

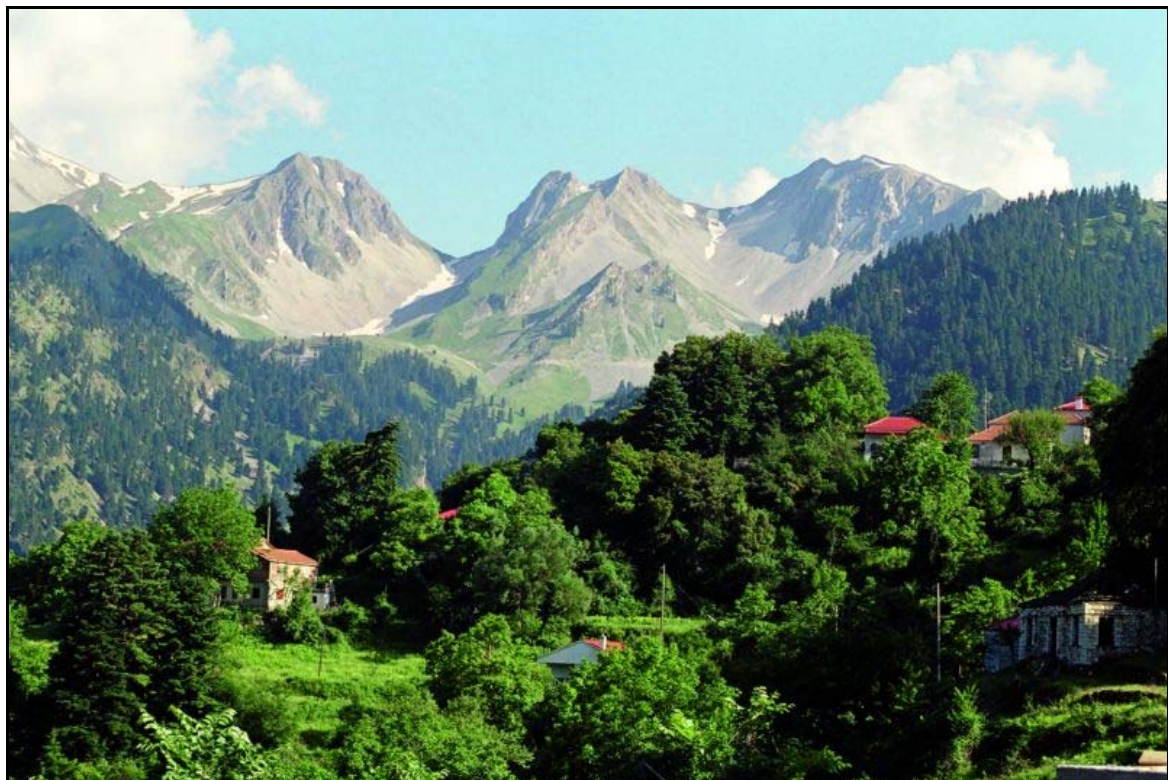


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

**Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ ΠΙΝΔΟΥ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΜΟΥΖΑΚΙΟΥ
ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕΣΩ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΜΑΡΙΑ Γ. ΜΙΧΑΗΛ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΜΗΤΡΩΟΥ : 4176**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΜΑΡΚΟΣ Δ. ΤΡΑΝΟΣ

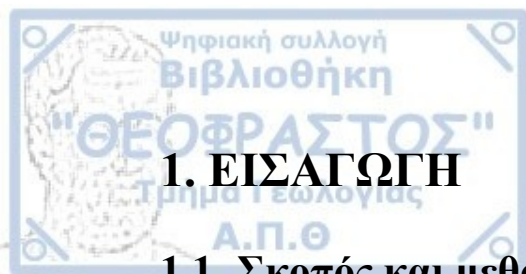


ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2010



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	Εισαγωγή.....	σελ. 3
1.1.	Σκοπός και μεθοδολογία.....	σελ. 3
1.2.	Γεωγραφικά και γεωμορφολογικά στοιχεία της περιοχής.....	σελ. 4
2.	Ανατομία Ορογενούς – Πτυχο-εφυππευτική Ζώνη (fold-and-thrust belt).....	σελ.6
2.1	Δομές που συνδέονται με πτυχο-εφυππευτικές ζώνες.....	σελ. 7
3.	Γεωλογία της ευρύτερης Περιοχής.....	σελ.14
3.1	Λιθοστρωματογραφία της ζώνης Πίνδου	σελ.16
3.1.1	Η Λιθοστρωματογραφική εξέλιξη της ζώνης	σελ.16
3.1.2	Λιθοστρωματογραφική Στήλη της ζώνης της Πίνδου.....	σελ.18
4.	Παραμόρφωση της Ζώνης της Πίνδου.....	σελ. 19
5.	Περιγραφή εργασίας.....	σελ.21
5.1	Τεκτονικές παρατηρήσεις-Μεθοδολογία	σελ.28
6.	Παρουσίαση των AA', BB', CC', DD', EE', FF' γεωλογικών τομών.....	σελ.39
7.	Συμπεράσματα.....	σελ.44
8.	Βιβλιογραφία.....	σελ.45



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός και μεθοδολογία.

Η παρούσα μελέτη αποτελεί διπλωματική εργασία που εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.). Αντικείμενο της εργασίας είναι η απεικόνιση της γεωλογικής δομής της περιοχής του Μουζακίου που ανήκει στη ζώνη της Πίνδου.

Η εκπόνηση της εργασίας περιελάμβανε :

- α) Συλλογή τοπογραφικών διαγραμμάτων και γεωλογικών χαρτών σχετικών με την ευρύτερη περιοχή,
- β) Βιβλιογραφική ενημέρωση σχετικά με τη γεωλογία της ευρύτερης περιοχής
- γ) Επεξεργασία και αξιολόγηση δεδομένων. (Εργασίες γραφείου.)

Στις εργασίες γραφείου περιλαμβάνονται :

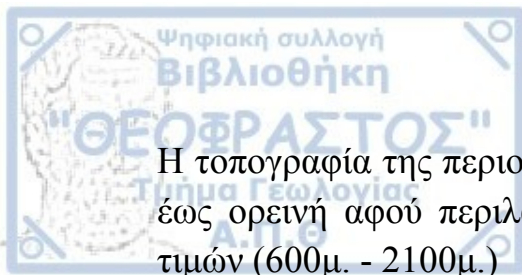
- α) Καταγραφή και επεξεργασία δεδομένων και χαρτών (γεωλογικός-τοπογραφικός) της ευρύτερης περιοχής μέσω του προγράμματος MapInfo Professional.
- β) Η σχεδίαση με το πρόγραμμα CorelDRAW Version 12 των γεωλογικών τομών της περιοχής χαρτογράφησης κλίμακας 1: 50.000 σε επιλεγμένες θέσεις και στην ίδια κλίμακα, ώστε να δίνεται μια ακριβής και όσο το δυνατό πληρέστερη εικόνα της γεωλογικής δομής της περιοχής.

1.2 Γεωγραφικά και Γεωμορφολογικά στοιχεία της περιοχής.

Η περιοχή μελέτης εντοπίζεται κατά μήκος της οροσειράς της Νότιας Πίνδου και ανήκει στο νομό Καρδίτσας (Σχ.1.2). Βρίσκεται ΝΔ του χωρίου Μουζάκι, το οποίο είναι η έδρα του ομώνυμου δήμου, κτισμένο στις παρυφές του όρους Ίταμος και απέχει 28χλμ. από την πόλη της Καρδίτσας.



Σχήμα 1.2 Τοπογραφικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης.
Κλίμακα 1:1.000.000



Η τοπογραφία της περιοχής μπορεί να χαρακτηριστεί από χαμηλή ορεινή έως ορεινή αφού περιλαμβάνει χώρους με μεγάλο εύρος υψομετρικών τιμών (600μ. - 2100μ.)

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής χαρακτηρίζεται τόσο από ένα κύριο ποταμό, τον Πάμισο ,ΒΑ διεύθυνσης, με μήκος 25 χλμ. ο οποίος πηγάζει από την περιοχή της κορυφής Καραβούλας Αγράφων, στη Ν. Πίνδο, διαρρέει τη δυτική πεδιάδα της Θεσσαλίας, ενισχύεται από μικρότερα υδάτινα ρεύματα και συμβάλλει στον Πηνειό, όσο και από το ρέμα της Πλατανιάς, ΝΔ διεύθυνσης, που αποτελεί παραπόταμο του Αχελώου.

Λόγω αυτού του αρκετά ανεπτυγμένου υδρογραφικού δικτύου, η διάβρωση στη περιοχή μελέτης είναι έντονη, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται εικόνες μεγάλων χαραδρώσεις και απότομων κλιτύων.

Όσον αφορά τη χλωρίδα της περιοχής, στα πεδινά του νομού συναντάμε λεύκες και πλατάνια. Στα υψόμετρα μεταξύ των 700μ. και 900μ. περίπου κυριαρχεί η ζώνη της βελανιδιάς, μεταξύ των 900μ. και 1.500μ. κυριαρχεί η ζώνη του ελάτου, ενώ από τα τελευταία όρια (1.500 μ. και άνω) συναντάμε αρκετά εκτεταμένες περιοχές με κύριο χαρακτηριστικό την απουσία δενδρώδους βλάστησης. Σχετικά με την πανίδα της περιοχής, η ζώνη της βελανιδιάς αποτελεί ιδανικό βιότοπο για ένα σημαντικό αριθμό ζώων.

2. ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΟΡΟΓΕΝΟΥΣ - ΠΤΥΧΟ-ΕΦΙΠΠΕΥΤΙΚΗ ΖΩΝΗ (fold-and-thrust belt).

Ο όρος **ορογένεση** χαρακτηρίζει τις διεργασίες, κατά τις οποίες σχηματίζεται μια ορογενετική ζώνη ή οροσειρά και συντελείται σε καθορισμένες ασθενείς, μεγάλης κινητικότητας ζώνες της γης, στα όρια λιθοσφαιρικών πλακών. Πράγματι, στον Ελληνικό χώρο η ζώνη της Πίνδου αποτελεί την ραχοκοκαλιά του Ελληνικού ορογενούς και είναι η μόνη από τις Εξωτερικές Ελληνίδες που εμπλέκεται με πετρώματα του πυρήνα του ορογενούς.

Στην ανατομία του ορογενούς γενικά αναγνωρίζονται τα ακόλουθα βασικά μέρη – στοιχεία:

(1) **Εξωτερική λεκάνη προχώρας ή οπισθοχώρας (Outer foredeep or foreland basin or back-arc basin).** Μεταξύ του ορογενούς και του απαραμόρφωτου τμήματος της ηπειρωτικής πλατφόρμας σχηματίζεται ένας χώρος που πληρώνεται με κλαστικά ηπειρωτικά αδρόκοκκα ιζήματα (ιζήματα μολασσικού τύπου) που προέρχεται από την αποσάθρωση και διάβρωση των τεμαχίων του ορογενούς που συνεχώς ανυψώνονται. Το πάχος των ιζημάτων μπορεί να φτάσει τα 8 – 10 km.

(2) **Πτυχο – εφιππευτική ζώνη προχώρας (foreland fold-and-thrust belt) ή ζώνη λεπιώσεων – καλυμμάτων προχώρας.** Πίσω από τη λεκάνη προχώρας προς το κέντρο του ορογενούς σχηματίζεται η πτυχο – εφιππευτική ζώνη προχώρας. Η ζώνη αυτή αποτελείται κυρίως από πτυχωμένα και εφιππευμένα μειογεωσυγκλινικά ιζήματα (φλυσχικά ιζήματα) που σχηματίζουν τεκτονικά λείπια και καλύμματα, τα οποία έχουν σπρωχθεί μακριά από το κέντρο του ορογενούς προς το σταθερό τμήμα της προχώρας. Τα ιζήματα της λεκάνης προχώρας (μολασσικά ιζήματα) εφιππεύονται από τα τεκτονικά αυτά λείπια ή μπορεί να εμπλέκονται σε μερικά από τα τελευταία. Συνήθως είναι η σταδιακή μετανάστευση της πτυχο – εφιππευτικής ζώνης προς την προχώρα με αποτέλεσμα οι σχηματισμοί που εμπλέκονται στη ζώνη αυτή να είναι νεότεροι προς την προχώρα. Στο εσωτερικό τμήμα της πτυχο – εφιππευτικής ζώνης κοντά στο κέντρο του ορογενούς παρατηρούνται τεκτονικά λείπια από μεταμορφωμένα πετρώματα που είτε αποτελούν το υπόβαθρο της απόθεσης των μειογεωσυγκλινικών αποθέσεων, είτε δεν

έχουν άμεση σύνδεση με τα ιζήματα αυτά. Η οροσειρά της Πίνδου και κυρίως τα δυτικά της τμήματα αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου χώρου.

[Μειογεωσυγκλινικά ιζήματα : Είναι τα ιζήματα που πληρώνουν την μειογεωσυγκλινική λεκάνη, δηλαδή μια ηπειρωτική λεκάνη στην οποία δεν αναπτύσσεται ηφαιστειακή δραστηριότητα].

(3) Ο κρυσταλλικός πυρήνας του ορογενούς (crystalline core zone).

Συγκροτεί το κέντρο ή τον πυρήνα του ορογενούς και αποτελείται από κρυσταλλικά (μεταμορφωμένα και πυριγενή) πετρώματα τα οποία στο σύνολό τους παραμορφώνονται πλαστικά. Οι τεκτονικές δομές που χαρακτηρίζουν τον πυρήνα του ορογενούς είναι οι επαναπτυχώσεις και οι μεγάλες επιπτεύσεις και καλύμματα που επιπτεύουν την πτυχο – επιπτευτική ζώνη προχώρας. Στα διάφορα ορογενή ο πυρήνας του ορογενούς περιλαμβάνει ετερογενή συστατικά πετρώματα, όπως :

- (α) Κρυσταλλικά πετρώματα με το ιζηματογενές τους επικάλλυμα,
- (β) Ηφαιστειακά και πλουτωνικά πετρώματα
- (γ) Μεταμορφωμένη οφειολιθική ακολουθία (σύμπλεγμα υπερβασικών και βασικών πετρωμάτων ωκεάνιου φλοιού)
- (δ) Πετρώματα κατώτερου φλοιού και μανδύα
- (ε) Γρανιτικούς βαθόλιθους

Χαρακτηριστικές τεκτονικές δομές στους πυρήνες αποτελούν οι ευθύγραμμες, μεγάλης γωνίας κλίσης, ζώνες ρηγμάτων [rectilinear (high-angle) fault zones] που κόβουν όλες τις χαρακτηριστικές δομές – γνωρίσματα του ορογενούς.

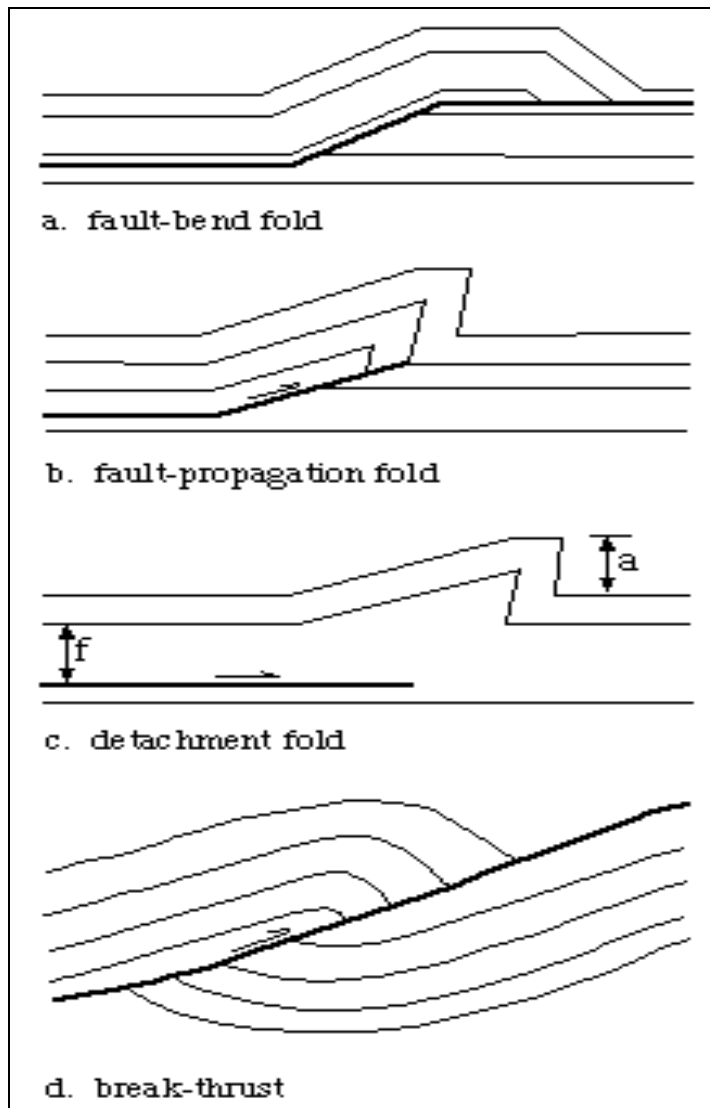
2.1 Δομές που συνδέονται με πτυχο-επιπτευτικές ζώνες.

