

Άσκηση Υπαίθρου

στο πλαίσιο του μαθήματος:
Πετρολογία Μαγματικών & Μεταμορφωμένων πετρωμάτων



*Πετρολογική προσέγγιση της
Νοτιοανατολικής Πελοποννήσου*
5 - 6 Οκτωβρίου 2019

Χρήστος Καταγάς
Ομότιμος Καθηγητής

Κωνσταντίνα Κοτοπούλη
Ομότιμος Καθηγήτρια

Ιωάννης Ηλιόπουλος
Αναπληρωτής Καθηγητής

ἄκρα δὲ τοῦ Ταύγετου Ταλετὸν ὑπὲρ Βρυσεῶν ἀνέχει.
ταύτην Ἥλιου καλοῦσιν ἱεράν καὶ ἄλλα τε αὐτόθι Ἥλιῳ
θύουσι καὶ ἵππους· τὸ δὲ αὐτὸ καὶ Πέρσας οἶδα θύειν
νομίζοντας. Ταλετοῦ δὲ οὐ πόρρω καλούμενός ἐστιν Εὐόρας,
θηρία καὶ ἄλλα τρέφων καὶ αἶγας μάλιστα ἀγρίας.
παρέχεται δὲ καὶ δι' ὅλου τὸ Ταύγετον τῶν αἰγῶν τούτων
ἄγραν καὶ ὑῶν, πλείστην δὲ καὶ ἐλάφων καὶ ἄρκτων.
Ταλετοῦ δὲ τὸ μεταξὺ καὶ Εὐόρα Θήρας ὀνομάζοντες Δητώ
φασιν ἀπὸ τῶν ἄκρων τοῦ Ταύγετου Δήμητρος
ἐπὶ κλησὶν Ἐλευσινίας ἐστὶν ἱερόν·

Πausanias, *Περὶ ἡγητικά*, 3.20.4.1

ΜΑΓΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΙΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΕΛΛΗΝΙΔΩΝ ΤΗΣ Ν. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

''ΑΣΚΗΣΗ ΥΠΑΙΘΡΟΥ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑ ΜΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ''

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Πελοπόννησος (και η Κρήτη) αποτελούν τμήματα των εξωτερικών Ελληνίδων. Η γεωλογική δομή των περιοχών αυτών χαρακτηρίζεται από τεκτονική καλυμμάτων που περιλαμβάνουν μεταμορφωμένες και μη μεταμορφωμένες ενότητες. Τα πετρώματα των κατώτερων καλυμμάτων είναι κυρίως μεταίζηματα αλλά και μεταφαιστείτες που υπέστησαν μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων-χαμηλών θερμοκρασιών και διαχωρίζονται από τα πετρώματα των υψηλότερα ευρισκομένων μη μεταμορφωμένων ενοτήτων από μετα-μεταμορφικές επωθήσεις.

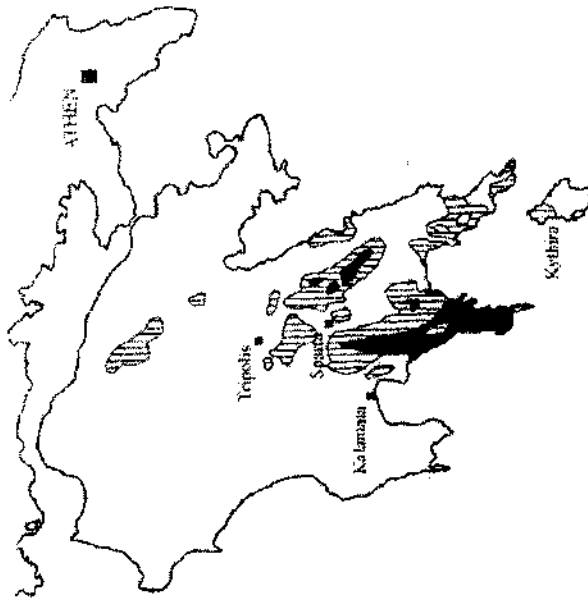
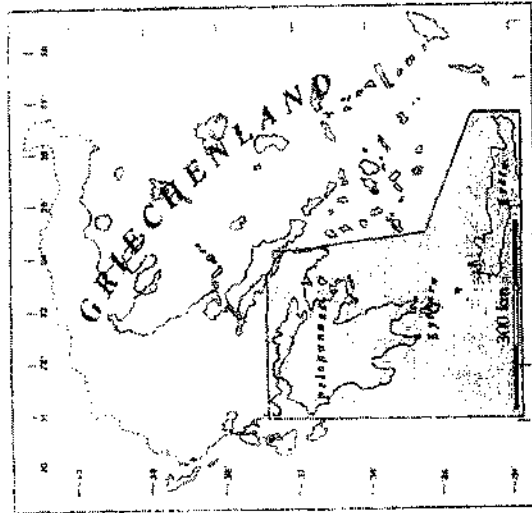
Η λωρίδα αυτή των μεταμορφωμένων πετρωμάτων εμφανίζεται νότια του Πατραϊκού κόλπου, ασυνεχώς, από τη Βόρειο έως τη νότιο Πελοπόννησο και δια των Κυθήρων συνεχίζεται στην Κρήτη και την Κάσο, εκτεινόμενη σε μήκος 600 περίπου km (Σχήμα 1). Η ηλικία της μεταμόρφωσης είναι Ανώτερη Ολιγοκαινική έως κατώτερη Μειοκαινική.

ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΥΨΗΛΩΝ Ρ/ΧΑΜΗΛΩΝ Τ

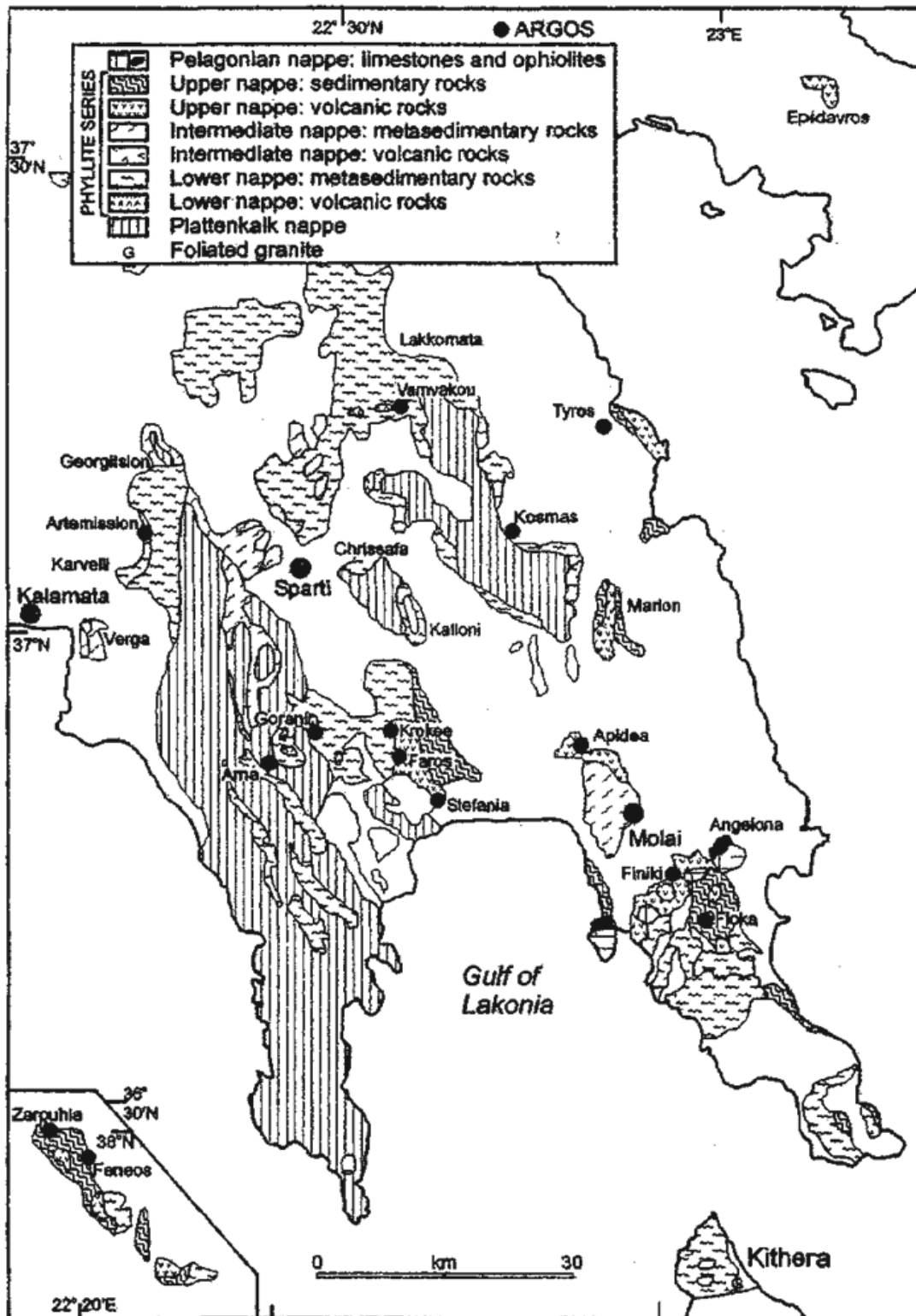
Τα υψηλής Ρ/χαμηλής Τ πετρώματα συναντώνται ως συνεκτικά στρώματα διαφόρων τεκτονικών ενοτήτων. Η σειρά των Plattenkalk (PK) στο κατώτερο μέρος θεωρείται ως η 'σχετικά αυτόχθον' τεκτονική ενότητα. Η φυλλιτική-χαλαζιτική ενότητα (P.Q) υπέρκειται των Plattenkalk και αποτελεί το πρώτο (κατώτερο) αλλόχθονο κάλυμμα από τη σειρά των επάλληλων καλυμμάτων της Πελοποννήσου (και της Κρήτης). Στοιχεία μεταμόρφωσης υψηλών Ρ/χαμηλών Τ έχουν προκύψει επίσης από πετρώματα των στρωμάτων του Τυρού που υπέρκειται των στρωμάτων της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής ενότητας (Σχήμα 2).

