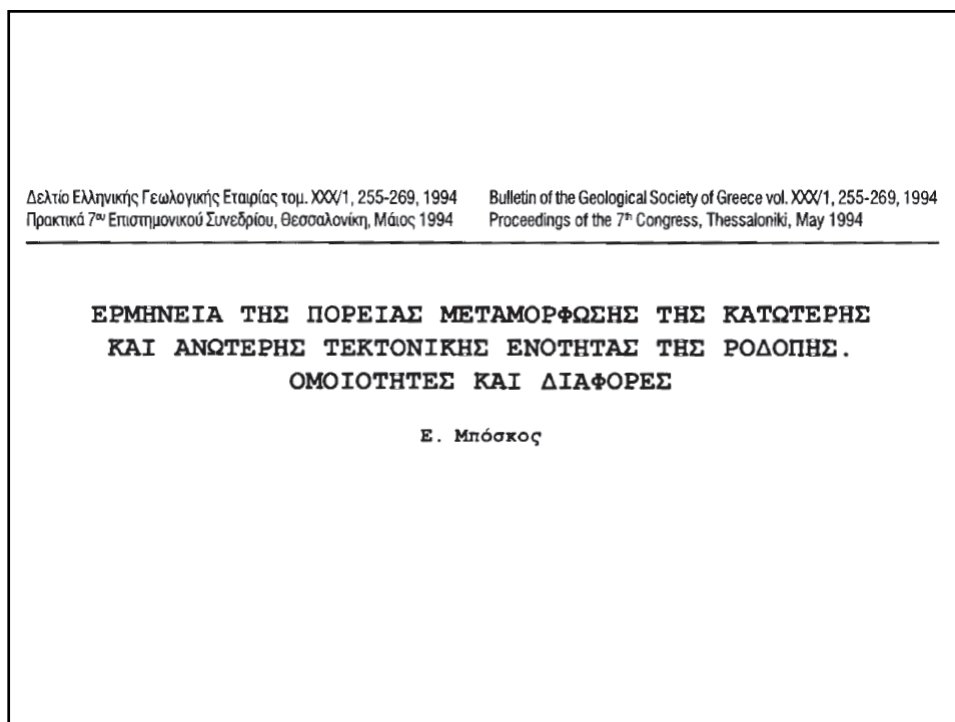


1



2

- Νεότερες γεωλογικές και πετρολογικές έρευνες
→ η Ροδόπη, η οποία εθεωρείτο παλαιότερα ως ένας κρατονικός πυρήνας, συμμετείχε στην αλπική ορογένεση, όπως τεκμηριώνεται από μεταμορφικά επεισόδια και καλυμματική τεκτονική, αλπικής ηλικίας.
- Πετρολογικές έρευνες στο Ελληνικό τμήμα της Ροδόπης
→ η Ροδόπη επηρεάστηκε από τρία διαδοχικά κύρια μεταμορφικά επεισόδια:
 - μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων,
 - μεταμόρφωση μεσαίων πιέσεων και
 - ανάδρομη μεταμόρφωση κατώτερης πρασινο- σχιστολιθικής φάσης, χαμηλών πιέσεων

3

- Διάκριση δύο, κύριων τεκτονικών ενοτήτων λόγω σημαντικών διαφορών στο βαθμό μεταμόρφωσης σε άμεσα γειτνιάζοντα πετρώματα, (της τάξεως των 150°C), για το επεισόδιο των μεσαίων πιέσεων:
 - μιας **κατώτερης** (Κ.Τ.Ε.) με συνθήκες μεταμόρφωσης ανώτερης πρασινοσχιτολιθικής - κατώτερης αμφιβολιτικής φάσης και
 - μιας **ανώτερης** (Α.Τ.Ε.) , με συνθήκες μέσης έως ανώτερης αμφιβολιτικής φάσης

4

- Κατά τη μεταμόρφωση των υψηλών πιέσεων οι συνθήκες P-T που επικράτησαν
 - στην κατώτερη τεκτονική ενότητα (**Κ.Τ.Ε.**) εκτιμήθηκαν σε 14-15Kbar και 550-600°C
 - και στην ανώτερη τεκτονική ενότητα (**Α.Τ.Ε.**) σε 13,5-16 Kbar και 750°-775°C
- Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει ότι,
 - η **Κ.Τ.Ε.**, ακολούθησε μια πορεία βύθισης, με μέση αύξηση της θερμοκρασίας κατά **11,5°C/Km**, ενώ
 - η πορεία βύθισης της **Α.Τ.Ε.** δίνει μια μέση αύξηση της θερμοκρασίας κατά **15,5°C/Km**.

