati da associazioni quarzoso-feldspatiche o quarzoso-feldspatiche-micacee a tessitura granoblastica. Il detrito ofiolitico è rappresentato da serpentiniti a tessitura massiva e da serpentinoscisti. Il detrito vulcanico è costituito per lo più da granuli paleovulcanici a tessitura felsitica, sia felsitica granulare che felsitica seriata (Critelli & Ingersoll, 1995), di probabili vulcaniti dacitiche, riolitiche e più raramente andesitiche.

I granuli carbonatici intrabacinali (CI; Zuffa, 1980; 1985) sono rappresentati da bioclasti e intraclasti mentre i granuli non-carbonatici intrabacinali (NCI) da ossidi di ferro e glauconie.

I fillosilicati sono rappresentati essenzialmente da biotiti, muscoviti e clorite, sia in granuli monomineralici che in frammenti di rocce cristalline metamorfiche e plutoniche. Infine tra i costituenti dello scheletro si rinvengono granuli di minerali pesanti monomineralici, sia trasparenti che opachi. Tra i minerali pesanti trasparenti sono state riconosciute specie quali granato ferrifero (tipo almandino), tormalina bruna e verde, epidoto, rutilo, anfibolo verde.

3.2. - Costituenti fondamentali degli interstizi

La componente interstiziale comprende sia la frazione terrigena di dimensione <0.0625 mm (matrice) che quella autigena (cemento). La matrice è distinta in silicoclastica (*orto* e *pseudomatrice*; Dickinson, 1970) e carbonatica (*micrite*; Folk, 1974). Il cemento carbonatico delle arentiti analizzate è costituito da calcite spatitica e microspatitica; la dolomite è assente. Cemento non-carbonatico, rappresentato da fillosilicati, è stato rinvenuto solo in tracce.

PROGETTO CARG

I dati relativi alla composizione modale principale ed ai ricalcoli modali dello scheletro delle areniti del Foglio 303 MACERATA sono riassunti nella figura 8.

La colonna stratigrafica di dettaglio rappresentativa del Foglio 303 comprende nel suo sviluppo verticale essenzialmente: la *Formazione a Colombacci* (Messiniano), i depositi del ciclo Plio-Pleistocenico e la *Formazione di Fermo*.

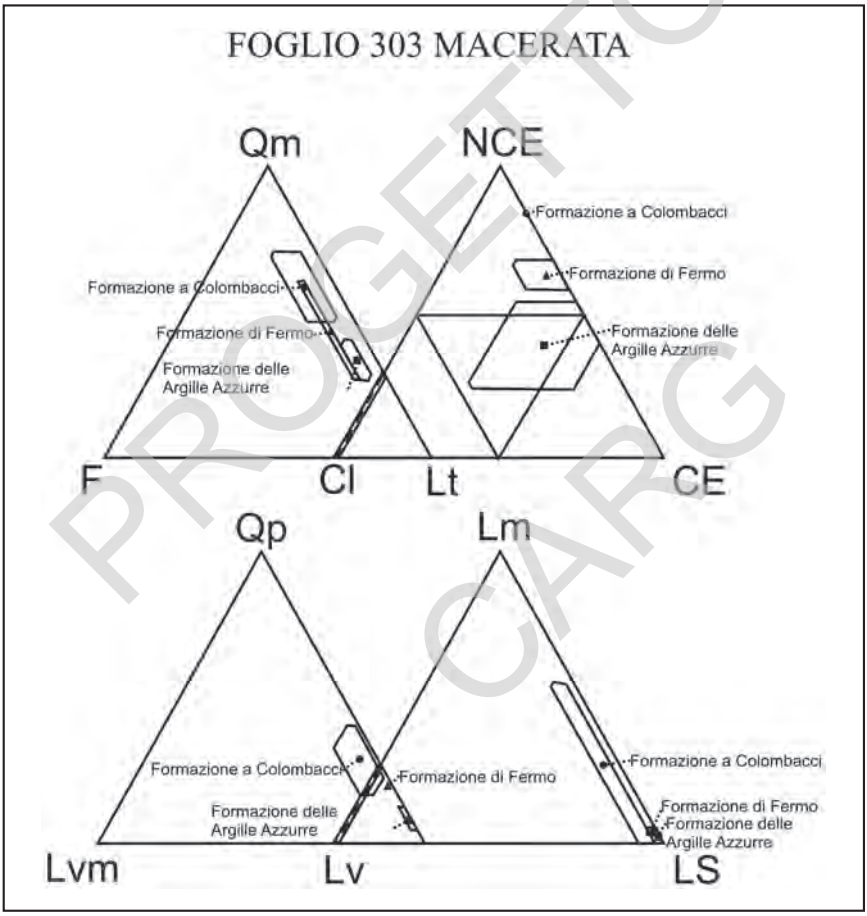

Fig. 8 - *Composizione delle areniti delle Formazioni a colombacci, delle Argille azzurre e di Fermo, affioranti nel Foglio 303 Macerata. Diagrammi NCE (granuli noncarbonatici extrabacinali) CE (granuli carbonatici extrabacinali) CI (granuli carbonatici intrabacinali), Qm (quarzo monocristallino) F (feldspati) Lt (frammenti litici afanitici), Qp (quarzo policristallino a grana fine) Lvm (frammenti litici afanitici vulcanici e metavulcanici) Lsm (frammenti litici afanitici sedimentari e metasedimentari), Lm (frammenti litici afanitici metamorfici) Lv (frammenti litici afanitici vulcanici) Ls (frammenti litici afanitici sedimentari). Le popolazioni arenacee (petrofacies) sono rappresentate dalla media (pallino) e dalla deviazione standard (poligono).*

PROGETTO CARG

3.3. - Formazione a Colombacci.

Le arenarie di questa formazione hanno composizione quarzo-litica ($Qm_{59\pm12}F_{10\pm5}Lt_{31\pm15}$) sedimentaclastica ($Lm_{27\pm29}Lv_{4\pm2}Ls_{69\pm29}$ e $Qp_{28\pm12}Lvm_{7\pm6}Lsm_{65\pm10}$). I rapporti relativi di abbondanza tra feldspati indicano una lieve prevalenza del plagioclasio sul K-feldspato (valore medio di P/F= 0.62±0.05). La popolazione litica afanitica è dominata da detrito di natura sedimentaria rappresentato prevalentemente da clasti carbonatici extrabacinali (calcari micritici, sparitici, microsparitici e biomicritici) ($NCE_{85\pm11}CE_{15\pm11}CI_{0\pm0}$). Tra i carbonati extrabacinali si annovera anche una discreta quantità di granuli di dolosparite e di calcite monocristallina. I granuli non-carbonati intrabacinali sono rappresentati da glauconite ricorrente sotto forma di piccoli *pellets*.

Tra i litici afanitici sedimentari abbondano, soprattutto al tetto della sezione, granuli di selce spesso ematitizzata (11%). Sono discretamente abbondanti, fino a all'1,7% del totale dei costituenti, i litici vulcanici, con tessiture eterogenee (microlitica, felsitica, intersertale e vitrica). Al tetto della successione ricorrono granuli di serpentinoscisti in quantità variabile (0,2%-1,7%) (fig. 9). Presenti inoltre discrete quantità di metamorfiti essenzialmente filladi e scisti epidotici e scarse quarziti, distribuite omogeneamente lungo la successione. I frammenti faneritici sono rappresentati da metamorfiti e plutoniti.

I costituenti fondamentali degli interstizi sono costituiti da cemento carbonatico di precipitazione in pori e/o plaghe (da 1,1% a 11%), e cemento carbonatico di sostituzione pervasiva di granuli dello scheletro (da 12,7% a 34,9%). La matrice è costituita da tracce di matrice silicoclastica (0,2%-1,0%).

PROGETTO CARG

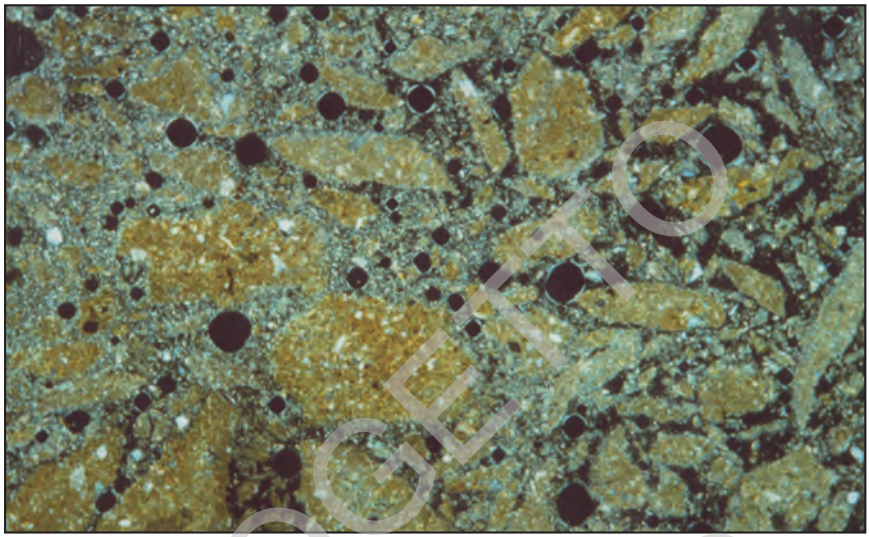

Fig. 9 - *Fotografia al microscopio di arenite della Formazione a Colombacci affiorante nel Foglio Macerata; frammento di serpentinoscisto e frammento paleovulcanico microlitico di probabile andesite (Campione MT-17).*

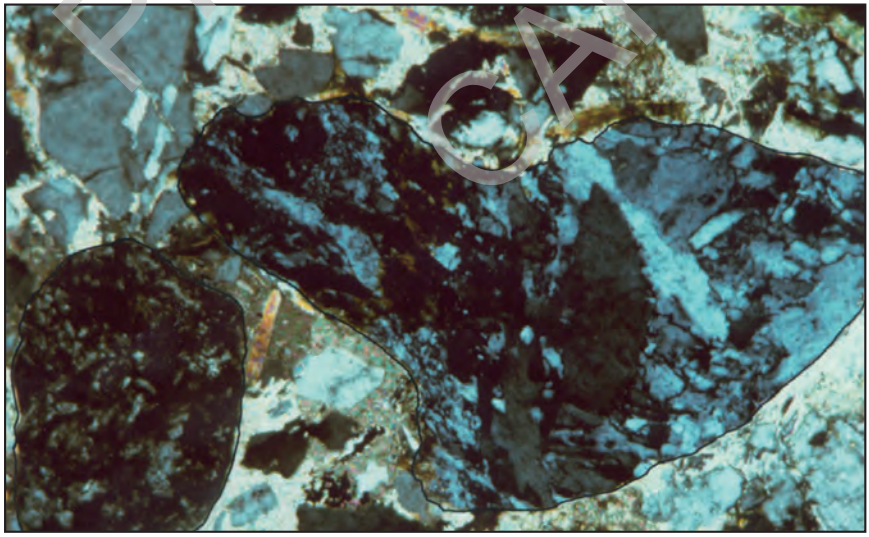

Fig. 10 - *Granuli carbonatici e caratteristiche microscopiche delle areniti della Formazione delle Argille azzurre affiorante nel Foglio Macerata; intrarenite costituita dominatamente da granuli carbonatici intrabacinali, micritici e siltitici (Campione ON-34PP).*

PROGETTO CARG

3.4. - Formazione delle Argille azzurre.

Le arenarie hanno composizione quarzolitica ($Qm_{34\pm7}F_{7\pm2}Lt_{59\pm7}$) sedimentaclastica ($Lm_{2\pm1}Lv_{0\pm0}Ls_{98\pm1}$ e $Qp_{8\pm4}Lvm_{0\pm0}Lsm_{92\pm4}$) scomposta in tre sub-popolazioni. Tali sub-popolazioni sono state discriminate in base ai rapporti tra clasti non-carbonatici extrabacinali (NCE), clasti carbonatici extrabacinali (CE) e clasti carbonatici intrabacinali (CI), e corrispondono, grossolanamente, alle suddivisioni litostratigrafiche operate in campagna. Una prima sub-popolazione comprende i campioni basali della successione (MT26 e MT25), formati da calcilititi e areniti ibride. La seconda comprende quelli intermedi della successione (dal campione CEP1.020 al campione CEP.C080) ed è caratterizzata da arenarie quarzolitiche mentre i campioni apicali (dal campione ON-33PP al campione ON-36PP) sono classificabili come calcareniti (intrareniti). I carbonati intrabacinali, dominanti in queste areniti, sono costituiti da abbondanti intraclasti, rappresentati da frammenti siltitici in matrice micritica e frammenti micritici impuri contenenti clasti di glauconie, bioclasti e frammenti silicoclastici a grana fine (fig. 10), e da subordinati bioclasti e peloidi. I carbonati extrabacinali sono costituiti da calcari micritici, microsparitici e biomicritici, abbondanti fossili in scheletri singoli e contenuti in clasti di calcare o di dolomia. La calcite monocristallina è distribuita lungo tutta la successione sedimentaria (da 0,22% a 9,7%) e la dolomite si rinviene in traccia (0,2%-0,5%). I frammenti faneritici sono rappresentati da metamorfiti, plutoniti e frammenti di arenarie.

I costituenti fondamentali degli interstizi sono costituiti da cemento carbonatico di precipitazione in pori e/o plaghe (da 0,7% a 13,5%), e cemento carbonatico di sostituzione pervasiva di granuli dello scheletro (da 11,8% a 0,3%). La matrice è prevalentemente carbonatica. Nelle calcareniti apicali (dal campione ON-33PP al campione ON-36PP) varia dal 40,7% al 54,2% sul totale dei costituenti (scheletro + interstizi).

3.5. - Formazione di Fermo.

Le areniti della *Formazione di Fermo* hanno composizione quarzolitica ($Qm_{44\pm17}F_{10\pm0}Lt_{46\pm18}$) sedimentaclastica ($Lm_{2\pm0}Lv_{1\pm1}Ls_{97\pm2}$ e $Qp_{20\pm0}Lvm_{2\pm2}Lsm_{78\pm2}$).

Rispetto alla *Formazione delle Argille azzurre*, le areniti della *Formazione di Fermo*, presentano una componente non-carbonatica extrabacinale più abbondante ($NCE_{64\pm4}CE_{31\pm11}CI_{5\pm8}$). Il grado di cementazione varia da nullo a medio (33,2%).

