

## Οι γεωμορφές των Μετεώρων

*Μ. Δερμιτζάκης και Χ. Ντρίνια*

*Τομέας Ιστορικής Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας,  
Πανεπιστήμιο Αθηνών, 157 04 Αθήνα*

### Περίληψη

Τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων (Ακουιτάνιο - Βουρδιγάλιο) εμφανίζονται στα όρια της Θεσσαλικής πεδιάδας, στο νότιο άκρο της Μεσοελληνικής αύλακας. Δύο κύριες ενότητες ιζηματογενών αποθέσεων αναγνωρίζονται στα κροκαλοπαγή των Μετεώρων: α) σφηνοειδείς αποθέσεις οι οποίες ερμηνεύονται ως δελταϊκές αποθέσεις τύπου Gilbert και β) καναλοειδείς αποθέσεις κάθετες στον άξονα προελάσεως του δέλτα. Η τεκτονική, η διάβρωση εξαιτίας των ρεάντων υδάτων καθώς και η αιολική διάβρωση θεωρούνται οι υπεύθυνοι μηχανισμοί δημιουργίας των σημερινών γεωμορφών των Μετεώρων.

### Abstract

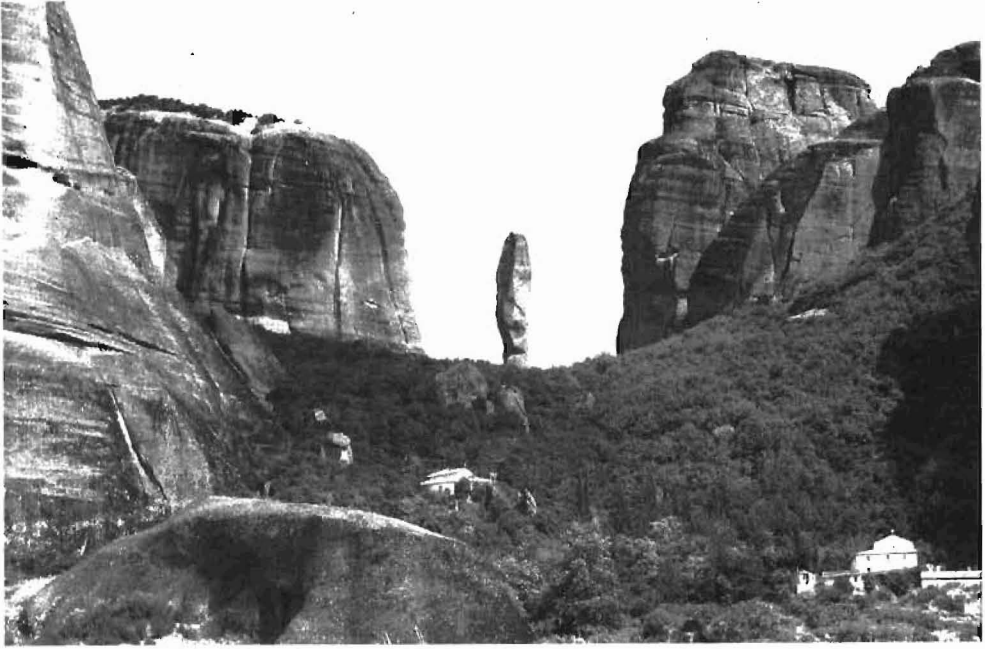
The Meteora conglomerates (Aquitanian - Burdigalian) are exposed at the border of the Thessali plain, at the southern tip of the Mesohellenic basin. Two main kinds of sedimentary bodies are recognized in the Meteora conglomerates: a) wedge-shaped bodies which are consistent with an interpretation as a Gilbert-type delta model and b) channelled bodies which are perpendicular to the progradation axis of the delta. Tectonics, erosion due to water flow and eolian erosion are considered the responsible mechanisms for the formation of the present geomorphes of Meteora conglomerates.

### Εισαγωγή

Τα Μετέωρα βρίσκονται πλησίον της Καλαμπάκας στην έξοδο του Πηνειού ποταμού από την ορεινή περιοχή Αντιχασίων - Χασίων - Κόζιακας προς την πεδινή Θεσσαλία.

Η χαρακτηριστική και μοναδική μορφολογία των απόκρημνων βράχων που αποτελούν τα Μετέωρα, εξήψε τη φαντασία του ανθρώπου ο οποίος έπλασε διάφορους μύθους σχετικά με τη δημιουργία τους, παρατηρώντας και συγκρίνοντας τις μεγαλειώδεις πρωτότυπες γεωμορφές, που

δίνουν την εντύπωση παλαιών και εγκαταλελειμμένων πύργων, μέσα στις καταπράσινες γειτονικές ορεινές περιοχές (Φωτ. 1).



Φωτ. 1. Αποψη των γεωμορφών των Μετεώρων.

Τα αδρομερή ιζήματα έχουν τύχει αξιοσημείωτης προσοχής και σημαντική πρόοδος έχει συντελεστεί τελευταία προς την κατανόησή τους (Dainelli, 1910, Riedl, 1974, Zamani, 1980, Breling, 1984, 1994, Sotiriades, 1994, Carangunis, 1995).

Οι περισσότερες από τις πρόσφατες έρευνες έχουν ως κύριο αντικείμενο τις ιζηματογενείς φάσεις καθώς και τις μικρής έως μεσαίας κλίμακας ιζηματοδομές, ενώ υπάρχουν σχετικά λίγες αναφορές που αφορούν μεγάλης κλίμακας ιζηματοδομές.

Τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων εμφανίζονται στο νότιο τμήμα της Μεσοελληνικής αύλακας στην κεντρική ηπειρωτική Ελλάδα. Μεγάλες ποσότητες κροκαλών με μικρό ποσοστό αδρομερούς υλικού μεταφέρθηκαν μέσα στη λεκάνη με αποτέλεσμα την απόθεση αρκετών εκατοντάδων μέτρων κροκαλοπαγών σε αλλουβιακά έως δελταικά περιβάλλοντα. Κατακόρυφοι κρημνοί καθιστούν ικανή την παρατήρηση μεγάλης κλίμακας δομών με ποικίλους προσανατολισμούς, καθώς και την τρισδιάστατη απεικόνιση των κροκαλοπαγών αυτών. Μεγάλης κλίμακας χα-

ρακτηριστικά των κροκαλοπαγών των Μετεώρων περιέχουν ασυνήθεις δελταϊκές φάσεις και καναλοειδείς αποθέσεις οι οποίες δεν είναι δυνατόν να κατανοηθούν μόνο με τη χρήση σύγχρονων περιβαλλόντων ως αναλόγων τους.

Τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων εμφανίζονται ως γεωμορφές ύψους 100-200 μέτρων και εύρους 300-1000 μέτρων. Αν και ο τύπος του τοπίου διευκολύνει τις παρατηρήσεις μεγάλης κλίμακας η εκ του πλησίον παρατήρηση και οι μετρήσεις τομών είναι δύσκολες.

### **Γεωλογικό καθεστώς - Η μεσοελληνική αύλακα**

Στον Ελληνικό χώρο διαπιστώθηκαν τρεις αύλακες που πληρώθηκαν με μολασσικά ιζήματα: η αύλακα του Έβρου, με ηλικία σχηματισμού Μειόκαινο - Ολιγόκαινο, του Αξιού στο Α. Μειόκαινο και η Μεσοελληνική αύλακα στο Α. Ηώκαινο - Μ. Μειόκαινο (Σχ. 1).

Η σπουδαιότερη από τις αύλακες αυτές που είναι και η σχετικά νεώτερη, είναι η Μεσοελληνική αύλακα η οποία διατηρεί μία πλήρη δομή και στρωματογραφία. Πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί κατά το παρελθόν με θέμα τη δομή και την εξέλιξη της Μεσοελληνικής αύλακας (Phillippson, 1897, 1950, Aubouin, 1959, Bizon et al., 1968, 1969, 1972, Despraires & Vergely, 1977, Soliman & Zygojannis, 1979, 1980, Zygojannis & Sidiropoulos, 1981a, Zygojannis & Muller, 1982).