Κατά την πτύχωση των σχηματισμών, ιδιαίτερα των ιζηματογενών, μπορεί να καταγραφεί σμίκρυνση δεκάδων χιλιομέτρων (Katterhorn, 1994).

Για την περιγραφή αυτών των πτυχών χρησιμοποιούνται δύο είδη μοντέλων: το γεωμετρικό και το κινηματικό. Το πρώτο περιγράφει τη γεωμετρία ενώ το δεύτερο επεξηγεί τη σταδιακή εξέλιξη των πτυχών.

Τέσσερα κινηματικά μοντέλα (Σχ.2.1) έχουν προταθεί για την περιγραφή της εξέλιξης των πτυχών, που συνδέονται με πτυχο-εφυππευτικές ζώνες. Κάθε βήμα της εξέλιξης των πτυχών, αποτελεί και μία ιδιαίτερη δομή. Κάθε μοντέλο καταπιάνεται ξεχωριστά με αυτές τις δομές, οι οποίες είναι :

1. Πτυχές-κάμψης ρήγματος (fault-bend fold) - **(a)**
2. Πτυχές-προχώρησης ρήγματος (fault-propagation fold) **(b)**
3. Πτυχές αποκόλλησης (Detachment folds) **(c)**
4. Ανάστροφα ρήγματα (Thrust) **(d)**



Σχήμα 2.1 Τέσσερα κινηματικά μοντέλα που συνδέονται άμεσα με τις πτυχο-εφυππευτικές ζώνες. (Jamison, 1987)

- (a) Πτύχωση κάμψης ρήγματος πάνω σε επίπεδη ράμπα (επιφάνεια αποκόλλησης).
- (b) Πτύχωση προχώρησης ρήγματος στην άκρη του επιπέδου ενός ανάστροφου ρήγματος
- (c) Πτύχωση αποκόλλησης πάνω και μπροστά από ένα ανάστροφο ρήγμα όπου (a): το πλάτος της πτυχής και (f): το ύψος του κατώτερου πτυχωμένου σχηματισμού πάνω από την επιφάνεια αποκόλλησης.
- (d) Διάτμηση-Ανάστροφο ρήγμα, στο οποίο η πτύχωση προηγείται της μεταγενέστερης ρηγματώσης του εμπρόσθιου πτερυγίου της πτυχής.

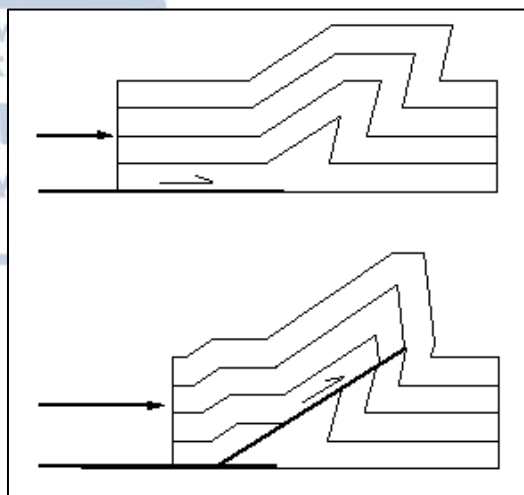
2.1.1 Πτυχές αποκόλλησης (Detachment folds)

Πτυχές αποκόλλησης είναι πτυχές που αναπτύσσονται πάνω από επιφάνειες αποκόλλησης ή εφίπνευσεων, εξαιτίας της αποκόλλησης και της συρρίκνωσης του υπερκείμενου τεμάχους. Οι πτυχές από την κάμψη ή την προχώρηση του ρήγματος είναι συνήθως ασύμμετρες, ενώ οι πτυχές από την αποκόλληση μπορεί να είναι τόσο ασύμμετρες, όσο και συμμετρικές.

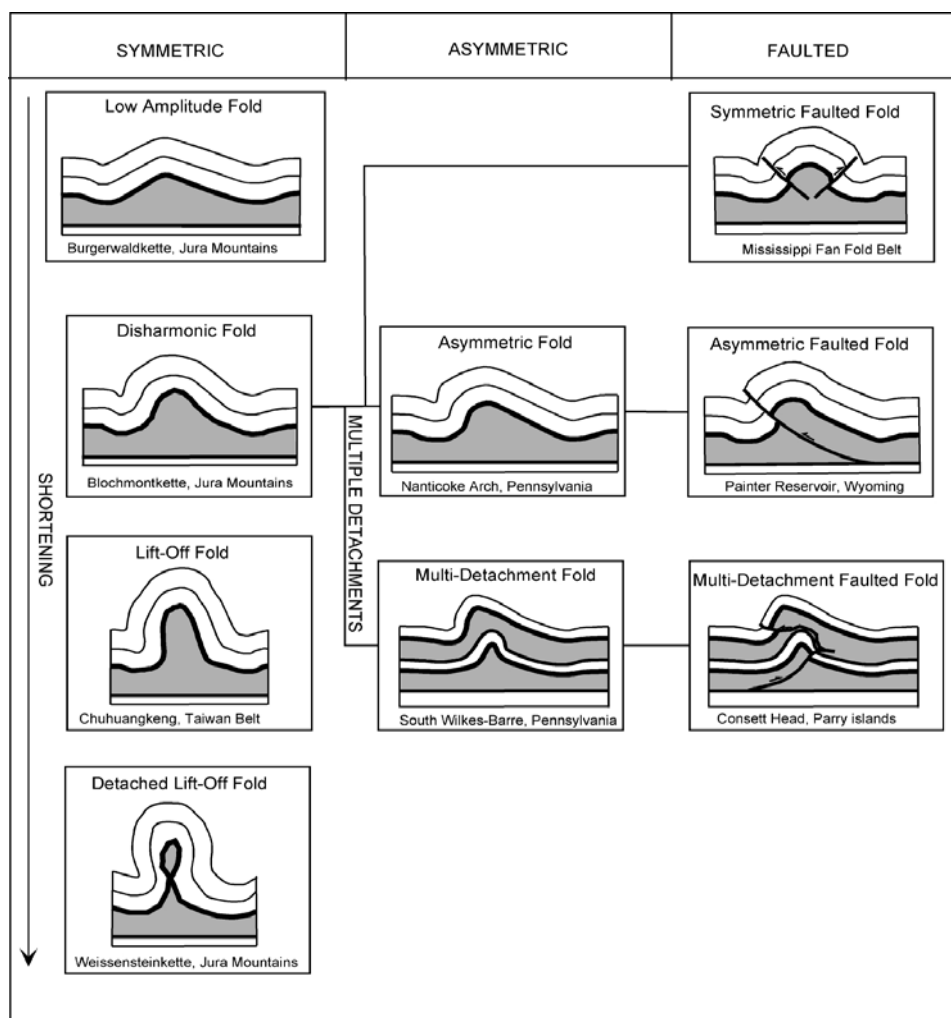
Οι πτυχές αυτού του τύπου απαιτούν ένα μαλακό στρώμα αποκόλλησης (π.χ. άλας), το οποίο μπορεί να αναπληρώσει το κενό που δημιουργείται στη βάση των πτυχών αποκόλλησης. Οι πτυχές αποκόλλησης δεν έχουν ρίζα προς τα βαθύτερα στρώματα και είναι συνήθως δυσαρμονικές.

Η κλίση του **οπίσθιου πτερυγίου** (backlimb), η εσωτερική γωνία των πτερυγίων και η μεταβολή του πάχους του εμπρόσθιου πτερυγίου (forelimb), είναι παράμετροι που εξαρτώνται από την αναλογία a/f , όπου a είναι το πλάτος της πτυχής και f είναι το ύψος του κατώτερου πτυχωμένου σχηματισμού πάνω από την επιφάνεια αποκόλλησης (Kattenhorn, 1994).

Οι πτυχές αποκόλλησης εξελικτικά μπορούν να μετατραπούν σε πτυχές-προχώρησης με τη μετατροπή της βασικής αποκόλλησης σε επικλινή εφίπνευση, η οποία στην προχώρησή της προς τους ανώτερους στρωματογραφικά ορίζοντες θα διατμήσει τμήμα του εμπρόσθιου πτερυγίου της αρχικής πτυχής αποκόλλησης.



Σχήμα 2.2 Μηχανισμός Πτυχών-προχώρησης ρήγματος μέσω του οποίου η πτυχή αποκόλλησης (επάνω εικόνα) μετατρέπεται σε πτυχή προχώρησης ρήγματος (κάτω εικόνα). (McNaught and Mitra, 1993)

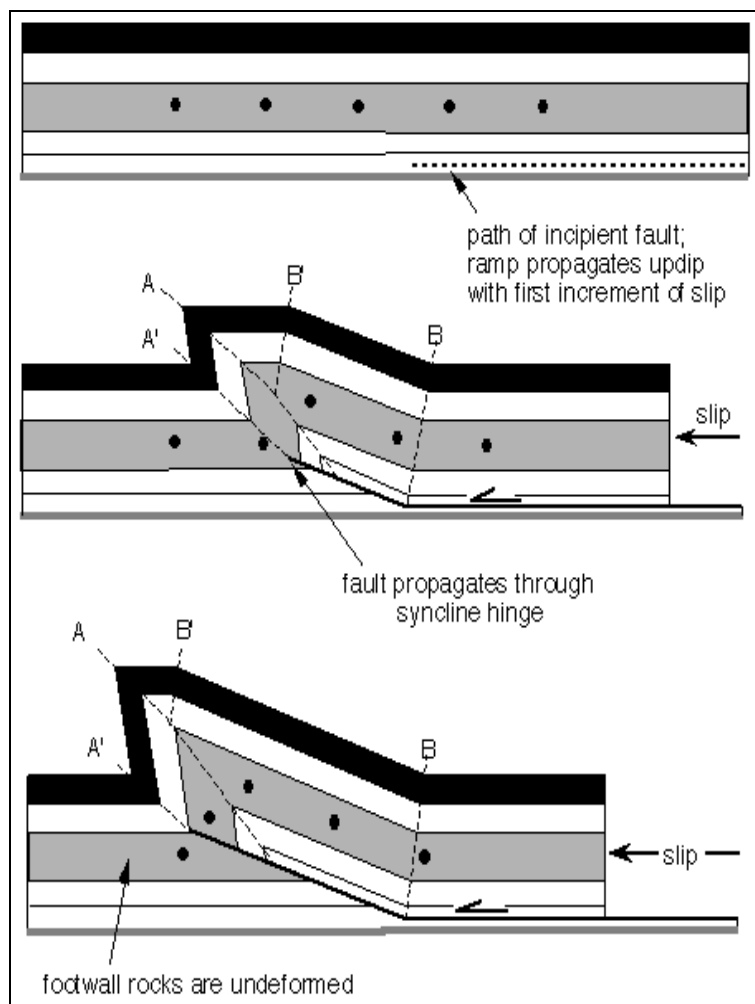


Σχήμα 2.3 Απεικόνιση των ειδών πτυχών αποκόλλησης που σχετίζονται με το μέγεθος της σύγκρισης, της ασυμμετρίας, της ρηγματώσης καθώς και με την ύπαρξη πολλαπλών αποσπάσεων - αποκολλήσεων" (Shankar & Mitra, 2003)

2.1.2 Πτυχές προχώρησης (Fault propagation fold)

Πτυχές προχώρησης ρήγματος ονομάζονται οι πτυχές που σχηματίζονται κατά τη προχώρηση της εφίπλευσης πάνω σε κεκλιμένη επιφάνεια μέσα στα υποκείμενα अपαραμόρφωτα στρώματα (McClay 1991)

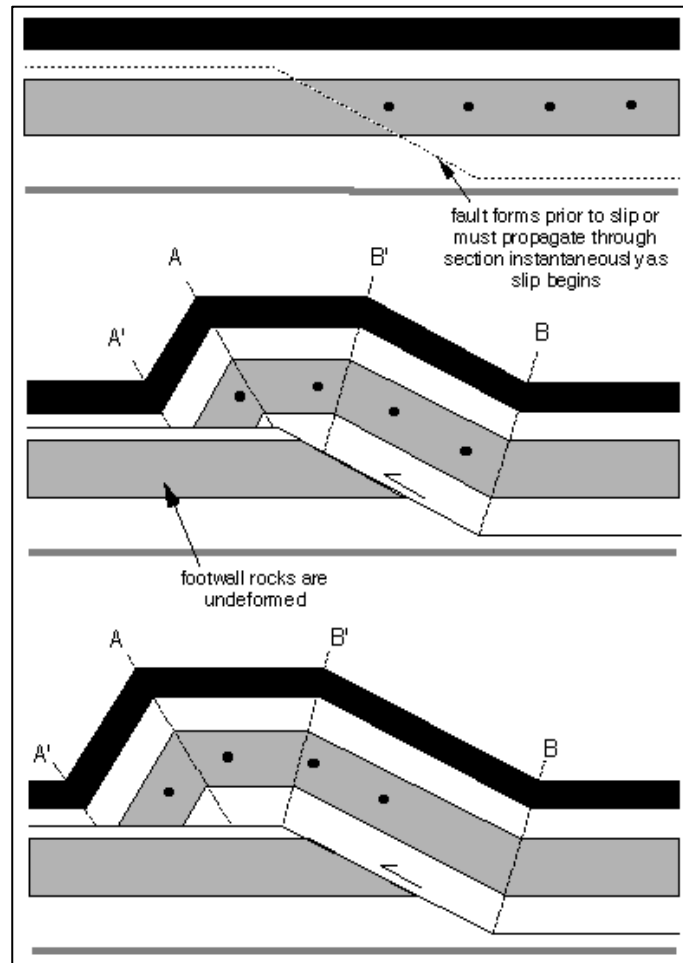
Στο σχήμα 2.4 απεικονίζεται η εξέλιξη μίας πτυχής προχώρησης από μια αρχική ζώνη αποκόλλησης αντί του σχηματισμού πτυχών αποκόλλησης εξαιτίας της κάμψης προς τα πάνω της βασικής εφίπλευσης.



Σχήμα 2.4 Η εξέλιξη μίας πτυχής προχώρησης η οποία αναπτύσσεται πάνω σε ένα προϋπάρχον ρηξιγενές τμήμα (after Suppe, 1985).

2.1.3. Πτυχές κάμψης ρήγματος (Fault-bend fold)

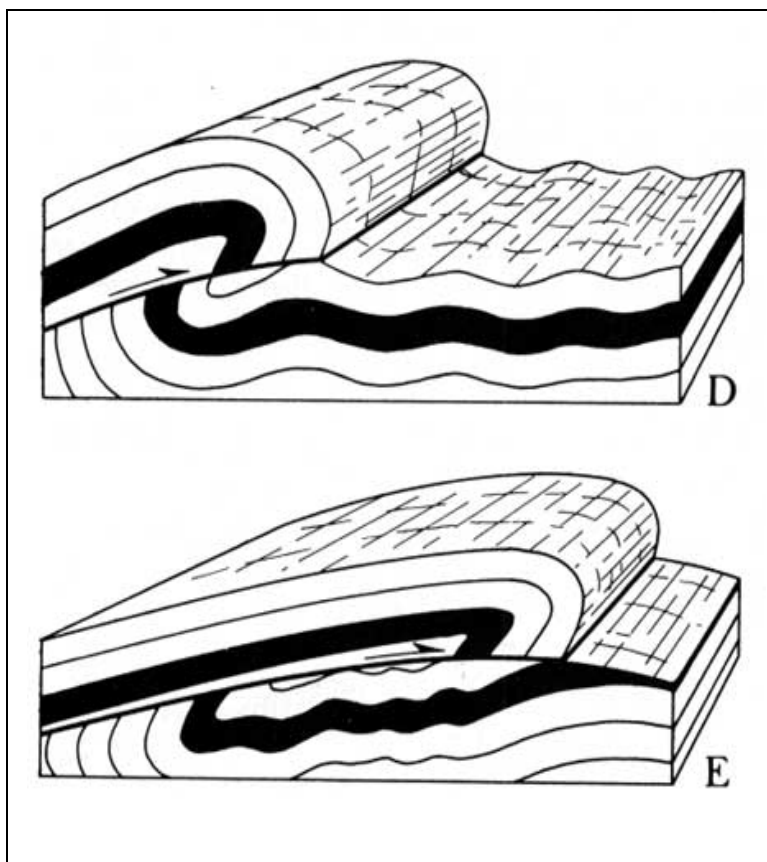
Οι πτυχές κάμψης ρήγματος σχηματίζονται από την κίνηση της εφίππευσης πάνω σε κεκλιμένη επιφάνεια (McClay, 1991)
Αυτό συμβαίνει σε θέσεις όπου η εφίππευση ανέρχεται μέσω ενός κεκλιμένου επιπέδου (ράμπας) προς ανώτερους ορίζοντες.