4. - SEQUENZE DEPOSIZIONALI

La successione marina mio - plio - pleistocenica affiorante nel Foglio Macerata è stata suddivisa in sequenze deposizionali separate: (i) da limiti disconformi e

PROGETTO CARG

paraconformi (discontinuità di sedimentazione e/o discordanze geometriche) che sono bene evidenti nelle zone marginali del bacino di sedimentazione oppure (ii) dalle correlative superfici di continuità (limiti confo rmi) che caratterizzano invece le parti più profonde del bacino, ove, di norma, si depositano i maggiori spessori di sedimenti. Nell'ambito della successione marina esaminata sono state riconosciute le seguenti sequenze deposizionali (si faccia riferimento allo Schema V).

4.1. - M_3 (sequenza del messiniano superiore)

La sequenza M_3 è limitata alla base da un contatto discordante tra il *Membro post - evaporitico* della *Formazione della Laga* e i terreni della sovrastante *Formazione a Colombacci*. Questa unità è costituita da torbiditi grossolane, a geometria lenticolare, passanti verso l'alto a torbiditi più fini e arealmente più continue che al tetto sono ricoperte dai terreni trasgressivi del ciclo sedimentario del Pliocene inferiore.

4.2. - P_1 (sequenza marina del pliocene inferiore)

Nel Foglio Macerata la sequenza P_1 è limitata, alla base, da un contatto trasgressivo e discordante sulle sottostati arenarie della *Formazione a Colombacci* e sul *Membro post - evaporitico* della *Formazione della Laga*. La sequenza è rappresentata, in prevalenza, da peliti grigio - azzurre di ambiente batiale e/o epibatiale che, nella parte basale, sono caratterizzate dalla presenza di *G. margarita*. Verso l'alto non si registrano variazioni litologiche apprezzabili ma le associazioni faunistiche presenti registrano una variazione delle condizioni ambientali che, da batiali, diventano neritiche. Alla parte alta della sequenza è stata attribuita un'età Pliocene inferiore sommitale (zona a *G. puncticulata*).

Le variazioni delle condizioni ambientali, registrate proprio al passaggio tra il Pliocene inferiore e medio soprattutto nell'area a sud del Fiume Chienti, sono state interpretate come evidenze di instabilità tettoniche correlabili con l'evento che, nei settori più meridionali, ha portato alla completa emersione dei terreni del Pliocene inferiore e alla genesi di una superficie di discontinuità, discordante, che marca il passaggio dalla sequenza P_1 alla sovrastante sequenza P_2. In quest'ottica, le mutate condizioni ambientali evidenziate nel settore centro - meridionale del Foglio Macerata sono state correlate con la suddetta superficie di discontinuità e considerate equivalenti ad una correlativa superficie di continuità ubicata in aree bacinali più profonde.

PROGETTO CARG

4.3. - P_2 (sequenza marina del pliocene medio - superiore)

Nel settore meridionale del bacino di sedimentazione plio - pleistocenico marchigiano, nell'area compresa tra il Fiume Chienti e il Fiume Tronto, la sequenza P_2 è costituita da conglomerati, arenarie e peliti di ambiente prevalentemente neritico passanti superiormente ad argille epibatiali con intercalazioni di corpi clastici grossolani organizzati in orizzonti di spessore intorno a qualche decina di metri. Questi corpi si ritrovano a varie altezze stratigrafiche, ma risultano di difficile correlazione a causa delle loro geometrie, in prevalenza lenticolari, che terminano sia in senso longitudinale che trasversale e perché, spesso, gli orizzonti che li compongono tendono a sfrangiarsi e/o diventare coalescenti. In altri casi, invece, i corpi clastici grossolani sono costituiti da alternanze di *litofacies* pelitico - arenacee e arenaceo - pelitiche in strati sottili e/o di spessore medio, con laminazioni piane e/o oblique. La geometria dei corpi è, in genere, tabulare a scala cartografica.

Il contatto basale della sequenza P_2, a sud dell'area rilevata, è rappresentato da un limite disconforme sui terreni deformati ed erosi del *Membro post - evaporitico* della *Formazione della Laga* (Messiniano superiore) e/o sulle peliti del Pliocene inferiore ascrivibili alla sequenza P_1.

Nel Foglio Macerata, nell'ambito della sequenza P_2, prevale la componente pelitica (che contiene solo rare intercalazioni arenaceo - pelitiche); solo nell'area a sud del Fiume Chienti, nella parte sommitale della sequenza (in prossimità del passaggio Pliocene superiore - Pleistocene) sono presenti livelli pelitico - arenacei di modesto spessore (poco più di una decina di metri).

Il limite di tetto della sequenza è localizzato, in tutto il settore meridionale del bacino plio - pleistocenico marchigiano, al passaggio Pliocene superiore - Pleistocene, in corrispondenza della base erosiva dei sovrastanti corpi clastici grossolani del *Membro di Offida*. Il limite inferiore della sequenza P_2, nel Foglio Macerata, corrisponde alla correlativa superficie di conformità (precedentemente discussa) che segna il passaggio tra il Pliocene inferiore e il Pliocene medio.

4.4. - Q_1 (sequenza marina del pleistocene inferiore basale)

Nel Foglio Macerata e, più a sud nel Foglio Montegiorgio, il passaggio dai terreni pliocenici a quelli quaternari della *Formazione delle Argille azzurre* è evidenziato dal repentino incremento della componente clastica grossolana a discapito della componente pelitica che, almeno per quanto riguarda l'area a nord del Fiume Chienti, era stata dominante per tutto il Pliocene. La sequenza Q_1 risulta

PROGETTO CARG

costituita infatti da alternanze di peliti e corpi clastici grossolani rappresentati, per lo più, da ripetizioni di orizzonti arenacei e arenaceo - pelitici il cui numero aumenta progressivamente spostandosi verso sud e verso le porzioni basali della sequenza. Nell'insieme, questa sequenza corrisponde al Membro di Offida e il suo limite inferiore coincide con il contatto erosivo degli orizzonti arenacei basali sui sottostanti terreni del Pliocene superiore appartenenti alla sequenza P_2.

La sequenza Q_1 si sviluppa, durante il Santerniano p.p. e l'Emiliano, in un ambiente deposizionale che diviene via via meno profondo. Evidenze in tal senso derivano dai caratteri sedimentologici dei corpi arenacei affioranti nell'area compresa tra il Fiume Potenza e il Fiume Chienti, i quali suggeriscono la loro attribuzione a un ambiente di piattaforma caratterizzato dalla deposizione di tempestiti.

La sequenza Q_1 termina, verso l'alto, in corrispondenza del passaggio Emiliano - Siciliano che qui è marcato dal limite disconforme con i depositi sabbioso - ciottolosi della sovrastante *Formazione di Fermo*.

4.5. - Q_2 (SEQUENZA MARINA DEL PLEISTOCENE INFERIORE SOMMITALE)

Nel Foglio Macerata, la sequenza Q_2 è costituita da arenarie a granulometria variabile e da orizzonti ciottolosi calcareo - selciferi localizzati preferenzialmente alla base della sequenza, i quali rappresentano, in prevalenza, depositi di riempimento di canali. La sequenza in parola include l'insieme dei depositi appartenenti alla *Formazione di Fermo* ed i suoi limiti, basale e di tetto, sono entrambi di natura erosiva: il primo, osservabile nel settore nord - orientale del Foglio Macerata, mette a contatto detti depositi con le sottostanti peliti del Pleistocene inferiore basale; il secondo, che segna il passaggio da un ciclo sedimentario marino ad una fase erosiva in ambiente subaereo, è invece localizzato alla base dei depositi continentali del Pleistocene medio affioranti nell'area.

PROGETTO CARG

VI - TETTONICA

1. - ASSETTO REGIONALE

L'Appennino centrale (fig. 11a) è limitato ad oriente dall'attuale avanfossa adriatica (Pialli *et alii*, 1996, Eds.) e ad occidente dal Bacino Tirrenico, un dominio caratterizzato da una struttura crostale di spessore variabile tra 6 e 15 chilometri (Spakman, 1990), un elevato flusso di calore (con valori medi superiori a 100 mW/m^2; Della Vedova & Pellis, 1985) e anomalie gravimetriche positive (Corrado *et alii*, 1974). Queste ultime, come si può osservare dal profilo di figura 11b, tendono a diminuire di intensità spostandosi verso est, fino a raggiungere il valore zero in prossimità delle zone assiali appenniniche, per diventare poi rapidamente negative in corrispondenza del settore umbro-marchigiano. L'andamento in superficie delle isoanomale e, in particolare, di quelle che delimitano la fascia di transizione da valori positivi a valori negativi, descrive una forma arcuata a convessità orientale la quale si sviluppa pressoché parallelamente alla dorsale appenninica (Pialli *et alii*, 1996, Eds.). Ad oriente di questa fascia, nell'area oggetto del rilevamento, i dati gravimetrici evidenziano anomalie negative con valori compresi tra -20 e -40 milligals.

La zona di transizione tra il dominio tirrenico e quello centro - appenninico è localizzata tra la Valdichiana e Gubbio e risulta caratterizzata, in profondità, da un raddoppio crostale (Federico & Minelli, 1995). Qui, infatti, la discontinuità di Mohorovicic "ad affinità tirrenica" è ubicata a circa 15-20 km di profondità, mentre la Moho "adriatica" è stata rilevata a profondità intorno ai 40 km (Amato *et alii*, 1996).

PROGETTO CARG

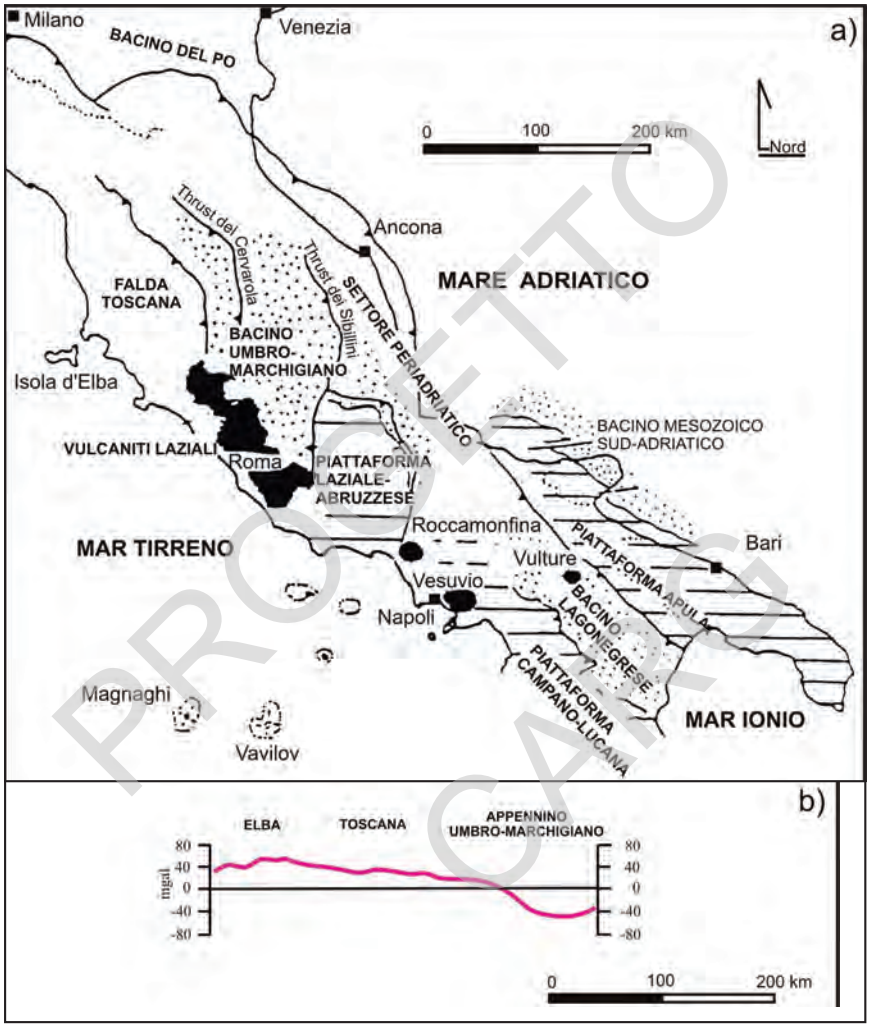

Fig. 11 - *Schema geologico semplificato dell'Appennino (a) ridisegnato da* Doglioni C. & Flores G. *(1997) e profilo gravimetrico regionale (b), ridisegnato da* Cassinis *et alii (1991).*

Nel settore umbro - marchigiano la crosta al di sotto dell'Appennino mostra forti variazioni di spessore (da circa 23 a circa 36 km; Nicolich, 1989; Ponziani, 1995) e una riduzione dei valori di velocità delle onde sismiche a mano a mano che ci si sposta dall'Adriatico verso il Tirreno (Federico & Pauselli, 1996). I dati dei rilievi aereomagnetici effettuati dall'AGIP (1981) evidenziano: (i) un "basamento" magnetico discontinuo localizzato a profondità comprese tra 6 e 15 km e immergente verso occidente dall'Adriatico fino all'Umbria (fig. 12a) e (ii) "*trend*

magnetici" orientati circa nord - sud e NNE-SSW, cartografati da Cassano *et alii* (1996) come discontinuità crostali che si estendono per qualche decina di chilometri interessando sia le zone assiali che quelle esterne di catena (fig. 12b). Analoghe strutture le quali tagliano e/o bordano in sottosuolo le strutture positive del settore periadriatico compreso tra Ancona e Pescara, sono ben evidenti anche nella carta delle anomalie di Bouguer (fig. 12c).