Η σειρά των 'Plattenkalk'

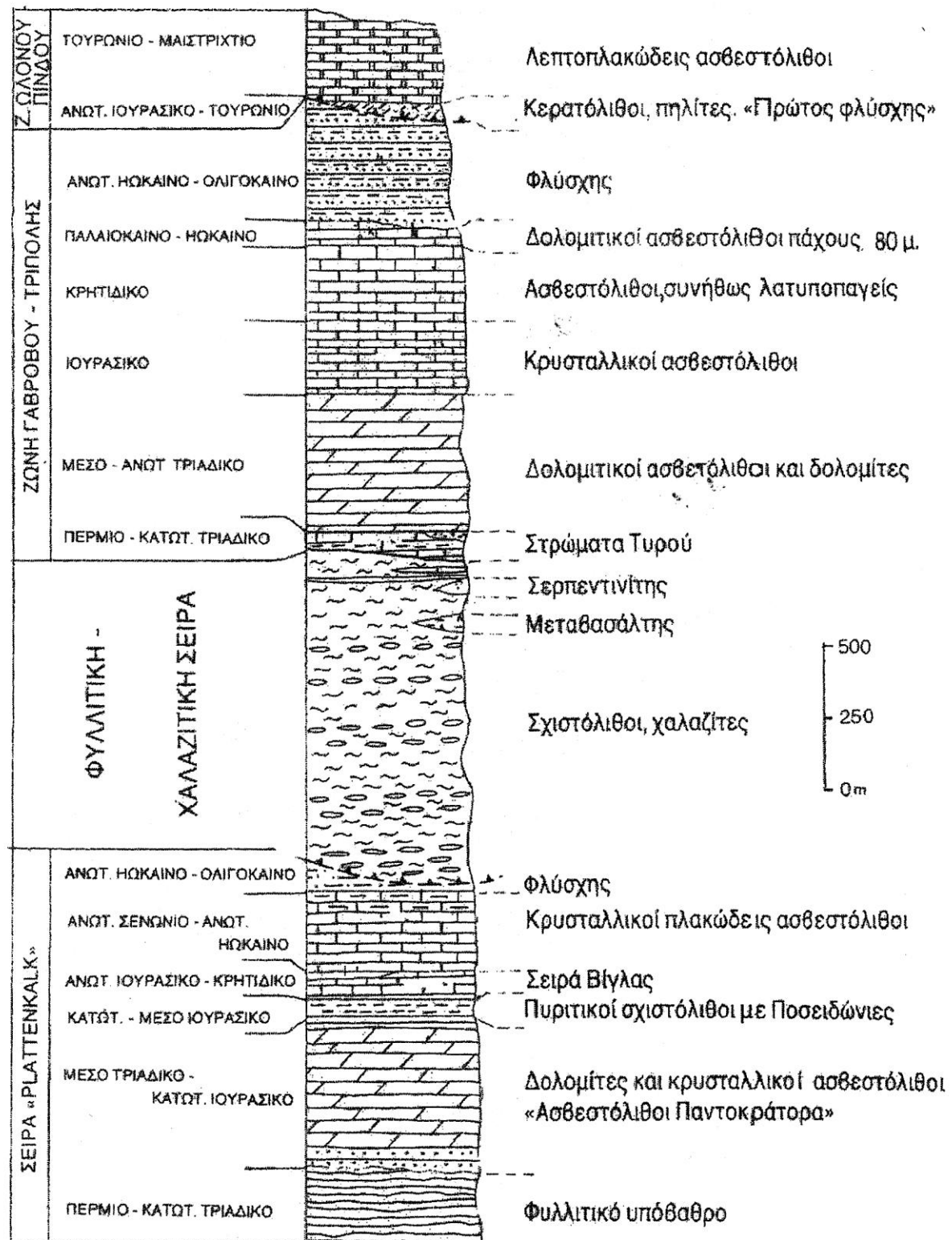
Η σειρά των 'Plattenkalk' αποτελείται κυρίως από ανακρυσταλλωμένα ανθρακικά ιζήματα. Η στρωματογραφία τους αρχίζει από το ανώτερο Λιθανθρακοφόρο - Κατώτερο Πέρμιο και τελειώνει κατά το Ηώκαινο (Σχήμα 3). Κατά το διάστημα Ολιγοκαίνο - Ανώτερο Μειόκαινο η σειρά των Plattenkalk είχε ήδη μεταμορφωθεί. Η έλλειψη πετρωμάτων με κατάλληλη χημική σύσταση καθιστά την εκτίμηση των συνθηκών της μεταμόρφωσης της σειράς αυτής δύσκολη, όμως η ανακάλυψη μαγνησιοκαρφόλιθου με πυροφυλλίτη, διάσπορο, χλωριτοειδές και σουδοϊτη σε μεταβωξίτες των Plattenkalk της κεντρικής Κρήτης και της παραγένεσης λωζονίτης + σουδοϊτης σε μάρμαρα της ίδιας περιοχής πιστοποιούν τον υψηλής Ρ/χαμηλής Τ τύπο μεταμόρφωσης. Οι συνθήκες Ρ-Τ μεταμόρφωσης για τη σειρά των Plattenkalk της κεντρικής Κρήτης, με βάση τα πεδία σταθερότητας του λωζονίτη, του μαγνησιοκαρφόλιθου και της παραγένεσης πυροφυλλίτης + διάσπορο υπολογίζονται γύρω στα 10 kb και 350 °C (Theye and Seidel, 1992). Στοιχεία για μεταμόρφωση υψηλών Ρ/χαμηλών Τ των Plattenkalk ανακαλύφθηκαν πρόσφατα και στον Ταΰγετο. Λεπτά στρώματα πλούσια σε μαρμαρυγίες που βρίσκονται εντός μαρμάρων με κερατόλιθους περιέχουν την παραγένεση Να-ούχος πυρόξενος + φενγκίτης + δολομίτης + ασβεστίτης + χαλαζίας. Από το γεωβαρόμετρο του φενγκίτη προκύπτουν πιέσεις της τάξεως των 15 kb για τους Plattenkalk του Ταΰγету για T=450 °C.



Σχήμα 1. Εμφανίσεις της φυλλιτικής - χαλαζιτικής ενότητας s.l. (παράλληλες γραμμές) και της ενότητας των Plattenkalk (μωύρες περιοχές) στην Πελοπόννησο και τη Κρήτη.



Σχήμα 2. Γεωλογικός χάρτης των Τριαδικών ηφαιστειακών πετρωμάτων της νοτίου Πελοποννήσου (από τον χάρτη του Gerolymatos 1994, τροποποιημένο σύμφωνα με τους Pe-Piper & Piper, 2002).



Σχήμα 3. Οι στρωματοτεκτονικές Ενότητες της ΝΔ/κής Πελοποννήσου. (Κατά Κ. Ψώνη, από γεωλογικό χάρτη φύλλου «Σπάρτη», κλίμακας 1:50.000, Ι. Γ. Μ. Ε, 1990).

Η ενότητα φυλλιτών γαλαζιτών

Η ενότητα φυλλιτών γαλαζιτών που υπέρκειται ασυμφώνως των Plattenkalk, αποτελείται κυρίως από φυλλίτες και χαλαζίτες με σπάνιες παρεμβολές μετακροκαλοπαγών, μαρμάρων, φακών ανυδρίτη/γύψου και μεταφαιστειακών. Οι λιθοφάσεις των ιζηματογενών πρωτολίθων υποδηλώνουν απόθεση σε ένα περιβάλλον αβαθούς θάλασσας. Παλαιοντολογικά δεδομένα για την P.Q ενότητα της Πελοποννήσου δεν υπάρχουν, ενώ τα δεδομένα για την Κρήτη υποδηλώνουν ιζηματογένεση από το Ανώτερο Λιθανθρακοφόρο έως το Ανώτερο Πέρμιο. Στην Ανατολική Κρήτη και τα Κύθηρα, έχουν βρεθεί θραύσματα Ερκυνίων μεταμορφωμένων πετρωμάτων εντός των Περμο-Τριαδικών πετρωμάτων της P.Q ενότητας, τα οποία έχουν επηρεαστεί επίσης από τις υψηλές P/χαμηλές T που επικρατούσαν κατά τη μεταμόρφωση της P.Q ενότητας. Η μεταμόρφωση αυτού του τύπου αποτελεί χαρακτηριστικό κριτήριο για την αναγνώριση της ενότητας αυτής. Στα πετρώματά της έχουν βρεθεί διαγνωστικά ορυκτά υψηλών πιέσεων, όπως μπλε Να-ούχοι αμφίβολοι, Να-ούχοι πυρόξενοι, λωζονίτης, αραγωνίτης και Fe-Mg Καρφόλιθος. Ραδιοχρονολογήσεις K-Ar δείχνουν ότι η μεταμόρφωση έγινε κατά το Ολιγόκαινο/Κατώτερο Μειόκαινο και είναι επομένως σύγχρονη με τη μεταμόρφωση των Plattenkalk. Σε αντίθεση με τις ενότητες που βρίσκονται πάνω και κάτω απ' αυτήν, δεν έχουν βρεθεί στην P.Q ενότητα απολιθώματα νεώτερα του Τριαδικού.