Σχήμα 2.5 Σταδιακή ανάπτυξη μίας πτυχής-κάμψης ρήγματος πάνω από σε μία ρηξιγενή ράμπα. Οι μαύρες κουκίδες λειτουργούν ως σημεία αναφοράς για την περιγραφή της κίνησης των σημείων στις διαφορετικές θέσεις πτύχωσης (Suppe, 1983).

2.1.4. Ανάστροφα Ρήγματα-Εφιππεύσεις.

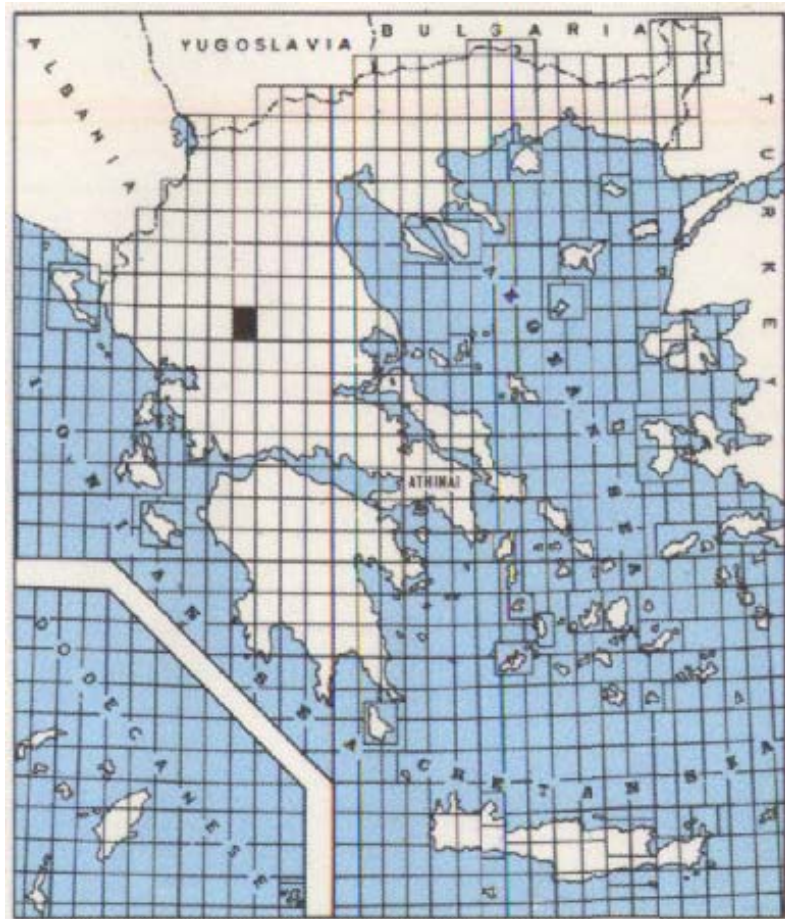
Είναι αποτέλεσμα ισχυρής ημιτονοειδούς κάμψης της πτυχής κατά τη διάρκεια της σμίκρυνσης. Η πετρογραφική ακολουθία αποκολλάται από τις ρίζες της, μετακινείται και τοποθετείται επάνω σε κάποια άλλη. Επομένως, οι νόμοι της στρωματογραφίας σε αυτή τη περίπτωση παύουν να ισχύουν.



Σχήμα 2.6 Η εξέλιξη ανάστροφου ρήγματος σε οριζόντιους σχηματισμούς. Η συγκέντρωση πίεσης προκάλεσε το σπάσιμο των σχηματισμών και τη μετακίνησή τους (<http://www.nps.gov>).

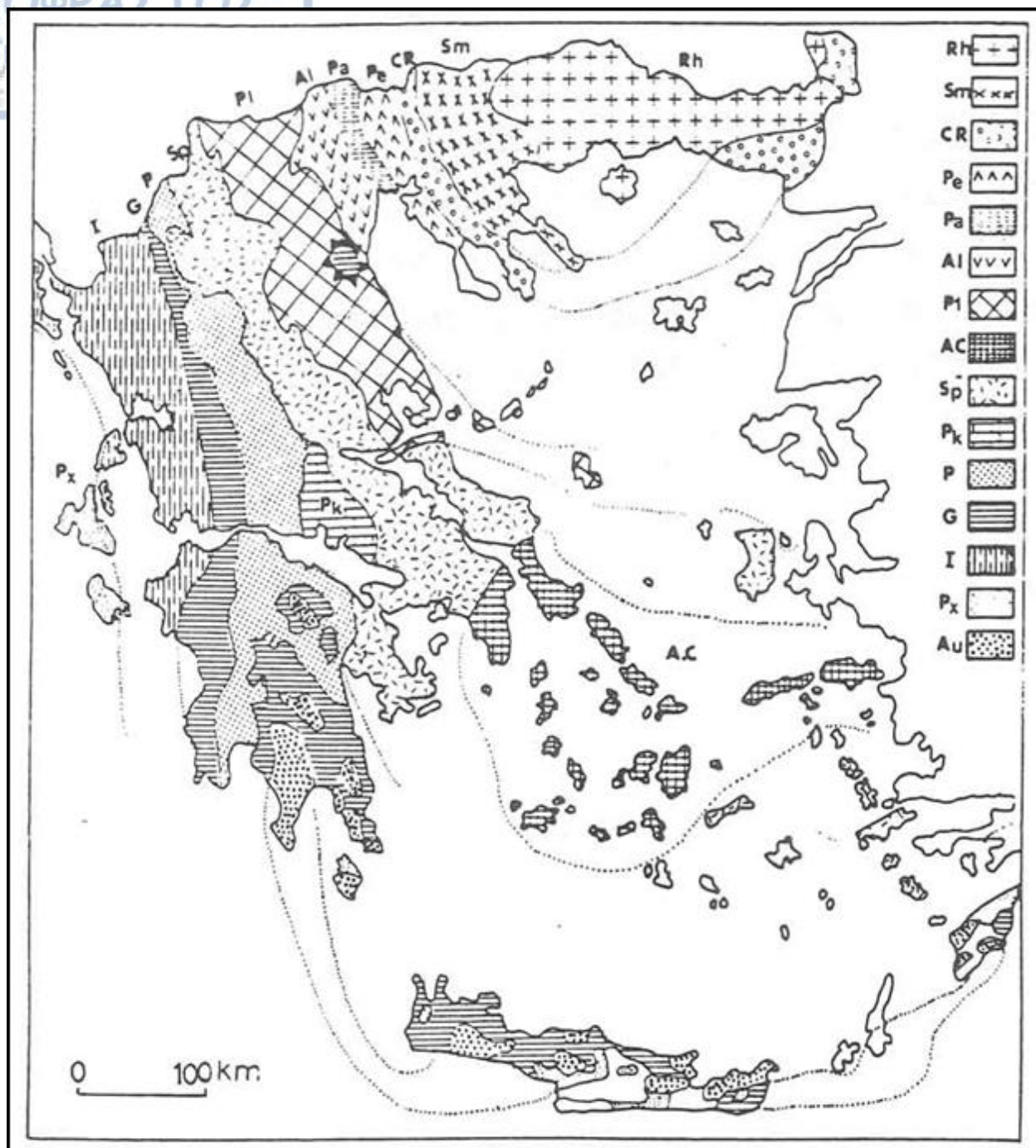
3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή μελέτης μας στο σύνολό της ανήκει στη ζώνη Ωλονού – Πίνδου και πιο συγκεκριμένα εντοπίζεται κατά μήκος της οροσειράς της Νότιας Πίνδου.



Σχήμα 3.1 Απεικόνιση περιοχής μελέτης (ΙΓΜΕ)

Η ζώνη αυτή θεωρήθηκε σαν η πιο βαθιά Ελληνική αύλακα ανάμεσα στα υβώματα Πελαγονικής προς τα ανατολικά και Γαβρόβρου προς τα δυτικά. Συνήθως αναφέρεται σαν το Ελληνικό Ευγεωσύγκλινο κατά τη διάρκεια του Μεσοζωικού.



Σχήμα 3.2 Η γεωτεκτονική διαίρεση του Ελληνικού χώρου στις Ελληνίδες ζώνες (I=Ιόνιος ζώνη, G= ζώνη Γαβρόβου, P=Ζώνη Πίνδου) (από Μουντράκης 1985)

Η ζώνη της Πίνδου διαιρέθηκε από τον Aubouin (1959) σε τρεις παλαιογεωγραφικές υποζώνες :

- Την ανατολική πλευρά της αύλακας που ονομάστηκε Υπερπινδική υποζώνη, με ιζήματα μεταβατικά μεταξύ της ζώνης Πίνδου και της Υποπελαγονικής ζώνης. Η υποζώνη αυτή συγκροτείται από δύο ενότητες πετρωμάτων ,του βουνού Κόζιακας και Θυμιανών.
- Την αξονική υποζώνη με ιζήματα πιο βαθιάς θάλασσας
- Την δυτική πλευρά μεταβατική προς το ύβωμα Γαβρόβου – Τριπόλεως που λέγεται και Εξωτερική Πίνδος.

Ο αρχικός καθορισμός της Υπερπινδικής υποζώνης σαν παλαιογεωγραφικός χώρος της αύλακας της Πίνδου και της Υποπελαγονικής κατωφέρειας αποκτά ιδιαίτερη σημασία με τις νεώτερες αντιλήψεις για την νεοτεκτονική εξέλιξη των Ελληνίδων σύμφωνα με τις οποίες οι ζώνες Πίνδου και Υποπελαγονική αντιπροσωπεύουν έναν παλιό κοινό ωκεάνιο χώρο που βρισκόταν δυτικά της Πελαγονικής και σχετιζόταν με την Νέο-Τηθύ. Η παρουσία των οφειολίθων στην ενότητα του Κόζιακα της υπερπινδικής υποζώνης, καθώς βέβαια και το χαρακτηριστικό κοινό γνώρισμα των δύο ζωνών Πίνδου και Υποπελαγονικής που είναι η μεγάλη παρουσία της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης, στηρίζουν την άποψη αυτή.

3.1 Η Λιθοστρωματογραφία της ζώνης της Πίνδου

3.1.1 Η Λιθοστρωματογραφική εξέλιξη της ζώνης

Στη ζώνη Ωλονού - Πίνδου δεν έχει βρεθεί προαλπικό υπόβαθρο και γενικότερα τα πρώτα αλπικά ιζήματα σε όλη την έκταση της ζώνης είναι δολομίτες και ασβεστόλιθοι του Μέσου –Τριαδικού. Σε ορισμένες περιοχές έχουν καταγραφεί κάτω από τους δολομίτες και τους ασβεστόλιθους μερικές κλαστικές ιζηματογενείς σειρές που

αποτελούνται κυρίως από ψαμμίτες με ασβεστολιθικές παρεμβολές. Ομοίως, η ηλικία αυτών των ιζημάτων είναι Μεσοτριάδικη.

Από το Άνω Τριάδικό αρχίζουν οι πελαγικοί πλακώδεις ασβεστόλιθοι με παρεμβολές κερατόλιθων, ηφαιστειοϊζη-ματογενών και αργιλοψαμμιτικών υλικών. Οι ασβεστόλιθοι του Άνω Τριάδικού εμφανίζονται σε ορισμένες περιοχές με τη φάση του Ammonitico Rosso.

Σε όλη τη διάρκεια του Ιουρασικού είχαμε τη συνεχή απόθεση ιζημάτων βαθιάς θάλασσας δηλαδή κερατόλιθους, ραδιο-λαρίτες, αργίλους, ψαμμίτες, πελαγικούς πυριτικούς ασβεστόλιθους και ιάσπιδες που συνιστούν στην Ελληνική βιβλιογραφία την **σχιστοκερατολιθική διάπλαση** με τα εντυπωσιακά κοκκινοπράσινα χρώματά της. Το πάχος αυτής της διάπλασης υπολογίζεται σε 150-200 μ.

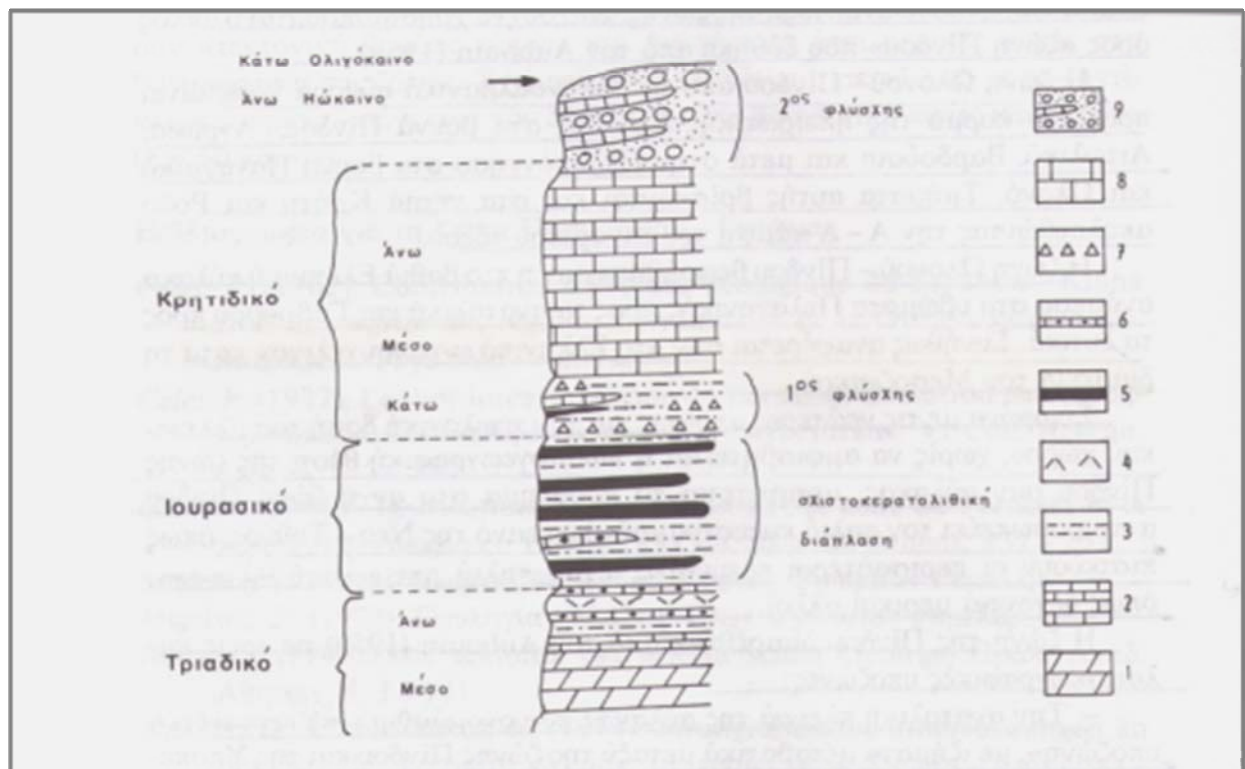
Αυτή η διάπλαση προς τα πάνω εξελίσσεται σε μία σειρά ρυθμικών εναλλαγών από πελίτες, ψαμμίτες, μάργες, μικρολατυποπαγή, ραδιολαρίτες, πελαγικούς ασβεστόλιθους, που θυμίζουν συμπεριφορά φλύσχη. Αυτή η ανώτερη σειρά είναι ηλικίας Κάτω Κρητιδικού και αναφέρεται στη βιβλιογραφία με το όνομα **πρώτος φλύσξης της Πίνδου**, παρ' όλο που ο χαρακτηρισμός της σαν φλύσχη αμφισβητείται από πολλούς ερευνητές.

Η ιζηματογένεση συνεχίστηκε στο Άνω Κρητιδικό χωρίς καμία διακοπή, χωρίς καμία ασυμφωνία, με την απόθεση πελαγικών ασβεστόλιθων, με ενστρώσεις πυριτικές και συνολικό πάχος 500μ.

Από τα τέλη του Κρητιδικού (Μαιστρίχτιο - Δάνιο) η ιζηματο-γένεση τροποποιείται, γίνεται περισσότερο ασβεστομαργαϊκή μεταβατική προς τον φλύσχη, η απόθεση του οποίου από το Δάνιο συνεχίζεται στο Τριτογενές μέχρι και το Άνω Ηώκαινο – Κάτω Ολιγόκαινο. Ο τριτογενής αυτός φλύσξης ονομάζεται και **Δεύτερος Φλύσξης της Πίνδου** για διάκριση από τον Κάτω -Κρητιδικό **Πρώτο Φλύσχη**. Είναι ο κύριος και πιο αντιπροσωπευτικός φλύσξης του Ελληνικού χώρου με ρυθμικές εναλλαγές κροκαλοπαγών, ψαμμιτών, μαργών και ασβεστολίθων.

