

1.1. — IL SISTEMA ARCUATO A PIEGHE UMBRO-MARCHIGIANO
G. Lavecchia e G. Pialli

Il sistema a pieghe umbro-marchigiano è localizzato nell'Appennino settentrionale ed è posto tra il fronte della falda Trasimeno-Falterona-Cervarola (ad Ovest) ed il Pliocene dell'avanzata adriatica (ad Est).

Litostratigrafia — Dal punto di vista litostratigrafico l'Appennino umbro-marchigiano viene descritto generalmente in termini di tre gruppi lito-tettonici sovrapposti. Dal basso, essi includono: il basamento, le evaporiti del Triassico e la copertura sedimentaria mesozoico-cenozoica (fig. 1).

Il basamento è stato perforato in alcuni pozzi (Pozzo Perugia 2) localizzati al confine interno del sistema a pieghe umbro-marchigiano (MARTINIS e PIERI, 1964) ma non affiora in nessuna parte di questo insieme.

Le evaporiti triassiche affiorano raramente (Cava Cenerente, Perugia); tuttavia alcune perforazioni effettuate al nucleo delle anticlinali ne attraversano uno spessore di circa 2000 metri. Lo spessore pre-deformazione è probabilmente inferiore ed è stato stimato in circa 1000 metri (LAVECCHIA e PIALLI, 1980). In genere le evaporiti triassiche vengono considerate come il livello più importante di scollamento della copertura rispetto al basamento. Questo è supportato dal fatto che, in corrispondenza di tale livello, l'alta pressione dell'acqua interstiziale, derivante dalle trasformazioni gesso-anidrite in profondità, riduceva la resistenza al taglio, permettendo lo scollamento e la deformazione disarmonica della copertura rispetto al basamento, almeno durante il primo stadio del raccorciamento. Tuttavia, non si può escludere l'esistenza di più livelli di scollamento più profondi delle evaporiti. Infatti l'andamento strutturale dell'area di Perugia è causato da scollamento in argilliti di età Permo-Triassica (MINELLI, 1988).

La copertura sedimentaria consiste, nella sua parte inferiore, di calcari neritici e pelagici del Giurassico inferiore fino al Paleogene (1300-1200 metri) e nella parte superiore da depositi silicoclastici del tipo «flysch» del Neogene (1500-2000 metri). La sequenza mesozoica comprende unità stratigrafiche con varie litologie e contrastanti competenze.

Fig. 1. — Colonna stratigrafica schematica delle unità litostratigrafiche del Mesozoico e del Cenozoico della «Successione Umbro-Marchigiana».

— Stratigraphic column showing the Mesozoic to Cenozoic lithostratigraphic units of the «Umbria-Marche Sequence».

1.1. — THE UMBRIA-MARCHE ARCUATE FOLD BELT
G. Lavecchia and G. Pialli

The Umbria-Marche arcuate fold belt is located in the Northern Apennines in between the front of the Trasimeno-Falterona-Cervarola nappe and the Pliocene Adriatic foredeep.

Lithostratigraphy — From a lithostratigraphic point of view, it is usually described in terms of three superimposed lithotectonic groups. From bottom to top they include: the basement, the Triassic evaporites, the Mesozoic-Tertiary sedimentary cover (fig. 1).

The basement has been drilled in boreholes located at the internal boundary of the Umbria-Marche fold belt (MARTINIS and PIERI, 1964), but does not outcrop anywhere in the fold belt.

M. years	ERA	PERIOD	AGE	LITHOSTRATIGRAPHIC UNITS	
22.5	CENOZOIC	NEOGENE P.P.	LATE MIOCENE	CESSOSO SOLFIFERA	
			MIDDLE MIOCENE	MARNOSO ARENACEA } SCHLIER	
			EARLY MIOCENE	l. raffaello } BISCIARO	
		38	PALEOGENE	LATE OLIGOCENE	SCAGLIA CINEREA
				EARLY OLIGOCENE	
				LATE EOCENE	SCAGLIA VARIEGATA
				MIDDLE EOCENE	
				EARLY EOCENE	
				LATE PALEOCENE	
				EARLY PALEOCENE	
65	CRETACEOUS	MAASTRICHTIAN	SCAGLIA ROSSA		
		CAMPANIAN			
		SANTONIAN			
		CONIACIAN			
		TURONIAN			
		CENOMANIAN		livello bonarelli	
		ALBIAN		SCAGLIA BIANCA	
		APTIAN		SCISTI A FUCOIDI	
		BARREMIAN		livello selli	
		HAUTERIVIAN		MAIOLICA	
		VALANGINIAN			
		BERRIASIAN			
		TITHONIAN			CALCARI a SACCOCOMA
		141		JURASSIC	KIMMERIDGIAN
OXFORDIAN	HIATUS				
CALLOVIAN					
BATHONIAN					
BAJOCIAN	CALCARI E MARNE A POSIDONIA		BUGARONE INFERIORE		
AALENIAN	MARNE del SERRONE-ROSSO AMMONITICO				
TOARCIAN					
PLIENSCHACHIAN	CORNIOLO				
LÖTHARINGIAN					
SINEMURIAN			CALCARE MASSICCIO		
195	LATE TRIASSIC	HETTANGIAN	CALCARI a R. contorta ANIDRITI DI BURANO		