Η διεύθυνση αναπτύξεως της Μεσοελληνικής αύλακας είναι ΒΔ-ΝΑ και συμπίπτει με τη διεύθυνση του Ελληνικού ορογενετικού τόξου. Αρχίζει από την περιοχή της Αλβανίας και επεκτεινόταν προς νότο στις περιοχές Καστοριάς - Γρεβενών - Καλαμπάκας, διέτρεχε το σημερινό Κρητικό Πέλαγος και έφθανε μέχρι τη Μ. Ασία.

Η Μεσοελληνική αύλακα (Ολιγο - Μειόκαινο) βρίσκεται στο κέντρο των Ελληνίδων μεταξύ των γεωτεκτονικών ζωνών της Πίνδου και της Πελαγονικής. Το υπόβαθρο της αύλακας αποτελείται από φλύσχη της Πίνδου (Ηώκαινο), Μεσοζωϊκούς ασβεστολίθους και οφιολίθους καθώς και παλαιότερα μεταμορφωμένα πετρώματα (Brunn, 1956). Το βαθύπεδο στην ευρύτερη περιοχή των Μετεώρων, είχε διαστάσεις 60 km × 15 km και είναι επιμεμηκυσμένο κατά τη διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ κατά μήκος των Ελληνίδων. Παλιορεύματα που παρατηρήθηκαν στο σύνολο του βαθυπέδου υποδηλώνουν μία γενική μεταφορά προς νότον των ιζημάτων κατά μήκος του άξονα του βαθυπέδου. Το βόρειο άκρο του βαθυπέδου συνορεύει με τη Βόρεια Ήπειρο και δεν γνωρίζουμε πολλά γι' αυτό το τμήμα. Στον κυρίως Ελλαδικό χώρο, το βαθύπεδο έχει πληρωθεί με κλαστικά ιζήματα, αλλουβιακά έως βαθειάς θαλάσσης. Τα θαλάσσια ιζήματα

είναι τα πλέον άφθονα. Προς τα νότια, τα Ολιγο-Μειοκαινικά ιζήματα υπόκεινται των Πλειοπλειστοκαινικών ιζημάτων της Θεσσαλικής πεδιάδας (Zamani, 1980, Sotiriadis, 1991). Τα τελευταία αποτέθηκαν σε μία μεταορογενετική εκτεταμένη λεκάνη η οποία πληρώθηκε με εκατοντάδες μέτρων αλλουβίων αποθέσεων (Caruto & Pavlides, 1991). Η Μεσοελληνική αύλακα είναι ελαφρώς παραμορφωμένη και τα στρώματα παρουσιάζουν μία κλίση  $10^{\circ}$ - $30^{\circ}$  προς δυσμάς.



Σχ. 1. Παλαιογεωγραφικός Χάρτης της Ελλάδος κατά τη διάρκεια του Κατωτέρου Μειοκαινού, περίπου πριν από 23-20 εκατομμύρια χρόνια, όπου εικονίζονται το παλαιογεωγραφικό περίγραμμα της Μεσοελληνικής αύλακας κατά την απόθεση των μολασσικών ιζημάτων.

Σύμφωνα με τους Filbrandt et al. (1985), οι γεωτεκτονικές ζώνες της Πίνδου και της Πελαγονικής έχουν επωθηθεί προς δυσμάς, γεγονός που παρήγαγε μία συμπίεση 300 km μεταξύ του Α. Κρητιδικού και του Α. Καινο-

ζωϊκού. Έτσι, οι ιζηματογενείς αποθέσεις της Μεσοελληνικής αύλακας εμφανίζονται να ακολουθούν την προς Δυσμάς κίνηση του υποβάθρου τους.

Τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων εμφανίζονται στα όρια της Θεσσαλικής πεδιάδας, στο νότιο άκρο της Μεσοελληνικής αύλακας. Τα αλλούβια της Θεσσαλικής πεδιάδας, εμποδίζουν να διευκρινισθεί αν συνεχίζονται προς νότον τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων. Η στρωματογραφική διάρθρωση της Μεσοελληνικής αύλακας στην περιοχή των Μετεώρων συνοψίζεται στο Σχ. 2. Η πλήρωση της λεκάνης ξεκινά με μία επικλυσιογενή ενότητα, τις «μάργες του Επταχωρίου», η οποία συντίθεται από κροκαλοπαγή και ψαμμίτες που διαβαθμίζονται προς τα άνω σε πηλίτες. Το κατώτερο και αδρομερέστερο τμήμα της ενότητας περιέχει αποθέσεις δελταϊκές και υφαλοκρηπίδας και επίκειται ασυμφώνως των «ιζημάτων Κρανιάς». Δυστυχώς η επαφή με τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων εμφανίζεται σε πολύ μικρό βαθμό. Όμως φαίνεται να είναι απότομη, υποδηλώνοντας την παρουσία στρωματογραφικού κενού.

Οι διαφορετικές φάσεις των μολασσικών αποθέσεων επιτρέπουν την διάκριση στρωματογραφικών ενότητων εντός της Μεσοελληνικής αύλακας, (Brunn, 1956), από τις παλαιότερες προς τις νεώτερες (Σχ. 2):

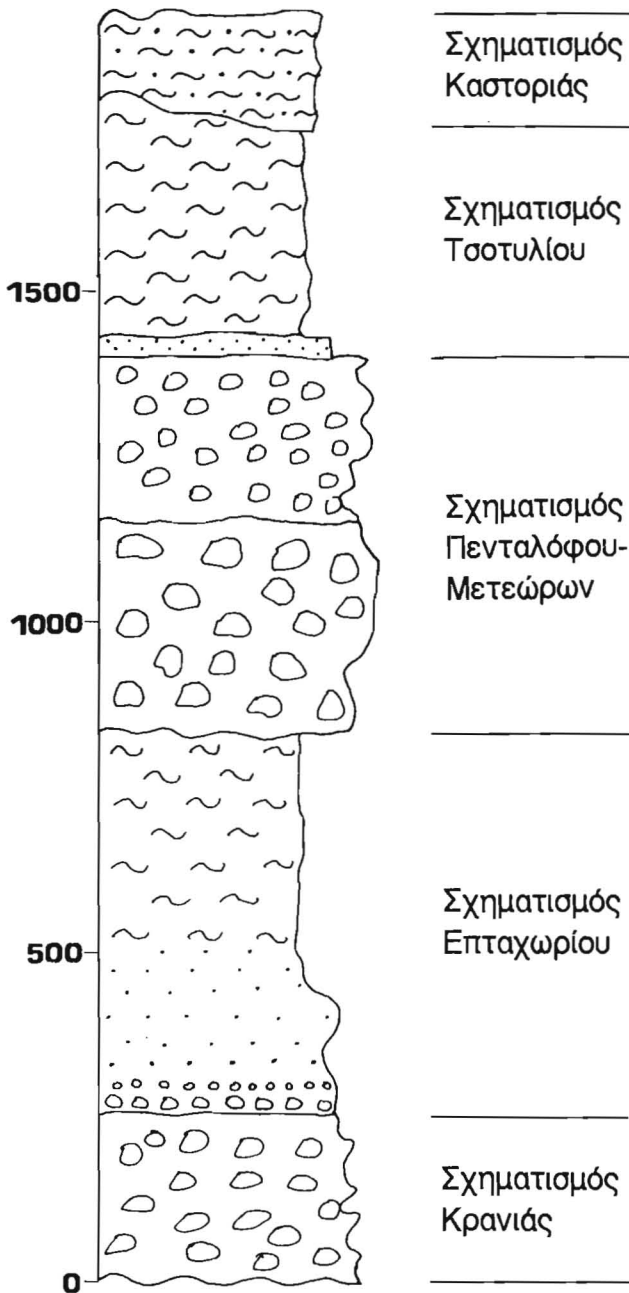
1. **Σχηματισμός Κρανιάς.** Τα πρώτα μολασσικά ιζήματα είναι κροκαλοπαγή και λατυποπαγή, θαλάσσια επικλυσιογενή που επίκεινται των αλπικών πετρωμάτων που αποτελούν το υπόβαθρο και είναι κυρίως οφιόλιθοι ηλικίας Ανωτέρου Ηωκαίνου, με πάχος μεγαλύτερο των 200 μέτρων.