Χαρακτηριστικό του φλύσχη της Πίνδου είναι τα πτυχωμένα στρώματά του, ηλικίας Ανωτέρου Ηωκαίνου, που παρουσιάζονται σε πολλές θέσεις, όπως στη περιοχή μελέτης μας, ενώ πάνω σε αυτά επικάθονται με ασυμφωνία μολассικά ιζήματα της Μεσοελληνικής Αύλακας ηλικίας Ολιγοκαίνου.

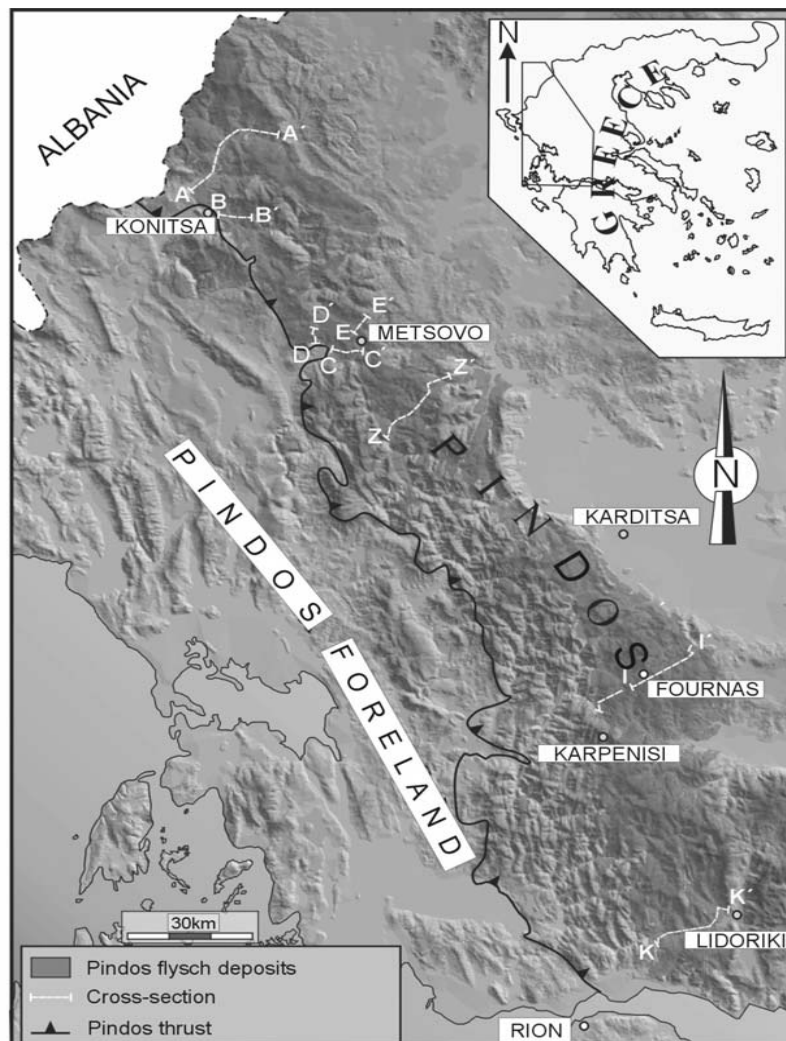
3.1.2 Λιθοστρωματογραφική Στήλη της ζώνης της Πίνδου



Σχήμα 3.3 Σχηματική λιθοστρωματογραφική στήλη, αντιπροσωπευτική της ζώνης Ωλονού – Πίνδου (Μουντράκης 1985) :

1. Δολομίτες
2. Πλακώδεις ασβεστόλιθοι
3. Αργιλοψαμμίτες
4. Ηφαιστειοϊζηματογενή υλικά
5. Κερατόλιθοι
6. Ασβεστόλιθοι με πυριτικές ενστρώσεις
7. Λατυποπαγή
8. Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι
9. Σχηματισμός φλύσχη

4. ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ ΤΗΣ ΠΙΝΔΟΥ



Σχήμα 4.1. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους της Ηπείρου

Τα στρώματα της ζώνης Ωλονού – Πίνδου αναδύθηκαν με την τελική φάση πτυχώσεων που ήταν η Ελβετική φάση στο Κάτω Ολιγόκαινο ή η Πυρηναϊκή φάση στο Πριαμπόνιο του Ηωκαίνου.

Ανεξάρτητα από το πότε ακριβώς εκδηλώθηκε η πύχωση, είναι γεγονός ότι ήταν η μοναδική φάση που έπληξε την ζώνη. Δεν επέδρασαν δηλαδή πρώιμες ορογενετικές φάσεις όπως στις εσωτερικές ζώνες.

Με τη μοναδική αυτή φάση πτυχώσεων έγινε προς τα δυτικά επώθηση της ζώνης Ωλονού – Πίνδου υπό μορφή καλύμματος πάνω στις



δυτικότερες Εξωτερικές Ελληνίδες και ταυτόχρονα η λεπίωση των στρωμάτων της.

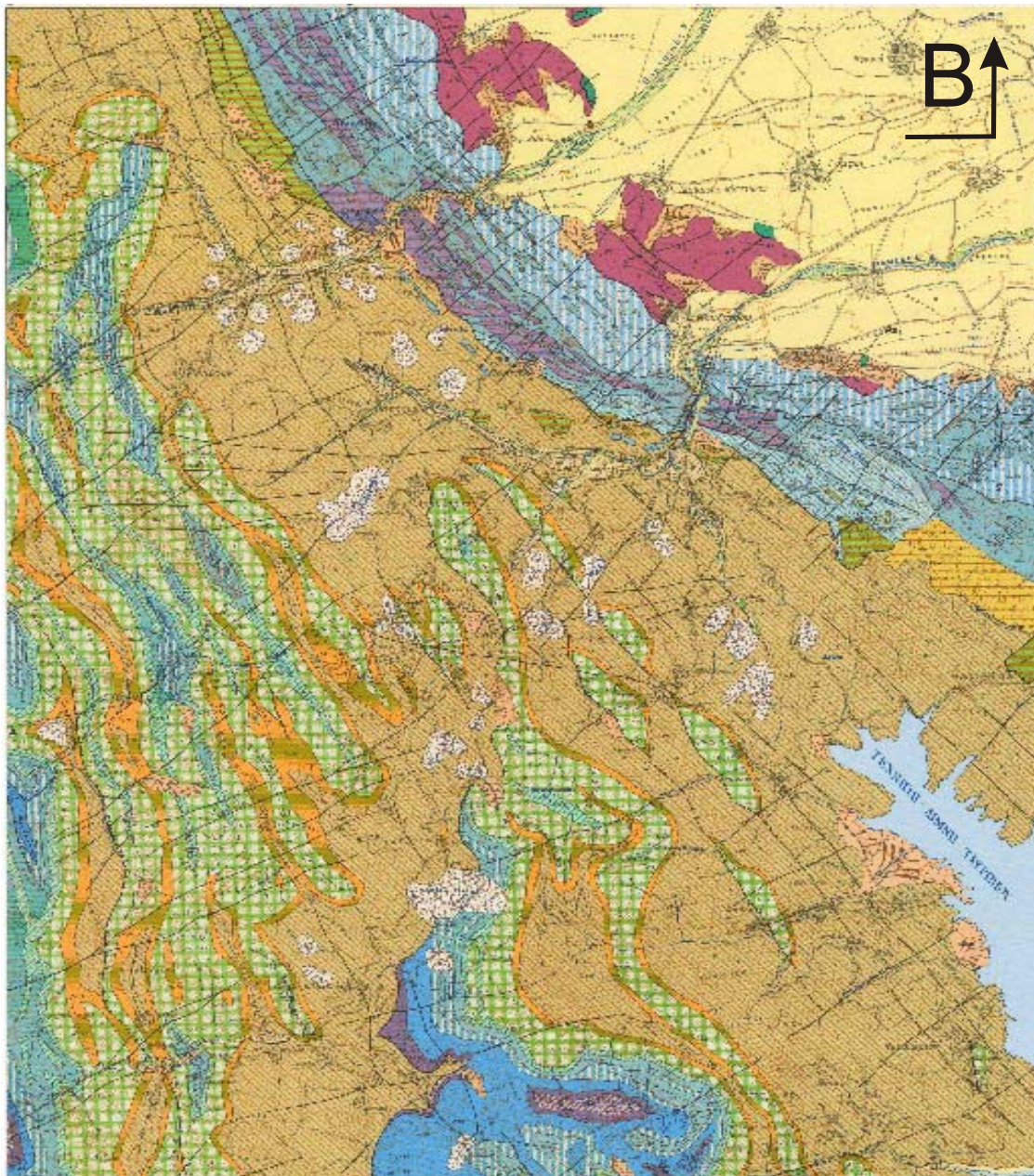
Η εφίππευση αυτή σε ορισμένες θέσεις υπολογίζεται ότι ξεπέρασε τα 100 χλμ. Σε μερικές περιοχές, όπως π.χ. στα Αθαμανικά Όρη (Τζουμέρκα) και στη Βόρεια Πίνδο, το επωθημένο τεκτονικό κάλυμμα της Πίνδου υπερκάλυψε τη ζώνη Γαβρόβου – Τριπόλεως και εμφανίζεται τοποθετημένο τεκτονικά απ' ευθείας πάνω στην Αδριατικοϊόνιο ζώνη ενώ η ζώνη Γαβρόβου – Τριπόλεως δεν εμφανίζεται καθόλου.

Τα τεκτονικά λείπια της Πίνδου εμφανίζονται επωθημένα το ένα πάνω στο άλλο, με κατεύθυνση από τα ανατολικά προς τα δυτικά και δημιουργούν συνεχείς επαναλήψεις των στρωμάτων της ζώνης και πολλές φορές αυξάνουν το στρωματογραφικό τους πάχος. Μία συνεχής σειρά από αλληπάλληλα τέτοια λείπια, με γενική διεύθυνση Β-Ν ως ΒΒΔ–ΝΝΑ και κλίση γενικά προς Α γίνεται εύκολα αντιληπτή από την ανάγνωση των γεωλογικών χαρτών. Κατά τη διάρκεια της ορογενετικής αυτής φάσης δημιουργήθηκε σε όλη την έκταση της ζώνης ένας μεγάλος αριθμός εγκαρσίων ρηγμάτων οριζόντιας μετατόπισης τα οποία διακόπτουν την επιμήκη συνέχεια των λεπίων.

Πάνω στα στρώματα της ζώνης Πίνδου βρίσκονται επωθημένες Οφειολιθικές μάζες, η τοποθέτηση των οποίων ήταν και παραμένει βασικό γεωλογικό πρόβλημα που συνδέεται με την παλιά θέση της Τηθύος. Προέρχονται δηλαδή οι οφειόλιθοι από ένα κατεστραμμένο ωκεάνιο φλοιό που βρισκόταν μεταξύ Πίνδου και Υποπελαγονικής ή προέρχονται από πιο ανατολικά από τη ζώνη Αξιού; Το πιθανότερο και πιο αποδεκτό είναι ότι προέρχονται από τον δυτικό ωκεάνιο χώρο της Υποπελαγονικής και επωθήθηκαν πάνω στον φλύσχη της Πίνδου κατά τη διάρκεια της τελικής Τριτογενούς πτύχωσης, μετά φυσικά τη λήξη της ιζηματογένεσης του φλύσχη.

5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Για την ευρύτερη περιοχή μελέτης η οποία εντοπίζεται ΝΔ του χωριού Μουζάκι κατασκευάστηκε από τον γεωλογικό χάρτη φύλλο Μουζάκι, κλίμακας 1:50.000 (ΙΓΜΕ 1993) οι γεωλογικές τομές σε κλίμακα 1:50. με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος CoreDraw1, έτσι ώστε να γίνει καλύτερα αντιληπτή η γεωλογική δομή της περιοχής και ευκολότερη η κατανόησή της.



Σχήμα 5.1 Γεωλογικός Χάρτης Φύλλο Μουζάκι (ΙΓΜΕ) ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50.000

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που χαρτογραφήθηκαν σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη Μουζάκι είναι συνοπτικά οι παρακάτω:

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΙΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ

- **Ζώνες ερπυσμού και κατολισθήσεων:** Απαντούν κυρίως στο φλύσχη ελεγχόμενες μερικώς και από τη τεκτονική. Αποτελούν το κατ' εξοχήν πρόβλημα των περισσότερων οικισμών της περιοχής.
- **Αλλουβιακές αποθέσεις:** σύγχρονες προσχώσεις λεκανών και ποτάμιας αποθέσεις. Αποτελούνται από υλικά ποικίλου μεγέθους και λιθολογικής σύστασης, κυρίως από ασβεστόλιθους και πυριτικές κροκάλες, άμμους και αργίλους.
- **Αποθέσεις στις κοίτες των ποταμών:** αδρομερή υλικά από κροκαλολατύπες και άμμους.
- **Ποτάμια αναβαθμίδες:** αδρομερή υλικά από άμμους και κροκαλολατύπες. Το πάχος των αναβαθμίδων φθάνουν μέχρι τα 4 μ. από την κοίτη των ποταμών.
- **Κορήματα και κώνοι κορημάτων:** λατύπες ποικίλου μεγέθους κυρίως ασβεστολιθικής σύστασης. Τα πλευρικά κορήματα παρουσιάζουν μεγάλη έκταση και πάχος ως επί το πλείστον κοντά σε τεκτονικές επιφάνειες. Κατά θέσεις, στις ορεινές περιοχές, οι λατύπες των κορημάτων είναι ελαφρά αποστρογγυλωμένες και κατά πιθανότατα πρόκειται για αποθέσεις λιθώνων παγετώνων.

ΜΟΛΑΣΣΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΕΣΟΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΥΛΑΚΑΣ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ

Μολάσσα Φανουρίου: αποτελείται από εναλλαγές μαργών, μαργαϊκών ψαμμιτών, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών με φακοειδείς παρεμβολές κροκαλοπαγών και ψαμμιτικών ολισθολίθων. Η μολάσσα τελειώνει με εναλλαγές στρωμάτων λεπτόκοκκων έως αδρόκοκκων ψαμμιτών, με φακούς ψαμμιτικών κροκαλοπαγών – κροκαλοπαγών.

ΖΩΝΗ ΠΙΝΔΟΥ ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ-ΗΩΚΑΙΝΟ

- ♦ **Κλαστικός σχηματισμός** (Μέσο – Ανώτερο Τριαδικό): είναι στρωματογραφικά ο παλαιότερος σχηματισμός της ζώνης αυτής και βρίσκεται στη βάση λεπίων και στον πυρήνα αντικλινικών δομών. Αποτελείται από εναλλαγές στρωμάτων μαργαϊκών ασβεστολίθων, ιλυολίθων, λεπτόκοκκων ψαμμιτών με Halobia και πάγκους, σκοτεινόχρωμων αδρόκοκκων ψαμμιτών. Κατά θέσεις στους ψαμμιτικούς ορίζοντες παρατηρούνται παρεμβολές πλακωδών ασβεστολίθων καθώς και ασβεστολιθικών φακών. Πάχος ορατό: μέχρι και 60 μ.
- ♦ **Ασβεστόλιθοι** (Ανώτερο Τριαδικό): πλακώδεις έως λεπτοπλακώδεις, τεφροί, μικριτικοί έως σπαριτικοί με Halobia και Filaments. Είναι γενικά πολυπτυχωμένοι και περιέχουν κονδύλους και ενστρώσεις πυριτολίθων και αργυλοπυριτικού υλικού μαύρου και πράσινου χρώματος. Η έντονη πτυχογόνος τεκτονική δεν επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό του πάχους τους οποίο εκτιμάται 100 μέτρα περίπου.
- ♦ **Ασβεστόλιθοι και κερατόλιθοι**: τα κατώτερα μέλη της σειράς αυτής αποτελούνται από ερυθρούς πλακώδεις λεπτόκοκκους ασβεστόλιθους με ενστρώσεις και κονδύλους ερυθρών κερατολίθων που κατά θέσεις, επικρατούν δημιουργώντας ορίζοντες πάχους μέχρι και 20 μέτρα. Προς τα πάνω οι ασβεστόλιθοι γίνονται μαργαϊκοί με χρώμα σταχτί ανοιχτό μέχρι λευκό, ενώ οι κερατολιθικές ενστρώσεις ελαττώνονται σημαντικά. Τα ανώτερα μέλη αποτελούνται από εναλλαγές αργιλομαργαϊκών σχιστολίθων και μαργαϊκών ασβεστολίθων που παρά το μικρό τους συνολικά πάχος (περίπου 15 μέτρα) αποτελούν χαρακτηριστικό λιθοστρωματογραφικό ορίζοντα της ζώνης της Πίνδου. Οι αργιλομαργαϊκοί σχιστόλιθοι είναι πράσινοι ενώ οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι είναι τεφροί. Πάχος : 100-120 m.