Da questo punto di vista, il maggiore contrasto è tra la formazione basale del Calcere Massiccio, rappresentata da calcari di piattaforma poco stratificati spessi circa 700 metri, e la sovrastante successione pelagica, costituita da calcari pelagici e argilliti ben stratificate, il cui spessore non è uniforme. Nella regione umbro-marchigiana la sequenza mesozoica è legata ad una fase tettonica distensiva che nel Giurassico (fig. 2) ha prodotto successioni sedimentarie di spessore ridotto e lacunose (COLACICCHI ed altri, 1970; CENTAMORE ed altri, 1971; FARINACCI ed altri, 1981; CRESTA ed altri, in stampa).

Anche durante il Cretacico-Paleogene le formazioni presentano differenti spessori dovuti a tettonica sindeposizionale (BALDANZA ed altri, 1982; COLACICCHI e BALDANZA, 1986; MONACO, 1988).

Tettonica – Da un punto di vista strutturale la sequenza sedimentaria mesozoico-paleogenica può essere vista come unità litostrutturale di I ordine, interposta tra due livelli incompetenti meno viscosi, le evaporiti triassiche in basso e i depositi flyschoidi del Miocene al di sopra.

Durante il tardo Miocene-parte bassa del Pliocene questa sequenza subisce un intenso raccorciamento che dà luogo al sistema a pieghe umbro-marchigiano. Tale sistema consiste in un'alternanza di larghe anticlinali con un'ampiezza media di 4-5 Km, rovesciate verso Est su adiacenti e serrate sinclinali asimmetriche ad ampiezza media di 1-2 Km.

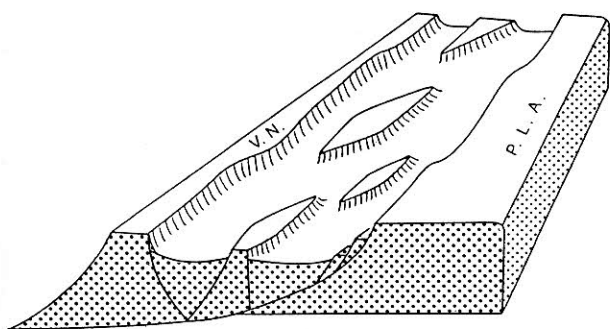


Fig. 2. – Modello nel quale sono rappresentati in modo schematico i rapporti intercorrenti, tra le zone di alto strutturale e le aree di bacino, durante la fase giurassica di rifting. V.N. = Val Nerina, P.L.A. = Piattaforma Laziale-Abruzzese (da LAVECCHIA, 1985).

– A hypothetical model for the development of the structural highs and troughs during the Jurassic syntectonic extensional phases: V.N. = Val Nerina; P.L.A. = Laziale Abruzzese Carbonate Platform (after LAVECCHIA, 1985).

In sezione le anticlinali presentano una forma a pieghe a scatola con il fianco occidentale a debole immersione ed una zona crestale piatta. La zona di

The Triassic evaporites do not outcrop either; they are drilled by boreholes showing that the average thickness in the core of the anticlines is about 2000 m. The pre-deformation thickness is smaller and it has been estimated as about 1000 m (LAVECCHIA and PIALLI, 1980). Usually, the Triassic evaporites are considered as the major decollement level between the cover and the basement. It is inferred that at this level, the high-pore pressure of the interstitial water, deriving from the gypsum-anhydrite transformation at depth, reduced the shear strength, permitting the decollement and the disharmonic deformation of the cover with respect to the basement, at least during the first stage of the shortening. However, the existence of deeper detachment levels cannot be excluded. In fact, the structural setting of the Perugia area caused by decollement on shales of Permian-Triassic age (MINELLI, 1989).