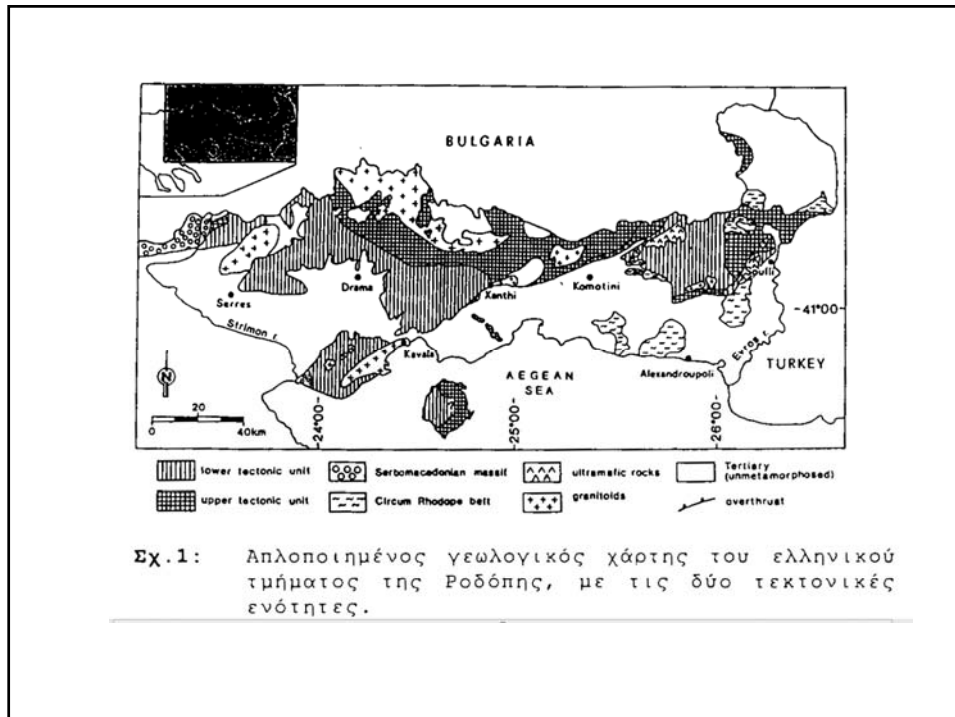
5

- Οι δύο τεκτονικές ενότητες της Ροδόπης έχουν κοινή μεταμορφική ιστορία και κοινή γεωδυναμική εξέλιξη
ή
 - αποτελούν δυο ενότητες που ακολούθησαν διαφορετική τεκτονομεταμορφική εξέλιξη, σε διαφορετικές γεωλογικές περιόδους?
- Η απάντηση απαιτεί το συνδυασμό δεδομένων από την τεκτονική γεωλογία, την ισοτοπική γεωχημεία και την πετρολογία.