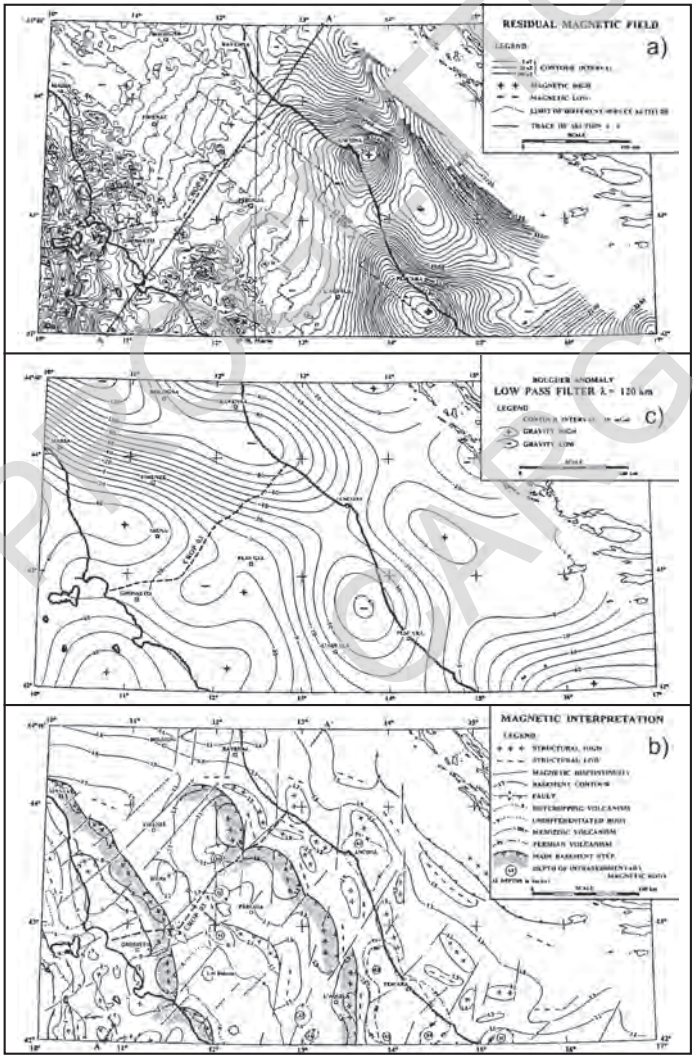

Fig. 12 - *Carta del campo magnetico residuo (a), modello interpretativo (b) e carta delle anomalie gravimetriche (c); da* Cassano *et alii, 1996.*

PROGETTO CARG

L'assetto attuale dell'Appennino centrale, così come evidenziato dai dati geofisici, è il risultato della costruzione neogenica di una catena a pieghe e sovrascorrimenti. Nell'ambito di questa catena si riconoscono differenti provincie strutturali caratterizzate da specifici attributi e da uno stile strutturale ben definito. In particolare, l'area oggetto dello studio ricade nella provincia periadriatica, dove affiorano essenzialmente sedimenti terrigeni di età pliocenica i quali si presentano blandamente deformati e ricoperti, in discordanza, da depositi quaternari.

Le informazioni disponibili per il settore periadriatico includono dati geologici (di superficie e di sottosuolo) e dati geofisici (gravimetrici, magnetici e sismici) sufficienti, per quantità e qualità, a definire l'assetto geostrutturale dell'area e per tracciare un quadro regionale della storia deformativa delle zone esterne di questo settore di catena. L'uso integrato di questi dati fornisce infatti risultati apprezzabili nello studio regionale dei sistemi a *thrust*, specie delle zone esterne caratterizzate, come in Appennino, da estesi affioramenti di terreni tardo-orogenici che mascherano la struttura profonda dell'area.

Nel settore periadriatico marchigiano i sedimenti terrigeni affioranti risultano organizzati in una blanda monoclinale regionale immergente verso nord-est di pochi gradi (<10°). Al di sotto di questa semplice struttura si ritrovano però in sottosuolo (come documentato dai dati dei pozzi profondi per l'esplorazione di idrocarburi e/o dall'interpretazione di profili sismici a riflessione) terreni appartenenti alla stessa successione plio-plesistocenica e/o a quella meso-cenozoica i quali risultano variamente strutturati a formare una catena sepolta che si estende fino alla zona mediana adriatica (Bally *et alii*, 1986).

Nell'ambito di questa provincia strutturale parte delle pieghe associate ai *thrust* neogenici coinvolgono solo i terreni terziari e risultano pertanto scollate dal loro substrato mentre altre coinvolgono in tutto o in parte la successione mesozoica e, a luoghi, anche porzioni di basamento (Lavecchia, 1988; Calamita *et alii*, 1992). Da ciò deriva lo stile strutturale tipico della provincia periadriatica che risulta caratterizzata da strutture di dimensioni variabili le quali riflettono l'ubicazione in profondità dei diversi livelli di scollamento presenti nell'ambito del *multilayer* di copertura del margine afro-adriatico.

Il limite geologico tra le zone esterne e quelle assiali di catena è rappresentato, in superficie, da un *thrust* di rilevanza regionale (*thrust* dei Monti Sibillini) il quale incrocia verso sud il *thrust* del Gran Sasso d'Italia (si faccia riferimento alla figura 2) e prosegue lungo la linea Olevano-Antrodoco. Ad oriente di questo limite, ubicate nel settore esterno della catena, si riconoscono in affioramento le seguenti strutture (fig. 13): (I) la struttura di Cingoli-Strada, (II) l'anticlinale di Polverigi, (III) la struttura del Monte Conero e, più a sud, (IV) l'anticlinale di Treia-Pollenza.

PROGETTO CARG

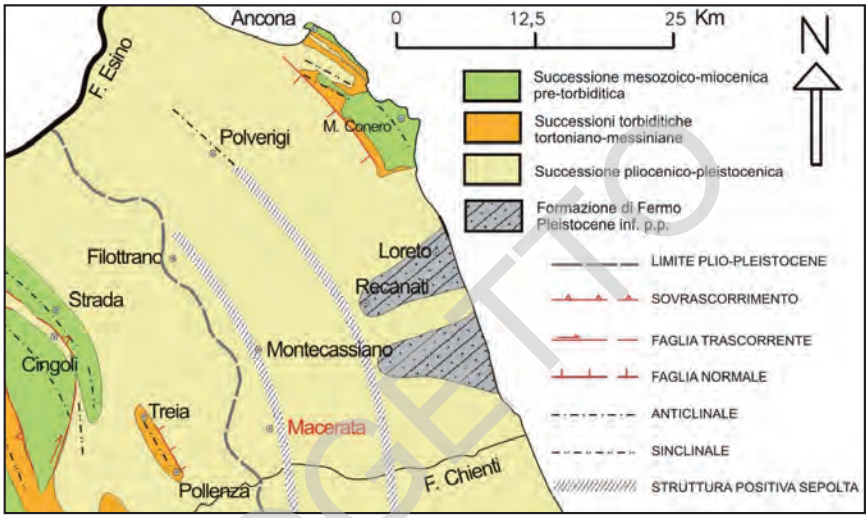

Fig. 13 - *Assetto geologico-strutturale del settore peri adriatico marchigiano compreso tra il Fiume Esino (a nord) e il Fiume Chienti (a sud).*

In sottosuolo, i dati interpretati da Bally *et alii* (1986) e da Calamita *et alii* (1991) documentano, lungo la traversa M.S.Vicino-Polverigi (fig. 14), la presenza di un'ampia struttura positiva (costituita da cinque *thrust sheets*, vedi figura 22) in corrispondenza dell'abitato di Filottrano e, lungo una traversa più meridionale, l'esistenza delle strutture sepolte di Loreto, Montecassiano e Treia (fig. 15).

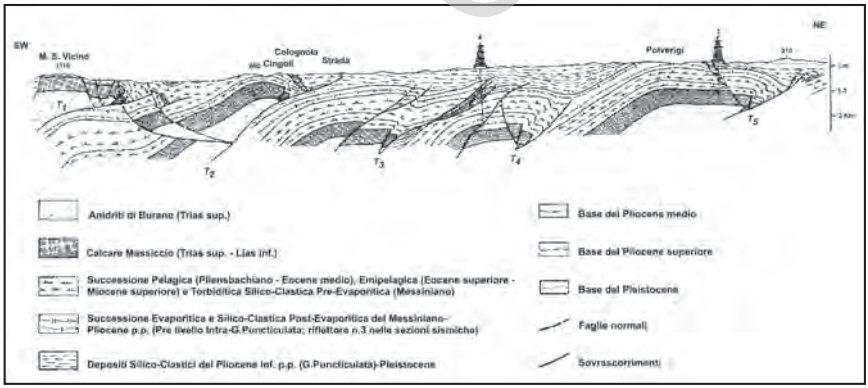

Fig. 14 - *Sezione geologica lungo la traversa M.S. Vicino-Polverigi (leggermente modificata da Calamita et alii, 1990).*

PROGETTO CARG

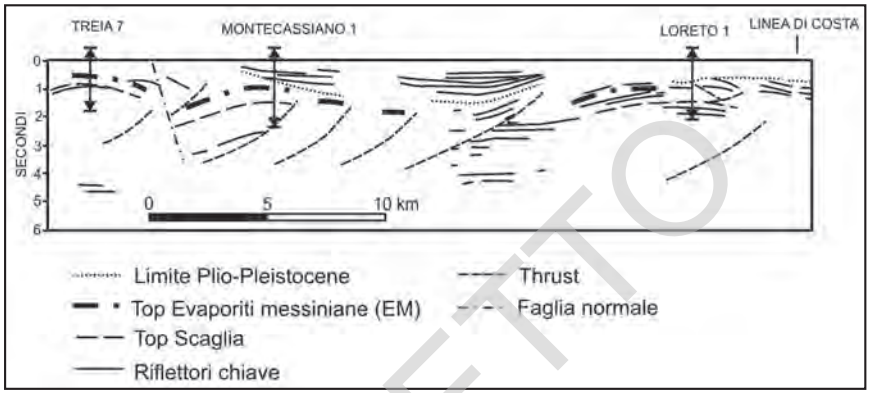

Fig. 15 - *Interpretazione sismica del profilo Treia-Loreto mare (modificato da* Bally *et alii, 1986).*

2. - TIPOLOGIE STRUTTURALI

I dati strutturali acquisiti nel corso del progetto CARG - Marche, unitamente a quelli relativi alla partizione litostratigrafica della successione mio - plio - pleistocenica affiorante nella fascia periadriatica marchigiana, hanno consentito di riconoscere e caratterizzare tre diversi stadi nella storia evolutiva di questo settore appenninico. Ognuno di questi stadi è caratterizzato da un definito intervallo temporale e da una specifica connotazione paleotettonica la quale ha influenzato in maniera determinante i caratteri litologici, stratigrafici, ambientali e sedimentologici delle sequenze deposizionali riconosciute nell'ambito della successione, nonché la natura dei contatti (discordanze geometriche, discontinuità di sedimentazione e correlative superfici di continuità) che definiscono i limiti delle varie sequenze deposizionali identificate.

Gli stadi evolutivi in parola sono stati distinti integrando i dati geologici di superficie e di sottosuolo disponibili in tutta l'area periadriatica (Bally *et alii*, 1986; Calamita *et alii*, 1991; Ori *et alii*, 1991; Calamita *et alii*, 1994).

Di seguito vengono brevemente illustrati i caratteri delle principali strutture che interessano i vari termini della successione e viene discussa la loro attribuzione ai diversi stadi evolutivi distinti nell'area marchigiana esterna.

2.1. - Stadio I (messiniano - pliocene inferiore p.p.)

Le strutture maggiori originate nel corso di questo stadio evolutivo coinvolgono i terreni del Miocene superiore e quelli del Pliocene inferiore (p.p.) i quali si ritrovano in affioramento nei settori più meridionali del Foglio Macerata e, in generale, in quelli più occidentali e meridionali delle aree rilevate nell'ambito del progetto CARG-Marche.

PROGETTO CARG

Le strutture principali sviluppatesi durante lo Stadio I sono costituite da sovrascorrimenti e retroscorrimenti e da strutture di accomodamento ad essi associate (pieghe, faglie di trasferimento e strutture di collasso).

Le maggiori strutture di accomodamento sono rappresentate da pieghe parallele, orientate da NW - SE a circa N - S, che presentano, spesso, un marcato senso di asimmetria con vergenza orientale; hanno dimensioni dell'ordine di qualche chilometro e si sviluppano in direzione assiale per alcune decine di chilometri.

Sulla base di queste osservazioni è stato ipotizzato che dette strutture, che in affioramento interessano solo i terreni messiniani e quelli del Pliocene inferiore, in realtà, in sottosuolo, coinvolgono, almeno in parte, anche la successione meso - cenozoica umbro - marchigiana e, talvolta, porzioni di basamento (Lavecchia *et alii*, 1988; Calamita *et alii*, 1992; Menichetti *et alii*, 1992; Sage *et alii*, 1991; De Donatis *et alii*, 1996).

Strutture di dimensioni inferiori sono invece generalmente rappresentate da pieghe a scatola (*box folds*) isopache caratterizzate dalla presenza di due piani assiali: quello occidentale, immergente ad est, e quello orientale immergente verso ovest. Queste pieghe hanno, di solito, un raggio di curvatura di meno di un chilometro e continuità laterale inferiore a dieci chilometri; sono quindi da considerare strutture pellicolari caratterizzate da livelli di scollamento più superficiali, rispetto a quello basale, ubicati a diverse altezze stratigrafiche nell'ambito della successione umbro - marchigiana (Koopman, 1983).

Le faglie di trasferimento tra le strutture plicative sopra descritte, ove presenti, sono generalmente orientate in direzione circa ENE- WSW oppure N - S; le prime mostrano cinematiche trascorrenti sinistre e le seconde destre. Un probabile esempio di questa tipologia di strutture può essere rappresentata dalle faglia cartografata in destra idrografica del torrente Entogge (nel contiguo Foglio Montegiorgio).

Le strutture di collasso sono, di norma, rappresentate da faglie normali localizzate al fronte dei sovrascorrimenti (e immergenti verso l'avanpaese) oppure a tergo (immergenti verso le zone di catena).

Un'importante tipologia di strutture che interessano sia i sedimenti messiniani che quelli pliocenici, è rappresentata da pieghe e faglie di crescita. Entrambe queste strutture si riconoscono in base ai rapporti laterali con i sedimenti bacinali sin e post-crescita e attraverso le variazioni di *facies* e/o di spessore che ne caratterizzano lo sviluppo verticale. Queste strutture testimoniano dell'importante ruolo svolto dalla tettonica sin - sedimentaria durante la strutturazione delle zone esterne di catena e del carattere progressivo e continuo degli eventi compressivi neogenici. In particolare, è proprio lo sviluppo progressivo di queste strutture che condiziona, nel tempo, l'evoluzione paleotettonica del bacino marchigiano esterno e, conseguentemente, i caratteri d'insieme della successione plio - pleistocenica affiorante (cfr. Evoluzione tettonica).

PROGETTO CARG

Nel Foglio Macerata (e in quelli contigui rilevati nell'ambito del progetto CARG-Marche) sono state inoltre riconosciute alcune associazioni di strutture minori le quali sono geneticamente connesse con i processi deformativi associati ad eventi pre, sin e tardo/post-orogenici.

Strutture pre - orogeniche. Queste associazioni di mesostrutture sono costituite da faglie ad alto angolo rispetto alla stratificazione. Si tratta per lo più, di superfici di faglia pressoché planari, con rigetti da decimetrici a metrici, che diminuiscono sistematicamente verso l'alto fino ad annullarsi in corrispondenza di un livello sommitale non deformato (fig. 16, 17).