Πετρολογικές μελέτες της P.Q ενότητας στην Κρήτη και την Πελοπόννησο δείχνουν αύξηση των P-T συνθηκών μεταμόρφωσης από την Ανατολική προς τη Δυτική Κρήτη και δια των Κυθίων στην Πελοπόννησο. Τα μεταφαιστειακά π.χ. πετρώματα της Ανατολικής Κρήτης περιέχουν μαγνησιοριμπεκίτη και αιγρινικό αυγίτη, ενώ τα αντίστοιχα πετρώματα της Δυτικής Κρήτης περιέχουν γλαυκοφανή και ομοφακίτη. Σε μεταπηλίτες της Ανατολικής Κρήτης αναπτύσσεται συχνά η παραγένεση πυροφυλλίτης και χλωρίτης. Στην Κεντρική Κρήτη η παραγένεση αυτή αντικαθίσταται από παραγενέσεις με χλωριτοειδές, ενώ στα Κύθηρα και την Πελοπόννησο ο βαθμός μεταμόρφωσης αυξάνεται με την εμφάνιση παραγενέσεων με γρανάτη, Να-ούχο πυρόξενο και την ανάπτυξη της παραγένεσης χλωριτοειδές + γλαυκοφανής στα μεταϊζήματα. Η χημική σύσταση των μεταϊζημάτων που έχουν αυτή την παραγένεση είναι αντίστοιχη με την χημική σύσταση μεταϊζημάτων της Κεντρικής και Δυτικής Κρήτης, στα οποία κυριαρχεί η παραγένεση χλωρίτης + χλωριτοειδές + παραγωνίτης. Οι P-T συνθήκες μεταμόρφωσης της P.Q ενότητας στην Ανατολική, την Κεντρική, τη Δυτική Κρήτη και την Πελοπόννησο είναι:

Ανατολική Κρήτη :	320 ± 40 °C	8 ± 3 kbar
Κεντρική Κρήτη	350 ± 40 °C	> 8 kbar
Δυτική Κρήτη	400 ± 40 °C	> 10 kbar
Πελοπόννησος	450 ± 40 °C	17 ± 4 kbar

Οι υπολογισμοί αυτοί έχουν γίνει με βάση πειραματικώς προσδιορισμένα πεδία και καμπύλες σταθερότητας παραγενέσεων και ορυκτών.

Στα μεταϊζήματα της P.Q ενότητας της Πελοποννήσου έχει αναπτυχθεί μεγάλη ποικιλία ορυκτολογικών παραγενέσεων (βλέπε π.χ. Katagas, 1980, Seidel et al., 1982, Thiebault and Triboulet, 1982, Skarpelis, 1982, Baltatzis and Katagas, 1984, Kanavos and Katagas, 1989, Theye and Seidel, 1991, 1992 και άλλες αναφορές σ' αυτά). Στο σχήμα 4 δίνεται μία σειρά A-N-FM διαγραμμάτων που απεικονίζουν τις σχέσεις μεταξύ συνυπαρχόντων ορυκτών [A = AlO₃/2- FeO₃/2 - NaO₁/2, N = NaO₁/2 και FM = FeO + MgO (Μοριακές αναλογίες)].

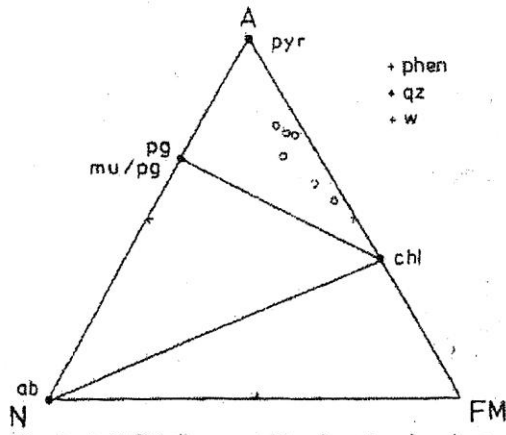


Fig. α. A-N-FM diagram with mineral and rock analyses of metasediments from Eastern Crete. Rock analyses: open symbols; mineral analyses: filled symbols.
○ pyrophyllite-chlorite-paragonite schists

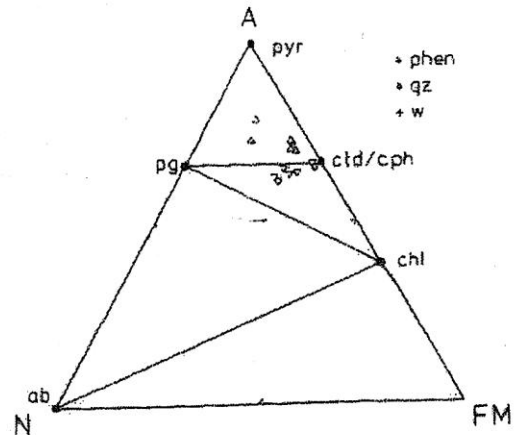


Fig. β. Same as Fig. 6, but for Central Crete.
△ chloritoid/carpholite-pyrophyllite-paragonite schists
▽ chloritoid/carpholite-chlorite-paragonite schists

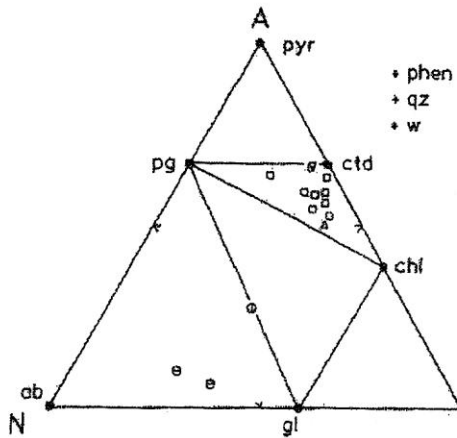


Fig. γ. Same as Fig. 6, but for Western Crete.
□ chloritoid-chlorite-paragonite schists
▽ chloritoid-paragonite schist
△ chlorite-paragonite schist
⊕ glaucophane-paragonite schist (glaucophane replaced by albite + chlorite)
⊖ glaucophane-albite schists

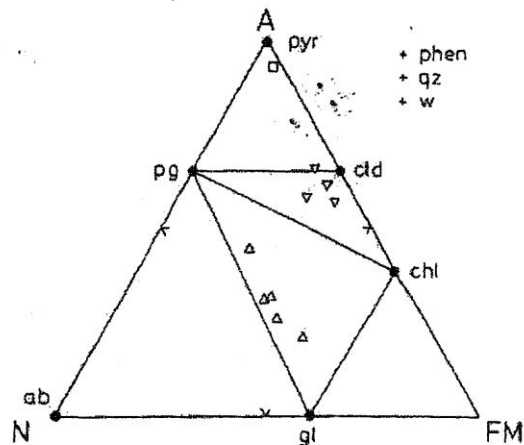


Fig. δ. A-N-FM diagram with mineral and rock analyses of chloritoid schists and glaucophane schists from the Peloponnese. Rock analyses: open symbols; mineral analyses: filled symbols.
□ chloritoid-pyrophyllite schist
▽ chloritoid-chlorite-paragonite schists
△ glaucophane-paragonite schists (glaucophane partly replaced by albite + chlorite)

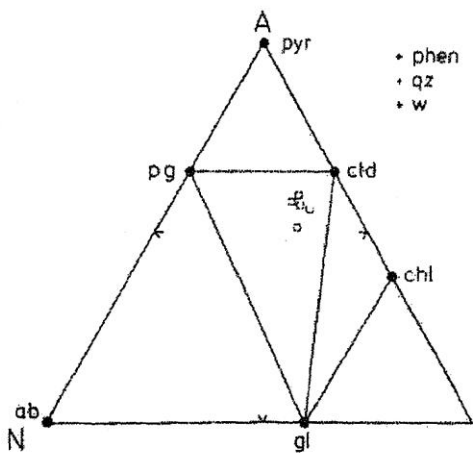


Fig. ε. Same as Fig. 9, but for chloritoid-glaucophane-paragonite schists from the Peloponnese.