- ♦ **Κερατόλιθοι**: πυριτικός σχηματισμός σε στρώματα κυρίως λεπτά με μικρού πάχους ενστρώσεις ιλυολίθων και λατυποπαγών ασβεστολίθων. Η κερατολιθική σειρά μπορεί να χωριστεί σε τρία μέλη :

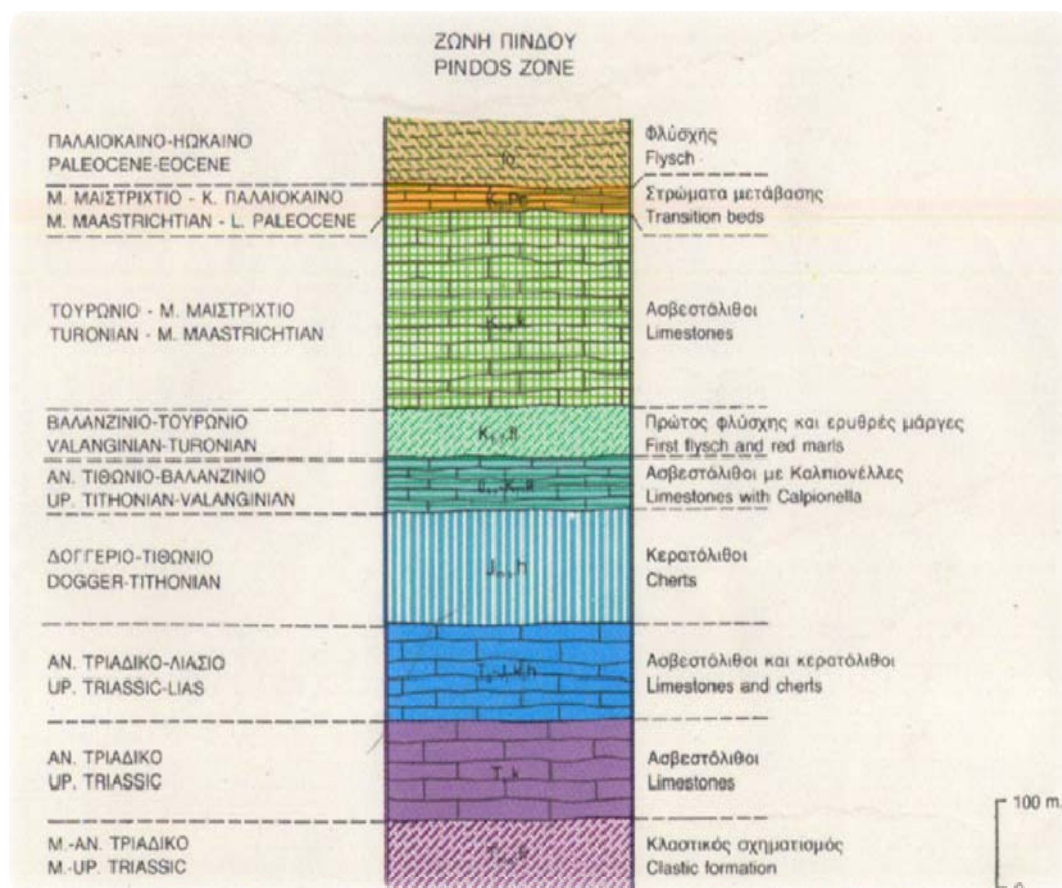
- Στα ανώτερα επικρατούν οι ερυθροί κερατόλιθοι
- Στα μέσα οι πολύχρωμη κερατόλιθοι (πράσινοι, καστανοί, ερυθροί και μαύροι).
- Στα κατώτερα οι ερυθροί σφαιροειδείς κερατόλιθοι. Οι ιλυόλιθοι είναι ερυθρού και πράσινου χρώματος και εναλλάσσονται με ασβεστολίθους και μαργαϊκούς πλακώδεις ασβεστόλιθους χρώματος καστανού.

Πάχος: μέχρι 120 μ.

- ♦ **Ασβεστόλιθοι με Καλπιονέλλες**: πλακώδεις μικριτικοί ασβεστόλιθοι, χρώματος ερυθρού, κιτρινοπράσινου και σπανιότερα λευκού μέσα στους οποίους απαντούν ενστρώσεις και κόνδυλοι ερυθροπράσινων κερατολίθων καθώς και εδιαστρώσεις αργιλικών σχιστολίθων. Στα ανώτερα μέλη, οι ασβεστόλιθοι είναι ερυθροί με λίγες λεπτές ενστρώσεις κερατολίθων.
- ♦ **Πρώτος φλύσσης και ερυθρές μάργες με Ακτινόζωα** : αποτελείται κυρίως από μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, ερυθρές μάργες και ψαμμίτες. Προς τα ανώτερα στρωματογραφικά μέλη, επικρατούν πράσινοι και ερυθροί ψαμμίτες, σε πάγκους των οποίων το πάχος φθάνει και το ένα μέτρο περίπου, καθώς και πολύμικτα μικροκροκαλολατυποπαγή.
- ♦ **Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι** : πλακώδεις, με κονδύλους και ενστρώσεις λευκών ερυθρών και μαύρων στα κατώτερα μέλη πυριτολίθων καθώς και λεπτές ενστρώσεις ερυθρών και πράσινων, αργιλικών σχιστολίθων και μαργών. Κατά θέσεις μέσα σ' αυτούς απαντούν στρώματα κλαστικών κρυσταλλικών ασβεστολίθων. Οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι αναπτύσσονται σε στρώματα και παρουσιάζουν κελυφοειδή θραύση, το δε χρώμα τους είναι λευκό, τεφρόλευκο, πρασινωπό και στη βάση ερυθρό.

♦ **Στρώματα μετάβασης** : αποτελούν το πέρασμα των ανωκρητιδικών ασβεστολίθων προς το φλύσχη. Πρόκειται για εναλλαγές πλακωδών ασβεστολίθων με ψαμμίτες και αργιλικούς σχιστόλιθους. Οι ψαμμίτες υπερτερούν στα ανώτερα μέλη.

♦ **Φλύσχη** : αποτελείται από εναλλαγές ψαμμιτών, ασβεστικών ψαμμιτών και αργιλικών σχιστολίθων, με φακοειδείς ενστρώσεις κροκαλοπαγών, ποικίλης λιθολογικής σύστασης και πάχους. Στη βάση τους, οι ψαμμίτες είναι αδρόκοκκοι, συμπαγείς, χωρίς παρεμβολές αργιλικών σχιστολίθων και σχηματίζουν πάγκους μέχρι και 2 m πάχος. Το πάχος του φλύσχη είναι αδύνατο να υπολογιστεί με ακρίβεια λόγω της έντονης τεκτονικής του, κατά θέσεις όμως αυτό ξεπερνάει τα 1000 m.



Σχήμα 5.2 Συνοπτική στρωματογραφική στήλη της Πίνδου (Φύλλο Μουζάκι, ΓΓΜΕ 1993)

ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΟΖΙΑΚΑ

Η Ενότητα Κόζιακα είναι επωθημένη επάνω στο φλύσχη της Πίνδου και διακρίνεται σε δύο σειρές σχηματισμών: Την Ανατολική και τη Δυτική που βρίσκονται σε τεκτονική (επιπνευτική) μεταξύ τους θέση.

- ♦ **Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι (θυμίαμα) και ιζήματα φλύσχη:** απαντούν στη δυτική σειρά σχηματισμών, υπερκείμενοι κανονικά της ανώτερης κλαστικής σειράς. Πρόκειται για πλακώδεις ασβεστόλιθους με κονδύλους κερατολίθων και ενστρώσεις ερυθρών πηλιτών προς τα ανώτερα μέλη.

Κατά θέσεις μεταπίπτουν σε συμπαγείς βιοκλαστικούς ασβεστολίθους νηριτικής φάσης με κομμάτια ηφαιστειακών, κερατολιθικών και άλλων πετρωμάτων. Τα ιζήματα φλύσχη, είναι η προς τα επάνω εξέλιξη των ασβεστολίθων και αποτελούνται από εναλλαγές, κυρίως ψαμμιτών και ερυθρών πηλιτών.

Ηλικία : Παλαιόκαινο.

Συνολικό Πάχος Ασβεστολίθων : 100 m.

- ♦ **Ανώτερη Σειρά Κλαστικών Σχηματισμών (Βοιωτιτικός Φύσσης)** : Εμφανίζεται στη δυτική σειρά σχηματισμών και υπέρκειται κανονικά των ασβεστολίθων. Στη βάση της αρχίζει με κροκαλολατυποπαγές από οφιολιθικές κροκάλες και λατύπες, μέσα στο οποίο απαντούν φακοειδείς ενστρώσεις μικρολατυποπαγών με ανθρακικό συγκολλητικό υλικό. Προς τα πάνω , περνά σε εναλλαγές μικροκροκαλοπαγών , ψαμμιτών, ασβεστολίθων και αργιλικών σχιστολίθων.

Ηλικία : Αν. Άλβιο – Κενομάνιο.

Συνολικό Πάχος : 120 m.

- ♦ **Οφιολιθικά κροκαλολατυποπαγή:** Αναγνωρίστηκαν, σε περιορισμένη έκταση και μικρό πάχος ΒΔ του Μουζακίου, υπερκείμενα ασύμφωνα των αργυλοπυριτικών σχηματισμών της ανατολικής σειράς. Τα κροκαλολατυποπαγή είναι όμοια με αυτά που απαντούν στη βάση της ανώτερης σειράς κλαστικών σχηματισμών του δυτικού Κόζιακα.

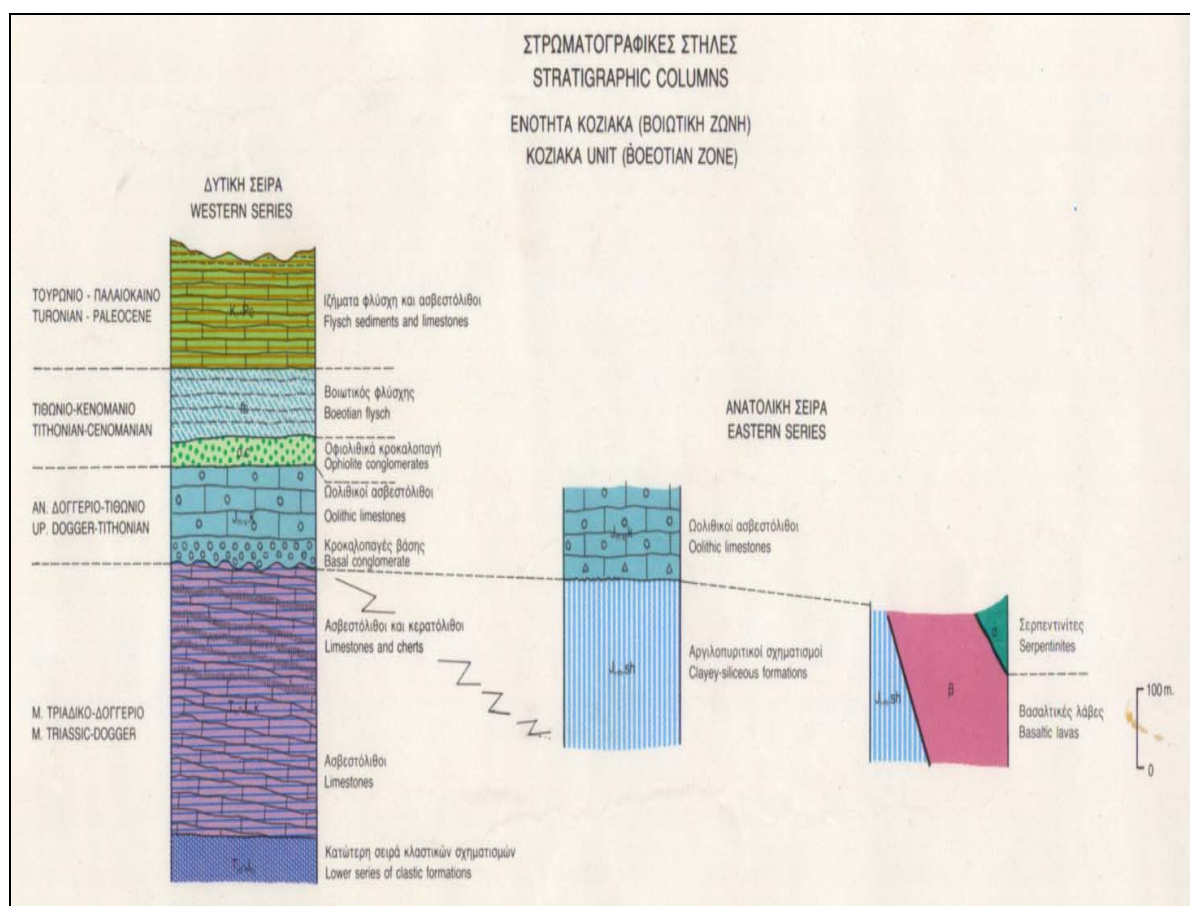
- ♦ **Επικλυσιογενείς οολιθικοί ασβεστόλιθοι:** Συμπαγείς, κατά θέσεις κλαστικοί και έντονα καρστικοποιημένοι. Στη βάση τους εμφανίζονται κροκαλολατυποπαγές που αποτελείται από κροκάλες και λατύπες κυρίως ασβεστολιθικές.

Πάχος : 120 μ.

Ηλικία : Αν. Δογγέριο-Μάλμιο

- ♦ **Αργιλοπυριτικοί σχηματισμοί :** Απαντούν μόνο στην ανατολική σειρά και αποτελούνται από εναλλαγές κερατολίθων και ερυθρών αργιλικών σχιστολίθων. Προς τα ανατολικά υπερτερούν οι κερατόλιθοι (πλευρική μετάβαση).
- ♦ **Οφιολιθικοί σχηματισμοί. Λάβες κυρίως Βασαλτικές.** (β): ροές, μαξιλαροειδείς και φλέβες), εμφανίζονται στα ανατολικά περιθώρια του Κόζιακα προς τον Θεσσαλικό κάμπο. Στην ευρύτερη περιοχή , απαντούν υπερβασικά πετρώματα (σ) που είναι σερπεντινίτες και σερπεντιωμένοι χαρτζβουργίτες, τεκτονικά υπερκείμενοι των λαβών.
- ♦ **Ανθρακικοί κυρίως σχηματισμοί :** Απαντούν μόνο στη δυτικοί σειρά και διακρίνονται, από κάτω προς τα πάνω, σε δύο μέρη: (α) Ασβεστόλιθοι : λεπτοπλακώδεις έως μεσοπλακώδεις, κατά θέσεις κρυσταλλικοί. Μέσα σ' αυτούς απαντούν στρώσεις. Μικρού πάχους αργιλικών σχιστολίθων, πηλितών και κερατολίθων, (β) Ασβεστόλιθοι και κερατόλιθοι : εναλλαγές κερατολίθων και λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων. Προς τα ανώτερα μέλη οι λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν και ενστρώσεις μεσο-πλακωδών ασβεστολίθων και υπερτερούν των κερατολίθων. Προς τα πάνω, η όλη σειρά εξελίσσεται σε ασβεστόλιθους , με ενστρώσεις ψαμμιτών, αργιλομαργαϊκών σχιστολίθων και λιγότερο κερατολίθων.
- ♦ **Κατώτερη σειρά κλαστικών σχηματισμών:** αποτελεί τους χαμηλότερους στρωματογραφικά ορίζοντες της δυτικής σειράς. Πρόκειται για ελαφρά μεταμορφωμένα κλαστικούς κυρίως, σχηματισμούς, που αποσφηνώνονται σύντομα, εξ αιτίας της προώθησης του Κόζιακα επάνω στο φλύσχη της Πίνδου.

Αποτελούνται από εναλλαγές αργιλικών και ασβεστιτικών σχιστολίθων, μεταπηλιτών και μεταψαμμιτών. Μέσα σ' αυτούς υπάρχουν μικροεντρώσεις και φακοειδείς παρεμβολές (πάχους μέχρι και 0,5 μ) ασβεστολίθων, κατά θέσεις κλαστικών, και κερατολίθων. Οι ασβεστολιθικές ενστρώσεις γίνονται περισσότερες και παχύτερες προς τα ανώτερα μέλη, όπου και επικρατούν μαζί με τους ασβεστιτικούς σχιστόλιθους. Μέγιστο πάχος μέχρι 70 μ.