2. **Σχηματισμός Επταχωρίου.** Ο σχηματισμός επίκειται ασυμφώνως του προηγούμενου και αποτελείται από στρώματα μαργών, ψαμμιτών, κροκαλοπαγών με λιγνιτικές ενδιαστρώσεις (Φωτ. 2). Το συνολικό πάχος του σχηματισμού φθάνει τα 600 μέτρα και η ηλικία αποθέσεως είναι του Ανωτέρου Ολιγοκαίνου περίπου 26-24 εκατομμύρια χρόνια.

3. **Σχηματισμός Πενταλόφου - Μετεώρων.** Πρόκειται για την κυρίως ενότητα των Μετεώρων με κροκαλοπαγή και ψαμμίτες του Κατωτ. Μειοκαίνου (Ακουιτανίου - Βουρδιγαλίου), (περίπου 22 εκατομμυρίων ετών). Είναι σημαντικού πάχους με γενικά χαρακτηριστικά θαλάσσιας και ποταμοχειμάρριας φάσεως. Τα κατώτερα στρώματα του σχηματισμού παρουσιάζουν και διασταυρωμένη στρώση και πιθανώς να πρόκειται για υποθαλάσσιους κώνους (Σχ. Φωτ. 3).

4. **Σχηματισμός Τσοτυλίου.** Ο σχηματισμός αυτός αποτελείται από μάργες λιμναίας φάσεως με ενδιαστρώσεις λιγνιτικές ηλικίας Ανωτέρου Ακουιτανίου (περίπου 20 εκατομ. ετών).

5. **Σχηματισμός Καστοριάς ή Όντρια.** Τέλος ακολουθεί ο σχηματισμός Καστοριάς που περιλαμβάνει ψαμμίτες, ασβεστολίθους, μάργες, ψαμμιτομαργαϊκούς ασβεστολίθους με παρεμβολές λιγνιτών λιμναίας φάσεως και ηλικίας Μέσου Μειοκαίνου (περίπου 12 - 14 εκατομ. ετών).



Σχ. 2. Στρωματογραφική διάρθρωση της Μεσσελληνικής αύλακας στην περιοχή των Μετεώρων.



**Φωτ. 2.** Άποψη των μαργών του σχηματισμού Επταχωρίου.

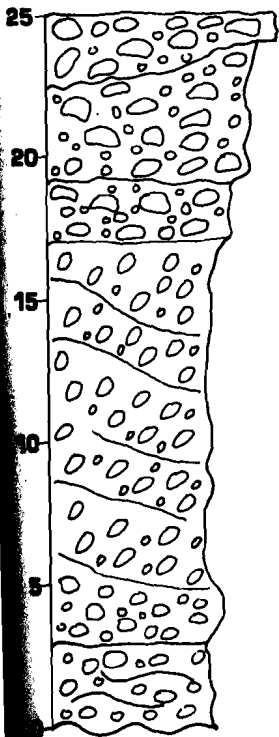


**Φωτ. 3.** Τα κροκαλοπαγή του σχηματισμού Πενταλόφου.

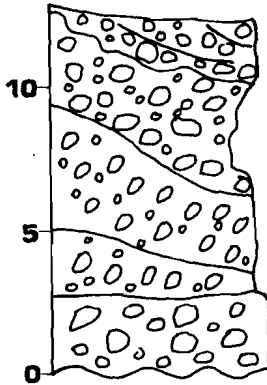
## Ο σχηματισμός των Μετεώρων

Όσον αφορά στο σχηματισμό των Μετεώρων, αυτός έχει αποτεθεί ασυμφώνως επί του σχηματισμού Επταχωρίου. Μιά γωνιώδης ασυμφωνία (20°-30°) διαιρεί τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων σε δύο ενότητες - την κατώτερη πάχους 300 μέτρων και την ανώτερη πάχους 250 μέτρων,

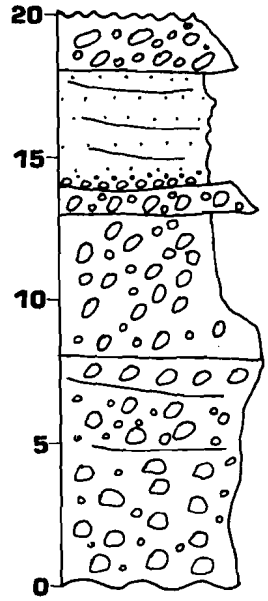
### ΤΟΜΗ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ



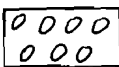
### ΤΟΜΗ ΒΑΡΛΑΑΜ



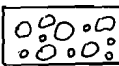
### ΤΟΜΗ ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ



### ΥΠΟΜΝΗΜΑ



καλώς οργανωμένα  
κροκαλοπαγή



μη-οργανωμένα  
κροκαλοπαγή



καλώς ταξινομημένοι ψαμμίτες

Σχ. 3. Στρωματογραφική διάρθρωση του σχηματισμού των Μετεώρων.



(Σχ. 3). Η κατώτερη ενότητα είναι λίγο αδρομερέστερη από τα κυρίως κροκαλοπαγή των Μετεώρων αλλά η σύνθεση των κλαστών είναι παρόμοια.

Επιπλέον, η κατώτερη ενότητα αποτελείται από πολύμεικτα κροκαλοπαγή όπου επικρατούν οι γνευσιακές κροκάλες, συμμετέχουν όμως και ασβεστολιθικές, μεταμορφωμένες και οφιολιθικές κροκάλες. Παρουσιάζουν διασταυρούμενη στρώση, γεγονός που αποδεικνύει ποτάμια πρόελευση και ως προς την ηλικία ανήκουν στο Κατώτ. Μειόκαινο.

Επάνω στη κατώτερη ενότητα των Μετεώρων αποτέθηκαν σε ασυμφωνία τα στρώματα της ανώτερης. Διαφέρουν από τα πρώτα ως προς το μέγεθος των κροκαλών που είναι μικρότερο και ως προς το βαθμό συνδέσεως που είναι χαλαρότερος. Οι κροκάλες είναι κυρίως γνευσιακές και μεταξύ τους υπάρχουν ενστρώσεις μαργών και ψαμμιτών. Η ασυμφωνία μεταξύ των δύο ενότητων μαρτυρεί ότι έλαβαν χώρα τεκτονικά γεγονότα που έδωσαν την ευκαιρία στον παράγοντα διάβρωση να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην εν γένει εξέλιξη της περιοχής.

Στην κορυφή ενός απ' τους υψηλότερους βράχους των Μετεώρων εμφανίζονται 10-20 μέτρα καλώς εστρωμένοι ψαμμίτες, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν το ανώτερο τμήμα των κροκαλοπαγών των Μετεώρων, το οποίο όμως δεν έχει μελετηθεί λεπτομερώς ακόμη. Πάντως η παρουσία των κροκαλοπαγών αυτών υποδηλώνει μια πλέον σύνθετη ιστορία ιζηματογενέσεως.