The sedimentary cover consists in its lower part of neritic and pelagic limestones from Early Jurassic to Paleogene times (1300-2000 m) and in its upper part of terrigenous siliciclastic flysch-type deposits of Neogene age (1500-2000 m). The Mesozoic multilayer includes stratigraphic units with various lithologies and contrasting competence. The most striking contrast is between the basal formation of Calcere Massiccio, a 700 m thick poorly bedded formation of carbonate platform, and the overlying thinly bedded pelagic limestones and argillites. The thickness of the Mesozoic multilayer is not uniform everywhere in the Umbria-Marche region. In fact, because of the Jurassic syntectonic extensional phase (fig.2), at various places in the Umbria-Marche region there are sequences where the Jurassic formations have a reduced thickness or are missing (COLACICCHI and others, 1970; CENTAMORE and others, 1971; FARINACCI and others, 1981; CRESTA and others, in press). Also the Late Cretaceous-Paleogene formations display different thicknesses because of a syndepositional tectonism (BALDANZA and others, 1982; COLACICCHI and BALDANZA, 1986).

Tectonics – From a structural point of view, the Mesozoic-Paleogene sedimentary sequence can be regarded as a 1st order litho-structural unit embedded between two incompetent less viscous levels, the floor being the Triassic evaporites and the roof being the Miocene flysch-like deposits. During Late Miocene-Early Pliocene this sequence underwent an intensive shortening, that gave rise to the Umbria-Marche fold belt. This belt consists of an

giuntura orientale risulta spesso ispessita, mentre il lembo orientale è spesso assottigliato e rovesciato ed evolve in profondità in una faglia inversa ad alto angolo (fig. 3).

I dati provenienti da perforazioni e da sezioni bilanciate sono in accordo con l'esistenza, in profondità, di faglie inverse ad alto angolo anche nei lembi occidentali delle anticlinali. Il Calcere Massiccio, alla base della sequenza, risulta accorciato da alcuni scorriimenti («upthrusts») su entrambi i lembi delle anticlinali, mentre le formazioni pelagiche della sequenza ricoprono tali faglie (LAVECCHIA, 1981).

Nondimeno il fatto che, sebbene le rocce mostrino un comportamento duttile ad un livello macroscopico, la sequenza umbro-marchigiana non è metamorfosata e mancano evidenze di deformazioni intracrystalline. Le distorsioni interne delle sequenze piegate sono infatti accomodate da una combinazione di flusso cataclastico e da soluzione per pressione.

Le pieghe sono distribuite con un andamento tipo «en echelon» laterale destro e sono disposte ad arco con la convessità verso Est. Gli assi delle

alternance of large anticlines, with average wavelengths of 4-5 km, overturned eastward on adjacent tight asymmetric synclines, with average wavelengths of 1-2 km. In cross-section, the anticlines have the shape of box folds with a gently dipping western limb and a flat crestal zone. The eastern hinge is often thickened, whereas the eastern limb is often thinned and overturned and evolves at depth to high-angle reverse fault (fig. 3).

Data from boreholes and balanced cross-sections are in agreement with the existence at depth of high-angle reverse faults also on the western limbs of the anticlines. The thick massive Calcere Massiccio, at the base of the multilayer, is shortened by means of upthrusts on both limbs of anticlines, whilst the pelagic formations of the multilayer draped over such faults, gives rise to a box fold geometry (LAVECCHIA, 1981).

Notwithstanding the fact that the rocks exhibit ductile flow at a macroscopic level, the Umbria-Marche multilayer appears to be unmetamorphosed and lacks evidence of intracrystalline deformations. The internal distortions of the folded sequence are