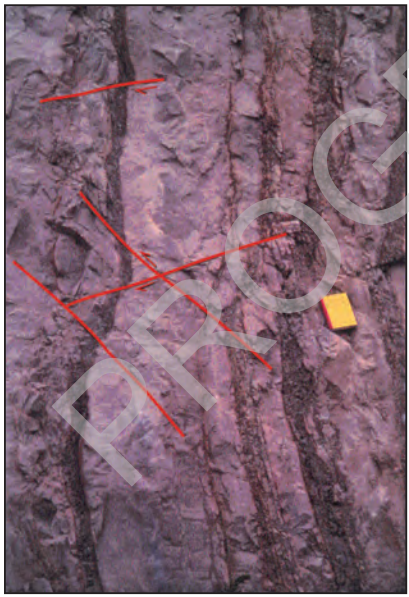

Fig. 16 - *Faglie normali coniugate e ruotate*

Fig. 17 - *Schema da affioramento: faglia normale pre-orogenica ruotata.*

Le faglie pre-orogeniche realizzano estensione e assottigliamento di pacchi di strati con spessore cumulato variabile da circa un metro a qualche decina di metri. Si presentano, spesso, in sistemi coniugati caratterizzati da una linea d'intersezione giacente in un piano pressoché parallelo alla stratificazione. Questa geometria viene mantenuta anche quando gli strati mostrano giaciture variabili in funzione della posizione strutturale acquisita a seguito del loro coinvolgimento in strutture plicative. Questo tipo di evidenza rappresenta un forte indizio per l'interpretazione di questa tipologia di faglie come strutture sviluppatesi prima che l'area fosse interessata da processi di piegamento. Inoltre, la frequente presenza di lenti discontinue sabbiose e/ o pelitico - siltose lungo le superfici di faglia e

PROGETTO CARG

l'ispessimento della successione sedimentaria all'*hanging wall*, avvalorano l'ipotesi che dette strutture si siano sviluppate quando i sedimenti non erano ancora del tutto litificati e la pressione dei fluidi interstiziali conferiva loro una forte mobilità.

Un'altra tipologia di strutture mesoscopiche pre - orogeniche è rappresentata da fratture, con rigetti generalmente da sub - centimetrici a centimetrici, le quali si presentano oblique rispetto alla stratificazione e che dislocano, di norma, solo gli orizzonti più competenti (arenacei), mentre il rigetto si esaurisce completamente nei livelli meno competenti (pelitici). Queste strutture mostrano una componente di movimento normale e una dilatante; quest'ultima favorisce i flussi di materiale non litificato verso gli spazi vuoti determinati dall'apertura delle fratture. I caratteri specifici di questa popolazione di strutture consentono quindi di qualificarle come fratture ibride e di classificarle come strutture semi - duttili (Price & Cosgrove, 1990) poiché registrano la deformazione di sedimenti solo in parte litificati.

Nel contesto deformativo che ha interessato i terreni mio-pliocenici nel corso dello Stadio I, i processi di fratturazione si sono sviluppati solo nelle sabbie precocemente cementate, mentre la deformazione del fango argilloso circostante si è realizzata attraverso flussi di materiale con comportamento duttile governato probabilmente dallo sviluppo, durante la diagenesi, di una pressione parziale dei fluidi che raggiungeva valori supraidrostatici.

Strutture sin - orogeniche. Le strutture sin - orogeniche sono state raggruppate in due associazioni strutturali i cui caratteri consentono di ascriverle: (i) ad un evento deformativo precoce (pre - *thrusting*) e (ii) all'evento principale di *thrusting*.

Strutture pre - thrusting. Nei litotipi appartenenti alla *Formazione della Laga*, le associazioni di strutture pre - *thrusting* sono costituite principalmente da fratture di taglio mesoscopiche. Queste possono essere raggruppate in due sistemi:

- Sistema I. (fig. 18) Le strutture appartenenti a questo sistema sono rappresentate principalmente da fratture ibride organizzate in due *set* coniugati, orientati rispettivamente N060 e N100, formanti un angolo acuto (2θ) di circa 40° e, spesso, riempite da calcite fibrosa. Il *set* orientato circa NE - SW è caratterizzato da cinematica destra, mentre le fratture del *set* orientato circa E -W mostrano quasi sempre una componente di movimento sinistra.

- Sistema II. (fig. 18) Le associazioni di strutture appartenenti a questo sistema sono costituite da rare mesofaglie e, principalmente, da fratture di taglio coniugate orientate circa NNW - SSE, con un angolo 2θ intorno a 60°. I rigetti misurati sono variabili tra alcuni centimetri e qualche metro; lungo le strutture maggiori (mesofaglie) si osservano, spesso, strie meccaniche ed altri tectoglifi che indicano chiaramente i sensi di movimento che le caratterizzano e/o strutture di accomodamento che distribuiscono il rigetto su diversi segmenti minori.

PROGETTO CARG

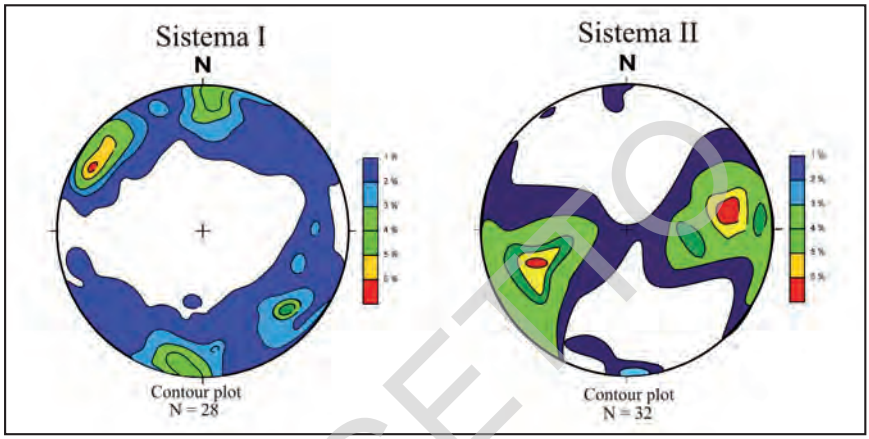

Fig. 18 - *Dati giaciturali relativi alle strutture sin-orogeniche pre-thrusting.*

Le relazioni geometriche tra queste tipologie di fratture e la stratificazione mostrano che queste strutture raccorciano e ispessiscono pacchi di strati con spessore cumulato massimo dell'ordine della decina di metri e che dette relazioni sono mantenute anche dopo che gli strati sono stati soggetti a piegamento (fig. 19).

Fig. 19 - *Faglie inverse pre-thrusting ruotate.*

Strutture sin - *thrusting*.
A questa tipologia di strutture appartengono i principali *thrust* e le pieghe sviluppatesi durante la fase di accrezione delle zone esterne del sistema a *thrust* centro - appenninico. In settori più occidentali e meridionali rispetto all'area oggetto del rilevamento, lo sviluppo di pieghe associate a *thrust* di rilevanza regionale ha portato all'attuale assetto delle zone di *footwall* del *thrust* dei Monti Sibillini e di quello del Gran Sasso. In questi settori le strutture sin - *thrusting* che coinvolgono i terreni della Laga e, in parte, quelli del Pliocene inferiore, sono rappresentate da pieghe generalmente asimmetriche, ad andamento circa NNW - SSE, con fianchi

PROGETTO CARG

occidentali immergenti di circa 10° - 15° e fianchi orientali da sub - verticali a rovesciati.

Il fianco orientale di queste strutture è, spesso, interessato da *thrust* minori (*splay thrust*) che dislocano i diversi membri della *Formazione della Laga* e, localmente, anche la *Formazione a Colombacci* e i terreni del Pliocene inferiore appartenenti alla porzione basale della *Formazione delle Argille azzurre*. Una situazione esemplificativa di questo assetto, elaborata integrando i dati raccolti in località S. Lorenzo (Foglio Montegiorgio) e lungo la destra idrografica del Fiume Chienti (Foglio Macerata), è schematizzata in figura 20, dove sono illustrati i rapporti che si possono osservare in affioramento tra i terreni appartenenti alle diverse formazioni mio - plioceniche e la geometria più tipicamente rappresentativa delle strutture di questo stadio.

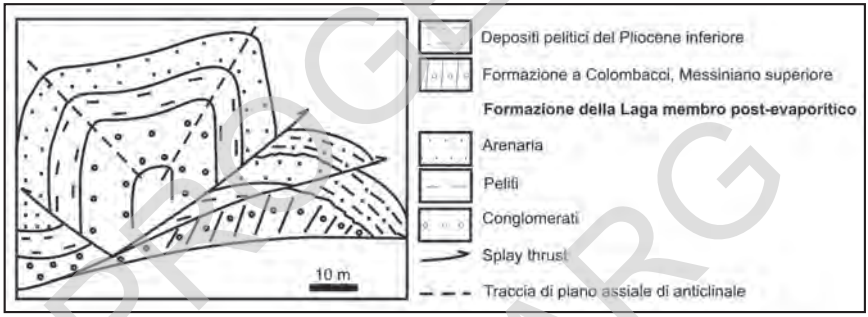

Fig. 20 - *Schema dei rapporti strutturali tra i terreni messiniani e quelli del Pliocene inferiore (da affioramenti vari).*

Nel settore sud - occidentale del Foglio Macerata (nell'area a nord del Fiume Chienti), l'assetto strutturale di superficie è caratterizzato da una piega costituita da una anticlinale (l'anticlinale di Treia - Pollenza) che si sviluppa con modeste dimensioni in direzione circa NNW - SSE. Detta struttura è bene esposta in prossimità dell'abitato di Pollenza, dove al nucleo della struttura si possono osservare pacchi di arenarie appartenenti alla *Formazione a Colombacci*. In riferimento a quest'ultima struttura, i dati di sottosuolo evidenziano la presenza di una probabile faglia ubicata lungo il bordo orientale dell'anticlinale. La faglia disloca e ribassa verso Est le evaporiti messiniane (riflettore EM in figura 15), ubicate al *top* della struttura, che da una profondità di poco inferiore ai 1000 metri si ritrovano a profondità maggiori di 1500 metri. La stima dell'entità del rigetto della faglia, la quale presenta caratteristiche assimilabili alle faglie di collasso tardo-orogeniche (cfr. tipologie strutturali), non è però semplice in quanto lo stesso dipende dall'elevazione strutturale acquisita in precedenza dalle evaporiti a seguito della crescita dell'anticlinale. Considerazioni sull'entità e i tassi di dislocamento che caratterizzano i *thrust* di età messiniano-pliocenica nell'area

PROGETTO CARG

periadriatica suggeriscono che l'elevazione strutturale massima del riflettore EM, prima dell'attivazione della faglia, poteva essere dell'ordine dei 400-500 metri. Sulla base di questa assunzione è possibile quindi ipotizzare che il rigetto normale della faglia che borda ad oriente la struttura di Treia-Pollenza è dell'ordine di poche centinaia di metri (100-300).

La faglia in oggetto separa l'anticlinale di Treia-Pollenza dalla struttura di Montecassiano, ubicata poco a nord della città di Macerata,. Quest'ultima struttura interessa la porzione centrale del Foglio rilevato e si estende, verso sud, lungo l'allineamento Macerata-Corridonia. La sua prosecuzione settentrionale, invece, si collega alla struttura sepolta riconosciuta nel sottosuolo dell'abitato di Filottrano (si faccia riferimento alla figura 13).

Al fronte orientale della struttura di Treia - Pollenza affiorano, in discordanza al di sopra della *Formazione a Colombacci*, sedimenti terrigeni del Pliocene inferiore basale, immergenti ad est di circa 20°- 25°. Il contatto risulta, nell'insieme, piegato in conformità con i terreni messiniani e, al *footwall*, gli stessi terreni mostrano, localmente, immersioni sia orientali che occidentali.

I fianchi della piega, in affioramento, sono entrambi ad alto angolo con tendenza al rovesciamento e sono interessati da pieghe minori con caratteristica geometria; l'angolo di interlembo è piuttosto stretto a nord (in località Monte Croce), mentre risulta più aperto verso sud. Le caratteristiche d'insieme della struttura hanno consentito di ipotizzare la presenza di un retroscorrimento cieco localizzato lungo il fianco occidentale della anticlinale (si faccia riferimento ai profili geologici allegati).

<u>Strutture tardo - orogeniche</u>. Si tratta principalmente di faglie caratterizzate da due tipologie dominanti: (i) faglie indotte dalle condizioni di disequilibrio del cuneo tettonico (Davis & Reynolds, 1996) e (ii) faglie di collasso (Cello, 1996). Le prime possono avere sia cinematica inversa che normale, in funzione della tipologia di riequilibrio (ispessimento o assottigliamento) necessaria alla stabilità del cuneo tettonico. Si ritrovano, spesso, come associazioni di strutture di rango inferiore rispetto al sovrascorrimento principale e, nell'insieme, caratterizzano la deformazione interna di un *thrust sheet* (Cello & Nur, 1988).

Le faglie di collasso sono invece tipicamente faglie normali che si ritrovano sistematicamente localizzate a tergo di singoli *thrust sheet* oppure al loro fronte (come si può osservare, ad esempio, lungo il fronte della struttura di Cingoli - Strada, oppure ad oriente della struttura di Polverigi). Queste faglie si sviluppano, di norma, come elementi strutturali isolati caratterizzati da lunghezze quasi sempre inferiori a 10 chilometri e da un rapporto rigetto / lunghezza dell'ordine di 1:10.

Le faglie di collasso ubicate a tergo dei principali *thrust sheet* immergono sistematicamente verso ovest; perdono rapidamente rigetto lungo la direzione e

PROGETTO CARG

tendono a raccordarsi, nel sottosuolo, con lo scollamento principale; quelle ubicate al fronte della struttura immergono tipicamente verso est e sono state interpretate come strutture di collasso connesse con la dissipazione parziale dei fluidi dovuta alla loro migrazione verso le aree di *footwall* a seguito della messa in posto di un *thrust sheet* (Cello & Nur, 1988; Cello & Deiana, 1995). Una probabile struttura di questo tipo è stata osservata ad occidente di Cardarello (Foglio Montegiorgio), dove una faglia normale ad andamento NNW - SSE disloca una piega asimmetrica a vergenza orientale.

Nel Foglio Macerata, anche la faglia che borda ad est la struttura di Treia - Pollenza è stata interpretata come una "*forelimb normal fault*" sviluppatasi come faglia di collasso al fronte della struttura principale già formata.

Alla fine dello Stadio I, i terreni messiniani e quelli del Pliocene inferiore comprensivi della zona a *G. margaritae* si ritrovano completamente inglobati nelle zone esterne di catena e l'assetto paleogeografico del bacino marchigiano esterno può essere schematizzato come in figura 21a.