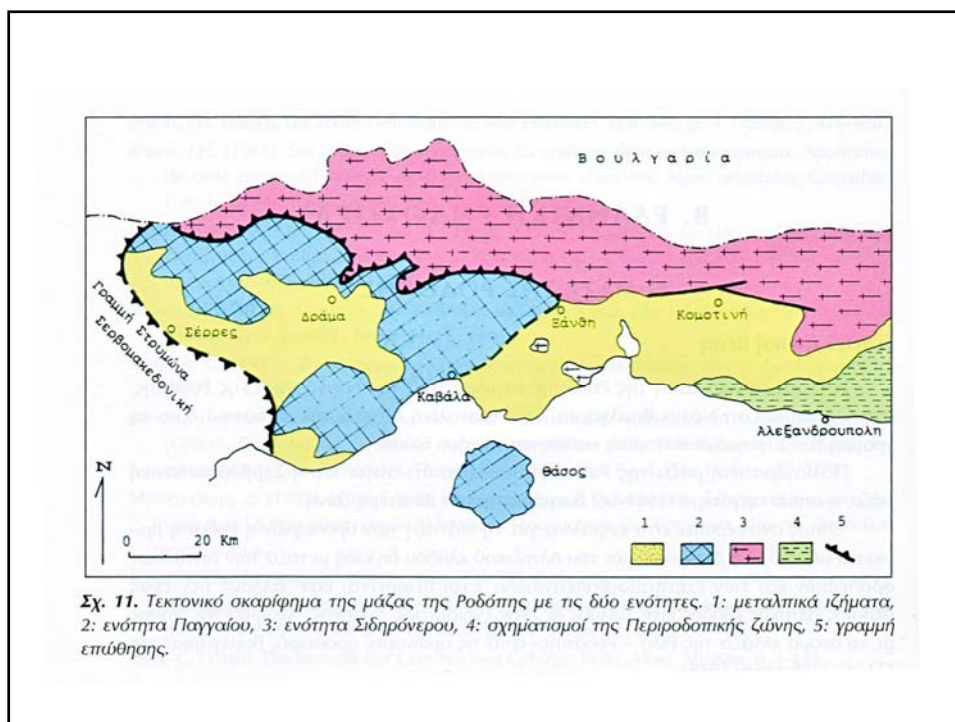
6

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ - ΛΙΘΟΛΟΓΙΕΣ

7



8



9

Η Κατώτερη Τεκτονική Ενότητα (Παγγαίου)

- Η Κ.Τ.Ε. στην **ανατολική Ροδόπη** αποτελείται κυρίως από
 - ✓ προαλπικά μιγματιτωμένους γνεύσιους,
 - ✓ ορθο-γνεύσιους (γρανιτογνεύσιους),
 - ✓ πηλιτικούς γνεύσιους και
 - ✓ πλούσιους σε αργίλιο μεταπηλίτες, με παρεμβολές αμφιβολιτών και αμφιβολούχων εκλογιτών (amphibole- eclogites) .
 - ✓ μεγάλα υπερμαφικά σώματα, όπως εκείνα της Σμιγάδας - Εσωχής και του Σουφλίου, συνοδευόμενα από μεταβασίτες, παρεμβάλλονται στις λιθολογίες της.
- Η Κ.Τ.Ε. στη **δυτική Ροδόπη** :
 - ✓ ορθογνεύσιιοι αποτελούν τους κατώτερους λιθολογικούς σχηματισμούς,
 - ✓ με υπερκείμενους χαλαζιο-αστριούχους γνεύσιους (παραγνεύσιους) και μεταπηλίτες,
 - ✓ οι οποίοι, μέσω μιας σειράς εναλλαγών μαρμαρυγιακών σχιστολίθων-μαρμάρων, που φέρουν παρεμβολές αμφιβολιτών (σχετικά σπάνιοι),
 - ✓ μεταβαίνουν στην ανώτερη λιθολογική ενότητα των μαρμάρων (μάρμαρα Φαλακρού).

10

Η Ανώτερη Τεκτονική Ενότητα (Σιδηρόνερου)

- Η Α.Τ.Ε. αποτελείται από
 - ✓ ορθογνεύσιους, συχνά μιγματιπωμένους,
 - ✓ παραγνεύσιους και μεταπηλίτες, μιγματιπωμένους επίσης κατά περιοχές,
 - ✓ με παρεμβολές μερικά αμφιβολιτωμένων εκλογιτών, αμφιβολιτών και μαρμάρων.
 - ✓ Υπερμαφικά σώματα, μικρών σχετικά διαστάσεων, παρεμβάλλονται στους μεταπηλίτες και παραγνεύσιους.
- Στην ανατολική Ροδόπη εμφανίζονται, επί πλέον :
 - ✓ μεγάλης έκτασης στρωματόμορφα μεταγαββρικά και οξινότερα μεταμορφωμένα πλουτώνια πετρώματα.
- Πηγματίτες, κυρίως μοσχοβιτικοί, διαπερνούν όλες τις λιθολογίες της Α.Τ.Ε.
- Σε μεταδιορίτες και μεταγάββρους, οι πηγματίτες έχουν συχνά τροντγιεμική σύσταση

11

ΚΑΤΩΤΕΡΗ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ Πετρολογικά δεδομένα

12

Η Κατώτερη Τεκτονική Ενότητα (Παγγαίου)