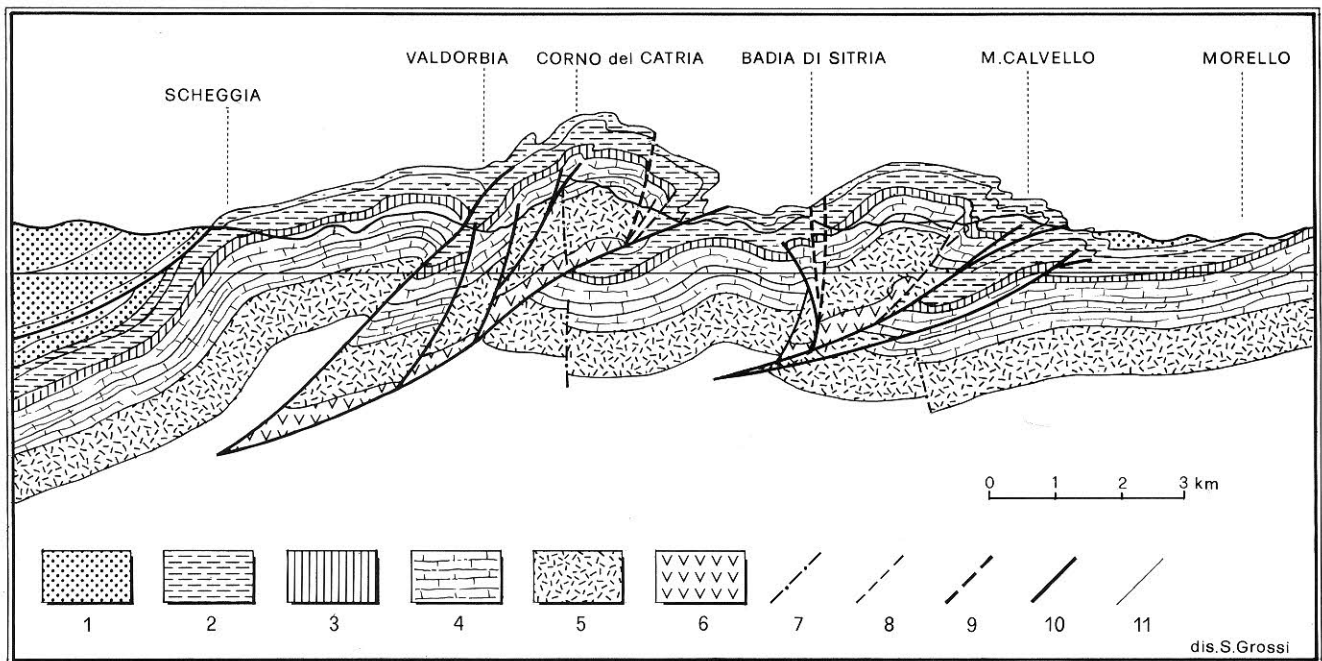


Fig. 3. - Sezione bilanciata Scheggia-Serra S. Abbondio: questa sezione si sviluppa nell'«anticlinorio interno» (SCARSELLA, 1951) della parte settentrionale dell'Appennino umbro-marchigiano, interessante, da Ovest verso Est, tre anticlinali principali sovrascorse verso Est. Legenda: (1) Marnoso Arenacea, Schlier, Bisciario (Miocene inferiore e medio); (2) Scaglia Cinerea, Scaglia Variegata, Scaglia Rossa e Scaglia Bianca (Oligocene Cenomaniano); (3) Scisti a Fucoidi (Aptiano-Albiano); (4) Maiolica (Aptiano p.p.-Titonico superiore), Calcari Diasprigni, Calcari e Marne a Posidonia, Rosso Ammonitico, Marne di Monte Serrone, Corniola (Titonico inferiore-Sinemuriano superiore); (5) Calcere Massiccio (Lias inferiore p.p.); (6) Calcari a *Rhaetavicula contorta* e Anidriti di Burano (Triassico superiore).

- Scheggia - Serra S. Abbondio balanced cross-section. This section is drawn across the "internal anticlinorium" (SCARSELLA, 1951) of the northern Umbria-Marche Apennines, cross-cutting, from west to east, three large scale eastward (vergent) anticlines. Legend: (1) Marnoso Arenacea, Schlier, Bisciario (Lower - Middle Miocene); (2) Scaglia Cinerea, Scaglia Rossa and Scaglia Bianca (Oligocene - Cenomanian); (3) Scisti a Fucoidi (Aptian - Albian); (4) Maiolica (Neocomian - Upper Tithonian), Calcari Diasprigni, Calcari e Marne a Posidonia, Rosso Ammonitico, Marne di Monte Serrone, Corniola (Lower Tithonian - Upper Sinemurian); (5) Calcere Massiccio (Lower Sinemurian - Hettangian); (6) Calcari a *Rhaetavicula contorta* and Anidriti di Burano (Upper Triassic).

pieghe sono orientati NW-SE e NNW-SSE, N-S, rispettivamente a Nord e a Sud dell'allineamento Perugia-Ancona.