Τα κροκαλοπαγή και οι χαλικώδεις ψαμμίτες συνιστούν το 95% των κροκαλοπαγών των Μετεώρων με τους αδρομερείς ψαμμίτες να αποτελούν το υπόλοιπο 5%. Οι ιλυόλιθοι αντιπροσωπεύουν τη συνδυαστική ύλη στα περισσότερα «αποδιοργανωμένα» κροκαλοπαγή. Ως μεμονωμένα στρώματα οι ιλυόλιθοι αποτελούν λιγότερο απ' το 0.01% των στρωμάτων. Εμφανίζονται κατά περίπτωση ως λεπτά στρώματα πάχους ολίγων εκατοστών. Η στρώση τους κλίνει ελαφρώς προς δυσμάς, ακολουθώντας τις δομές του υποβάθρου (Φωτ. 4).

Εντός των κροκαλοπαγών των Μετεώρων μερικές ενδοϊζηματογενείς ασυμφωνίες είναι ορατές. Οι ασυμφωνίες αυτές είναι περισσότερο αξιωματικώς προς τα ανατολικά, υποδηλώνοντας επαναλαμβανόμενες ανοδικές κινήσεις του ανατολικού περιθωρίου της λεκάνης. Τέτοιες ασυμφωνίες έχουν αναγνωρισθεί και σε άλλες λεκάνες και αποδίδονται σε μικρά συμπιεστικά τεκτονικά συμβάντα. Δύο κύριες ενότητες ιζηματογενών αποθέσεων αναγνωρίζονται στα κροκαλοπαγή των Μετεώρων: i) σφηνοειδείς αποθέσεις και ii) καναλοειδείς αποθέσεις.

Και οι δύο αυτές αποθέσεις μπορεί να εμφανίζουν σύνθετη εσωτερική δομή και να επιδεικνύουν ποικιλότητα φάσεων.



Φωτ. 4. Γενική άποψη των κροκαλοπαγών στρωμάτων των Μετεώρων.

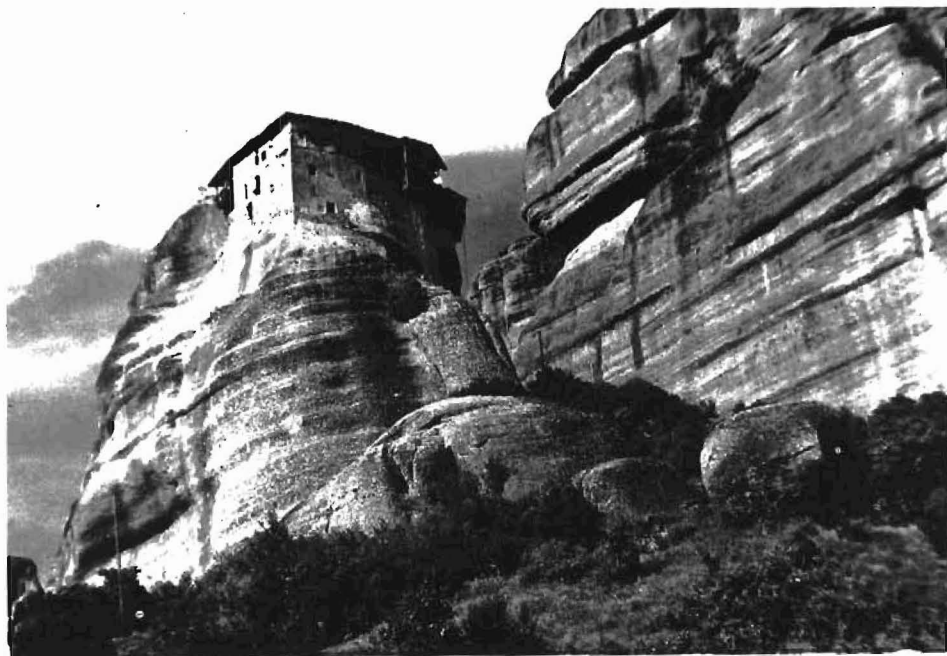
### Σφηνοειδείς αποθέσεις

Η εξωτερική γεωμετρία του τύπου αυτού των σωμάτων είναι προφανώς σφηνοειδής οφειλόμενη σε σύγκλιση και απόθεση των βασικών διαχωριστικών επιφανειών. Εσωτερικά τα σώματα αυτά συντίθενται από σύνολα στρωμάτων τα οποία παρουσιάζουν μικρή γωνία κλίσεως και

μπορούν ν' αποδοθούν με τους όρους στρώματα στη βάση (bottomset), μετωπικά στρώματα (foreset) και στρώματα στην οροφή (topset).

Το εύρος στα πάχη κυμαίνεται από 10-15 μέτρα στα ανατολικά έως 20-30 μέτρα στα δυτικά. Τα κροκαλοπαγή κυριαρχούν, το μέγιστο μέγεθος κλαστών είναι περίπου 0.20-0.25 μέτρα, όμως μερικοί κλάστες έχουν παρατηρηθεί σε μέγεθος έως και ενός μέτρου.

Εσωτερικά τα απλά στρώματα είναι συνεχή πλευρικά κι έτσι μπορούν να ανιχνευθούν σ' όλο το σύνολο. Βέβαια η γωνία κλίσεως και η διεύθυνση των μετωπικών στρωμάτων ποικίλει σύμφωνα με τον προσανατολισμό των εμφανίσεων. Καθέτως προς τα παλαιορεύματα τα μετωπικά στρώματα είναι οριζόντια ή κλίνουν με πολύ μικρή γωνία ( $1^{\circ}$ - $3^{\circ}$ ). Παράλληλα στα παλαιορεύματα τα μετωπικά στρώματα παρουσιάζουν μία αρκετά ομοιόμορφη συμπεριφορά κλίνοντας  $13^{\circ}$ - $18^{\circ}$  προς δυσμάς (Φωτ. 5).



Φωτ. 5. Γενική άποψη των μετωπικών στρωμάτων των Μετεώρων.

Δύο κύριοι λιθολογικοί τύποι αναγνωρίστηκαν στα στρώματα της βάσεως και στα μετωπικά στρώματα.

- i) «οργανωμένα» κροκαλοπαγή και χαλικώδεις ψαμμίτες.
- ii) «μη οργανωμένα» κροκαλοπαγή με ποικίλα ποσοστά συνδετικού υλικού από ιλύ.

Ο πρώτος λιθολογικός τύπος κυριαρχεί σε ποσοστό 70-80%. Τα «οργανωμένα» κροκαλοπαγή είναι καλώς εστρωμμένα (απλά στρώματα πάχους 0.1-0.5 μέτρων, των οποίων οι βάσεις μπορεί να είναι προοδευτικές ή απότομες), οι χάλικες είναι μετρίως διαβαθμισμένοι και πλέουν μέσα σε κλαστικό ή αμμώδες υλικό.

Ο τύπος της διαβαθμίσεως μέσα στα στρώματα είναι δύσκολο να αναγνωρισθεί εκεί όπου οι επαφές είναι προοδευτικές αλλά όπου εμφανίζονται απότομες επαφές, μόνο κανονική διαβάθμιση έχει παρατηρηθεί.

Τα μη-οργανωμένα κροκαλοπαγή είναι χαοτικά, μετρίως διαβαθμισμένα, με ένα μεγάλο ποσοστό αμμώδους ή ιλυώδους συνδεδετικού υλικού. Τα στρώματα είναι φακοειδή και παρουσιάζουν απότομο δάπεδο. Το πάχος τους κυμαίνεται από 0.2-1 μέτρο. Κατακόρυφοι κλάστες είναι παρόντες στα πλέον «μη οργανωμένα» κροκαλοπαγή. Σπάνια έχει παρατηρηθεί ανάστροφη διαβάθμιση στο κλαστικό υλικό.