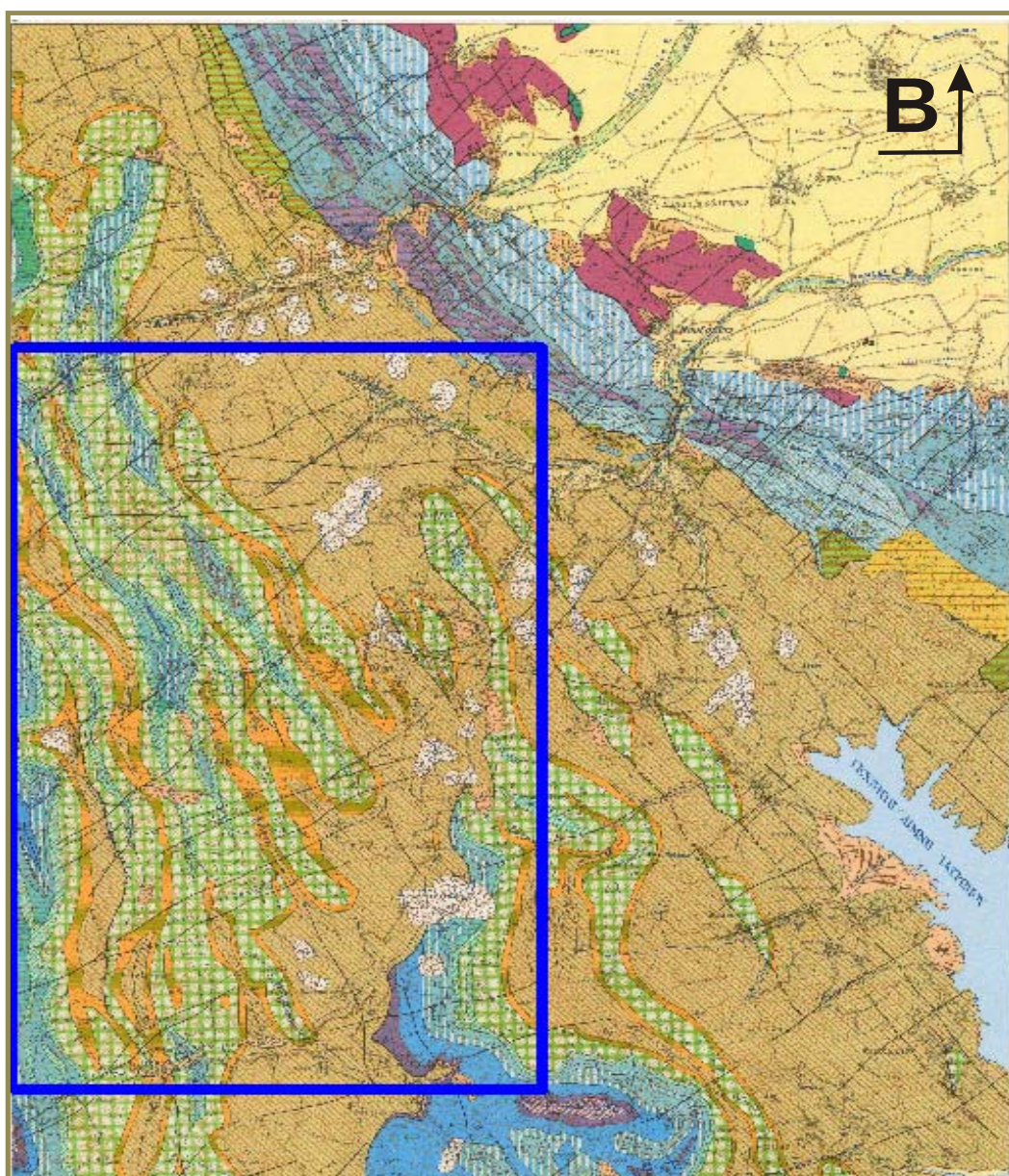
Σχήμα 5.2 Συνοπτική στρωματογραφική στήλη της Ενότητας Κόζιακα (Φύλλο Μουζάκι, ΙΓΜΕ 1993)

5.1 Τεκτονικές παρατηρήσεις - Μεθοδολογία

Με στόχο την καταγραφή των κύριων δομών των γεωλογικών σχηματισμών, την ανάλυσή τους και την εξαγωγή συμπεράσματος όσον

αφορά το παραμορφωτικό στυλ της ευρύτερης περιοχής της ζώνης της Πίνδου, η μελέτη μας περιορίστηκε σε έναν χώρο ΝΔ –ΔΝΔ του χωριού Μουζάκι. (Σχ.) Ο χώρος αυτός επιλέχτηκε γιατί δίνει μία πολύ καθαρή εικόνα επανάληψης των σχηματισμών, χαρακτηριστικό για τις πτυχο – επιπνευτικές ζώνες όπου αυτές χαρακτηρίζονται από πτυχές αποκόλλησης.

Η εργασία βασίστηκε κυρίως στην ανάλυση των πτυχών της περιοχής αυτής με μετρήσεις των πτερυγίων και των αξονικών τους επιφανειών μέσω της χρήσης χαρτογραφικών γεωμετρικών μεθόδων που βασίζονται στις **ισοδομικές γραμμές** (structure contours).

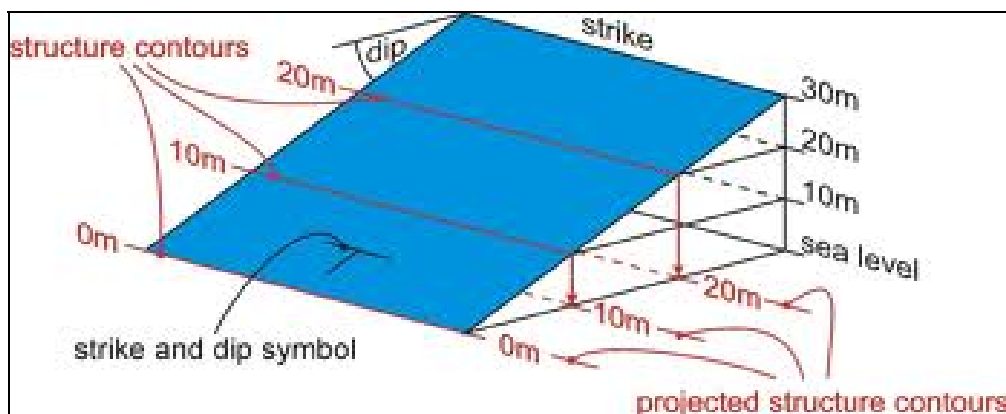


Σήμα 5.3. Γεωλογικός Χάρτης Μουζάκι – Περιοχή μελέτης (ΙΓΜΕ, 1993)

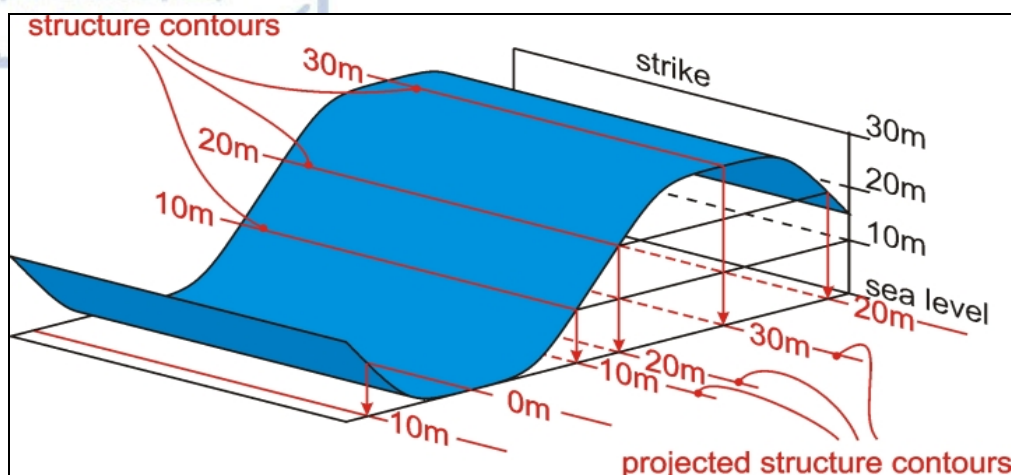
Στην περιοχή μελέτης η εικόνα της πτύχωσης των γεωλογικών σχηματισμών είναι έντονη. Τα γεωλογικά όρια των σχηματισμών αυτών εμφανίζονται να είναι παράλληλα και οι άξονες είναι γενικά οριζόντιοι ή παραοριζόντιοι. Πολλές φορές όμως στους γεωλογικούς χάρτες, όπως και στη περιοχή μελέτης μας, η επίδραση της τοπογραφίας στα ίχνη των επαφών έχει ως αποτέλεσμα να μην είναι εύκολος ο προσδιορισμός του τύπου της πτυχής από το σχήμα και μόνο, και κατ' επέκταση της τεχνοτροπίας της πτυχής. Γι' αυτό το λόγο οι υπολογισμοί της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια των ισοδομικών γραμμών, οι οποίες δεν επηρεάζονται από την τοπογραφία και παραμένουν σταθερά παράλληλες μεταξύ τους. Οι ισοδομικές γραμμές εφαρμόστηκαν τόσο στα περύγια όσο και στους άξονες των πτυχών ώστε να προσδιοριστούν τα γεωμετρικά τους στοιχεία. Με αυτόν τον τρόπο κατασκευάστηκαν περισσότερο ακριβείς γεωλογικές τομές που αφορούν στη δομή της ζώνης Πίνδου στην περιοχή και έγινε δυνατή η κατανόηση της παραμόρφωσης που υπέστη η υπό διερεύνηση περιοχή.

Μεθοδολογία

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το βασικό εργαλείο για την παρούσα εργασία ήταν η χρήση των ισοδομικών γραμμών. Αυτές προκύπτουν από την τομή σε διαφορετικό βάθος διαδοχικών οριζόντιων επιπέδων με την παράταξη των επιφανειών αυτών, επομένως για κάθε σημείο μπορούν να αποδώσουν την παράταξη των γεωλογικών σχηματισμών, την κατεύθυνση κλίσης καθώς και το μέτρο της γωνίας κλίσης τους.



Σχήμα 5.4 Εφαρμογή ισοδομικών γραμμών σε επίπεδη επιφάνεια



Σχήμα 5.5 Εφαρμογή ισοδομικών γραμμών σε πτυχωμένη επιφάνεια
(<http://www.fault-analysis-group.ucd.ie>)

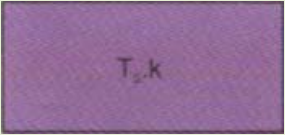
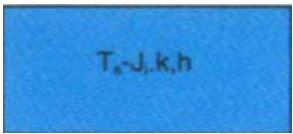
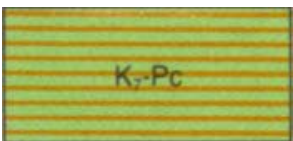
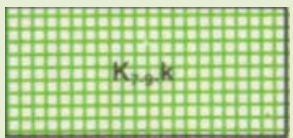
Επίσης, όσον αφορά στο σχεδιασμό των γεωλογικών τομών, έγινε η παραδοχή ότι όλοι οι γεωλογικοί σχηματισμοί έχουν σταθερό πάχος και επομένως οι επιφάνειες της βάσης και της οροφής τους θεωρήθηκαν και σχεδιάστηκαν παράλληλες, αφού και από την ανάλυση του γεωλογικού χάρτη της περιοχής δεν είχαμε ενδείξεις για αλλαγές του στρωματογραφικού τους πάχους.

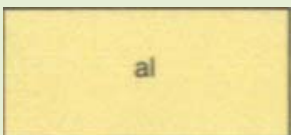
Τα βασικά βήματα που ακολουθήθηκαν και που μας οδήγησαν στην κατασκευή αντιπροσωπευτικών γεωλογικών τομών όπως επίσης και στην εξαγωγή συμπερασμάτων είναι συνοπτικά τα παρακάτω :

- 1. Μελέτη του γεωλογικού χάρτη της περιοχής του Μουζακίου.**
Αναγνώριση των γεωλογικών σχηματισμών και της στρωματογραφικής τους θέσης όπως διαμορφώνονται στις διάφορες θέσεις των πτυχών της περιοχής.

Όσον αφορά στο είδος, στις σχετικές θέσεις και επαφές των σχηματισμών, έγινε μελέτη των στρωματογραφικών στηλών του χάρτη ώστε να γίνει άμεσα και γρήγορα αντιληπτή η

στρωματογραφική διάρθρωση της περιοχής καθώς και τα στρωματογραφικά πάχη των σχηματισμών. Ιδιαίτερα, οι σχηματισμοί που αποκαλύπτονται στην περιοχή είναι από τον παλαιότερο προς τον νεότερο είναι οι εξής :

Χαρτογραφικός Χρωματισμός	Συμβολισμός	Ηλικία	Πάχος (m)	Πετρογραφικός τύπος
	Ts. k	Αν. Τριαδικό	20-40	Ασβεστόλιθοι
	Ts-Ji.k.h	Αν. Τριαδικό - Λιάσιο	100-120	Ασβεστόλιθοι και κερατόλιθοι
	Jm-s.h	Δογγέριο – Τιθώνιο	120	Κερατόλιθοι
	Ji-Ki.k	Αν. Τιθώνιο	20-40	Ασβεστόλιθοι με Καλπιονέλλες
	K1-7.fl	Βαλανζίνιο – Τουρώνιο	40-60	Πρώτος φλύσχης και ερυθρές μάργες με Ακτινόζωα
	K7-Pc	Τουρώνιο - Παλαιόκαινο	100	Ασβεστόλιθοι Ενότητα Κόζιακα
	K7-9.k	Τουρώνιο – Μ. Μαιστρίχτιο	300	Ασβεστόλιθοι
	K9.Pc	Μ. Μαιστρίχτιο- Κ. Παλαιόκαινο	40	Στρώματα μετάβασης

	Fo	Παλαιόκαινο- Ηώκαινο	40-1000	Φλύσχης
	Is	Τεταρτογενείς Αποθέσεις		Ζώνες ερπυσμού και κατολισθήσεων
	Al			Αλλουβιακές αποθέσεις
	H.c,s			Αποθέσεις στις κοίτες των ποταμών
	Ht			Ποτάμιες αναβαθμίδες
	Q.sc.cs			Κορήματα και κώνοι κορημάτων

Οι ρηξιγενείς δομές που καταγράφηκαν είναι :

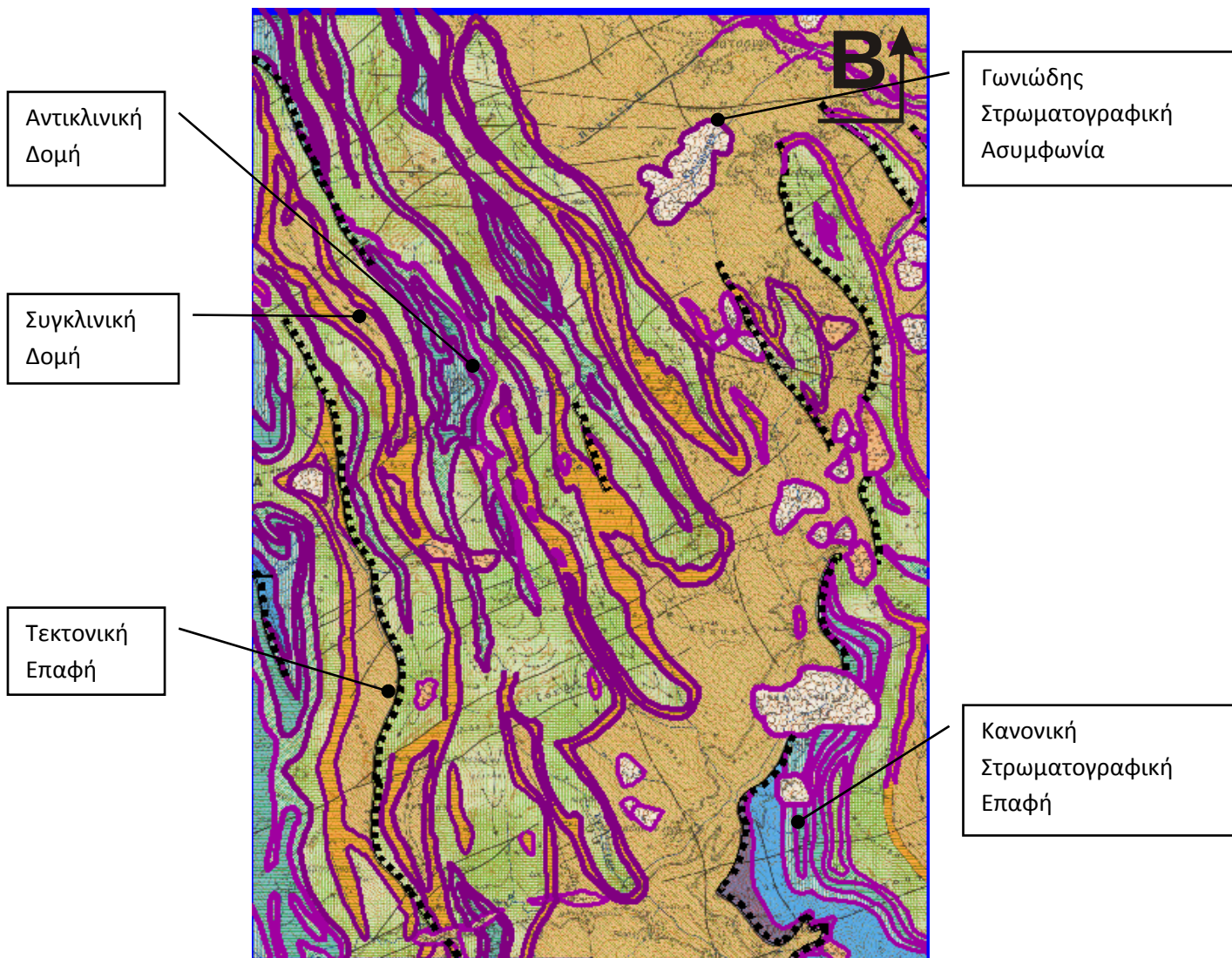
- Τα ανάστροφα (σμικρυντικά) ρήγματα, ενδιάμεσης έως μεγάλης κλίσης, τα οποία συνδέονται άμεσα με πτυχές.
- Ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης και κανονικά (εκτατικά) ρήγματα που κόβουν εγκάρσια τους σχηματισμούς.