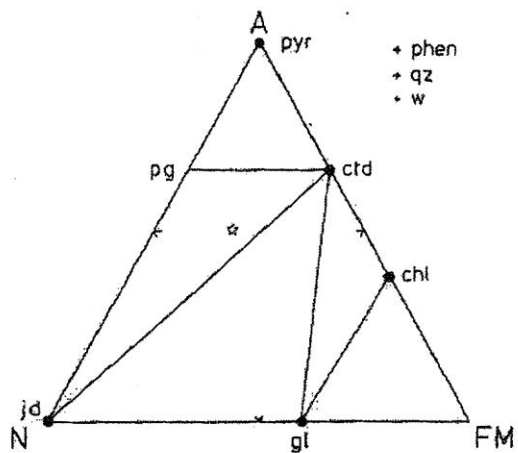


Fig. στ. Same as Fig. 9, but for a metapelite with sodic pyroxene, chloritoid, blue amphibole and paragonite from the Peloponnese.

Σχήμα 4. Βλέπε αναφορά εντός του κειμένου (από Theye and Seidel, 1991).

Στα διαγράμματα προβάλλονται και οι χημικές συστάσεις των πετρωμάτων και μπορούν από αυτά να αναγνωριστούν οι διάφορες παραγενέσεις και αντιδράσεις που οδηγούν σε αυτές με την αύξηση του βαθμού μεταμόρφωσης. Μερικές από τις αντιδράσεις αναφέρονται παρακάτω.

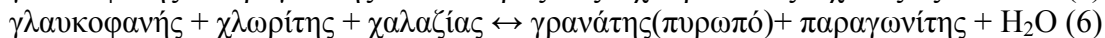
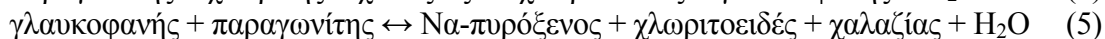
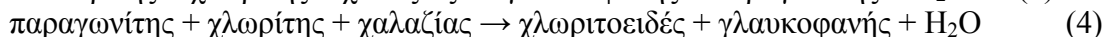
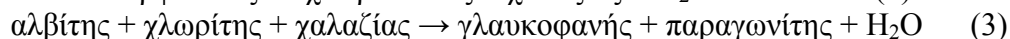
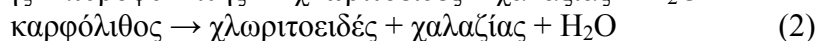
Οι πιο συχνοί πετρολογικοί τύποι που απαντώνται είναι:

α) **Χλωριτοειδικοί σχιστόλιθοι** (σπανίως με γρανάτη ή καρφόλιθο). Συνήθως η ορυκτολογική παραγένεση αυτών των σχιστολίθων είναι χαλαζίας + φενγκιτικός μοσχοβίτης + παραγωνίτης + χλωρίτης + χλωριτοειδές. Σε μερικά δείγματα εμφανίζονται ιδιόμορφοι γρανάτες. Το χλωριτοειδές μπορεί να αντικαθίσταται μερικώς από χλωρίτη και λευκούς μαρμαρυγίες και ο γρανάτης από χλωρίτη.

β) **Γλαυκοφανιτικοί σχιστόλιθοι** (χωρίς χλωριτοειδές). Έχουν πολύ συχνά την παραγένεση χαλαζίας + φενγκιτικός μοσχοβίτης + παραγωνίτης + γλαυκοφανής. Σπανίως εμφανίζεται και γρανάτης. Ο γλαυκοφανής εξαλλοιώνεται συχνά σε χλωρίτη και αλβίτη. Η φολίωση τους προσδιορίζεται από τους λευκούς μαρμαρυγίες. Λεπτόκοκκη οργανική ύλη και ιμμενίτης αποτελούν τις μη διαφανείς φάσεις.

γ) **Χλωριτοειδικοί - γλαυκοφανιτικοί σχιστόλιθοι** (σπανίως με γρανάτη). Η κύρια παραγένεση αυτών των πετρωμάτων είναι χαλαζίας + φενγκιτικός μοσχοβίτης + χλωριτοειδές + γλαυκοφανής. Συνήθως χλωριτοειδές και γλαυκοφανής αντικαθίστανται από χλωρίτη και λευκό μαρμαρυγία (παραγωνίτη, φενγκιτικό μοσχοβίτη). Τέλος, σε μεταπηλιτικά πετρώματα της Νοτίου Πελοποννήσου έχει βρεθεί η παραγένεση Na-ούχος πυρόξενος + γλαυκοφανής + παραγωνίτης + χλωρίτης + φενγκιτικός μοσχοβίτης + χαλαζίας (+ χλωρίτης, αλβίτης, λευκός μαρμαρυγίας). Τα ορυκτά στην παρένθεση προέρχονται από την αντικατάσταση Na-ούχων πυροξένων, γλαυκοφανή και χλωριτοειδούς.

Σημαντικές αντιδράσεις μεταξύ των φάσεων που αναπτύσσονται στα μεταπηλιτικά πετρώματα, κατ' αύξοντα βαθμό μεταμόρφωσης, είναι οι ακόλουθοι:



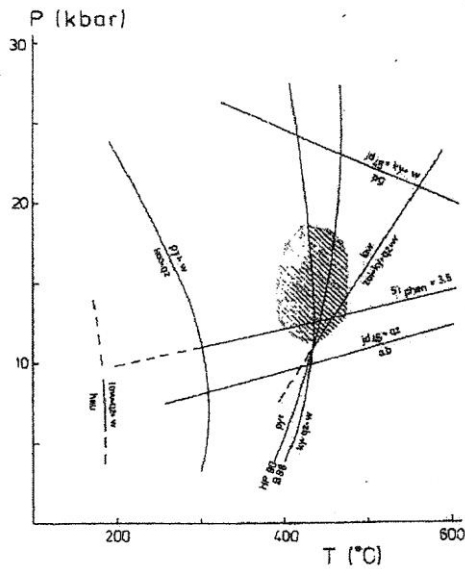
Με βάση τις πιο πάνω αντιδράσεις και τις παρατηρηθείσες παραγενέσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως γεωθερμοβαρόμετρα, οι ανώτερες P-T συνθήκες της μεταμόρφωσης για τα μεταπηλιτικά πετρώματα της P.Q ενότητας της Ν. Πελοποννήσου που περιέχουν γρανάτη, χλωριτοειδές, γλαυκοφανή, παραγωνίτη και χαλαζία υπολογίζονται σε $450 \text{ }^\circ\text{C} \pm 30 \text{ }^\circ\text{C}$ και $17 \pm 4 \text{ kbar}$ (βλέπε σχήματα 5,6).

Τα στρώματα του Τυρού

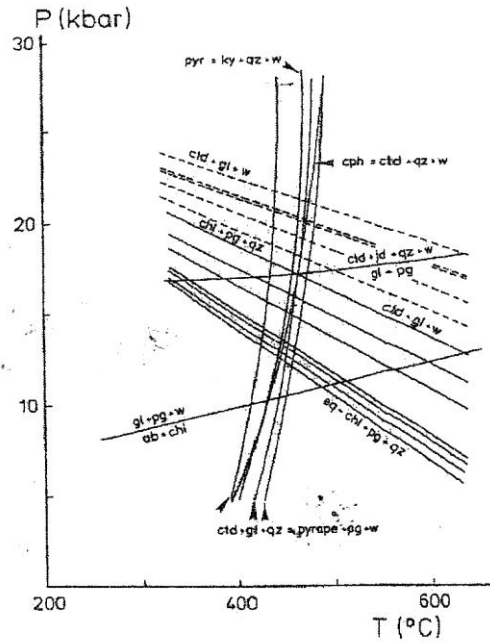
Τοπικά, μεταξύ της ενότητας P.Q και του υπερκείμενου καλύμματος των ασβεστόλιθων της Τρίπολης αναπτύσσεται η Περμο-Τριαδική ενότητα των στρωμάτων του Τυρού (στρώματα των Ραβδούχων στην Κρήτη). Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει μεταϊζήματα και μεταηφαιστειακά πετρώματα.

Ηφαιστειακά πετρώματα Τριαδικής ηλικίας είναι αρκετά διαδεδομένα στον Ελληνικό χώρο. Δημιουργήθηκαν από τα πρώιμα στάδια της ταφρογένεσης, η οποία οδήγησε στο σχηματισμό των Νεοτηθακών ωκεάνειων λεκανών.

Κατά το κάτω Μεσοζωικό η Ελληνική χώρα αντιπροσωπευόταν από μία σειρά ηπειρωτικών τεμαχίων Παλαιοζωικής ή παλαιότερης ηλικίας, από τα οποία τα μεγαλύτερα ήταν η Απούλια, η Πελαγονία και η Σερβομακεδονική-Ροδόπη. Τα περισσότερα από αυτά τα τεμάχια ερμηνεύονται εν γένει ως θραύσματα της Gondwana που αποσχίστηκαν κατά το Πέρμιο ή Τριαδικό για να δημιουργήσουν τις Νεοτηθακές ωκεάνιες λωρίδες.