Τα στρώματα της οροφής είναι οριζόντια και η επαφή τους με τα υποκείμενα μετωπικά στρώματα είναι συνήθως απότομη. Αναγνωρίστηκαν δύο κύριες λιθοφάσεις:

α) καναλοειδείς αποθέσεις πάχους 0.5-9 μέτρα και

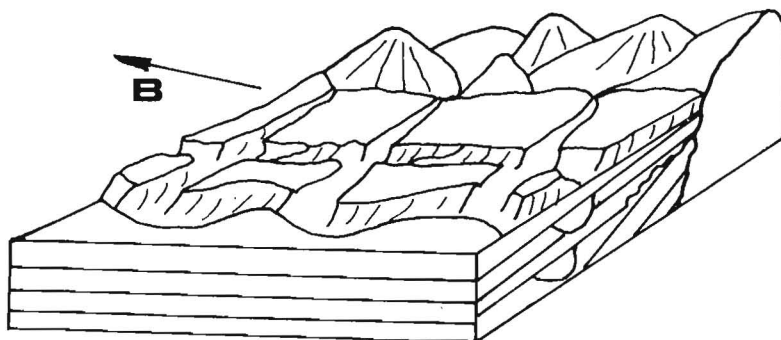
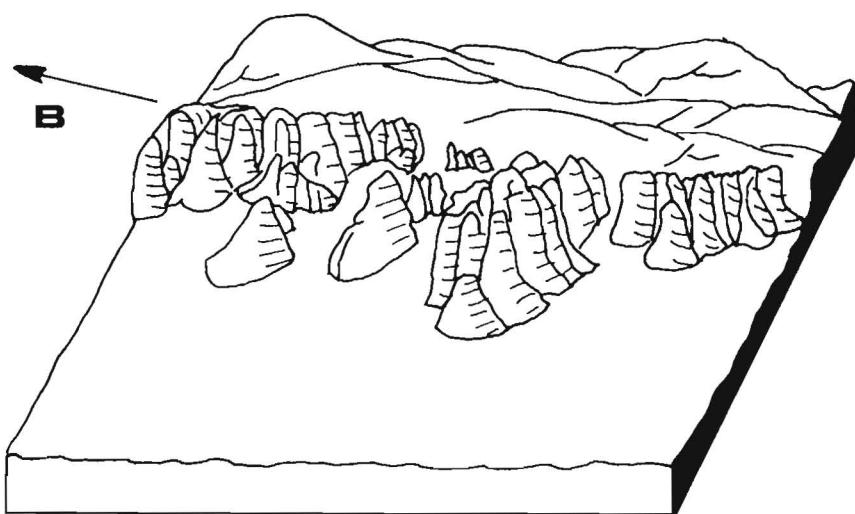
β) καλώς ταξινομημένα και ενστρωμμένα κροκαλοπαγή και αδρομερείς ψαμμίτες.

Οι καναλοειδείς αποθέσεις αποτελούνται από συμπαγή, οργανωμένα και μη-οργανωμένα κροκαλοπαγή με ή χωρίς συνδεδετικό υλικό.

Τα καλώς ταξινομημένα κροκαλοπαγή της δεύτερης λιθοφάσης είναι οριζόντια, παράλληλα και πλευρικός συνεχής, πάχους 0.1-0.3 μέτρα και παρουσιάζουν προοδευτικές επαφές.

Τα γενικά χαρακτηριστικά των σφηνοειδών αποθέσεων, ειδικά η οργάνωση των στρωμάτων της οροφής, των μετωπικών και της βάσεως, ερμηνεύονται με το μοντέλο Gilbert δέλτα (Ori & Roveri, 1987, Σχ. 4α, β).

Η ιδανική μορφή ενός δέλτα Gilbert (Gilbert, 1890) αποτελείται από τρία τμήματα, το ανώτερο (topset) το δελταϊκό μέτωπο (delta face) και το κατώτερο (bottomset). Τα στρώματα τα οποία αποτελούν το ανώτερο τμήμα του δέλτα παρουσιάζουν μια μικρή ομαλή κλίση προς το κέντρο της λεκάνης και οφείλουν την απόθεσή τους στην μετατόπιση των κοιτών των ποταμών που υπάρχουν στο προαπαιτούμενο αλλουβιακό ριπίδιο. Ένα μέρος του ιζήματος μεταφέρεται με τη βοήθεια ελκτικών ρευμάτων και αποτίθεται στο δελταϊκό μέτωπο το οποίο χαρακτηρίζεται από μια κλίση  $10^{\circ}$ - $25^{\circ}$  η οποία εξαρτάται από τις ιδιότητες του ιζήματος. Το λεπτομερέστερο υλικό μεταφέρεται εν αιωρήσει πέρα από το δελταϊκό μέτωπο και αποτίθεται στο κατώτερο τμήμα του δέλτα σχηματίζοντας μικρές κλίσεως στρώματα.

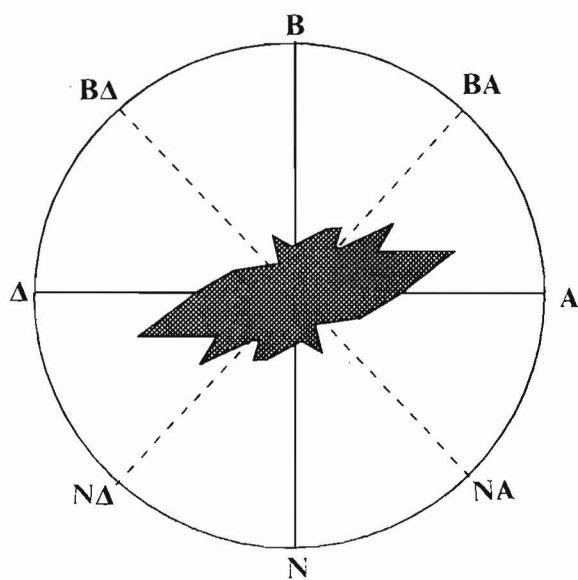
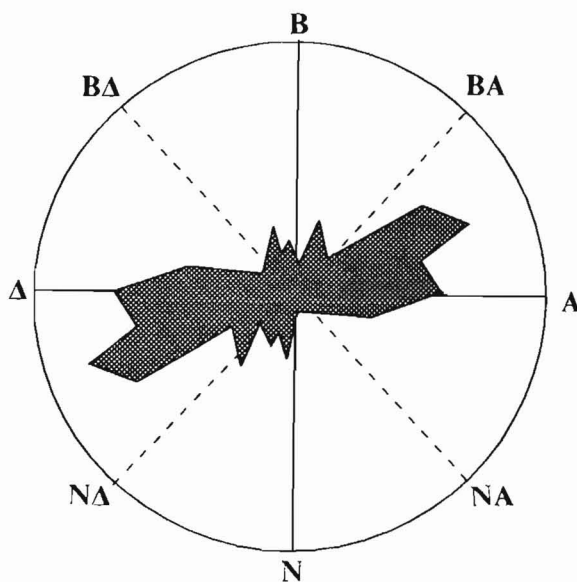
**α****β**

**Σχ. 4 α, β.** Στερεοδιαγράμματα που αναπαριστούν τον σχηματισμό των Μετεώρων.

Ποικιλία ιζηματογενών χαρακτηριστικών όπως επιφάνειες ολισθήσεως, επίπεδη στρώση και μεγάλης κλίσεως αποθετική κατώφρεια παρατηρούνται σε αυτού του είδους τις δελταϊκές αποθέσεις.

Τα δέλτα τύπου Gilbert παρουσιάζουν υψηλό δυναμικό διατηρήσεως και παρατηρούνται εκεί όπου λαμβάνει χώρα ταπεινώση του περιθωρίου μιας λεκάνης οφειλόμενη είτε σε τεκτονικές κινήσεις είτε σε κατολισθήσεις.