Οι δομές πτυχογόνου τεκτονικής που συνδέονται με τη σμίκρυνση της περιοχής και που καταγράφηκαν είναι ορθές, κεκλιμένες μέχρι ανεστραμμένες πτυχές με οριζόντιο άξονα στις οποίες τα πάχη των σχηματισμών εμφανίζονται γενικά σταθερά.

Όσον αφορά τις γεωλογικές επαφές που αναγνωρίζονται στο γεωλογικό χάρτη αυτές είναι:

- Κανονικές ή σύμφωνες στρωματογραφικές επαφές. Είναι παράλληλες μεταξύ τους και δηλώνουν αδιάκοπη και παράλληλη απόθεση σχηματισμών.
- Γωνιώδεις στρωματογραφικές ασυμφωνίες λόγω απόθεσης τεταρτογενών σχηματισμών πάνω σε παλαιότερα πετρώματα.
- Τεκτονικές επαφές. Οφείλουν την ύπαρξή τους σε τεκτονικά αίτια εδώ π.χ. παρατηρήθηκαν σε επαφές μεταξύ Ιουρασικών και Τριτογενών σχηματισμών.

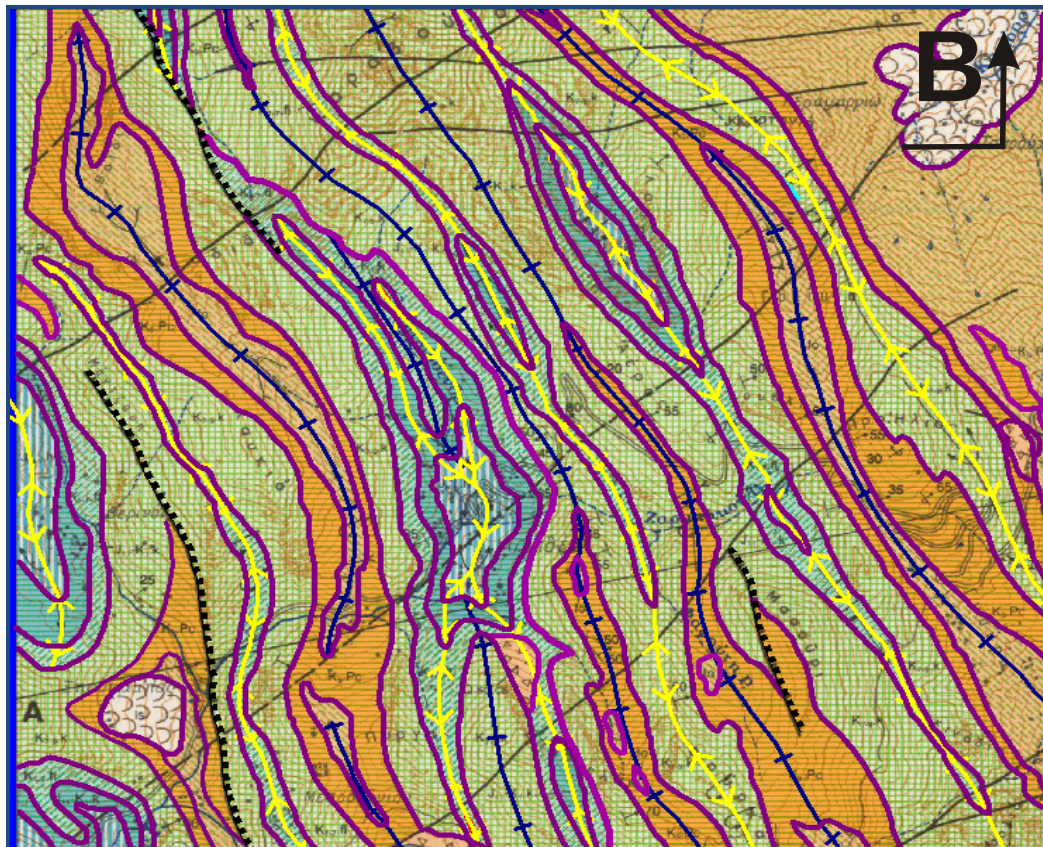
2. Σχεδιασμός των ορίων – επαφών και των δομών με τη χρήση του προγράμματος MapInfo Professional.



Σχήμα 5.6 Επιλεγμένη περιοχή μελέτης. Κλίμακα 1:90.000

3. **Επισήμανση των μέγιστων σημείων κάμψης των σχηματισμών – Σχεδιασμός αξόνων πτυχών.**

Ο άξονας πτυχής (B-άξονας) συνδέει τα σημεία με την ισχυρότερη κάμψη, τα οποία όμως ανήκουν στην ίδια πτυχωμένη επιφάνεια-επαφή των γεωλογικών σχηματισμών (στη θέση του αντίκλινου ή του σύγκλινου ανάλογα). Σε μία όμοια πτυχωμένη σειρά στρωμάτων, ο B-άξονας που αντιστοιχεί σε κάθε στρώμα, θα είναι ο ίδιος και θα αντιπροσωπεύει τον B-άξονα της συνολικής πτυχής. Για το λόγο αυτό για κάθε αντικλινική ή συγκλινική δομή ξεχωριστά υπολογίστηκαν μία φορά τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τον άξονα.



Σχήμα 5.7 Σχεδιασμός αξόνων αντικλινικών (κίτρινες γραμμές) και συγκλινικών (μπλε γραμμές) δομών. Κλίμακα 1:40000

4. Εφαρμογή ισοδομικών γραμμών

Η χρήση ισοδομικών γραμμών κρίθηκε απαραίτητη προκειμένου να υπολογιστούν η παράταξη και οι κλίσεις των πτερυγίων και του Β- άξονα των πτυχών. Η διεύθυνση που επιλέχτηκε, παράλληλα με την οποία σχεδιάστηκαν όλες οι ισοδομικές γραμμές, ήταν ΒΒΔ–ΝΝΑ. Αυτή η επιλογή έγινε γιατί κατά τη συμπιεστική διαδικασία η οποία μετανάστευσε από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά, προκάλεσε των σχηματισμό δομών (πτυχών- λεπίων- καλυμμάτων) που τοποθετούνται με τους κύριους άξονες τους κάθετους σε αυτή τη διεύθυνση των συμπιεστικών τάσεων.

Επομένως οι πτυχές έχουν γενικό προσανατολισμό κατά μήκος του ορογενετικού τόξου και παράλληλα σε αυτό.

Με την εφαρμογή του τύπου για κάθε ζεύγος ισοδομικών :

$$\delta = \arctan (ED/HD)$$

όπου:

δ = κλίση επιφανείας που περιγράφουν οι ισοδομικές γραμμές (αληθινή γωνία κλίσης)

ED = υψομετρική διαφορά ανάμεσα στις ισοδομικές γραμμές

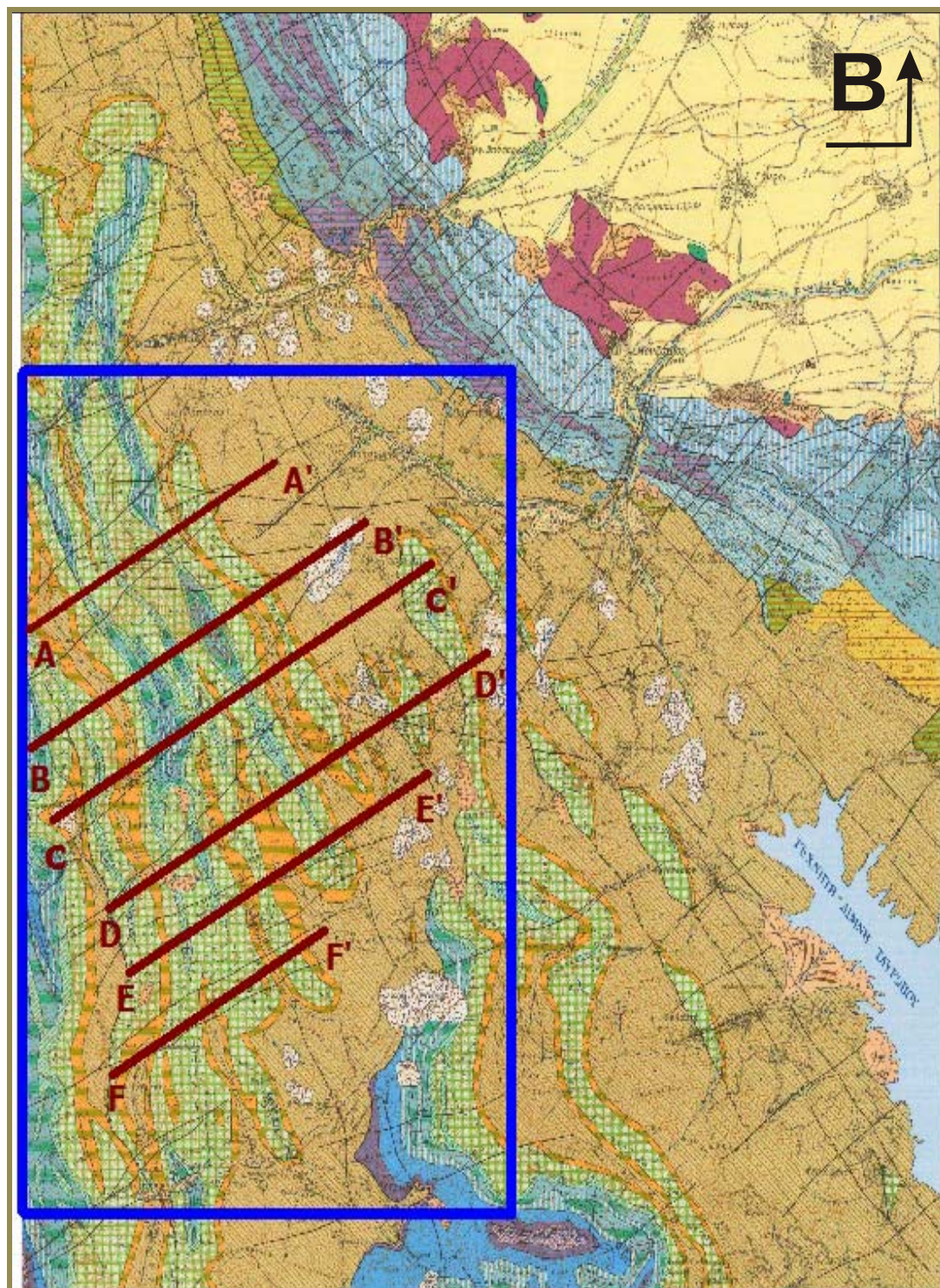
HD = οριζόντια απόσταση ανάμεσα στις ισοδομικές γραμμές,

υπολογίστηκε τόσο η γωνία κλίσης των σχηματισμών και των τεκτονικών δομών όσο και η κατεύθυνση κλίσης τους.

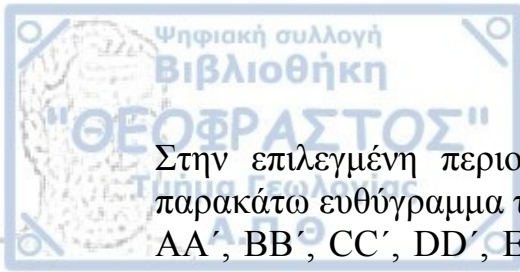
Γενικά,

- οι κλίσεις των εμπρόσθιων πτερυγίων που μετρήθηκαν χαρακτηρίζονται από ενδιάμεσες (30°) μέχρι παρακατακόρυφες (87°).
- Οι κλίσεις των αξονικών επιφανειών κυμαίνονται από 45° έως 83° .
- Οι κλίσεις των οπίσθιων πτερυγίων κυμαίνονται από 30° έως 78° .

3. Κατασκευή γεωλογικών τομών με τη χρήση του προγράμματος CorelDRAW- Συμπεράσματα



Σχήμα 5.7 Επιλεγμένη περιοχή μελέτης. Σχεδιασμός έξι γεωλογικών τομών.
Κλίμακα : 1/50.000

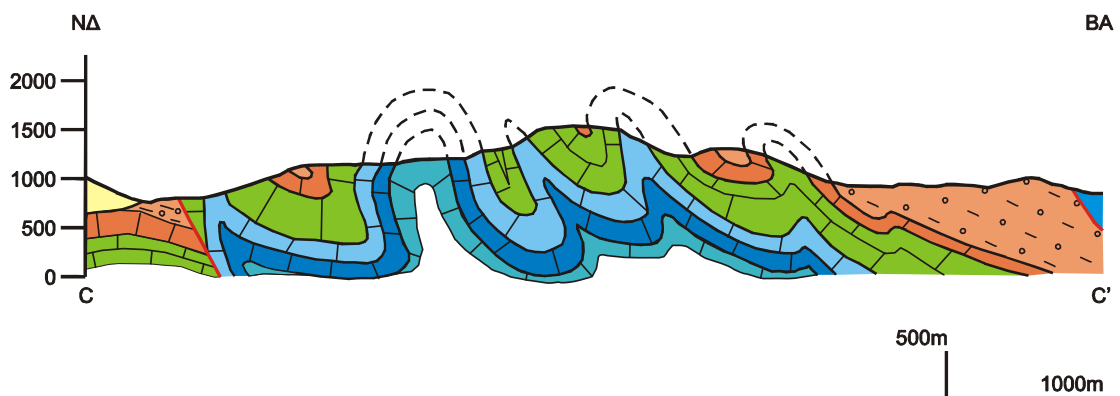
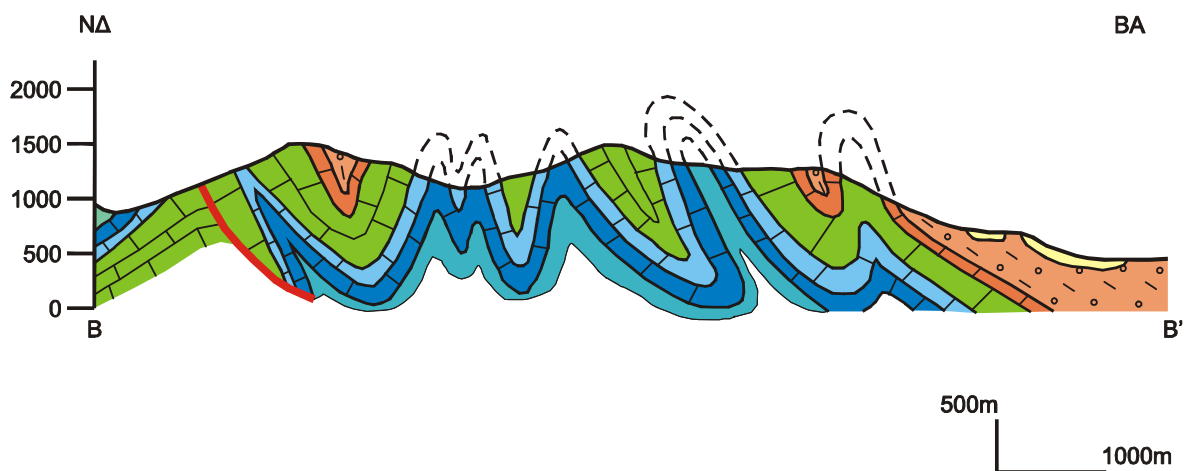
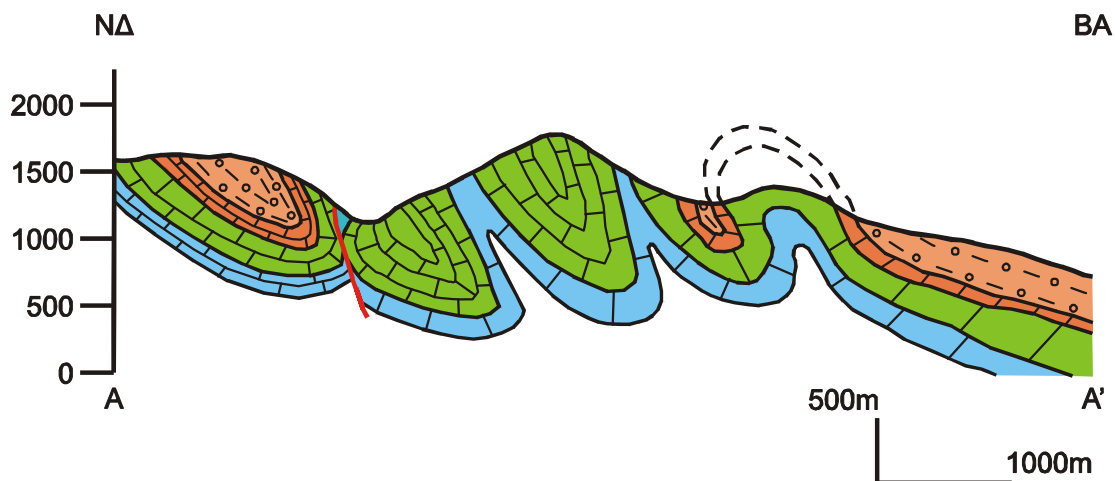