- Τα τελευταία χρόνια, συστηματική μελέτη των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της Ροδόπης με βάση και γεωχρονολογικά στοιχεία, έδειξε ότι, η Κ.Τ.Ε. συμπεριλήφθηκε σε ένα **μεταμορφικό κύκλο αλπικής ηλικίας**.
- Ο κύκλος αυτός περιλαμβάνει **μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων**, η οποία ακολουθήθηκε από **μεταμόρφωση μεσαίων πιέσεων** και στη συνέχεια **ανάδρομη μεταμόρφωση χαμηλών πιέσεων**.
- Η μεταμόρφωση των υψηλών πιέσεων συνδέεται με ένα **μηχανισμό υποβύθισης** (subduction),
- ενώ τα επακόλουθα στάδια, με την αναπροσαρμογή των παραγενέσεων των λιθολογιών της Κ.Τ.Ε. σε χαμηλότερες πιέσεις, κατά την **πορεία ανάδυσης**.
- Πληροφορίες για τη μεταμορφική εξέλιξη της Κ.Τ.Ε. παρέχουν οι μεταβασίτες, οι γνεύσιοι και οι μεταπηλίτες.

13

Η μεταμόρφωση των υψηλών πιέσεων στην Κ.Τ.Ε.

Παρουσία
αμφιβολουχών
εκλογιτών στην
ανατολική Ροδόπη

- με ορυκτά εκλογιτικής φάσης γρανάτη, ομφακίτη (jd35- 55) ±κυανίτη, Na-ούχο τρεμολίτη-κεροσίλβη, φεγγιτικό μοσχοβίτη, κλινοζοϊσίτη, ρουτίλιο.

Το μέγιστο της
μεταμόρφωσης
των υψηλών
πιέσεων ήταν έξω
από το πεδίο
σταθερότητας του
γλαυκοφανή,

- οι αμφίβολοι που συνυπάρχουν με ομφακίτη, είναι κυρίως Ca-ούχοι αμφίβολοι, πλούσιοι σε Na, με Na₂O που κυμαίνεται μεταξύ 2.7 και 4.6%

Τεκμηριώνεται τόσο
στην ανατολική όσο
και στη δυτική
Ροδόπη:

- Στους γνεύσιους: φεγγίτης (Si=6.9-7 για 22 οξυγόνα) - αλβίτης-μικροκλινης ±βισοίτης-χαλαζίας-κλινοζοϊσίτης±γρανάτης
- και στους μεταπηλίτες: φεγγίτης (Si=6.65-6.85)-γρανάτης-χλωρίτης±κυανίτης±παραγωνίτης-χαλαζίας-ρουτίλιο.

Οι συνθήκες P-T
που επικράτησαν:

- στην **ανατολική Ροδόπη 14-15Kbar και 550-600°C** και
- στη **δυτική σε ~12 Kbar και ~520°C**.

14

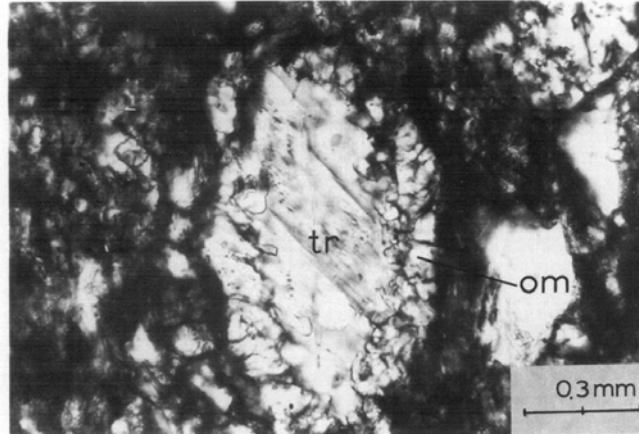
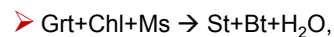
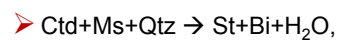
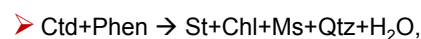


Fig. 2 Omphacite-quartz intergrowths replacing Na-rich tremolite in metagabbro. Plane polarized light micrograph.

15

Η μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων στην Κ.Τ.Ε. - ΜΕΤΑΠΗΛΙΤΕΣ

- Η πορεία ανάδυσσης της Κ.Τ.Ε. στο στάδιο που χαρακτηρίζει τη μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων, συνοδεύεται από πλήθος αντιδράσεων αφυδάτωσης. Οι αντιδράσεις



που διαπιστώθηκαν στους μεταπηλίτες καθορίζουν την **πορεία ανάδυσσης** από τη μέγιστη τιμή των 14-15 Kbar μέχρι τα 4 Kbar.