Lungo tutta la regione umbro-marchigiana sono abbastanza frequenti zone di taglio trascorrente destro ad alto angolo di varia lunghezza e rigetto. Queste appartengono ad un ben sviluppato sistema ad andamento destro di zone di taglio di tipo fragile e duttile, che è successivo alle pieghe e interseca gli assi delle stesse ad un angolo tra 30-35 gradi. Le zone di taglio trascorrente hanno un andamento prevalente N-S, NNE-SSW e NW-SE rispettivamente nei settori settentrionale, centrale e meridionale dell'Appennino umbro-marchigiano. Le zone di taglio sono generalmente zone di faglia fortemente localizzate nella formazione del Calcere Massiccio, mentre ad un livello deformativo meno profondo, entro i calcari sottilmente stratificati e le argilliti della sequenza, esse evolvono in zone di taglio più diffuse, consistenti in alcune faglie minori trascorrenti che possono mascherare l'andamento delle faglie inferiori. Un sistema coniugato sinistro, ossia E-W, WNW-ESE è anche presente localmente, sebbene sia meno esteso del precedente.

In tutta la regione umbro-marchigiana sono ben sviluppati scorrimenti a basso angolo, coevi a faglie trascorrenti e chiaramente successivi alle pieghe. Nel settore settentrionale e centrale questi piani sono coassiali alle pieghe e il trend è rispettivamente NW-SE e NNW-SSE. Nel settore meridionale, invece, le pieghe a trend NNW-SSE e N-S sono tagliate da sovrascorrimenti con direzione NNE-SSW.

Pertanto, in conclusione, tenendo conto dei piegamenti, dei dislocamenti per faglie trascorrenti e dei vari sovrascorrimenti, il sistema a pieghe umbro-marchigiano può essere diviso in tre segmenti, dove il raccorciamento tettonico in generale diminuisce da Sud verso Nord: uno a Nord, uno al centro ed uno a Sud. In quello a Nord la fascia di scorrimenti, clivaggi, pieghe e faglie sono per lo più coassiali e con andamento NW-SE. Nel settore centrale le pieghe e i sovrascorrimenti sono ruotati in senso orario rispetto al settore Nord e l'andamento risulta NNW-SSE. Nel settore meridionale la fascia a scorrimenti, pieghe e clivaggi con un andamento prevalentemente NNW-SSE, N-S sono intersecati da piani transpressivi a basso angolo con andamento NNE-SSW.

Storia deformativa – La geometria descritta del sistema a pieghe umbro-marchigiano è il risultato di una deformazione in due stadi (LAVECCHIA, 1981; BARCHI ed altri, 1988).

in fact accommodated by a combination of cataclastic flow and pressure solution.

Folds are distributed with an "en echelon" right-lateral set and are disposed to form an arc, whose convexity is eastward. The fold axes are oriented NW-SE and NNW-SSE, N-S, respectively north and south of the Perugia-Ancona alignment.

All over the Umbria-Marche region, high-angle right-lateral strike-slip shear zones of various length and displacement are quite common. They mainly belong to a well developed right-lateral system of brittle and ductile shear zones, which post-dates the folds and intersects the fold axes at an angle between 30°-35°. The strike-slip shear zones mainly trend N-S, NNE-SSW and NW-SE respectively in the northern, central and southern sectors of the Umbria-Marche Apennines. The shear zones are generally highly localized fault zones in the Calcere Massiccio Formation, while at more shallow levels of deformations, within the thinly bedded limestones and argillites of the multilayer, they evolve into diffuse ductile shear zones, consisting of several minor strike-slip faults, which can drape the underlying faults masking their offset. A conjugate left-lateral system, striking E-W, WNW-ESE, is also locally present, although it is less widespread than the former.

Well developed all over the Umbria-Marche region, are also low-angle thrusts, coeval to the strike-slip faults and clearly post-dating the folds. On a regional scale, the high-angle strike-slip faults are expected to merge with these low-angle shearing planes. In the northern and central sector these planes are co-axial to the folds and trend respectively NW-SE and NNW-SSE. In the southern sector instead, the NNW-SSE, N-S trending folds are transected by NNE-SSW trending thrusts.

Thus, in conclusion, with respect to folding, strike-slip faulting and thrusting, the Umbria-Marche fold belt, whose tectonic shortening broadly decreases from south to north, can be divided into three segments: a northern, a central and a southern one. In the northern thrust belt, cleavage, folds and thrust faults are almost co-axial and NW-SE trending. In the central sector, the folds and the thrust are rotated clockwise with respect to the northern sector and trend NNW-SSE. In the southern thrust belt, folds are cleavage mainly trending NNW-SSE, N-S are transected by low-angle transpressive planes trending NNE-SSW.