Στον Σχηματισμό Μετεώρων η σχέση μεταξύ της κλίσεως των μετωπικών στρωμάτων και των χαλικιών, υποδηλώνει ότι τα υλικά αυτά προσχώθηκαν προς τη λεκάνη από τα Βορειοδυτικά προς Νοτιοανατολικά (Σχ. 5 α και β).

**α****β**

**Σχ. 5 α, β.** α) Διεύθυνση των ασυνεχειών (ρηγμάτων, διακλάσεων) κατά μήκος των οποίων σχηματίστηκαν οι κοιλάδες των Μετεώρων (σύμφωνα με Σωτηριάδη, 1994).  
 β) Ροδόγραμμα των διευθύνσεων των κοιλάδων και των ρευμάτων σε σχέση προς το ροδόγραμμα των τεκτονικών ασυνεχειών (σύμφωνα με Caruto & Παυλιδη, 1990).

Οι καλώς ταξινομημένες φάσεις των στρωμάτων της κορυφής, είναι πολύ παραπλήσιες με εκείνες που περιγράφηκαν από τους Nemec & Steel (1984) και ερμηνεύονται ως αποθέσεις σε παράκτια περιβάλλοντα. Η πλευρική συνέχεια των στρωμάτων και η καλή ταξινόμηση είναι τυπικό χαρακτηριστικό της δράσεως των κυμάτων.

Ο προσανατολισμός των χαλικιών είναι αντίθετος μ' αυτόν που βρέθηκε στο κύριο σώμα των δελταϊκών σφηνών. Ο προσανατολισμός των λατυπών κλίνει προς τη θάλασσα στη ζώνη εκπλύσεως και ακόμη βαθύτερα στην παραλία (Bluck, 1967, Nemec & Steel, 1984). Η επανεπεξεργασία των στρωμάτων κορυφής έχει πραγματοποιηθεί λόγω της δράσεως των κυμάτων. Στα Μετέωρα (δέλτα τύπου Gilbert) η διαδικασία της μαζικής ροής κυριαρχεί στην κορυφή του δέλτα όπου οι πιο οργανωμένες αποθέσεις με προσανατολισμένα χαλίκια εμφανίζονται στην κατωφέρεια των μετωπικών στρωμάτων, συνιστώντας μια πλέον τουρβιδιτική ροή.

### **Καναλοειδείς αποθέσεις**

Αυτές αποτελούνται από μεγάλης κλίμακας επιπεδόκοιλα φακοειδή σώματα τα οποία αποκόπτονται τα σφηνοειδούς σχήματος σώματα. Εμφανίζονται στο ανώτερο τμήμα της λεκάνης όπου είναι και ευμεγέθη. Περίπου δώδεκα κανάλια του τύπου αυτού έχουν παρατηρηθεί. Κάθετα προς τον άξονα των καναλιών οι αποθέσεις παρουσιάζουν αμυδρή επιπεδόκοιλη συμμετρική βάση. Οι εμφανίσεις παραλλήλως προς τον άξονα των καναλιών παρουσιάζουν επίπεδα σχήματα. Οι βάσεις των καναλιών είναι βαθμιαίες ενώ οι κορυφές είναι απότομες και οριζόντιες. Τα κανάλια πρέπει να ήταν 15-35 μέτρα βαθιά και να είχαν εύρος 80-100 μέτρα. Το υλικό με το οποίο πληρώθηκαν περιέχει πολύ αδρομερή κροκαλοπαγή. Το μέγιστο μέγεθος κλαστών φθάνει το 1 μέτρο αλλά υπάρχουν κατά τόπους και πλέον ευμεγέθεις κλάστες.

Ο πλέον συχνός τύπος εσωτερικής στρώσεως είναι η σταυρωτή στρώση (μέγιστη κλίση 30°-40°) και εκτείνεται σ' όλο το πάχος της αποθέσεως. Τα μετωπικά στρώματα συναντούν τις κατώτερες διαβρωσιγενείς επιφάνειες με μεγάλη γωνία. Οι αδρομερέστεροι κλάστες απαντώνται κοντά ή στη βάση των μετωπικών στρωμάτων, παράγοντας πιο λεπτομερείς προς τα άνω ακολουθίες. Στο ανώτερο τμήμα η κλίση των μετωπικών στρωμάτων μειώνεται. Η στρώση είναι λιγότερο αναγνωρίσιμη κάθετα στις διευθύνσεις των παλαιορευμάτων. Οι αποθέσεις συνίστανται σε αμυδρή έως μετρίως ταξιθετημένα κροκαλοπαγή με κυριαρχούσα την άμμο ως συνδετικό υλικό. Τα όρια των στρωμάτων είναι απότομα έως βαθμιαία. Εσωτερικά η διαβάθμιση δεν είναι εμφανής αλλά κατά τόπους μία προοδευτική διαβάθμιση είναι παρούσα. Σε δύο τοποθεσίες τα

κανάλια έχουν πληρωθεί με μεσαίας κλίμακας (σύνολο πάχους 0.2-0.5 μέτρα) σταυρωτή στρώση.

Σε μια εμφάνιση το πληρωθέν υλικό του καναλιού αποτελείται από αμυδρώς ταξινομημένους, οριζοντίως εστρωμένους ψαμμίτες. Τα στρώματα έχουν πάχος 0.3 μέτρα και παρουσιάζουν απότομες βάσεις. Είναι παχύτερα στο κεντρικό τμήμα του καναλιού και γίνονται βαθμιαία πιο λεπτά στα περιθώρια του καναλιού. Η εμφάνιση είναι αδύνατο να πλησιασθεί. Έτσι δεν μπορεί να γίνει μια λεπτομερής περιγραφή.

Η καναλοειδής φύση των στρωμάτων αποδεικνύεται από το επιπεδόκοιλο σχήμα των βάσεων τους όταν αποκόπτονται κάθετα στα παλαιορεύματα και από το πλακοειδές σχήμα των σωμάτων όταν αποκόπτονται παράλληλα στα παλαιορεύματα.

Η εσωτερική σταυρωτή στρώση αποδεικνύει ότι τα κανάλια πληρώθηκαν με μεγάλης κλίμακας στρώματα.

Η μεσαίας κλίμακας σταυρωτή στρώση και η οριζόντια στρώση του πληρωθέντος υλικού των καναλιών οφείλεται σε χαμηλής ενέργειας ιζηματογένεση.

Η διατηρηθείσα διατομή των καναλιών αποδεικνύει ότι δεν «μετανάστευσαν» πλευρικά. Το γεγονός αυτό, μαζί με το βάθος τους δηλώνει ότι τα κανάλια περιχαρακώθηκαν στις προϋπάρχουσες αποθέσεις. Η σχέση μεταξύ των σφηνοειδούς σχήματος και των σωμάτων των καναλιών είναι παντού διαβρωσιγενής.

Η «περιχαράκωση» των καναλιών μπορεί να ερμηνευθεί ότι συνέβη κατά τη διάρκεια ταπεινώσεως του βασικού επιπέδου η κατά τη διάρκεια ανοδικής κινήσεως της πηγής τροφοδοσίας (βλ. Heward, 1978). Όταν αυτό συμβαίνει, η ενέργεια των ρευμάτων αυξάνει και καθιστά δυνατή τη μεταφορά και την ιζηματογένεση αδρομερέστερων κλαστικών υλικών.

Η ερμηνεία αυτή ενισχύει την θεωρία της «περιχαράκωσης» καθ' όσον το μέγεθος των κλαστών είναι σημαντικά μεγαλύτερο από εκείνο των σωμάτων σφηνοειδούς σχήματος. Η σύνθεση των κλαστών είναι παρόμοια και στους δύο τύπους ιζηματογενών σωμάτων. Σύγχρονος τεκτονισμός (ανοδική κίνηση της πηγής τροφοδοσίας) αποδεικνύεται από την παρουσία στις αποθέσεις δέλτα τύπου «Gilbert» μερικών μεγάλων ενδοιζηματογενών ασυμφωνιών. Δυστυχώς δεν είναι δυνατόν να συσχετισθούν με τις «καναλιζαρισμένες» ενότητες.