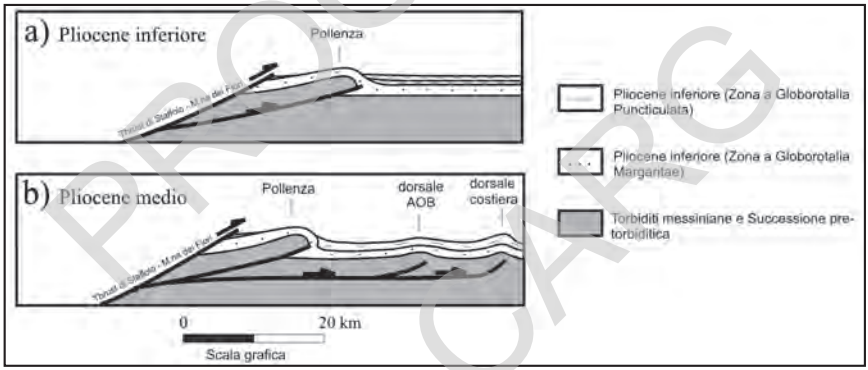

Fig. 21 - *Schemi paleotettonici mostranti l'evoluzione del bacino marchigiano esterno da una fase di avanfossa (a) ad una di open piggy back basin (b).*

2.2. - Stadio II (pliocene inferiore p.p. - pleistocene inferiore p.p.).

In questo intervallo temporale, che inizia nel Pliocene inferiore al livello della zona a *G. puncticulata*, nel bacino marchigiano esterno si registra essenzialmente lo sviluppo di pieghe sin - deposizionali che danno origine a due dorsali principali ad andamento longitudinale note in letteratura come: (i) la dorsale di Agugliano - Ortezzano - Bellante (AOB, ubicata in posizione interna) e (ii) la più esterna dorsale costiera (Ori *et alii*, 1991).

La crescita di queste dorsali condiziona profondamente, nel tempo, i caratteri della successione plio - pleistocenica che, in generale, presenta una marcata variabilità negli spessori e nelle *facies*, sia lungo l'asse del bacino che trasversalmente.

PROGETTO CARG

In questo periodo, inoltre, i sistemi deposizionali che caratterizzano la *Formazione delle Argille azzurre* sono, per lo più, confinati all'interno di depressioni di dimensioni limitate e registrano i processi di rielaborazione e ridistribuzione dei flussi gravitativi provenienti dai settori interni della catena (Ori *et alii*, 1991).

Nell'ambito della porzione infra - pliocenica della successione affiorante a nord del Fiume Chienti, è stata riconosciuta, spesso con difficoltà e solo a luoghi, la presenza di una discontinuità geometrica che si registra all'interno dei sedimenti del Pliocene inferiore (zona a *G. puncticulata*). Questa discontinuità è stata meglio identificata in sottosuolo sulla base di dati di perforazioni profonde ed attraverso l'analisi di profili sismici a riflessione (Calamita *et alii*, 1991; Ori *et alii*, 1991). L'integrazione tra dati di superficie e di sottosuolo consente quindi di essere più confidenti nell'attribuire un significato regionale a questa discontinuità e nella sua utilizzazione per correlazioni alla scala del bacino.

Nel Foglio Macerata la discontinuità intra - *puncticulata* è stata riconosciuta lungo il versante meridionale della valle del Fiume Chienti, in prossimità della base della successione pliocenica campionata a partire dal contatto trasgressivo con il sottostante Membro post - evaporitico della *Formazione della Laga*. In queste località si può osservare che i terreni pliocenici immediatamente a contatto con quelli della Laga immergono verso oriente di circa 20° - 25° ma che muovendo verso est, a partire dalla struttura di Treia - Pollenza e spostandosi verso l'alto nella successione stratigrafica, laddove si rinvengono i terreni del Pliocene inferiore (zona a *G. puncticulata*) questi presentano una immersione che è sempre verso oriente ma con pendenze inferiori a 10°. La campionatura di dettaglio eseguita in questa area, consente di ubicare la discontinuità geometrica in oggetto poco al di sopra del passaggio tra la zona a *G. margaritae* e quella a *G. puncticulata*. Inoltre, i dati giaciturali raccolti lungo questa sezione della Valle del Fiume Chienti evidenziano chiaramente che i terreni pre - discordanza sono interessati da pieghe minori con lunghezza d'onda decametrica, mentre quelli sovrastanti sono organizzati in semplice monoclinale.

A partire dal Pliocene medio, dopo la riorganizzazione degli ambienti deposizionali a seguito di un importante evento tettonico registrato dalla presenza di una estesa superficie di discontinuità (cartografata nel settore a sud della Valle del Chienti) e della correlativa superficie di conformità evidenziata nell'area rilevata, la successione si sviluppa con continuità, fino al Pliocene superiore e nel Quaternario inferiore, essenzialmente attraverso la sedimentazione di peliti contenenti a varie altezze stratigrafiche intercalazioni localizzate di corpi clastici più o meno grossolani.

Nel corso di questo stadio evolutivo, il bacino rimane sempre confinato entro i limiti rappresentati, ad occidente, dalla struttura di Staffolo - Montagna dei Fiori (Ori *et alii*, 1996) e, ad oriente, dalla soglia via via più accentuata della dor-

PROGETTO CARG

sale costiera, mentre la struttura di Agugliano - Ortezzano - Bellante rappresenta una ruga intrabacinale (che cresce progressivamente durante tutto questo intervallo temporale) la quale separa un'area depocentrale interna da una più esterna (fig. 21b). In quest'ottica, durante l'intervallo Pliocene inferiore (parte alta della zona a *G. puncticulata*) - Pleistocene p.p., questo settore del bacino marchigiano esterno può essere considerato come un *open piggy back basin* (*sensu* Ori *et alii*, 1991) poiché nonostante la presenza di strutture di crescita intrabacinali le diverse aree depocentrali rimanevano ancora collegate fra loro.

Nell'area compresa tra la Valle del Fiume Chienti e quella del Fiume Potenza, la dorsale di Agugliano-Ortezzano-Bellante doveva presentare una marcata culminazione assiale, registrata da una riduzione negli spessori della porzione pliocenica della *Formazione delle Argille azzurre* (si faccia riferimento alla figura 5), che le conferiva il carattere di una zona strutturalmente più rialzata la quale separava il settore settentrionale del bacino da quello meridionale. Nel Foglio Macerata, inoltre, i terreni appartenenti alla sequenza P2 sono costituiti quasi esclusivamente da peliti di piattaforma e mancano i corpi clastici grossolani indicativi di ambienti più profondi che, invece, si ritrovano in questo stesso intervallo temporale nei settori più meridionali.

Al passaggio Pliocene-Pleistocene, nell'area rilevata (ed anche più a sud, nel Foglio Montegiorgio) si depositano i corpi clastici grossolani del Membro di Offida i quali evidenziano, anche dal punto di vista litologico, questa superficie-tempo. In corrispondenza di questo passaggio è stata ubicata la base della sequenza Q1, al di sopra della quale si registra una differenziazione nei caratteri petrografici della *Formazione delle Argille azzurre* che è stata interpretata come la risposta sedimentaria a mutate condizioni paleotettoniche. In questo intervallo temporale, infatti, si registra il colmamento dell'area depocentrale più interna (bordata ad est dalla dorsale di Agugliano-Ortezzano-Bellante) e l'instaurarsi di un più efficiente regime di ridistribuzione dei flussi gravitativi che potevano così essere smistati in tutto il bacino e non solo convogliati, come accadeva in precedenza, in direzione assiale a causa del persistente ostacolo rappresentato dalla dorsale in parola.

La sequenza Q_1 termina, verso l'alto, in corrispondenza del contatto erosivo che caratterizza la base della sequenza Q_2. Questa superficie di discontinuità testimonia dell'esistenza di fenomeni di sollevamento differenziati a scala regionale e probabilmente controllati dall'attività di strutture trasversali le quali influenzano la localizzazione, lo sviluppo e l'evoluzione di ambienti deposizionali articolati e di limitata estensione.

L'esistenza e la persistente attività di faglie trasversali in questo settore appenninico sono state ipotizzate da diversi Autori (Dramis *et alii*, 1992 e referenze citate) ma, allo stato attuale, mancano ancora chiare evidenze sulla loro natura, nonché

PROGETTO CARG

sul ruolo svolto e sulle modalità con cui queste ipotetiche strutture hanno condizionato, nel tempo, l'evoluzione dei diversi settori del bacino marchigiano esterno.

Il ciclo deposizionale corrispondente alla sequenza Q_2 è chiuso da una superficie di discontinuità, netta e discordante, al di sopra della quale si ritrovano i diversi tipi di depositi continentali affioranti nell'area.

Nell'area in esame l'evoluzione del bacino registra quindi il rapido passaggio dalle condizioni di sedimentazione torbiditica a condizioni di mare meno profondo e, a luoghi, ad ambienti di tipo continentale. La geometria d'insieme degli apparati deposizionali, che nelle zone più esterne e meridionali registrano la tendenza regressiva della *Formazione di Fermo*, evidenzia infatti una significativa diminuzione del tasso di subsidenza nel bacino e la disponibilità di un eccesso di sedimenti che vanno ad alimentare il complesso progradazionale costituente la sequenza Q_2 (Ori *et alii*, 1991).

2.3. - Stadio III (pleistocene-attuale).

Le strutture operanti in questo stadio sono, in genere, costituite da faglie normali, trascorrenti (sia transtensive che transpressive) e inverse le quali possono essere osservate direttamente in affioramento oppure possono essere ipotizzate sulla base dei loro effetti, anche quando non emergono in superficie.

A scala regionale, queste faglie dislocano e/o ri-attivano pre - esistenti strutture e, dato l'intervallo di tempo nel quale agiscono, sono da considerare, nell'insieme, faglie neotettoniche post-orogeniche. Va precisato comunque che le strutture che sono in attività nel corso dello Stadio III mostrano caratteri completamente differenti a seconda della loro ubicazione nell'ambito delle diverse zone di catena e pertanto la loro attività e le cinematiche che le caratterizzano non dipendono da un unico regime di stress.

Nelle zone assiali appenniniche affiorano infatti strutture a carattere essenzialmente distensivo e/o transtensivo (Cello *et alii*, 1997), mentre nelle zone esterne di catena si riconoscono, in affioramento, principalmente faglie a componente trascorrente (Cello & Coppola, 1984; 1989) e, in sottosuolo, faglie con componenti di *dip-slip* (sia inverse che normali; Calamita *et alii*, 1991).

Le faglie emergenti, specie se caratterizzate da una forte componente di dip-slip, sono riconoscibili soprattutto sulla base dei loro caratteri morfotettonici (con questo approccio sono state infatti cartografate la poche faglie riconosciute nell'area in esame).

Laddove le faglie in oggetto presentano indizi di attività olocenica, queste possono essere considerate come faglie attive ed essere meglio caratterizzate sia attraverso studi specifici sulle relazioni di scala tra strutture di vario rango

PROGETTO CARG

(Cello, 1997; Cello *et alii*, 1997; Cello & Tondi, Eds. 2000) che attraverso l'installazione di reti di monitoraggio dell'attività sismica associata.

Nell'area compresa nel Foglio Macerata, un probabile esempio di riattivazione durante lo Stadio III di una struttura pre-esistente è rappresentato dalla faglia ubicata lungo il fronte orientale della struttura di Treia-Pollenza. Questa faglia è evidenziata, in superficie, da un allineamento, ben visibile da immagini da satellite, costituito da due segmenti: uno a direzione NNW-SSE (segmento di Treia) ed uno a direzione NW-SE (segmento di Pollenza). Le scarpate di faglia che costituiscono detto allineamento continuano anche nei depositi alluvionali terrazzati del Pleistocene medio - superiore del Fiume Potenza con caratteristiche morfostrutturali tali da far presupporre una attività anche molto recente della struttura in parola.

3. - EVOLUZIONE TETTONICA

Le relazioni geometriche e cronologiche esistenti tra le diverse tipologie di strutture esaminate e i caratteri litostratigrafici della successione marina mio - plio - pleistocenica marchigiana, unitamente alle informazioni disponibili sulla natura dei contatti tra le sequenze deposizionali distinte nell'ambito della stessa successione, consentono di tracciare, per questo settore di avanfossa appenninica, uno schema di evoluzione tettonica sufficientemente dettagliato.

La progressione degli eventi deformativi che hanno interessato l'area compresa nel Foglio Macerata e le aree contermini rilevate nell'ambito del progetto CARG-Marche, è infatti adeguatamente registrata dalle associazioni di strutture sviluppatesi in sequenza nell'ambito dei depositi di avanfossa che venivano progressivamente incorporati nel sistema a *thrust* appenninico a partire dal Messiniano.

Per questo motivo, a completamento delle informazioni già raccolte durante il lavoro di rilevamento, nelle fasi conclusive del progetto si è reso necessario uno studio strutturale di dettaglio (che ha interessato non solo l'area rilevata ma anche porzioni di territorio contigue) con l'obiettivo di precisare le modalità e i tempi di strutturazione di questo settore esterno della catena centro - appenninica.

Sulla base dei risultati di questo studio e integrando i dati di superficie con quelli di sottosuolo, è stata elaborata la sezione geologica schematica di figura 22, la quale può essere considerata come rappresentativa dell'area periadriatica marchigiana compresa tra il Monte Conero, a nord, e il Fiume Chienti, a sud.

L'inizio della storia deformativa di questo settore di catena è posto in coincidenza con lo sviluppo delle strutture pre-orogeniche riconosciute nell'ambito delle formazioni messiniane affioranti nell'area.