- Κατά την πορεία αυτή, η θερμοκρασία παρέμεινε σταθερή ή παρουσίασε μικρή αύξηση, (Σχήμα 2) υποδηλώνοντας γρήγορο ρυθμό ανάδυσσης.
- Στους γνεύσιους η πορεία ανάδυσσης εκφράζεται με τη σταδιακή ελάττωση του σελαδονιτικού μορίου στο φεγγίτη, η οποία τεκμηριώνει την αντίδραση αφυδάτωσης
 - $phen_1 \rightarrow phen_2 + Bi + Kfs + Qtz + H_2O$

16

[Phengite](#) is a series name for muscovite–celadonite solid solutions,



Celadonite *sensu stricto* has Mg and Fe³⁺ dominant over Fe²⁺ and Al.

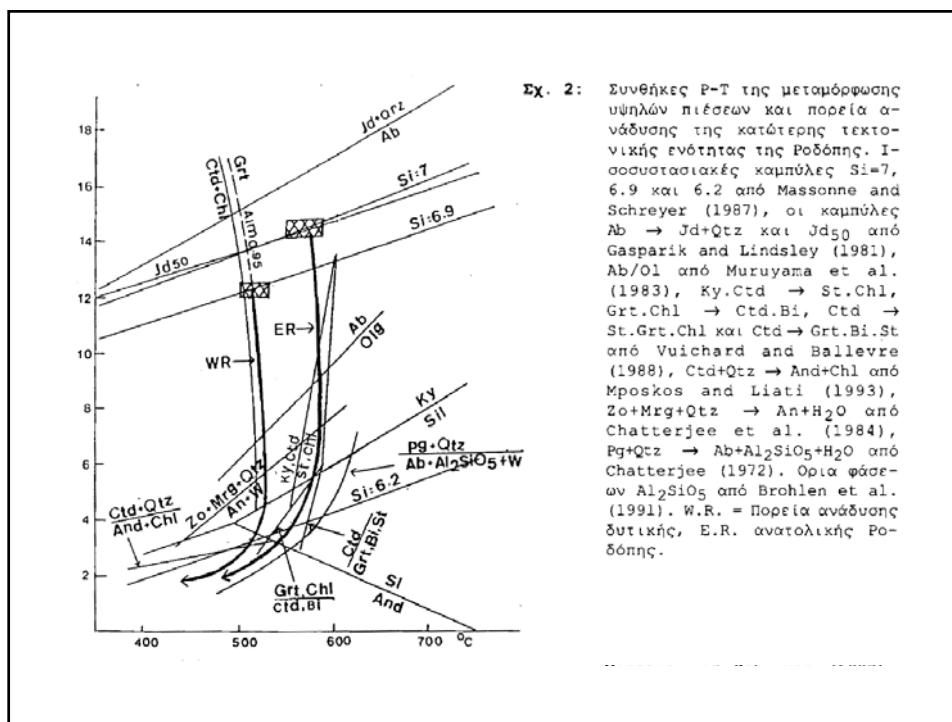
The other siliceous endmembers are aluminoceladonite, ferroceladonite, and ferroaluminoceladonite (Rieder et al., 1998).

The Si⁴⁺ content of [phengite](#) is variable according to the Tschermak substitutions ^{VI}(Mg, Fe²⁺)^{IV}Si^{VI}(Al, Fe³⁺)₋₁^{IV}Al₋₁, where superscripts “VI” and “IV” indicate octahedrally and tetrahedrally coordinated sites, respectively (Guidotti, 1984).