History of deformation – The described geometry of the Umbria-Marche fold belt is the result of a

Durante il primo stadio (Miocene superiore) la sequenza mesozoico-paleogenica, intercalata tra le evaporiti triassiche e i depositi miocenici flyschiodi, scollata ampiamente dal basamento, veniva sottoposta a sforzi compressivi che agivano lungo la lunghezza degli strati, raccorciati progressivamente da una combinazione di deformazioni («buckling») e più o meno omogenee tensioni («strain») (appiattimento «pre-buckling» e «post-buckling»). All'inizio il livello di amplificazione era minimo e si realizzava con lo sviluppo di un clivaggio per soluzione per pressione. A un certo particolare sforzo corrispondeva un grande aumento dell'amplificazione ed un improvviso sviluppo delle pieghe. Il massimo raccorciamento teorico secondo un piegamento puramente concentrico è 36%, cosicché ogni ulteriore sforzo compressivo oltre questo valore raccorciava il Calcare Massiccio, secondo faglie inverse ad alto angolo, ricoperte («draped») dalle formazioni pelagiche sottilmente stratificate della sequenza. Durante il Pliocene inferiore l'area veniva sottoposta ad un ulteriore raccorciamento e le preesistenti strutture sovrascorrevano verso Est lungo i piani di taglio a basso angolo compressivi e transpressivi, già descritti.

1.2. - STRATIGRAFIA DEL TRIASSICO-GIURASSICO

S. Cresta

In questo capitolo, così come nei successivi, vengono fornite le caratteristiche sintetiche, di tutte le unità che dal Mesozoico al Cenozoico affiorano nell'area umbro-marchigiana (fig. 1) per introdurre il lettore agli schemi e alle figure contenuti nella descrizione degli itinerari. In quella sede non saranno commentate le caratteristiche generali delle unità litostratigrafiche ma solamente messe in risalto le particolarità lito, bio e cronostratigrafiche delle sezioni.

Le diverse unità definite nella letteratura come Formazioni o Gruppi vengono qui discusse come unità informali senza voler quindi attribuirle ad un rango litostratigrafico più che ad un altro.

Introduzione - I primi sedimenti marini depositati nel bacino umbro-marchigiano sono ascrivibili al Norico quando, a seguito di una trasgressione su un'area stabile tabulare, sotto l'influenza di un clima arido, si sviluppano tre litofacies principali: evaporiti, dolomiti e alternanze di calcari e marne. Nell'area appenninica i sedimenti corrispondenti

two-stage deformation (LAVECCHIA, 1981, 1985; BARCHI and others, 1988).

During a first stage (Late Miocene), the Mesozoic-Paleogene sedimentary sequence, embedded between the Triassic evaporites and the Miocene flysch-like deposits, largely detached from the basement, was submitted to a compressive stress which acted along the length of the layers and was shortened progressively by a combination of buckling and more or less homogeneous strain (pre-buckling and post-buckling flattening). At the beginning the amplification rate was rather small and realized by the development of the pressure solution cleavage. At some particular finite strain there was a great increase of the amplification and a sudden development of the folds. The maximum theoretical shortening by purely concentric folding is 36%, so that any further compressive strain above this value shortened the Calcare Massiccio, by means of high-angle reverse faults draped by the thinly bedded pelagic formations of the multi-layer and by homogeneous internal strain. During the Early Pliocene the area underwent further shortening and the pre-existing features were transported eastward by the low-angle described compressional and transpressional shear planes.

1.2. - TRIASSIC - JURASSIC STRATIGRAPHY

S. Cresta

In order to prepare the reader for the sketches and figures contained in the descriptions of the field trips, this chapter and those following it present descriptions summarized from the literature of all the units that make up the Umbria-Marche Succession (Fig. 1). Only the bio and chronostratigraphic features of the sections chosen as examples will be discussed in the field trip notes, while the general characteristics of the lithostratigraphic units will not.

The units defined as Formations or Groups in the literature will be discussed here as informal units, without assigning one lithostratigraphic rank to them rather than another.

Introduction - The earliest marine sediments deposited in the Umbria-Marche Basin are Norian in age. They were deposited following a marine transgression onto a stable shelf under arid conditions; three main facies developed: evaporitic, dolomitic, and alternating calcareous and marly. In the Apennine region, these sediments are known