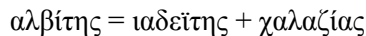
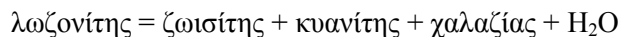
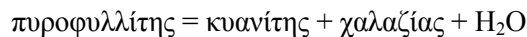
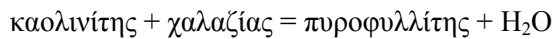


Σχ. 5.



Σχ. 6.

Σχήμα 5. P-T δίκτυο με καμπύλες σταθερότητας αντιδράσεων που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τις παραγενέσεις που παρατηρούνται στα μεταπηλιτικά πετρώματα της P.Q ενότητας της Πελοποννήσου.

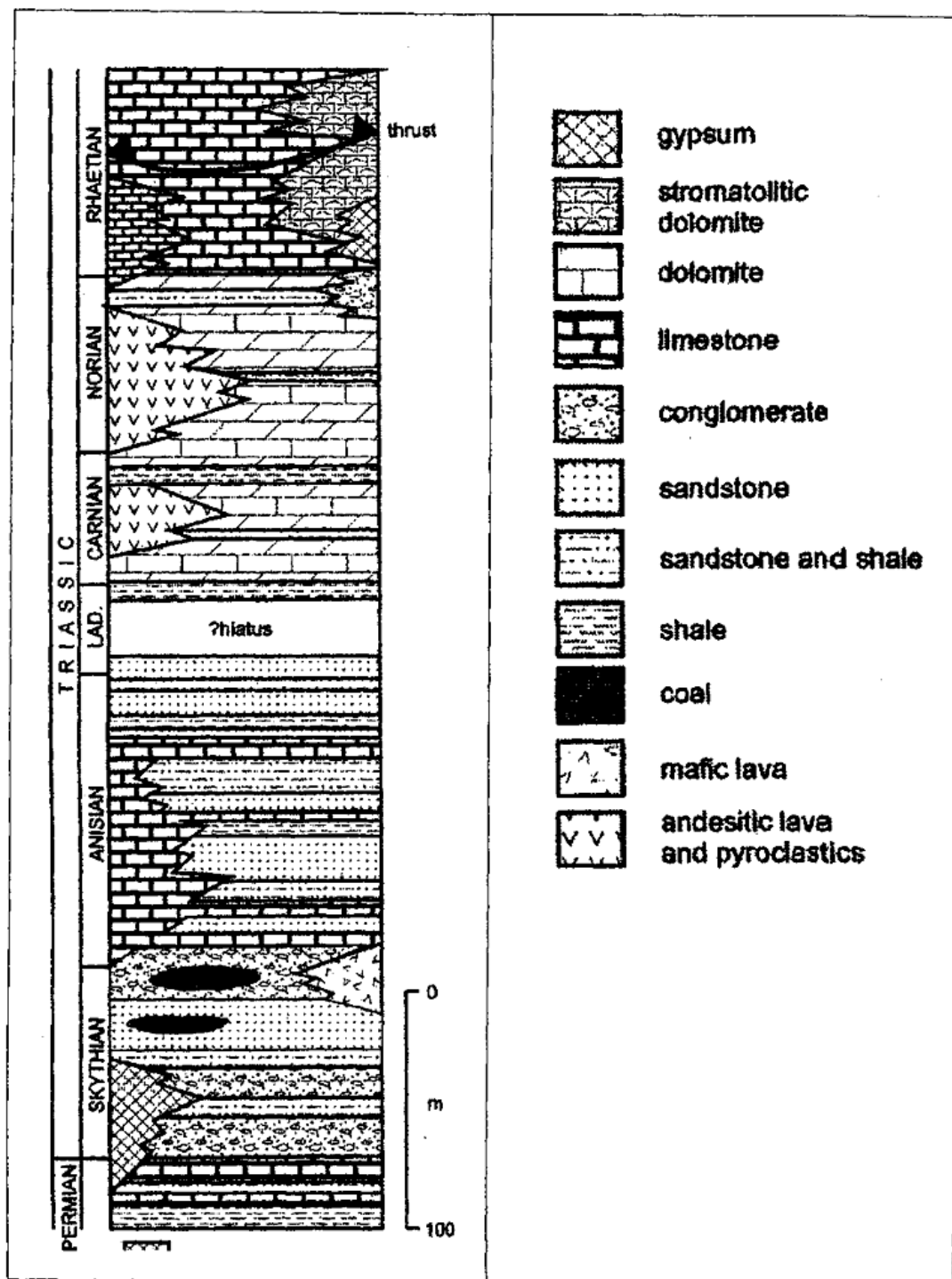


Si pheng 3.5 : Η ισοπληθής του Si για 3.5 κατιόντα στα πυριτικά τετράεδρα ανά μονάδα χημικού του φενγκιτικού μοσχοβίτη.

Σχήμα 6. Καμπύλες σταθερότητας αντιδράσεων που έχουν προκύψει από θερμοδυναμικά δεδομένα και χημικές συστάσεις ορυκτών που συμμετέχουν σε πετρώματα με την παραγένεση γρανάτης + χλωριτοειδές + γλαυκοφανής + παραγωνίτης + χαλαζίας (ab = αλβίτης, chl = χλωρίτης, ctd = χλωριτοειδές, qz = χαλαζίας, pg = παραγωνίτης, gl = γλαυκοφανής, jd = ιαδείτης, ky = κνανίτης, cph = καρφόλιθος, pyr = πυροφυλλίτης, w = H₂O) (Από Theye and Seidel, 1991).

Τα अपαραμόρφωτα πετρώματα του ανώτερου καλύμματος της Σειράς των Φυλλιτών («στρώματα Τυρού» με την ευρεία έννοια, Gerolymatos, 1994) (Σχήμα 7) περιλαμβάνουν τα ηφαιστειακά της Στεφανίας (Pe-Piper *et al.*, 1982), πιθανής Σκυθίου ηλικίας, τα οποία εμφανίζονται μεταξύ Φάρου και Στεφανίας και ηφαιστειακά πετρώματα πιθανής Καρνίου-Νορίου ηλικίας στην περιοχή Φοινικίου-Μολάων, ίσως παρενεστρωμένα με δολομίτη, ψαμίτη και αργιλικό σχιστόλιθο (Brauer *et al.*, 1980).

Από τις εμφανίσεις των στρωμάτων Τυρού στη Λακωνία, τυπικά είναι τα ηφαιστειακά της Στεφανίας (Pe-Piper *et al.*, 1982) (Σχήμα 8). Σχηματίζουν ηφαιστειακές υποαέριες ακολουθίες μεγάλου πάχους και αποτελούνται κυρίως από ερυθρά ηφαιστειακά λατυποπαγή (agglomerates), τόφφους και ηφαιστειοκλαστικά κροκαλοπαγή. Υπάρχει επίσης μικρή συμμετοχή ρωών, διαρριξηγενών φλεβών (dykes) και τυφλών διεισδύσεων (plugs) κυρίως βασαλτικού ανδεσίτη, αλλά τοπικά δακτιτική ή ρυολιτική. Η κύρια εμφάνιση βρίσκεται μεταξύ Κροκεών και Στεφανίας, ιδιαίτερα NNA του Φάρου.



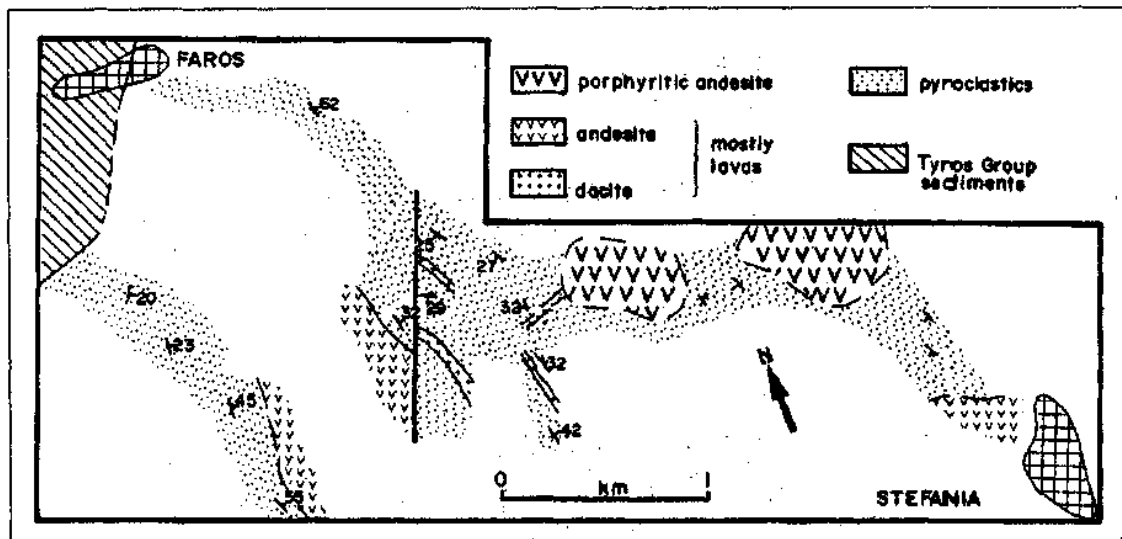
Σχήμα 7. Στρωματογραφική στήλη των στρωμάτων Τυρού της Πελοποννήσου (από Gerolymatos, 1994).