PROGETTO CARG

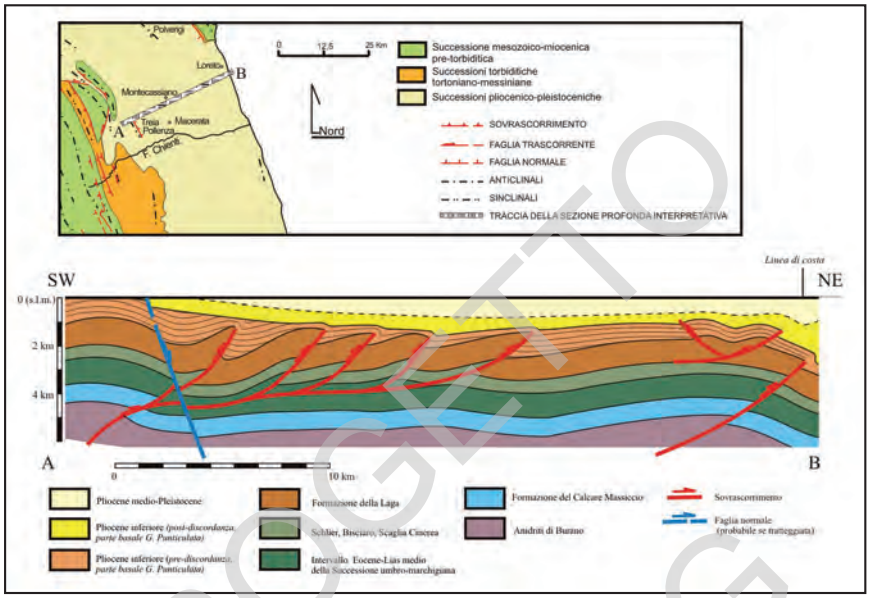

Fig. 22 - *Profilo geologico schematico rappresentativo delle zone esterne di catena comprese nel Foglio Macerata.*

Si tratta essenzialmente di faglie mesoscopiche e fratture interpretate come associazioni di strutture di rango inferiore rispetto a faglie distensive regionali attivatesi, probabilmente, in seguito alla flessurazione di litosfera apula a causa della migrazione dell'insieme catena-avanfossa verso le aree di avanpaese.

Nell'area in esame, strutture cartografabili ascrivibili a questa tipologia di faglie distensive non sono state osservate, ma indizi della loro attività si possono cogliere, ad esempio, nella estrema variabilità degli spessori e delle *facies* che caratterizzano, in generale, la *Formazione della Laga*.

Dopo la fase flessurale, i sedimenti dell'avanfossa messiniana e di parte della sottostante successione pre - torbiditica vengono incorporati nel sistema a *thrust* centro - appenninico. Questo evento deformativo è registrato dalle strutture sin-orogeniche presenti nei terreni messiniani affioranti nel Foglio Macerata e nel limitrofo Foglio Montegiorgio e, nelle aree contermini più occidentali e meridionali, dalla presenza di pieghe minori, fasce di tettoniti S-C e superfici di clivaggio pervasive che interessano la porzione oligo - miocenica della successione pre - torbiditica (Koopman, 1983).

Lo sviluppo degli elementi deformativi in parola è stato interpretato come la risposta strutturale a un processo di scollamento precoce (*basin inversion*) dei sedimenti messiniani non ancora completamente litificati rispetto alla sottostante porzione mesozoico-paleogenica del *multilayer* umbro-marchigiano.

PROGETTO CARG

Questo orizzonte di scollamento rappresenta quindi un elemento strutturale di primo ordine nell'area di interesse poiché realizza il trasferimento della deformazione compressiva da un *decollement* profondo (attivo più ad ovest e ubicato probabilmente entro le anidriti triassiche) ad una zona di taglio più superficiale che coinvolge anche parte della successione pre-torbiditica oligo-miocenica. L'attivazione dello scollamento in parola consente inoltre l'avanzamento verso l'avanpaese della successione di tetto che, nel contempo, continua a deformarsi attraverso lo sviluppo pervasivo di quelle strutture minori che abbiamo denominato strutture pre-*thrusting*.

Dopo quest'evento deformativo (infra - messiniano), al passaggio Messiniano-Pliocene cominciano ad enuclearsi sia le principali strutture regionali che le pieghe minori (con raggio di curvatura inferiore al chilometro) connesse con i processi di *thrusting*. Queste, durante la loro crescita, deformano progressivamente sia il livello di scollamento ubicato in prossimità della base della *Formazione della Laga* che le pre - esistenti strutture ad esso associate.

Nel settore sud - occidentale del Foglio Macerata, questa progressione della deformazione è evidenziata dai rapporti geometrici esistenti tra la stratificazione e le differenti tipologie di mesostrutture che interessano i terreni messiniani e quelli del Pliocene inferiore (pre - zona a *G. puncticulata*), mentre nei settori più settentrionali rispetto all'area rilevata (nei Fogli Jesi e Tolentino) la stessa successione di eventi è stata evidenziata anche attraverso dati di sottosuolo (Calamita *et alii*, 1991).

A partire dal Pliocene inferiore sommitale (post - zona a *G. puncticulata*) e fino al passaggio plio - pleistocenico, l'evoluzione tettonica di questo settore di avanfossa è controllata principalmente dallo sviluppo di strutture plicative sinsedimentarie e, in particolare per quanto attiene all'area rilevata, dalla crescita progressiva della porzione settentrionale della dorsale di Agugliano - Ortezzano - Bellante.

Nell'area compresa nel Foglio Macerata e più a sud, fino al settore teramano dell'avanfossa periadriatica, gli indizi di attività legati alla crescita della struttura di Agugliano - Ortezzano - Bellante sono registrati principalmente dalla differenziazione dei caratteri litologici e sedimentari all'interno della successione pliocenica e dalla natura dei contatti tra le sequenze deposizionali distinte nell'ambito della successione marina.

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO CARG

VII - ELEMENTI DI GEOLOGIA TECNICA E APPLICATA

(con il contributo di P. Farabollini)

1. - FRANE

L'area compresa nel Foglio Macerata è caratterizzata da una elevata franosità che interessa circa il 30-40% del territorio rilevato. I fenomeni franosi cartografati sono da mettere in relazione soprattutto alle caratteristiche litologiche ed ai processi morfoevolutivi (naturali e antropici) dei terreni che, in generale, presentano caratteri fisico-meccanici piuttosto scadenti. Le peliti della *Formazione delle Argille azzurre* si presentano sovraconsolidate e con parametri geotecnici che non si discostano molto dai valori puramente indicativi riportati di seguito: $15° < < 20°$; $1{,}5 kg/cm^3 < \gamma < 2 kg/cm^3$; $1 kg/cm^2 < Cu < 1{,}6 kg/cm^2$. Laddove, a causa dei processi di alterazione dovuti all'azione degli agenti atmosferici e delle acque meteoriche, le peliti si presentano alterate, è evidente che i suddetti parametri registrano un netto decadimento delle caratteristiche fisico-meccaniche del materiale. Caratteri geotecnici scadenti presenta anche la coltre superficiale costituita da pelite alterata e da depositi eluvio-colluviali provenienti dal disfacimento della pelite stessa.

La maggior parte dei fenomeni franosi che interessano l'area compresa nel Foglio Macerata è caratterizzata da frane di colamento e da frane del tipo *slump-earth flow*; in quest'ultimo caso i fenomeni interessano sia i corpi pelitici che quelli arenaceo-pelitici. I movimenti gravitativi sono evidenziati da una tipica morfologia del versante con ripetuti avvallamenti e/o ondulazioni del terreno verso valle.

La localizzazione dei principali corpi di frana è condizionata, oltre che da fattori quali la giacitura degli strati, le litologie presenti e l'azione delle acque di infiltrazione, anche dall'azione erosiva selettiva dei due principali corsi d'acqua, azione che tende ad innescare fenomeni localizzati di scalzamento al piede lungo i principali versanti, come avviene, ad esempio, nell'area a Nord di Macerata e ad Est di Corridonia.

In riferimento alla distribuzione areale dei fenomeni franosi nell'ambito del Foglio Macerata, va osservato che il maggior numero di frane sono localizzate nel settore nord-occidentale del Foglio, nella zona compresa tra Appignano e Montecassiano (in sinistra idrografica del Fiume Potenza) dove affiorano, in prevalenza, i termini pelitici della *Formazione delle Argille azzurre*; qui i fenomeni franosi censiti ricoprono circa il 50% del territorio.

Nell'area di interesse, fenomeni franosi interessano anche alcuni centri abitati; le tipologie di frana censite sono descritte negli Atti del Convegno "Studio Centri Abitati Instabili" organizzato dalla Regione Marche e dal CNR (1989). In particolare, nell'area rilevata, è stato censito il fenomeno franoso che interessa l'abitato di Montelupone, il quale ha determinato gravissimi dissesti agli edifici ed alle infrastrutture. Chiare evidenze geomorfologiche di questo fenomeno sono: il profilo decisamente asimmetrico del rilievo, con pendenza di 15° - 16° sul versante a reggipoggio e di 9° - 10° su quello a franapoggio; la presenza di superfici di distacco principali e secondarie e l'occorrenza di corpi di frana con giaciture anomale (in contropendenza). Il fenomeno in oggetto è stato classificato come una frana di scorrimento, scollata su di una superficie di circa 6° - 7° di pendenza, costituita da rotture multiple.

Un'altra tipologia di frana, riconosciuta nelle aree di Potenza Picena, Montecosaro e sulla sinistra idrografica del fiume Chienti (ad Est di Piediripa), è rappresentata da fenomeni di tipo rotazionale. Questi presentano superfici di scorrimento ubicate all'interno dei terreni stratigraficamente più bassi della *Formazione delle Argille azzurre*.

In generale, quindi, lo spessore dei diversi corpi franosi, nonché la natura dei terreni coinvolti, appaiono variabili in funzione delle tipologie di frana che si attivano; tra le frane censite sono prevalenti quelle di colamento costituite per la massima parte da terreni caotici comprendenti porzioni di substrato argilloso, blocchi eterometrici di arenarie, cogoli diagenetici e materiali ciottolosi di origine alluvionale.

2. - IDROGEOLOGIA

Gli acquiferi presenti nel territorio compreso nel Foglio Macerata sono rappresentati dai corpi arenaceo-pelitici, arenacei, arenaceo-conglomeratici, arena-

PROGETTO SCARG

ceo-sabbiosi intercalati alle peliti plioceniche e pleistoceniche. Tali corpi, che solitamente hanno una discreta continuità laterale ed affiorano sugli spartiacque principali, sono caratterizzati da permeabilità medio-alta. Gli acquiclude sono dati invece da marne argillose, da argille marnose e argille, ubicate alla base e al tetto delle unità arenacee. L'assetto giaciturale delle unità acquifere suggerisce quindi la possibilità di rinvenire, nell'area, condizioni di acquiferi confinati.

L'occorrenza di acque sotterranee nei depositi terrigeni è testimoniata dalla presenza di sorgenti alimentate, per la maggior parte, da acquiferi modesti e poco profondi strettamente legati al regime pluviometrico.

Nelle pianure alluvionali dei fiumi Potenza e Chienti, e in quelle dei loro tributari principali, sono presenti importanti acquiferi di subalveo le cui acque vengono ampiamente utilizzate a scopi civili, industriali e agricoli, costituendo un'importante fonte di approvvigionamento idropotabile dei centri abitati della zona collinare e costiera (Nanni, 1991). Particolare importanza riveste il tratto del bacino idrografico compreso tra il comune di Treia e la frazione di Villa Potenza per l'approvigionamento idrico, attraverso acque di falda, del comune di Macerata (centrale di Rotacupa). Sono inoltre presenti diversi pozzi per la captazione e lo sfruttamento delle acque di subalveo sia nel bacino del fiume Potenza (Montecassiano, Sambucheto, Montelupone, San Firmano, Recanati, Chiarino per acquedotto Loreto, Potenza Picena, Marolino) che in quello del fiume Chienti (Macerata, Acquevive, Corridonia, Zona Industriale, Morrovalle, raccordo Superstrada, Montecosaro, Piane di Chienti).

L'andamento del drenaggio sotterraneo nelle pianure risulta condizionato dalla distribuzione e dalla potenza dei corpi ghiaiosi ad elevata permeabilità che frequentemente coincidono con i paleoalvei. Tra questi, quello situato in prossimità dell'Abbazia di Fiastra, è anche documentato da dati storici che evidenziano la variazione di percorso del letto del Torrente Fiastra (Dramis *et alii*, 1993). L'alimentazione degli acquiferi è dovuta essenzialmente alle acque fluviali dei principali corsi d'acqua e la ricarica avviene soprattutto in corrispondenza dei paleoalvei. Un notevole apporto all'alimentazione dell'acquifero è dato dalle acque di subalveo degli affluenti maggiori. Nella pianura del fiume Potenza, un notevole contributo alla ricarica è rappresentato dalle acque sotterranee presenti nei depositi delle pianure dei torrenti Menocchia e Rudielle. La pianura del fiume Chienti riceve un forte contributo dai fiumi Ete Morto e Fiastrone. L'alimentazione ad opera delle piogge risulta estremamente limitata, poiché l'afflusso meteorico efficace viene, in larga parte, trattenuto dalle coperture limoso-argillose come umidità del suolo. I terrazzi alti invece sono alimentati, a causa della loro elevazione sul *thalweg*, essenzialmente dalle acque meteoriche che, una volta infiltratesi, defluiscono verso i terrazzi bassi contribuendo alla ricarica dell'acquifero (Nanni, 1991).

PROGETTO SAPG

3. - CAVE

Per quanto riguarda gli aspetti produttivi, le principali risorse dell'area sono costituite dalle cave; queste interessano, nella maggior parte dei casi, i depositi alluvionali terrazzati e quelli delle pianure alluvionali oloceniche presenti lungo il fiume Potenza ed il fiume Chienti. I materiali limoso-sabbiosi che caratterizzano, con i loro ingenti spessori, parte delle suddette aree, così come gli stessi depositi di *glacis*, sono stati e sono attualmente utilizzati dalle industrie come materiale per la preparazione di ceramiche e laterizi vari (Farabollini, 1995). Tali attività, che hanno portato all'escavazione di ingenti quantitativi di materiali ghiaiosi utilizzati come inerti, hanno provocato abbassamenti medi annui dell'erosione in alveo dell'ordine dei 2-3 metri (Gentili & Pambianchi, 1987; Coltorti *et alii*, 1995).

Le principali cave attualmente attive sono ubicate in località S. Firmano, nei depositi olocenici del Fiume Potenza e, nei tratti Sforzacosta-Piediripa e Trodica-S.S. Annunziata, nelle alluvioni del IV° ordine del Fiume Chienti.

PROGETTO CARG

BIBLIOGRAFIA

Agip (1981) - *Italia - Carta magnetica*. Att. Min. Direz. Espl. Idrocarburi, Met. Appl. Geofis., S. Donato Milanese.

Amato A. *et alii* (1996) - *Quadro geodinamico dell'Appenino settentrionale: contributo di recenti dati sismologici.* Società Geologica Italiana. In: "Presentazione dei risultati del profilo sismico CROP 03", Abstract volume: Accademia Nazionale dei Lincei, Roma: 1-3.

Alessio M., Allegri L., Coltorti M., Cortesi C., Deiana G., Dramis F., Improta S. *et alii* (1979) - *Depositi tardo wurmiani nell'alto bacino dell'Esino (Appennino marchigiano) - Datazione con il ^{14}C.* Geogr. Fis. Dinam. Quat. **2**: 203-205.