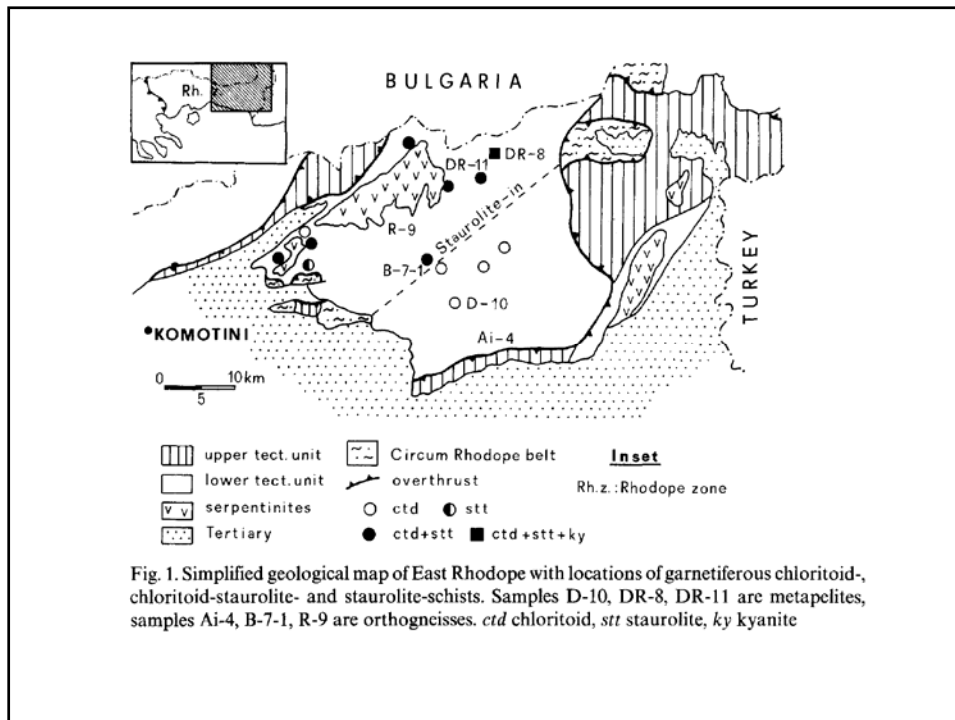
[Mica](#) with Si content 3.0–3.1 in this solid solution can be classified as [muscovite](#) (Rieder et al., 1998).

Velde (1965, 1967) first reported widening of the [miscibility gap](#) between muscovite and aluminoceladonite with either rising pressure or decreasing temperature. The Si⁴⁺ content of phengite has since been applied as a geothermobarometer in many phengite-bearing metamorphic mineral assemblages (Massonne & Schreyer, 1987, 1989; Massonne & Szpurka, 1997; Wei & Powell, 2003).

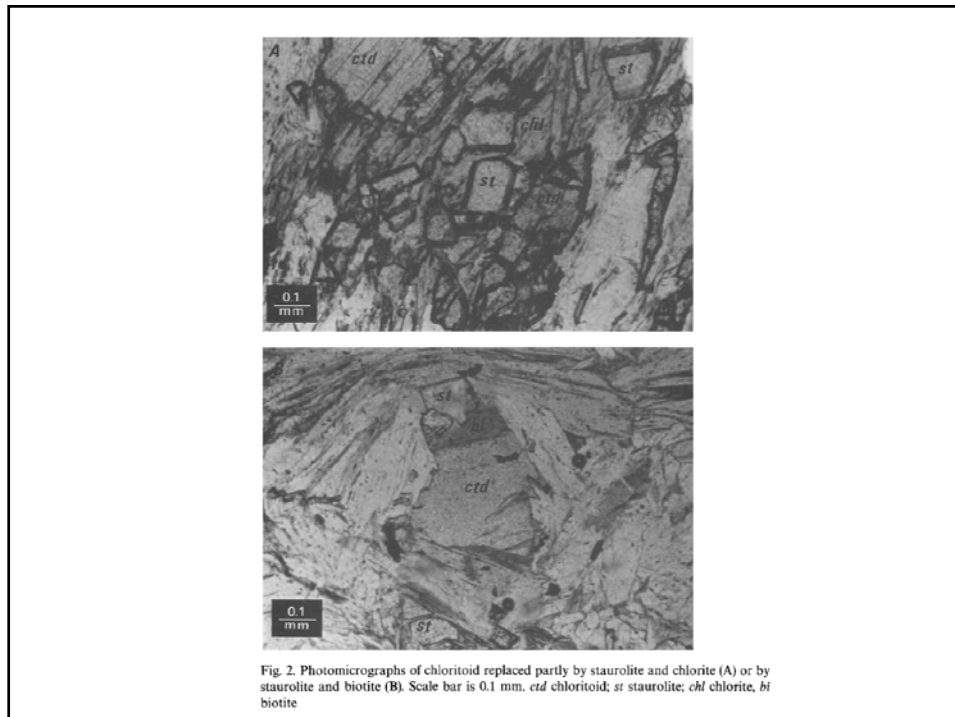
17



18



19



20

Η μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων στην Κ.Τ.Ε. - **ΜΕΤΑΒΑΣΙΚΑ**