Η διαφοροποίηση μεταξύ των καναλιών στα κορυφαία στρώματα των δέλτα τύπου "Gilbert" και των μεγάλης κλίμακας σωμάτων των καναλιών που περιγράφονται εδώ στηρίζεται:

- i) στο μεγαλύτερο μέγεθος των σωμάτων των καναλιών
- ii) στην παρουσία συνόλων διασταυρούμενης στρώσεως στα σώματα των καναλιών



iii) τα κανάλια στα κορυφαία στρώματα πάντα κείνται επί της κορυφής στρωμάτων σταυρωτής στρώσεως, ενώ τα «περιχαρακωμένα» σώματα των καναλιών αποκόπτουν παλαιότερες αποθέσεις.

### Παλαιογεωγραφική εξέλιξη

Κατά τη διάρκεια της αλπικής ορογενέσεως δημιουργήθηκαν τεκτονικές ασυνέχειες με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Σε γενικές γραμμές οι ασυνέχειες (ρήγματα, διακλάσεις) διαφορετικής ηλικίας δεν έχουν ορισμένο προσανατολισμό (Caruto & Pavlides, 1991). Επικρατεί όμως η διεύθυνση Α-Δ περίπου, δηλαδή οι ασυνέχειες που προέρχονται από τις δύο τελευταίες εφελκυστικές τάσεις  $f_2$  (διεύθυνση εφελκυσμού ΒΑ-ΝΔ) και  $f_3$  (διεύθυνση εφελκυσμού Β-Ν). Συγκρίνοντας τον γενικό προσανατολισμό των κοιλάδων που αναπτύχθηκαν στους σχηματισμούς των Μετεώρων διαπιστώνεται μια ταύτιση με τον προσανατολισμό των ασυνεχειών (Σχ. 5α, β).

Απ' τις παραπάνω περιγραφές και ερμηνείες εξάγεται μια απλή παλαιογεωγραφική εικόνα. Τα δέλτα τύπου "Gilbert" προελαύνουν από τα Ανατολικά μέσα στη λεκάνη η οποία ήταν πολύ στενή στην περιοχή αυτή.

Η πηγή τροφοδοσίας όπως εμφανίζεται σήμερα προμήθευε τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων καθώς το ανώτερο κροκαλοπαγές αμέσως υπερκείται της κορυφής των μαργών του Επταχωρίου καθώς και παλαιότερων πετρωμάτων.

Κατά τη διάρκεια της δελταϊκής προελάσεως τεκτονικές ανοδικές κινήσεις παρήγαγαν ενδοϊζηματογενείς ασυμφωνίες. Είναι πιθανόν κατά τη διάρκεια του τεκτονισμού τα δελταϊκά ιζήματα να παραμορφώθηκαν μερικώς και να διαβρώθηκαν. Πάντως οι αποθέσεις, προϊόντα των διαβρωσιγενών αυτών γεγονότων, δεν έχουν ακόμη πιστοποιηθεί, γιατί εάν υπάρχουν θα κείνται στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης ή ακόμη νοτιότερα όπου οι συνθήκες των εμφανίσεων δεν επιτρέπουν λεπτομερείς αναλύσεις.

### Συζήτηση

Τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων ερμηνεύονται ως μια παλαιά ακολουθία δέλτα τύπου "Gilbert", με μεγάλα κανάλια «περιχαρακωμένα» κάθετα στους άξονες προελάσεως των δέλτα. Παρουσιάζουν έναν αριθμό χαρακτηριστικών τα οποία δεν μπορούν να αναγνωρισθούν επαρκώς σε πολλά Τεταρτογενούς ηλικίας παραδείγματα αυτού του τύπου δέλτα:

i) Η συνολική εξωτερική γεωμετρία των αποθέσεων δέλτα τύπου “Gilbert” είναι σφηνοειδούς σχήματος.

ii) Το δέλτα καθίσταται πιο παχύ προς τη λεκάνη, και τα εσωτερικά μετωπικά στρώματα ακολουθούν την τάση αυτή με μειούμενη γωνία κλίσεως.

iii) Τεράστια κανάλια είναι πληρωμένα με κροκαλοπαγή με σταυρωτή στρώση που σχηματίσθηκαν κατά την μετανάστευση των μετωπικών φραγμάτων.

Η περιχαράκωση των καναλιών μπορεί να οφείλεται: α) στην τεκτονική ανύψωση της πηγής τροφοδοσίας, β) στην πτώση του βασικού επιπέδου (σε αυτή την περίπτωση πιθανώς της θαλάσσιας στάθμης) και γ) σε κλιματικές μεταβολές με μία αύξηση της διαβρώσεως.

Στην περίπτωση των κροκαλοπαγών των Μετεώρων οι ενδοϊζηματογενείς ασυμφωνίες και οι αλλαγές των αξόνων αποθέσεως υποδηλώνουν ότι ο τεκτονισμός πρέπει να ήταν η αιτία (Φωτ. 6).



Φωτ. 6. Άποψη των στρωμάτων των ψαμιτοκροκαλοπαγών, των δέλτα τύπου Gilbert, στα Μετέωρα.

Η δελταϊκή απόθεση πιθανώς παρήχθη από μία «σταθερή» τεκτονική κίνηση του περιθωριακού ρήγματος. Η κίνηση του ρήγματος μπορεί να

συνίσταται σε έναν αριθμό μικρών αυξήσεων, η κάθε μία των οποίων παρήγαγε το σχηματισμό αποθέσεων τύπου "Gilbert". Στον σχηματισμό των δελταϊκών αυτών αποθέσεων τύπου "Gilbert" συνηγόρησε και η ύπαρξη περιορισμένων υδάτινων συνθηκών με ενδείξεις παράκτιου περιβάλλοντος όπως αυτές πιστοποιήθηκαν από τους Zygojannis & Sidiropoulos (1981a), Zygojannis & Muller (1982), Beining (1984) και Raptis (1984).

Οι κατακόρυφες κινήσεις του Πλειοκαίνου, είχαν σαν αποτέλεσμα να δημιουργηθούν οι ταφροειδείς λεκάνες της Λάρισσας στην Ανατολική Θεσσαλία και των Τρικάλων -Καρδίτσας στη Δυτική με ταυτόχρονη απόθεση λιμναίων και ποταμοχειμάρων Πλειοκαινικών ιζημάτων, τα οποία σήμερα συναντώνται σε πολλά σημεία (Zamani, 1980).

Κατά τις αρχές του Πλειστοκαίνου, έλαβε χώρα εκ νέου καταβύθιση και δημιουργία της σημερινής ταφροειδούς λεκάνης της Δυτ. Θεσσαλίας, ενώ τα περιθώριά της, συμπεριλαμβανομένων και των μολασσικών αποθέσεων, ανυψώθηκαν.

Το γεγονός αυτό, έδωσε τη δυνατότητα στην έντονη διαβρωτική διεργασία των ευαίσθητων σημείων των μολασσικών αποθέσεων, όπως ήταν οι διάφορες τεκτονικές ασυνέχειες (ρήγματα, διακλάσεις) και οι χαλαρές από πλευράς πετρωμάτων περιοχές. Έτσι κατά μήκος των ασυνεχειών η διάβρωση ήταν έντονη, σε συνδυασμό με την χαλαρότητα, οπότε τα ενδιάμεσα τμήματα μεταξύ των ασυνεχειών άντεξαν στη διάβρωση με αποτέλεσμα να σχηματιστούν οι σημερινές μορφές.