Bally A.W., Burbi L., Cooper C. & Ghelardoni R. (1986) - *Balanced sections and seismic reflection profiles across the Central Apennines.* Memorie della Società Geologica Italiana, **35**: 237-310.

Barchi M., Minelli G. & Pialli G. (1996a) – *The CROP 03 profile: a syntesis of results on deep structures of the northern Apennines*, Memorie della Società Geologica Italiana, **52**: 383-400.

Barchi, M., Minelli, G. & Pialli, G. (Editori.) (1996b) - *Tettonica dell'Appenino settentrionale alla luce dei risultati del CROP 03.* Società Geologica Italiana. In: "Presentazione dei risultati del profilo sismico CROP 03", Abstract volume: Accademia Nazionale dei Lincei, Roma: 11-13.

Bigi S., Calamita F. & Paltrinieri W. (1997a) - *Modi e tempi della strutturazione della catena centro-appenninica abruzzese dal Gran Sasso alla costa adriatica.* In: G. Cello, G. Deiana & P. Pierantoni (Editori), "Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino", Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. 1995/2: 77-86.

Bigi S., Calamita F., Cello G., Centamore E., Deiana G., Paltrinieri W. & Ridolfi M. (1997b) - *Evoluzione messiniano-pliocenica del sistema catena-avanfossa nell'area marchigiano-abruzzese esterna.* In: G. Cello, G. Deiana & P. Pierantoni (Editori), "Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino", Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. 1995/2: 29-35.

Bigi S., Calamita F., Cello G., Centamore E., Deiana G., Paltrinieri W. & Ridolfi M. (1999) - *Tectonics and sedimentation within the Messinian foredeep in the Central Apennines*, Italy. Journal of Petroleum Geology, **22**: 5-18.

Calamita F., Centamore E., Chiocchini U., Deiana G., Micarelli A., Potetti M., Romano A. (1979a) - *Analisi dell'evoluzione tettonico-sedimentaria dei " Bacini Minori" torbiditici del Miocene medio- superiore nell' Appennino Umbro-Marchigiano e Laziale- Abruzzese: 7) Il bacino di Camerino.* Studi Geologici Camerti, **5**: 67-82.

Calamita F., Centamore E., Chiocchini U., Deiana G., Micarelli A., Potetti M., Romano A. (1979b) - *Ricerche stratigrafiche sui sedimenti miocenici del bacino di Camerino (Marche centro-meridionali).* Studi Geologici Camerti, **5**: 89-110.

Calamita F. & Deiana G. (1986) - *Evoluzione strutturale neogenico – quaternaria dell'Appennino umbro – marchigiano*. In: E. Centamore & G. Deiana (Editori), "La Geologia delle Marche". Studi Geologici Camerti, Vol. spec.: 91-98.

Calamita F. & Deiana G. (1988) - *The arcuate shape of the Umbria-Marche-Sabina Apennines (Central Italy)*. Tectonophysics, **146**: 139-147.

Calamita F., Cello G., Invernizzi C., & Paltrinieri W. (1991) - *Stile strutturale e cronologia della deformazione lungo la traversa M.S. Vicino-Polverigi (Appennino marchigiano esterno).* In: M. Boccaletti, G. Deiana & G. Papani (Editori), "Neogene thrust tectonics", Studi Geologici Camerti, Vol. spec. 1990: 69-86.

Calamita F., Cello G., Centamore E., Deiana G., Micarelli A., Paltrinieri W. e Ridolfi M. (1992) - *Stile deformativo e cronologia della deformazione lungo tre sezioni bilanciate dall'Appennino umbro-marchigiano alla costa adriatica.* In: G. Pialli, M. Barchi & M. Menichetti (Editori), "Studi preliminari all'acquisizione dati del profilo CROP 03 Punta Ala - Gabicce", Studi Geologici Camerti, Vol. spec. 1991/1: 91-98.

PROGETTO CARG

Calamita F., Cello G., Deiana G. & Paltrinieri W. (1994) - *Structural styles, chronology rates of deformation, and time-space relationships in the Umbria-Marche thrust system (central Apennines, Italy)*. Tectonics, **13**: 873-881.

Calderoni G., Coltorti M., Dramis F., Magnatti M., Cilla G. (1991) - *Sedimentazione fluviale e variazioni climatiche nell' alto bacino del Fiume Esino durante il Pleistocene superiore*. In: "Fenomeni di erosione e alluvionamenti degli alvei fluviali", Ancona 14-15 Ottobre, 1991, Atti del Convegno: 171-190.

Calderoni G., Nesci O. & Savelli D. (1991) - *Terrace fluvial deposits from the middle basin of Cesano river (Northern Marche Apennines): reconnaissance study and radiometric constraints on their age.* Geogr. Fis. Dinam. Quat. **14**: 201-207.

Canavari M. (1878a) - *Cenni geologici sul Camerinese e particolarmente su di un lembo titonico nel Monte Sanvicino*. Bollettino del Regio Comitato Geologico d'Italia, **9**: 488-489. Roma.

Canavari M. (1878b) - *La grotta di Sant'Eustachio presso San Severino Marche. Appunti geologici sull'Appennino centrale.* Bollettino del Regio Comitato Geologico d'Italia, **9**: 261-271. Roma.

Canavari M. (1879) - *I terreni del bacino terziario Camerinese*. Proc. Verb. Soc. Tosc. Sc. Nat., **1**: 60-63. Pisa.

Canavari M. (1880) - *La montagna del Sanvicino. Osservazioni geologiche e paleontologiche*. Bollettino del Regio Comitato Geologico d'Italia, **11**: 54-73 e 254-264. Roma.

Canavari M. (1882) - *Notice sur les terrains tertiares du bassin de Camerino*. Mem. Soc. Phys. Et d' Hist. Nat. De Genéve, **28** : 5-711.

Cande S. & Kent D. (1995) – *Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the late Cretaceous and Cenozoic.* Journal of Geophysical Research, **100**: 6093-6095.

Cantalamessa G., Centamore E., Chiocchini U., Micarelli A., Potetti M. (1982) - *Tectonic-sedimentary evolution of the northwestern part of the Laga basin (Upper Miocene-Lower Pliocene, central- southern Marche.* Memorie della Società Geologica Italiana, **24**: 221-232.

Cantalamessa G., Centamore E., Chiocchini U., Micarelli A. & Potetti M. (1986a) - *Il Miocene delle Marche*. In: E. Centamore & G. Deiana (Editori), "La Geologia delle Marche". Studi Geologici Camerti, Vol. spec.: 35-55.

Cantalamessa G., Centamore E., Chiocchini U., Colalopngo M.L., Micarelli A., Nanni T., Pasini G., Potetti M., Ricci Lucchi F. (1986b) - *Il Plio – Pleistocene delle Marche*. In: E. Centamore & G. Deiana (Editori), "La Geologia delle Marche". Studi Geologici Camerti, Vol. spec.: 61-81.

Carloni G., Colantoni P., Cremonini G., D' Onofrio S., Selli R. (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Fogli 109 -110-117 Pesaro- Senigallia- Jesi.* Ministero I. C. A., Direzione Generale delle Ricerche: 5-61.

Carloni G., Cati F., Borsetti A. M., Francavilla F., Mezzetti R., Savelli C. (1974) - *l limite Mio-Pliocene nelle Marche Centro- meridionali.* Bollettino della Società Geologica Italiana, **93**: 823-836.

Cassano, E., Anelli, L., Cappelli, V. & La Torre, I., (1996) - *Interpretazione dei dati magnetometrici e gravimetrici nell'Appennino settentrionale in relazione al profilo CROP 03.* Società Geologica Italiana. In: "Presentazione dei risultati del profilo sismico CROP 03", Abstract volume: Accademia Nazionale dei Lincei, Roma: 30-32.

Cassinis R., Pialli G., Broggi M. & Prosperi M. (1991) – *Dati gravimetrici a grande scala lungo la fascia del profilo CROP 03; interrogativi sull'assetto della crosta e del mantello*. In: G. Pialli, M. Barchi & M. Menichetti (Editori), "Studi preliminari all'acquisizione dati del profilo CROP 03 Punta Ala - Gabicce", Studi Geologici Camerti, Vol. spec. 1991/1: 41-47.

Cello G. & Coppola L. (1984) - *Assetto geologico-strutturale dell'area anconetana e sua evoluzione Plio-Quaternaria.* Bollettino della Società Geologica Italiana, **103**: 97-109.

Cello G. & Nur A. (1988) - *Emplacement of foreland thrust systems*. Tectonics, **7**, (2): 261-271.

PROGETTO CARG

Cello G. & Coppola L. (1989) - *Modalità e stili deformativi nell'area Anconetana*. Studi Geologici Camerti, **11**: 37-47.

Cello G. Lentini F. & Tortorici L. (1991) - *La struttura del settore calabro-lucano e suo si gnificato nel quadro dell'evoluzione tettonica del sistema a thrust sudappenninico*. In: M. Boccaletti, G. Deiana & G. Papani (Editori), "Neogene thrust tectonics", Studi Geologici Camerti, Vol. spec. 1990: 27-34.

Cello, G. & Deiana, G. (1995) - *Role and effects of pore fluid pressure in thrusting: The case history of the Umbria-Marche Apennines, central Italy.* Tectonics, **14**: 848-854.

Cello G., Deiana G. & Pierantoni P.P. (Editori) (1995a) - *Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno – Appennino*. Atti del Convegno, Camerino, 9-10 febbraio 1995. Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. 1-2.

Cello G., Turco E. & Zuppetta A. (1995b) - *Cinematica del settore centrale del Mediterraneo ed implicazioni sulla strutturazione dell'Arco Calabro.* In: B. de Vivo, G. Bonardi, P. Gasparini, A. Vallario (Editori), "Cinquanta anni di attività didattica e scientifica del Prof. Felice Ippolito". Liguori Editore, Napoli: 293-301.

Cello, G. (1996) - *Sugli effetti meccanici di processi indotti da incrementi localizzati e transienti della pressione dei fluidi ed implicazioni sulle modalità e i tempi di accrezione del sistema a thrust umbro-marchigiano.* In: G. Cello, G. Deiana & P. Pierantoni (Editori), "Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino", Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. 1995/1: 279-290.

Cello G., Deiana G., Gazzani D., Marchegiani L. & Mazzoli S. (1996) - *Riconoscimento ed analisi di alcune associazioni di strutture sinsedimentarie pre-orogeniche in Appennino centrale*. In: G. Cello, G. Deiana & P. Pierantoni (Editori), "Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino", Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. 1995/1: 291-303.

Cello, G., Mazzoli, S., Tondi, E. & Turco, E. (1997) - *Active tectonics in the central Apennines and implications for seismic hazard analysis in peninsular Italy*. Tectonophysics, **272**: 43-68.

Cello, G. & Tondi, E. (Editors) (2000) - *The resolution of geological analysis and models for earthquake faulting studies*, Journal of Geodynamics, Special issue **29**, (3/5): 151-564.

Cello, G. (1997) - *Fractal analysis of a Quaternary fault array in the central Apennines, Italy,* Journal of Structural Geology **19**, 7: 945-953.

Centamore E., Chiocchini M., Deiana G., Micarelli A. & Pieruccini U. (1971) - *Contributo alla conoscenza del Giurassico dell'Appennino umbro-marchigiano*. Studi Geologici Camerti, **1**: 7-89.

Centamore E., Cantalamessa G., Micarelli A., Potetti M., Berti D., Bigi S., Morelli C. & Ridolfi M. (1992) - *Stratigrafia e analisi di facies dei depositi del Miocene e del Pliocene inferiore dell'avanfossa marchigiano-abruzzese e delle zone limitrofe*. In: M. Tozzi, G.P. Cavinato & M. Parotto (Editori), "Studi preliminari all'acquisizione dati del profilo CROP 11 Civitavecchia-Vasto", Studi Geologici Camerti, Vol. spec. 1991/2: 125-133.

Centamore E., Cantalamessa G., Micarelli A., Potetti M., Ridolfi M., Cristallini C. & Morelli C. (1993) - *Contributo alla conoscenza dei depositi terrigeni neogenici di avanfossa del teramano (Abruzzo settentrionale).* Bollettino della Società Geologica Italiana, **112**: 63-81.

Cilla G., Coltorti M., Dramis F. (1994) - *Holocene fluvial dynamics in mountain areas: the case of the river Esino (Appennino umbro- marchigiano).* Geogr. Fis. Dinam. Quat. **17**: 163-174.

Colacicchi R. (1958) - *Osservazioni stratigrafiche sul Miocene del confine marchigiano-abruzzese*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **77**: 59-69.

Colacicchi R., Passeri L. & Pialli G. (1970) - *Nuovi dati sul Giurese umbro-marchigiano ed ipotesi per un suo inquadramento regionale.* Memorie della Società Geologica Italiana, **9**: 839-874.

Coltorti M. (1981) – *Lo stato attuale delle conoscenze sul Pleistocene ed il Paleolitico inferiore e medio della regione marchigiana*. Atti I Conv. Beni Culturali-Ambientali delle Marche, Numana: 8-10.

PROGETTO CARG

Coltorti M. & Nanni T. (1987) – *La bassa valle del Fiume Esino: geomorfologia, idrogeologia e neotettonica*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **106**: 35-51.

Coltorti M. & Dramis F. (1988) - *The significance of stratified slope-waste deposits in the Quaternary of Umbria- Marche Apennines, Central Italy.* Z. Geomorph. N. F., Suppl.-Bd. **71**: 59-70.

Coltorti M., Consoli M., Dramis F., Gentili B., Pambianchi G. (1991) - *Evoluzione geomorfologica delle piane alluvionali delle Marche centro- meridionali.* Geogr. Fis. Dinam. Quat. **14**: 87-100.

Coltorti M., Gentili B. & Pambianchi G. (1995) - *Evoluzione geomorfologica recente dei sistemi idrografici delle Marche e suoi riflessi sull'ambiente fisico.* Memorie della Società Geografica Italiana, **53**: 271-292

Coltorti M., Farabollini P., Gentili B. & Pambianchi G. (1996) - *Geomorphological evidence for anti-Apennine faults in the Umbro-Marchean Apennines and in the peri-Adriatic basin, Italy*. Geomorphology, **15**: 33-45.

Commissione Italiana di Stratigrafia (1998) – *Ottavo rapporto annuale relativo all'attività svolta nel 1997.* Bollettino della Società Geologica Italiana., **117** (1): 377-384.

Commissione Italiana di Stratigrafia (1999) – *Resoconto delle attività internazionali da parte dei membri CIS responsabili dei vari intervalli stratigrafici.* Bollettino della Società Geologica Italiana, **118** (2): 34-38.