- Πλήθος αντιδράσεων, πολλές από τις οποίες αποτελούν αντιδράσεις αφυδάτωσης.
- Στους εκλογίτες:
 - κλινοπυρόξενιοι με ζωνώδη σύσταση παρουσιάζουν σταδιακή ελάττωση του ιαδείπικου μορίου από το κέντρο προς την άκρη (Jd_{31} κέντρο, Jd_{16} άκρη).
 - Συμπλεκτίτες διοσιδίου (Jd_{15})-αλβίτη, ακτινόλιθου-αλβίτη, τεκμηριώνουν το πρώτο στάδιο ανάδυσσης,
 - ενώ συμπλεκτίτες βιοτίτη-ολιγοκλάστου (An_{15}) σε ψευδομόρφωση κατά φεγγίτη και ακτινόλιθου/ κεροστίλβης-ολιγοκλάστου (An_{14-18}) σχηματίστηκαν σε πιέσεις χαμηλότερες των 9Kbar.
- Σε όλους τους μεταβασίτες: αμφίβολοι με ζωνώδη σύσταση (με κέντρο Na-ούχου τρεμολίτη και εξωτερική ζώνη μαγνησιούχου κεροστίλβης / τσερμακίτης κεροστίλβης) → μικρή αύξηση της θερμοκρασίας (?) κατά το στάδιο ανάδυσσης.

21

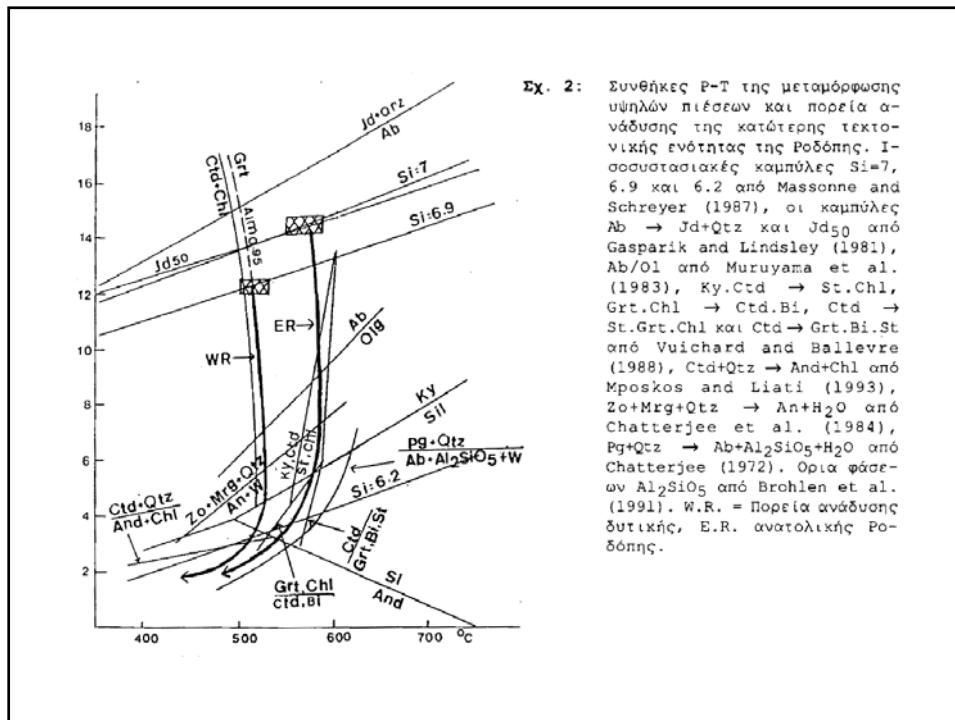
Η μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων στην Κ.Τ.Ε. - **ΜΕΤΑΒΑΣΙΚΑ**