Η διαμόρφωση των γεωμορφών των Μετεώρων, οφείλεται:

α) Σε τεκτονικά συμβάντα (καταβύθιση λεκάνης, ανύψωση μολασσικών σχηματισμών, δημιουργία ασυνεχειών στους μολασσικούς σχηματισμούς) και β) Στη διάβρωση εξαιτίας κυρίως των ρεόντων υδάτων.

Η αιολική διάβρωση έχει διαδραματίσει δευτερεύοντα ρόλο στη σημερινή μορφολογία των Μετεώρων, με τη δημιουργία σπηλαιωδών σχηματισμών λόγω στροβιλισμού των διαφόρων υλικών εντός αυτών με τη μηχανική δράση των ανέμων. Η παρουσία των αιολικών αυτών μορφών μόνο σε ορισμένες κατακόρυφες επιφάνειες των Μετεώρων φανερώνει και την επικρατούσα διεύθυνση των ανέμων.

## **Συμπεράσματα**

Η ιζηματολογική μελέτη που έλαβε χώρα στα κροκαλοπαγή των Μετεώρων κατέδειξε ότι αυτά αποτέθηκαν σε ένα δελταϊκό σύστημα τύπου Gilbert όπου υπήρχαν μεγάλα κανάλια περιχαρακωμένα καθέτως του άξονα προελάσεως του δέλτα.

Οι κύριες ενότητες ιζηματογενών αποθέσεων που αναγνωρίστηκαν στα κροκαλοπαγή των Μετεώρων είναι α) οι σφηνοειδείς αποθέσεις οι οποίες θεωρούνται αποθέσεις σε παράκτια περιβάλλοντα και ερμηνεύονται με το μοντέλο "Gilbert-type" δέλτα και β) οι καναλοειδείς αποθέσεις οι οποίες θεωρούνται ότι δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια ταπεινώσεως του βασικού επιπέδου ή κατά τη διάρκεια ανοδικής κινήσεως της πηγής τροφοδοσίας.

Η διαμόρφωση των γεωμορφών των Μετεώρων οφείλεται α) σε τεκτονικά συμβάντα, β) στη διάβρωση εξαιτίας των ρεόντων υδάτων και γ) σε μικρότερο ποσοστό στην αιολική διάβρωση.

## Βιβλιογραφία

- Aubouin, J. (1959). Contribution a l' etude geologique de la Grece septentrionale: les confins de l' Epire et de la Thessalie. *Ann. Geol. pays Hellen.*, 10, p. 1-525.
- Beining, G. (1984). Geologie und Palaogeographie der tertiaren Molasse im sudostlichen Randgebiet der Mesohellenischen Senke (Thessalien, Nordwest-Griechenland). *Univeroff. Dipl.-Arbeit.*, 81S., Munster.
- Bizon, J.J., Lalechos, N. & E. Savoyat (1968). Presence de l' Eocene transgressif en Thessalie. Incidence sur la paleogeographie regionale. *Bull. Soc. Geol. France*, 10, p. 36-38, Paris.
- Bluck, B.J. (1967). Sedimentation of beach gravels examples From South Wales. *Journ. Sedim. Petrol.*, 37, p. 128-156.
- Breling, M. (1984). Petrographie und fazielle Entwicklung der Meteora-Konglomerate Thessaliens, Nordwest-Griechenland: *unveroff. Diplom-Arbeit*, Munster.
- Breling, M. (1994). Sedimentologie und fazielle Entwicklung der Meteora-Konglomerate Thessalien, Nordwest-Griechenland. *Munster. Forsch. Geol. Palaont.*, 76, S. 389-406.
- Brunn, J.H. (1956). Etude geologique du Pinde septentional et de la Macedoine occidentale. *Ann. Geol. Pays. Hellen.* t. 7, (1956), p. 1-358.
- Caputo, R., & Σ. Παυλίδης (1991). Νεοτεκτονική δομή και εξέλιξη της Θεσσαλίας. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, XXV/3 (1991).
- Dainelli, G. (1910). Le Meteore di Tessaglia. *Memorie Geographiche, Suplemento alla Rivista Geographica Italiana*. Firenze
- Dalloni, M. (1923). Contribution a l' etude des terrains tertiaires de la Thessalie et de l' Epire. *Soc. Geol. France, Bull.* (4), vol. 32, p. 284-294.

- Despraires, A. & P. Vergely (1977). Le sillon Mesohellenique et la zone pelagonienne. In: J. Dercourt, J. Aubouin, E. Savoyat et al., (Eds), "Reunion extraordinaire de la Societe geologique de France en Grece". *Compte rendu, Bull. Soc. Geol. France*, 19, p. 28-34, Paris.
- Dermitzakis, M. (1990). Paleogeography, Geodynamics, Processes and event Stratigraphy During Late Cenozoic of the Aegean arera. *Intern. Symposium on "Biogeografical aspects of Insularity", Rome, 18-22 May 1987, Accademia Nazionale dei Lincei*, vol. 85, p. 263-288, 1990, Rome.
- Filbrandt J.B., Grderhill, J.R. & G.D. Williams (1985). Tectonic and foreland basin evolution in the Hellenides. *IAS SEPM., Intern. Symposium on Foreland Basins*, 55, Friburg, Switzerland.
- Gilbert, G.K. (1890). Lake Bonneville. Mem: Grit. Stat. Geol. Survey, 1, 438 ps.
- Nemec, W. & R.J. Steel (1984). Alluvial and coastal conglomerates. Their significant features and same comments on gravelly mass-flow deposits. In *Sedimentology: of Gravels and Conglomerates, Calgary* 10, p. 1-31.
- Ori, G.G. & M. Roveri (1987). Geometries of Gilbert type deltas and large channels in the Meteora Conglomerate, Meso-Hellenic basin (Oligo - Miocene) central Greece. *Sedimentology*, 34, p. 845-859.
- Philippson, A. (1897). Die Meteora-Kloster in Thessalien "Uber Land und Meer". *Deutsche Illustr. Zeitung*.
- Philippson, A. (1950). Die Griechischen Landschaften. Eine Landeskunde. Verlag V. Klostermann.
- Raptis, A. (1984). Fazies und Petrographie des Miozans nordlich von Trikala (Thessalien in Griechenland). - *Unveroff. Dipl. - Arb.*, Munster.
- Riedl, H. (1974). Beitrage zur Initialgenese des Gebietes der Meteora in Thessalien. *Die Hahle. Zeitschr. fur Karst- und Hahlenkunde*, Heft 3.
- Soliman, H.A. & N. Zygojannis (1979). Palaeogeographical features during Oligocene-Miocene transition and their bearing on Oligocene-Miocene Foraminifera in the Mesohellenic Basin, Northern Greece. *Ann. Geol. pays Hellen.*, hors ser., 3, p. 1113-1122, Athens.
- Soliman, H.A. & N. Zygojannis (1980). Geological and paleontological studies in the Mesohellenic Basin, Northern Greece: I. Oligocene smaller Foraminifera. II. Eocene smaller Foraminifera. *Geol. Geophys. Research*, 22, p. 1-66, Athens.
- Sotiriades, L. (1994). Formation and evolution of Meteora land-forms, Trikala.
- Ζαμάνη, Α. (1980). Συμβολή εις την ερμηνείαν της δημιουργίας και της εξελίξεως των Γεωμορφών των Μετεώρων. *Ann. Geol. des Pays Hell.* XXX/1, σελ. 281-290.

- Zygojannis, N. & Sidiropoulos, D. (1981a). Schwermineralverteilungen und palaogeographische Grundzüge der tertiären Molasse in der Mesohellenischen Senke, Nordwest-Griechenland. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.* 1981 (2): 100-128, Stuttgart.
- Zygojannis, N. & C. Muller (1982). Nannoplankton-Biostratigraphie der tertiären Mesohellenischen Molasse (Nordwest-Griechenland). *Z. dt. Geol. Ges.*, 113, p. 445-455, Hannover.