Τα ηφαιστειακά πετρώματα είναι σχεδόν απαραμόρφωτα, έχουν ΒΔ κλίση και τέμνονται από κανονικά ρήγματα. Το στρωματογραφικό πάχος είναι τουλάχιστον 1 km. Είναι ως επί το πλείστον πυροκλαστικά, κυρίως ενδιάμεσοι και αδρομερείς τόφφοι με μικρή συμμετοχή στάχτης και λεπτού ηφαιστειακού λατυποπαγούς (agglomerates) και ηφαιστειακής λασποροής (lahar). Πολλά από τα πυροκλαστικά και ηφαιστειοκλαστικά έχουν ερυθρό χρώμα. Τοπικά υπάρχει μεταλλοφορία χαλκού. Τρία χιλιόμετρα ΝΝΑ του Φάρου υπάρχει ένα σώμα πορφυριτικού ανδεσίτη μεγέθους 2*0,5 km με μεγάλους φαινοκρυστάλλους αστρίων. Το πέτρωμα αυτό χρησιμοποιήθηκε ως δομικός λίθος κατά την αρχαιότητα, σήμερα όμως έχει εξορυχθεί σχεδόν στο σύνολο του. Το σχήμα του

λατομείου υποδηλώνει ότι ο πορφύρης αυτός ήταν τυφλή διείσδυση (plug). Γύρω υπάρχουν διαρρηξιγενείς φλέβες (dykes) ενός πιο λεπτόκοκκου πορφύρη.

Πολλά από τα πετρώματα έχουν ορυκταμύδαλα και φλεβίδια χαλαζία, πουμπελλυίτη και/ή Κ-ούχου μαρμαρυγία. Πρωτογενή ορυκτά που έχουν επιβιώσει παρατηρούνται σπάνια, όπως πυρόξενος και πλαγιόκλαστο σε κάποια από τα πιο βασικά πετρώματα και Κ-ούχος άστριος στα όξινα. Τα ηφαιστειακά της Στεφανίας είναι ασβεσταλκαλικά και η κατανομή των γεωχημικά δυσκίνητων ιχνοστοιχείων στοιχείων (Al, Mg, Fe, Ti) μοιάζει με εκείνες που χαρακτηρίζουν τα τεκτονικά περιβάλλοντα σύγκλισης. Τα κύρια ορυκτά στους βασάλτες και τους ανδεσίτες είναι ο αλβίτης, ο χαλαζίας, ο αιματίτης, ο χλωρίτης, ο Κ-ούχος μαρμαρυγίας και το επίδοτο, με πουμπελλυίτη και ακτινόλιθο σε κάποια δείγματα. Οι δακίτες και οι ρυόλιθοι περιέχουν αλβίτη, χαλαζία, αιματίτη και Κ-ούχο μαρμαρυγία, με επίδοτο σε κάποια δείγματα. Πολλά από αυτά τα ορυκτά αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια μεταμόρφωσης χαμηλού βαθμού. Το κύριο μεταμορφικό γεγονός που καταγράφει η ορυκτολογία των πετρωμάτων αυτών χαρακτηρίζεται από την παραγένεση χλωρίτης + επίδοτο + αλβίτης + χαλαζίας + Κ-ούχος μαρμαρυγίας ± πουμπελλυίτης, που είναι σταθερή στις συνθήκες P-T της φάσης πουμπελλυίτη - πρενίτη - χαλαζία. Το επίδοτο και ο πουμπελλυίτης εμφανίζονται σε φλέβες και 'patches'.

Η παραγένεση πουμπελλυίτης + επίδοτο + χλωρίτης + χαλαζίας είναι σταθερή σε θερμοκρασίες και πιέσεις κάτω από 350 °C και 2-3 kbar.



Σχήμα 8. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Φάρου-Στεφανίας (Pe-Piper *et al.*, 1982)

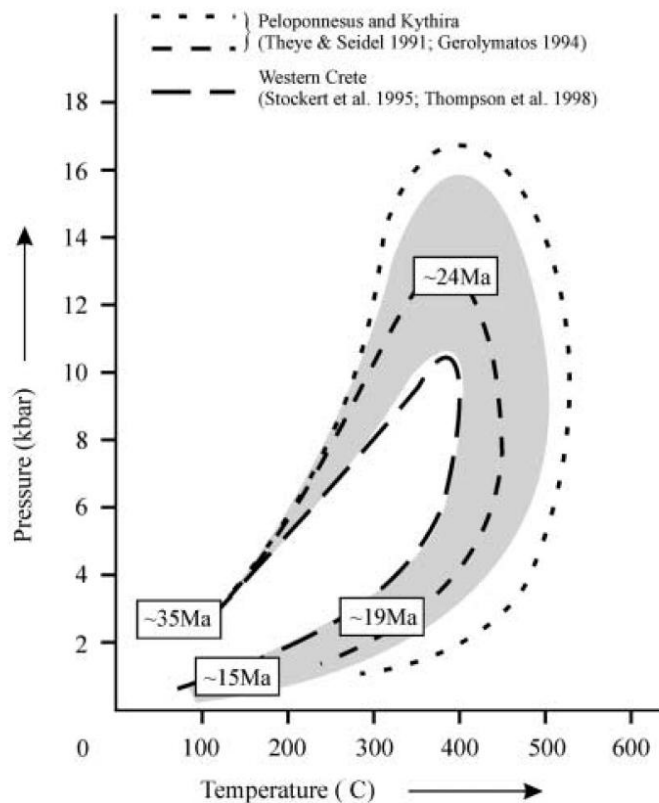
Η ενότητα αυτή θεωρήθηκε ως η ανγχιμεταμορφική ιζηματογενής βάση των μη μεταμορφωμένων ασβεστόλιθων της Τρίπολης, πρόσφατες όμως μελέτες δείχνουν ότι και αυτή η ενότητα, τουλάχιστον τοπικά, έχει μεταμορφωθεί σε συνθήκες υψηλών P-Χαμηλών T. Παρατηρείται η ύπαρξη λωζονίτη στα στρώματα Τυρού, Β και ΝΔ της Πελοποννήσου (Baltatzis and Katagas, 1984, Pe-Piper, 1983) και πυροφιλλίτη + χλωρίτη με καρφόλιθο στα πετρώματα Ραβδούχων της Κρήτης. Τα στρώματα Τυρού, λοιπόν αποτελούν κομμάτια χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης υψηλών P πετρωμάτων και δεν φαίνεται να αποτελούν την ιζηματογενή βάση των ασβεστόλιθων της Τρίπολης.

ΜΗ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΕΣ ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