Corrado G., Iacobucci F., Pinna E. & Rapolla A. (1974) - *Anomalie gravimetriche e magnetiche e strutture crostali nell'Italia centro – meridionale*. Boll. Geofisica Teor. Appl., **64**: 23-32.

Crescenti U., Crostella A., Donzelli G. & Raffi G. (1969) - *Stratigrafia della serie calcarea dal Lias al Miocene nella regione marchigiano-abruzzese*. Memorie della Società Geologica Italiana, **8**: 343-420.

Critelli S. & Le Pera E. (1994) – *Detrital modes and provenance of Miocene sandstones and modern sands of the Southern Apennines thrust-top basins (Italy*). Journal of Sedimentary Research, **64**: 824-835.

Critelli S. & Ingersoll R.V. (1995) – *Interpretation of neovolcanic versus palaeovolcanic sand grains: an example from Miocene deep-marine sandstone of the Topanga Group (southern California).* Sedimentology, **42**: 783-804.

Davis G.H. & Reynolds S.J. (1996) – *Structural Geology*. Wiley Ed., New York, 776 pp.

De Donatis M., Mazzoli S., Paltrinieri W. & Wezel F.C. (1996) - *Evoluzione tettonica dell'avanfossa appenninica marchigiano-romagnola dal Miocene superiore al Pleistocene.* In: G. Cello, G. Deiana & P. Pierantoni (Editori), "Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino", Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. 1995/1: 375-384.

Deiana G. & Pialli G. (1994) – *The structural provinces of the Umbro-Marchean Apennines*. Memorie della Società Geologica Italiana, **48**: 473-484.

Deiana G., Cello G., Chiocchini M., Galdenzi S., Mazzoli S., Pistolesi E., Potetti M., Romano A., Turco E. & Principi M. (2002) – *Tectonic evolution of the external zones of the Umbria-Marche Apennines in the Monte San Vicino-Cingoli area*. Bollettino della Società Geologica Italiana,Vol. Spec. 1: 229-238 .

Della Vedova B. & Pellis G. (1985) - *Age estimates from heat flow and subsidence data in the rifting basins of the southern EGT segment. ESF*, 2nd EGT Workshop, Venice: 235-239.

Dickinson W.R. (1970) – *Interpreting detrital modes of graywacke and arkose*. Journal of Sedimentary Petrology, **40**: 695-707.

Dickinson W.R (1985) – *Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones.* In: G.G. Zuffa (Editor), "Provenance of arenites" Nato Asi series, **148**, D. Reidel Publ. Co.: 333-361.

Doglioni C. & Flores G. (1997) – *An introduction to the Italian Geology*, Lamisco Ed, pp. 93.

Dramis F. (1984) - *Aspetti geomorfologici e fattori genetici delle deformazioni gravitative profonde.* Bollettino della Società Geologica Italiana, **103**: 681-687.

PROGETTO CARG

Dramis F., Pambianchi G., Nesci O. & Consoli M. (1992) - *Il ruolo di elementi strutturali trasversali nell'evoluzione tettonico-sedimentaria e geomorfologica della regione marchigiana*. In: M. Tozzi, G.P. Cavinato & M. Parotto (Editori), "Studi preliminari all'acquisizione dati del profilo CROP 11 Civitavecchia-Vasto", Studi Geologici Camerti, Vol. spec. 1991/2: 287-293.

Dramis F., Gentili B. & Pambianchi G. (1993) - *La depressione morfostrutturale di Macerata.* In: P. Farabollini, C. Invernizzi, A. Pizzi, G.P. Cavinato & E. Miccadei (Editori), "Evoluzione geomorfologica e tettonica quaternaria dell'Appennino centro-meridionale", Studi Geologici Camerti, Vol. spec. 1992/1: 123-126.

Farabollini P. (1995) – *Evoluzione geomorfologia quaternaria dell'area periadriatica tra Ancona e Vasto.* Tesi di dottorato, Università di Perugia, 158pp.

Farabollini P., Gentili B., Materazzi M. & Pambianchi G. (2000) - *Analisi del rischio geo-ambientale: il bacino del Potenza nelle Marche centrali*. Atti del Convegno CNG "Il territorio fragile", Roma, dicembre 2000.

Federico, C. & Minelli, G. (1995) - *Analisi gravimetrica del graben dell'alta Valle del Tevere e considerazioni sulla evoluzione tettonica dell'area.* In: "Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino", Camerino 9-10 febbraio 1995, Abstract volume.

Federico, C. & Pauselli, C. (1996) - *Modelli di flusso di calore nell'AS: ripercussioni nell'interpretazione della linea CROP 03.* Società Geologica Italiana. In: "Presentazione dei risultati del profilo sismico CROP 03", Abstract volume: Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, **48**.

Folk R.L. (1974) – *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill's Austin, 170 pp.

Gentili B. & Pambianchi G. (1987) - *Morfogenesi fluviale ed attività antropica nelle Marche Centro-Meridionali.* Geogr. Fis. Quat., **10**: 204-217.

Ingersoll R.V. & Suczek C.A. (1979) – *Petrology and provenance of Neogene sand from Nicobar and Bengal fans, DSDP sites 211 and 218*. Journal of Sedimentary Petrology, **49**: 1217-1228.

Ingersoll R.V., Bullard T.F., Ford R.L., Grimm J.P., Pickle J.D. & Sares S.W. (1984) – *The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi-Dickinson point-counting method*. Journal of Sedimentary Petrology, **54**: 103-116.

Koopman A. (1983) - *Detachment tectonics in the Central Apennines, Italy.* Geol. Ultraiectina, **30**: 1-135.

Lavecchia G. (1988) - *The Tyrrhenian-Apennines system: structural setting and seismotectogenesis*. Tectonophysics, **147**: 263-296.

Lavecchia G., Minelli G. & Pialli G. (1988) - *The Umbria-Marche arcuate fold belt (Italy*). In: F.C. Wezel (Editor), "The origin and evolution of arcs": 125-137.

Marchegiani L., Deiana G. & Tondi E. (1997) – *Tettonica pre-orogenica in Appennino centrale*. Studi Geologici Camerti, **14**: 211-228.

Marchegiani L., Bertotti G., Cello G., Deiana G., Mazzoli S. & Tondi E. (1999) – *Pre-orogenic tectonics in the Umbria-Marche sector of the Afro-Adriatic continental margin*. Tectonophysics **315**: 123-143.

Mariani M. (1900) - *Fossili miocenici del Camerinese*. Riv. It. di Paleontologia, a. vi, FASC. **2**: 95-97. Bologna.

Mariani M. (1902) - *Osservazioni geologiche sui dintorni di Camerino.* Bollettino della Società Geologica Italiana., **21**: 305-328. Roma.

Martini E. (1971) – *Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation.* In Farinacci (Editor) "Proceed II Plank. Conf. Rome", Ed. Tecnoscienze (2): 738-785.

Martinis B. & Pieri M. (1964) - *Alcune notizie sulla formazione evaporitica del Triassico superiore nell'Italia centrale e meridionale.* Memorie della Società Geologica Italiana, **4**: 648-672.

PROGETTO CARG

Menichetti M., De Feyter A.J. & Corsi M. (1992) - *Il tratto Val Tiberina-Mare Adriatico. Sezione geologica e caratterizzazione tettonico-sedimentaria delle avanfosse della zona umbro-marchigiano-romagnola*. In: G. Pialli, M. Barchi & M. Menichetti (Editori), "Studi preliminari all'acquisizione dati del profilo CROP 03 Punta Ala - Gabicce", Studi Geologici Camerti, Vol. spec. 1991/1: 279-293.

Monaco P. (1983) - *Contributo all'analisi stratigrafica e sedimentologica dei depositi solfatici tardomiocenici delle Marche centro-meridionali.* Bollettino della Società Geologica Italiana., **102**: 355-368.

Montanari A., Odin G.S. & Coccioni R. (Editors) (1997) – *Miocene stratigraphy. An integrated approach.* Elsevier.

Moretti A. (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 124 "Macerata".* Servizio Geologico d'Italia, Roma.

Mutti E. & Ricci Lucchi F. (1974) - *La signification de certaines unités séquentielles dans les séries à turbidites.* Boll. Soc. Geol. Franc., **16**, Fasc.6: 576-582.

Mutti E., Nilsen T.H. & Ricci Lucchi F. (1978) - *Outer fan depositional lobe of the Laga Formation (Upper Miocene and Lower Pliocene), east central Italy.* In: D.J. Stanley and G. Kelling (Editors), "Sedimentation in submarine canyons, fan and trenches": 210-223.

Mutti E. & Ricci Lucchi F. (1981) - *Introduction to excursion on turbidites: an appraisal of deep – sea fan models.* Excursion Guide Book, IAS.

Nanni T. (1991) – *Caratteri idrogeologici delle Marche*. In: "L'ambiente fisico delle Marche". Regione Marche – Giunta regionale,. S.El.Ca., 256 pp.

Negri A., Giunta S., Hilgen F.S., Krijgsman W. & Vai G.B. (1999) – *Calcareous nannofossil biostratigraphy of the M. del Casino section (northern Appennines, Italy) and paleoceanographic condition of time of late Miocene sapropel formation.* Marine Micropal., **36** (1): 13-30.

Nicolich R. (1989) - *Crustal structures from seismic studies in the frame of the European Geotraverse (southern segment) and CROP projects*. In: A. Boriani, M. Bonafede, G. B. Piccardo and G.B. Vai (Editors), "The lithosfere in Italy". Advances in Earth Sciences Research. Accademia Nazionale dei Lincei, Roma: 41-61.

Ori G. G., Serafini G., Visentin C., Ricci Lucchi F., Casnedi R., Colalongo M. L., Mosna S. (1991) - *The Pliocene- Pleistocene adriatic foredeep (Marche and Abruzzo, Italy): an integrated approach to surface and subsurface geology.* 3rd E. A. P. G. Conference, Adriatic Foredeep Field Trip Guide Book, 26-30/5/91 Firenze

Parotto, M. & Praturlon, A. (1975) - *Geological summary of the central Apennines.* In: Structural Model of Italy. C.N.R.: 231-257.

Pialli G. (1971) - *Facies di piana cotidale nel Calcare massiccio dell'Appennino umbro- marchigiano.* Boll. Soc. Geol. It., **90**: 481-508.

Pialli G., Barchi M. & Minelli G. (Editors) (1996) - *Results of the CROP-03 deep seismic reflection profile*. Atti del convegno: Presentazione dei risultati del profilo sismico CROP-03, Roma 7-9 novembre 1996. Memorie della Società Geologica Italiana, **52**.

Ponziani F. (1995) - *Nuova interpretazione di dati di sismica a rifrazione profonda in Italia centrale. Geodinamica e tettonica del sistema Tirreno – Appennin*, In: "Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino", Camerino 9-10 febbraio 1995, Abstract volume.

Price N. J. & Cosgrove J. W. (1990) - *Analysis of geological structures.* University Press, Cambridge. 502 pp.

Ricci Lucchi F. (1975a) - *Depositional cycles in two turbidite formations of Northern Apennines (Italy).* Journal of Sedimentary Petrology, **45**: 3-43

Ricci Lucchi F. (1975b) - *Sedimental dispersal in turbidite basins: examples from the Miocene of northern Apennines.* Proc. 9° Congrès International de Sédimentologie – Nice: 347-352

PROGETTO CARG

Ricci Lucchi F. (1975c) - *Miocene paleogeography and basin analysis in the periadriatic Apennines.* In C. Squires (Editor), "Geology of Italy", Petroleum Exploration Society of Libya: 5-111.

Ricci Lucchi F. (1986) - *The Oligocene to Recent foreland basins of the northern Appennines.* In: P.A. Allen e P. Homewood (Editors), "Foreland Basins", IAS Spec. Pub., **8**: 105-139.

Rio D., Raffi I. & Villa G. (1990) – *Pliocene-Pleistocene calcareous nannofossil distribuction patterns in the Western Mediterranean.* In: Proceedings of the ODP, Scientific Results, **107**: 513-533.

Rio D., Sprovieri R. & Di Stefano R. (1994) – *The Gelasian stage: a proposal of a new chronostratigraphic unit of the Pliocene series.* Riv. It. Paleont. Strat., **100** (1): 103-124.

Rio D., Channel J. E. T., Bertoldi R., Poli M. S., Vergerio P. P., Raffi I., Sprovieri R. & Thunell R. C. (1997) – *Pliocene sapropels in the northern Adriatic area: chronology and paleoenvironmental significance.* Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **135**: 1-25.

Sage L., Mosconi A., Moretti I., Riva E. & Roure F. (1991) - *Cross section balancing in the central Apennines: an application of LOCACE.* Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., **75**: 832-844.

Selli R. (1952) - *Su un livello guida nel Messiniano romagnolo – marchigiano*. Atti VII Congr. Naz. del Metano e del Petrolio, sez.I: 199-206. Taormina.

Selli R., Accorsi C.A., Bandini Mazzanti M., Bertolani Marchetti D., Bigazzi G., Bonadonna F.P., Borsetti A.M., Cati F., Colalongo M.L., D'onofrio S., Landini W., Menesini E., Mezzetti R., Pasini G., Savelli C. & Tampieri R. (1977) – *The Vrica section (Calabria, Italy). A potential Neogene/Quaternary boundary stratotype.* Giorn. Geol. (2), **42** (1): 181-204.

Sorbini L. (1988) – *Biogeography and climatology of Pliocene and Messinian fossil fish of eastern-central Italy.* Boll. Mus. civ. Sc. nat. Verona, **14**: 1-85.

Spakman W. (1990) – *Tomographic images of the upper mantle below central Europe and Mediterranean*. Terranova, **2**: 542-553.

Sprovieri R. (1993) – *Pliocene-Early Pleistocene astronomically forced planktonic foraminifera abundance fluctuations and chronology of Mediterranean calcareous plankton bioevents.* Riv. It. Paleont: Strat., **99** (3): 371-414.

Sprovieri R., Di Stefano R. & Sprovieri M. (1996) – *High resolution chronology for late Miocene mediterranean stratigraphic events.* Riv. It. Paleont: Strat., **102** (1): 77-104.

Ugolini R. (1924) - *L'Appennino camerinese (gruppo occidentale). Studio geomorfologico*. In 8°: 1-324. Lucca, Coop. Tip. Ed. Lucchese.

Zuffa G.G. (1980) – *Hybrid arenites: their composition and classification*. Journal of Sedimentary Petrology, **50**: 21-29.

Zuffa G.G. (1985) – *Optical analyses of arenites: influence of methodology on compositional results*. In: G.G. Zuffa (Editor) "Provenance of Arenites", Nato Asi series, **148**, D. Reidel Publ. Co.: 165-189.

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO
CARG