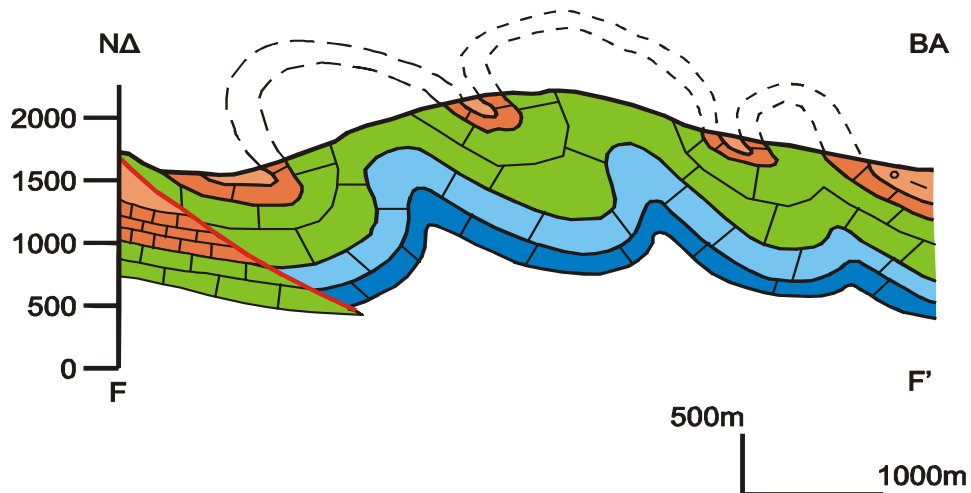
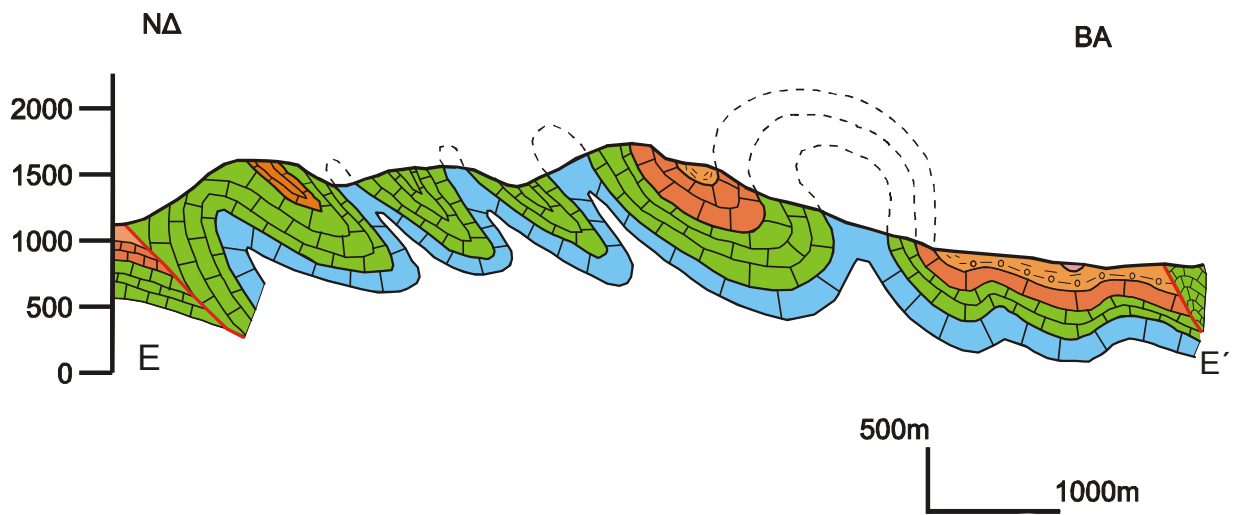
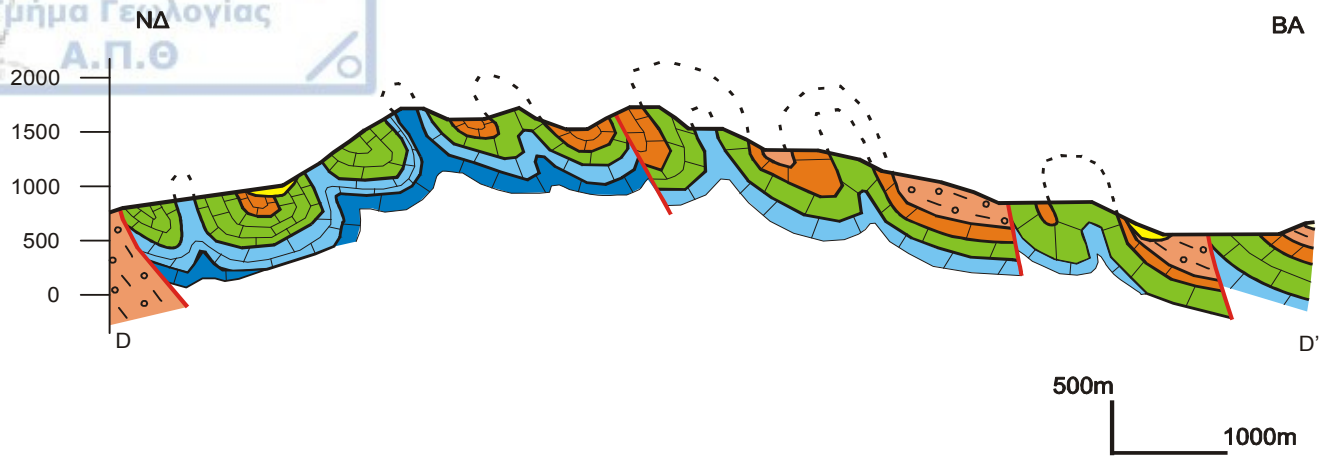
Στην επιλεγμένη περιοχή έκτασης $18758 \cdot 10^4 \text{ m}^2$, σχεδιάστηκαν τα παρακάτω ευθύγραμμα τμήματα:

AA', BB', CC', DD', EE', FF', παράλληλα μεταξύ τους και με γενική διεύθυνση BA – ΝΔ, τα οποία καλύπτουν σχεδόν όλη την έκταση του επιλεγμένου χώρου.

Κατά μήκος αυτών των τμημάτων, καθώς και στην ευρύτερη γενικά περιοχή, έγιναν όλοι οι υπολογισμοί (κλίσεις μπροστινών και πίσω πτερυγίων όλων των πτυχών, των Β-αξόνων και των ανάστροφων ρηγμάτων) ώστε να κατασκευαστούν οι έξι γεωλογικές τομές.

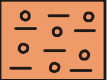
6. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΑ΄, ΒΒ΄, CC΄, DD΄, ΕΕ΄, FF΄ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΤΟΜΩΝ





ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

	Κορήματα και κώνοι κορημάτων Τεταρτογενείς Αποθέσεις
	Ζώνες ερπυσμού και κατολισθήσεων Τεταρτογενείς Αποθέσεις
	Φλύσχης Παλαιόκαινο-Ηώκαινο
	Στρώματα μετάβασης Μ.Μαιστρίχτιο-Κ.Παλαιόκαινο
	Ασβεστόλιθοι Τουρώνιο-Μαιστρίχτιο
	Πρώτος φλύσχης και ερυθρές μάργες με Ακτινόζωα Βιλάνζιο-Τουρωνιο
	Ασβεστόλιθοι με Καλπιονέλλες Αν.Τιθώνιο-Βαλάνζιο
	Κερατόλιθοι Δογγέριο-Τιθώνιο

ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ

	Γεωλογική επαφή
	Εφίππευση

Μελετώντας και αναλύοντας τις παραπάνω γεωλογικές τομές καταλήξαμε, αρχικά, σε κάποια συμπεράσματα που αφορούν στα μορφολογικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των πτυχών και στη συνέχεια έγινε μία προσπάθεια συσχετισμού αυτών των χαρακτηριστικών με το μηχανισμό γένεσής τους.

Η μορφή της πτυχής αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη διάκριση της παραμορφωτικής φάσης που τις δημιουργήσε.

Η βασική ταξινόμηση των πτυχών σε ομάδες στηρίζεται κυρίως, στη μορφή και στη γεωμετρία της ίδιας της πτυχής (**μορφολογική - γεωμετρική ταξινόμηση**), καθώς και στον μηχανισμό γένεσής τους (**γενετική ταξινόμηση**).

Επομένως, σύμφωνα με την ταξινόμηση ανάλογα με τη μορφή τους, ή ανάλογα με τη σχέση του πάχους των πτερύγων και του κορυφαίου ή πυθμαίου τμήματος τους, οι πτυχές της περιοχής μελέτης μας χαρακτηρίζονται είτε ως συμμετρικές είτε ως ασύμμετρες. Γενικά περιγράφονται:

Συγκεντρικές. Οι κάμψεις των διαφόρων σχηματισμών της πτυχής, έχουν το ίδιο κέντρο αλλά διαφορετική ακτίνα καμπυλότητας και μάλιστα τόσο μικρότερη όσο πλησιάζουμε προς τον πυρήνα της πτυχής. Επίσης, θα μπορούσε να σημειωθεί πως σε κάποιες πτυχές παρατηρείται μια αύξηση της ακτίνας καμπυλότητας των σχηματισμών προς το εξωτερικό τους τμήμα.

Ορθές. Παρατηρούμε πως ορισμένες πτυχές από τις παραπάνω τομές έχουν σχεδόν κατακόρυφη αξονική επιφάνεια.

Κεκλιμένες έως Ανεστραμμένες. Οι περισσότερες πτυχές που κατασκευάστηκαν χαρακτηρίζονται ως κεκλιμένες αξονικές επιφάνειες και πτερύγια με παρόμοια σε κατεύθυνση κλίση πτερυγίων και αξονικής επιφάνειας, με διαφορετική όμως γωνία κλίσης.

Από τις μετρήσεις του Β-άξονα της πτυχής ως προς το οριζόντιο επίπεδο, οι πτυχές μας χαρακτηρίζονται ως οριζόντιες έως παραοριζόντιες.

Ανάλογα με τη γωνία ανοίγματος, οι πτυχές κυμαίνονται από σφιχτές έως και ανοικτές παρουσιάζοντας ανοίγματα από $\sim 20^\circ$ μέχρι και 120° .

Η ταξινόμηση των πτυχών ανάλογα με την **ακτίνα καμπυλότητας της κάμψης** των σχηματισμών τους, ή **ανάλογα με τη μορφή του κορυφαίου ή πυθμαίου τμήματος** τους μας οδήγησε στο συμπέρασμα πως οι πτυχές μας μπορούν να χαρακτηριστούν :



-**Αποστρογγυλωμένες**, γιατί έχουν μεγάλη ακτίνα καμπυλότητας και στο σημείο της μέγιστης κάμψης των σχηματισμών τους εμφανίζονται αποστρογγυλωμένες. Αυτού του είδους οι πτυχές καταγράφηκαν κυρίως προς το Ανατολικό τμήμα της ζώνης.

-**Γωνιώδεις ή γαλονοειδείς πτυχές**, επειδή οι κάμψεις των γεωλογικών σχηματισμών στο κορυφαίο και πυθμαίο τμήμα, περιορίζονται σε μια στενή ζώνη εκατέρωθεν του αξονικού επίπεδου. Τέτοιου είδους εικόνες συναντήσαμε προς το Δυτικό κομμάτι της Ζώνης, κοντά στην επώθηση.



7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παραπάνω ανάλυση και ο γεωμετρικός προσδιορισμός των πτυχών στο χώρο ΝΔ του Μουζακίου δείχνει ότι η συνολική πτύχωση είναι τύπου πτυχών αποκόλλησης και τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα των πτυχών αποκόλλησης όπως προκύπτουν από την εργασία αυτή είναι:

- (1) Συμμετρικές ή ασύμμετρες πτυχές
- (2) Ποικίλλο άνοιγμα πτυχών από πολύ κλειστές έως ανοικτές
- (3) Ορθές, αλλά και κεκλιμένες έως και ανεστραμμένες πτυχές
- (4) Διτή φορά πτυχών τόσο προς την προχώρα όσο και προς την ενδοχώρα.
- (5) Αποστρωγυλλωμένες αλλά και γωνιώδεις-γαλονοειδείς πτυχές.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κίλιας Α. (1985). Εισαγωγή στη Τεκτονική Γεωλογία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Μουντράκης, Δ. (1985). Γεωλογία της Ελλάδας, University studio press, σελ. 73-81

Μουντράκης, Δ. (1988). Συνοπτική Γεωτεκτονική Εξέλιξη Του Ευρύτερου Ελληνικού Χώρου, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τρανός Μ. (2008). Γεωλογικές Χαρτογραφήσεις-Γεωλογικοί Χάρτες και Τομές, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τρανός Μ. (1998). Φυσική Γεωλογία-Γεωγραφία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 132-134

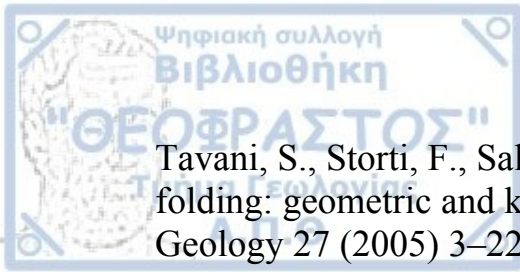
Cook, D.G., MacLean, B.C. (1998). The Imperial anticline, a fault-bend fold above a bedding-parallel thrust ramp, Northwest Territories, Journal of Structural Geology 21 (1999) 215-228, Canada

Kattenhorn, S.A., (1994). Outcrop-scale fault-related folds, Valley and Ridge Province, Appalachians: comparison to kinematic model predictions. Unpublished M.S. thesis, University of Akron, Ohio, U.S.A.

McClay, K.R., (1991). Glossary of Thrust Tectonics Terms, London

Skourlis, K., Doutsos, T. (2003). The Pindos Fold-and-thrust belt (Greece): inversion kinematics of a passive continental margin. Int J Earth Sci (Geol Rundsch) (2003) 92:891–903

Scharera, K.M., Burbank, D.W., Chenc, J. Weldon, R.J., Rubinfeld, C., Zhaoc, R., Shenc, J. Detachment folding in the Southwestern Tian Shan–Tarim foreland, China: shortening estimates and rates. Journal of Structural Geology 26 (2004) 2119–2137



Tavani, S., Storti, F., Salvini, F. (2004). Rounding hinges to fault-bend folding: geometric and kinematic implications. *Journal of Structural Geology* 27 (2005) 3–22, Italy

Wilkerson, M. Scott, Smaltz, Sara M., Bowman, Dannena R.
Fischer, Mark P., Higuera-Diaz, I. Camilo. (2006). 2-D and 3-D modeling of detachment folds with hinterland inflation: A natural example from the Monterrey Salient, northeastern Mexico. *TECTONICS*, VOL. 24, TC4010, doi:10.1029/2003TC001615, 2005