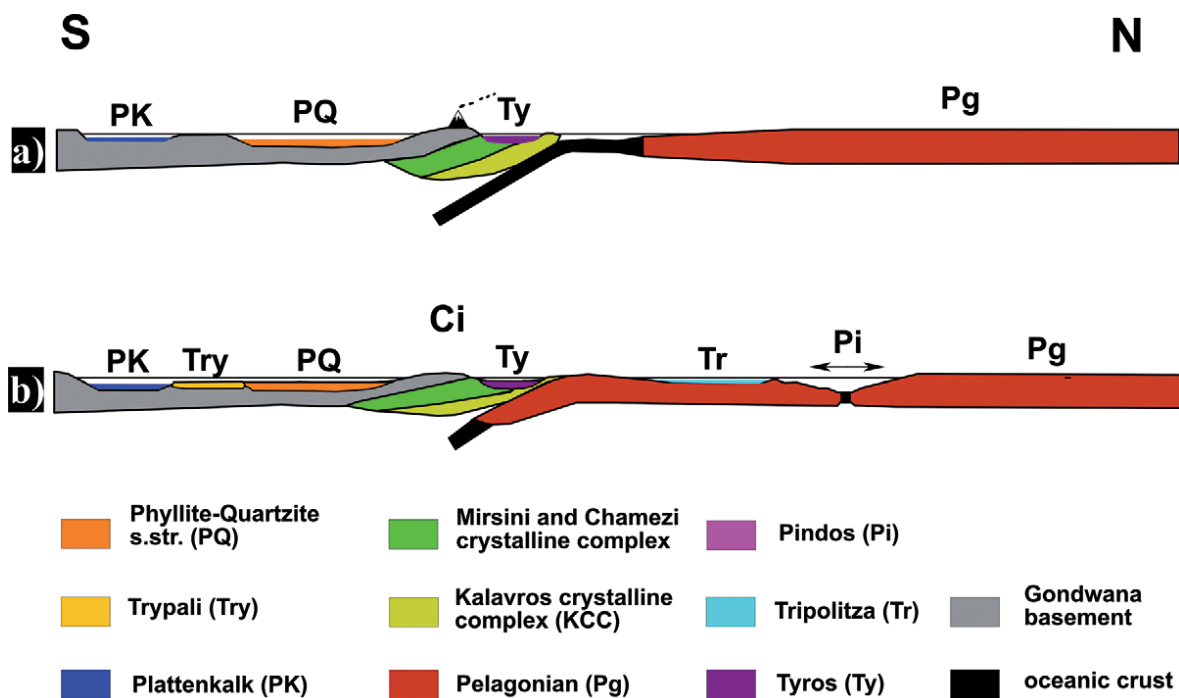
Στην Πελοπόννησο, όπως και στην Κρήτη, η P.Q ενότητα και η ενότητα των στρωμάτων του Τυρού καλύπτεται τεκτονικά από την ενότητα ασβεστόλιθων αβαθών θαλασσών της Τρίπολης που έχουν Ανώτερη Τριαδική έως Ηώκαινική ηλικία. Τα πετρώματα αυτά δεν δείχνουν στοιχεία μεταμόρφωσης. Το αυτό ισχύει για το επόμενο κάλυμμα της Πίνδου, που είναι ακολουθία ιζημάτων βαθιάς λεκάνης Άνω Τριαδικής έως Παλαιοκαινικής /Ηώκαινικής ηλικίας.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι P-T συνθήκες που υπολογίστηκαν για τις μεταμορφικές ενότητες που καταλαμβάνουν τη βάση της σειράς των καλυμμάτων στην Πελοπόννησο και στην Κρήτη (Σχήμα 9) προϋποθέτουν ότι τα πετρώματα που βρίσκονται σήμερα στην επιφάνεια είχαν φθάσει σε βάθος τουλάχιστον 50 km και στη συνέχεια εκταφιάστηκαν ως συμπαγή τεμάχια. Το πάχος των υπερκείμενων μη μεταμορφωμένων ενότητων (~ 3000 m) δεν είναι αρκετό για να ερμηνεύσει την υψηλής P-χαμηλής T μεταμόρφωση και επομένως οι ενότητες αυτές θα πρέπει να συνδέονται με διεργασίες καταβύθισης της λιθόσφαιρας κάτω από το κεντρικό Αιγαίο. Όλες οι ενότητες έχουν εύθραυστες τεκτονικές επαφές μεταξύ τους και θεωρείται βέβαιο ότι τα καλύμματα αντιπροσωπεύουν διαφορετικές παλαιογεωγραφικές ζώνες οι οποίες πριν από τη συσσώρευση τους ως καλύμματα ήταν παρατεταγμένες ή μία δίπλα στην άλλη (Σχήμα 10). Πολλοί θεωρούν την P.Q ενότητα ως πρώην υπόβαθρο της τεκτονικά υπερκείμενης ζώνης Τριπόλεως, ενώ άλλοι την θεωρούν ως μια ξεχωριστή ισοπική ζώνη μεταξύ των ζωνών Plattenkalk και Τρίπολης. Όμως και οι δύο απόψεις παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα, αφού αφ' ενός δεν παρατηρείται μεταμόρφωση τύπου υψηλής P-χαμηλής T στην ενότητα της Τρίπολης και αφ' ετέρου δεν έχουν βρεθεί στην P.Q ενότητα ιζηματογενή πετρώματα νεώτερα του Τριαδικού.



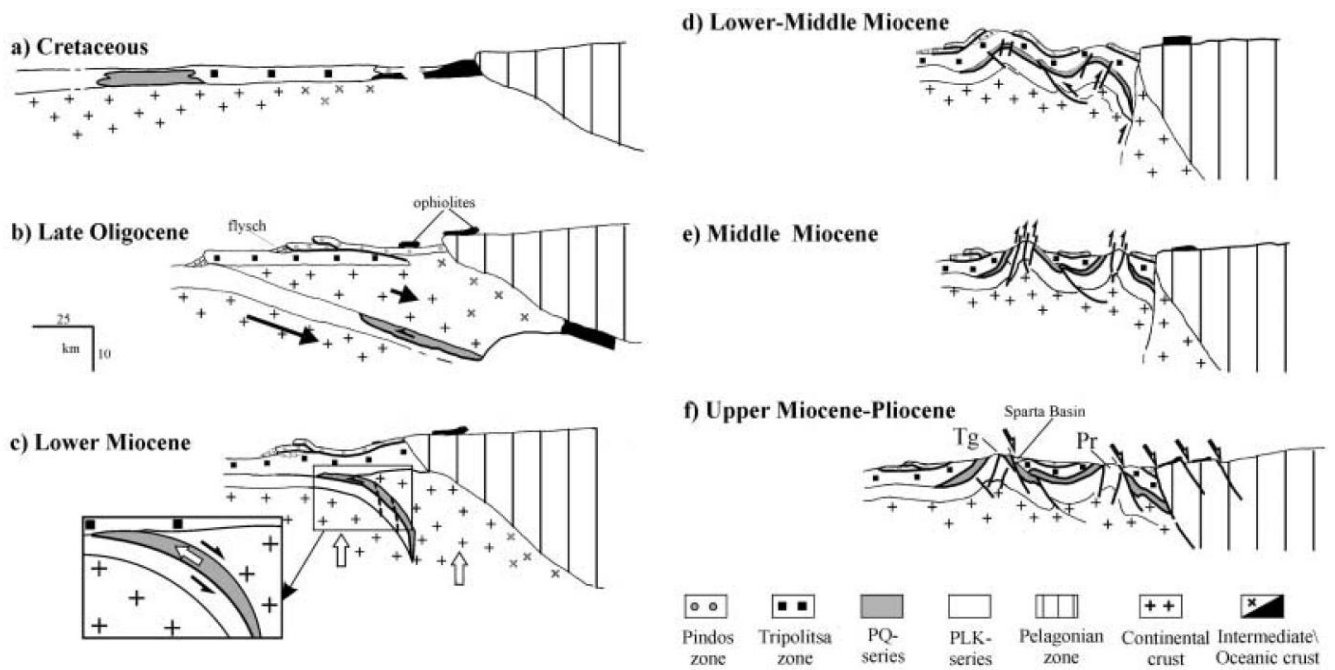
Σχήμα 9. Διαδρομές P-T-t για τα πετρώματα HP/LT της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής ενότητας στην Πελοπόννησο, στα Κύθηρα και στην Δυτική Κρήτη (Seidel et al., 1982, Thomson et al. 1998).



Σχήμα 10. Τεκτονική εξέλιξη των στρωμάτων Τυρού και των γειτονικών της ενοτήτων. a) Πέρμιο έως Κάτω Τριαδικό, b) Μέσο έως Άνω Τριαδικό (Zulauf *et al.*, 2013)

Το πρόβλημα της γρήγορης μεταφοράς προς την επιφάνεια και του εκταφιασμού των ενοτήτων υψηλών P-χαμηλών T αποτελεί θέμα που έχει προκαλέσει την διατύπωση διαφόρων μοντέλων. Σε μοντέλο που προτείνεται από τους Doutsos *et al.* (2000) η ιστορία του εκταφιασμού στη Ν. Πελοπόννησο συνδέεται με τη δημιουργία των τεκτονικών παραθύρων Ταυγέτου και Πάρωνα, που θεωρούνται ως αποτέλεσμα μιας διαδικασίας συνεχούς φλοιϊκής συστολής η οποία χαρακτηρίζεται από κατακόρυφη έκταση του φλοιού και δημιουργία μεγάλων συζυγών ρηξιγενών επιφανειών ανάστροφου χαρακτήρα (Σχήμα 11). Κατά τα τελικά στάδια εξέλιξης δημιουργήθηκαν μεγάλα κανονικά ρήγματα που συνέβαλαν στην τελική διαμόρφωση των τεκτονικών παραθύρων. Προτείνονται ρυθμοί ανάδυσης των πετρωμάτων που κυμαίνονται κατά μεν τη διάρκεια της φλοιϊκής συστολής από 1.5 έως 7 mm/έτος κατά δε το στάδιο της διαστολής όχι μεγαλύτεροι από 1 mm/έτος.

Τέλος, σύμφωνα με άλλες απόψεις (Skourtsos & Lekkas, 2004) η Φυλλιτική-Χαλαζιτική ενότητα δεν αποτελεί το υπόβαθρο της υπερκείμενης ζώνης Τριπόλεως αλλά της ενότητας Κοσμά-Γυθείου που αποτελούσε τμήμα της Ιόνιας ζώνης. Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, οι εξωτερικές Ελληνίδες αποτελούν καλυμματικές ενότητες της Ιονίου ζώνης που συμπύχθηκαν κάτω από την πλατφόρμα της Τρίπολης κατά τη διάρκεια της υποβύθισης της Ιονίου λεκάνης κάτω από αυτή (Σχήμα 12).



Σχήμα 11. Μοντέλο εξέλιξης της δημιουργίας της νοτίου Πελοποννήσου κατά μήκος εγκάρσιας τομής μεταξύ των ορεινών όγκων Πάρνονα (Pr) και Ταϊγέτου (Tg) σύμφωνα με τους Doutsos *et al.*, 2000.

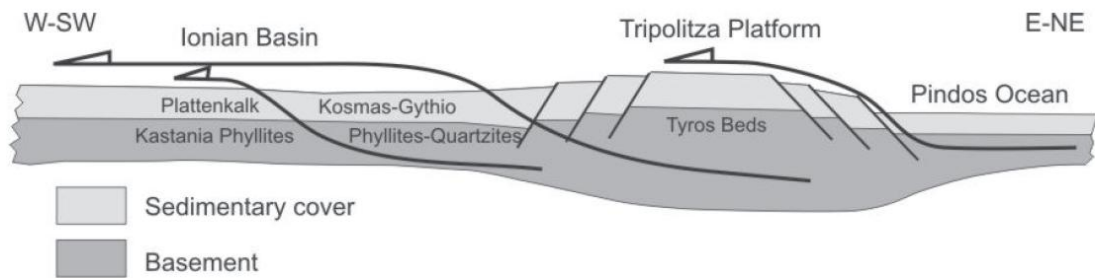
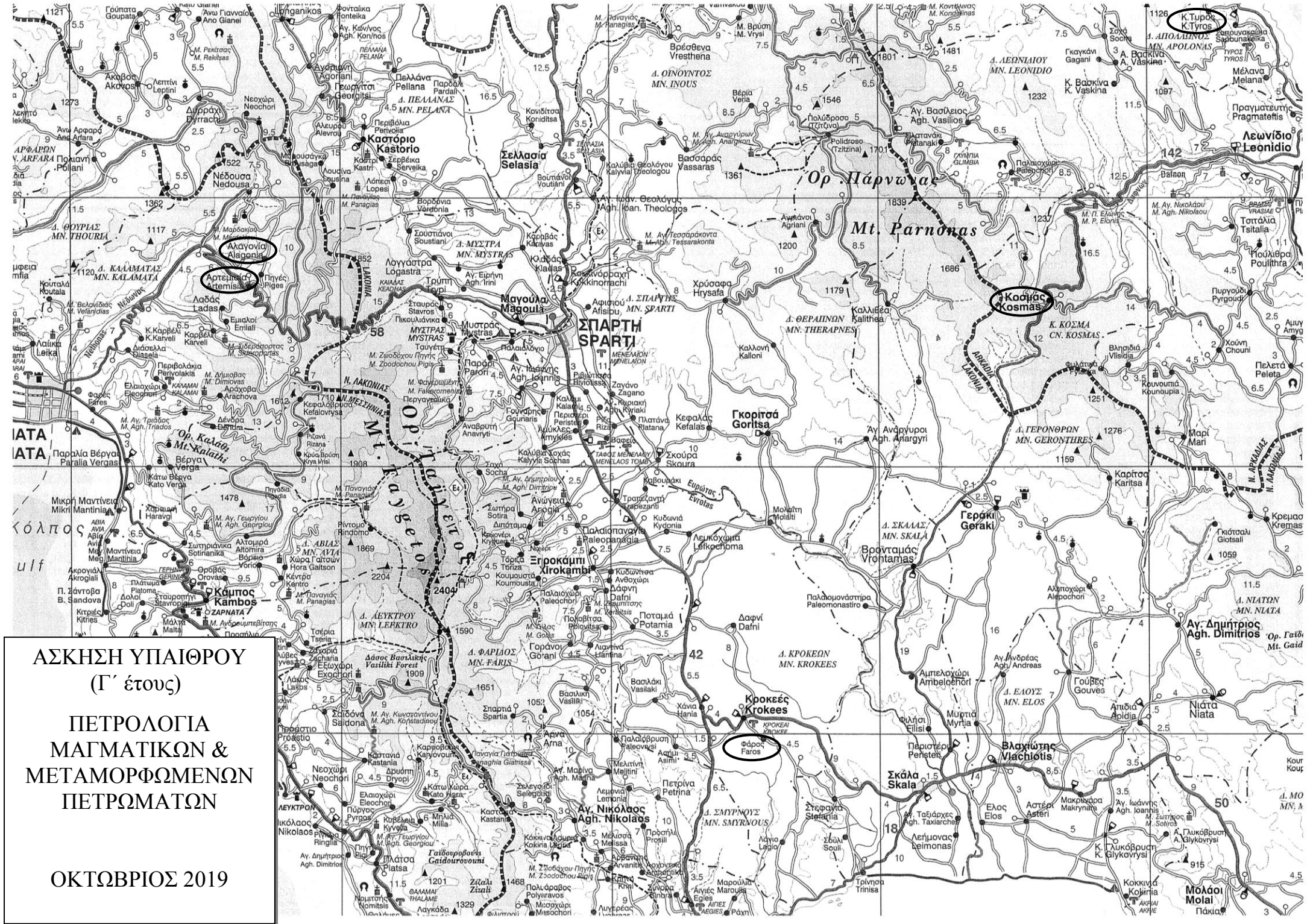


Fig. 5: Mesozoic palinspastic cross section through the External Hellenides with the main future thrust fault. The position of the Kosmas-Gythio unit was in the internal part of the Ionian Basin and closer to the Tripolitza platform.

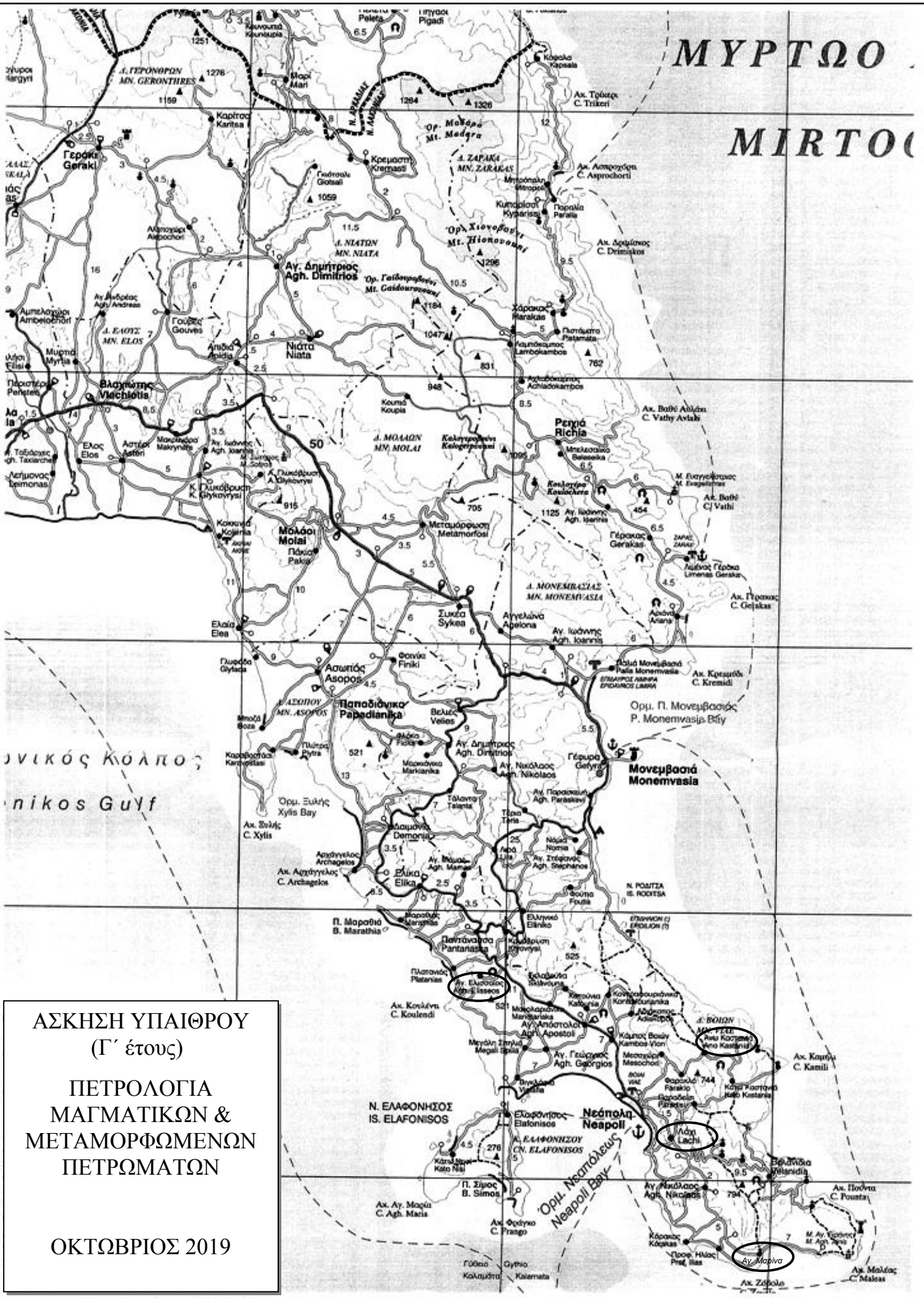
Σχήμα 12. Τεκτονική εξέλιξη των στρωμάτων Τυρού και των γειτονικών της ενοτήτων. a) Πέρμιο έως Κάτω Τριαδικό, b) Μέσο έως Άνω Τριαδικό (Zulauf *et al.*, 2013)



ΑΣΚΗΣΗ ΥΠΑΙΘΡΟΥ
(Γ' έτους)

ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑ
ΜΑΓΜΑΤΙΚΩΝ &
ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ
ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2019



ΑΣΚΗΣΗ ΥΠΑΙΘΡΟΥ
 (Γ' έτους)
ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑ
ΜΑΓΜΑΤΙΚΩΝ &
ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ
ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2019