- Σε γρανατούχους αμφιβολίτες της ανατολικής Ροδόπης
 - Ca- ούχα πλαγιόκλαστα (An_{83-96}), τα οποία αντικατέστησαν ψευδομορφικά πλούσιο σε Na μαργαρίτη και συνυπάρχουν με ολιγόκλαστο, σχηματίστηκαν σύμφωνα με την αντίδραση:

$$Czo + Mrg(Pg_{0.30}) + Qtz \rightarrow Pl (An_{83-96}) + H_2O$$
 σε πιέσεις χαμηλότερες των 7Kbar.
- Η παρουσία του παραγωνίτη σε μεταπηλίτες και αμφιβολίτες, δείχνει ότι η πορεία ανάδυσσης δεν ξεπέρασε τις συνθήκες της αντίδρασης:

$$Pg + Qtz \rightarrow Ab + Al_2SiO_5 + H_2O$$

22

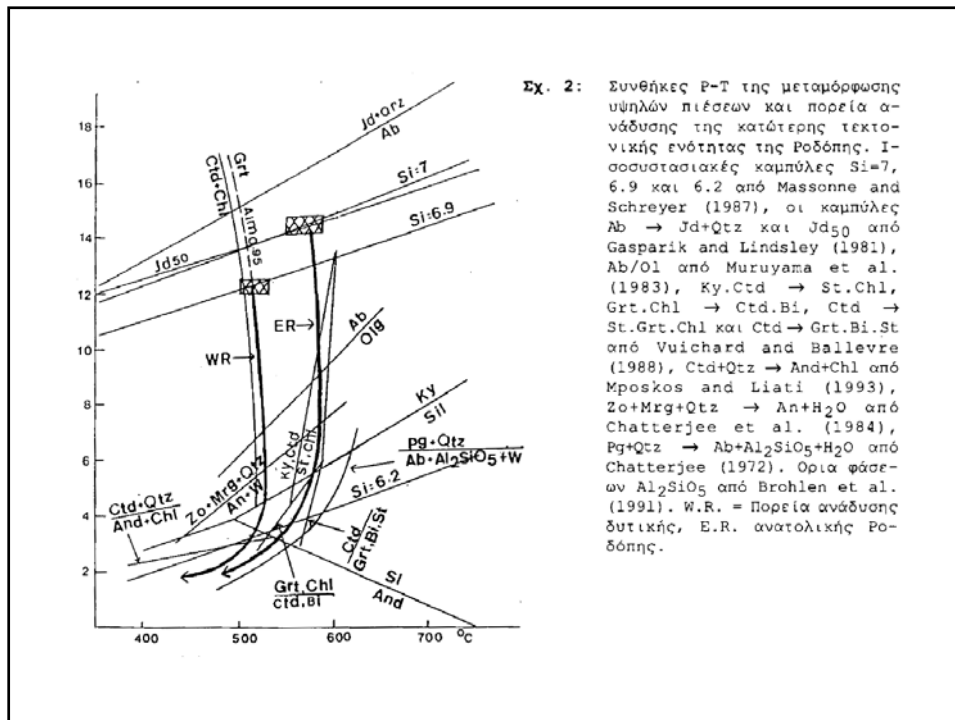


23

Η ανάδρομη μεταμόρφωση στην Κ.Τ.Ε.

- Η ανάδρομη μεταμόρφωση επηρέασε, εν μέρει, όλους τους τύπους των λιθολογιών
- Τεκμηριώνεται στους **μεταβασίτες**, με την αντικατάσταση του γρανάτη από χλωρίτη+επίδοτο, χλωρίτη+πράσινο βιότιτη και της κερροσίλβης από ακτινόλιθο και χλωρίτη.
- Στους **μεταπηλίτες**, τεκμηριώνεται με την αντικατάσταση του χλωριτοειδούς από ανδαλουσίτη+χλωρίτη

24



25

Πίν. 1: Ορυκτολογικές παραγενέσεις και κρίσιμες αντιδράσεις, που χαρακτηρίζουν τη μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων και την πορεία ανόδου της κατώτερης τεκτονικής ενότητας της Ροδόπης.

Table 1: Mineral parageneses and critical reactions, characterizing the high pressure metamorphism and uplift path of the lower tectonic unit in Rhodope.

Μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων	Μεταμόρφωση μεσαίων πιέσεων	Ανάδραση μεταμόρφωση χαμηλών πιέσεων
Μεταηλίτες Ανατολικής Ροδόπης		
Grt-Cld-Chl ₁ ±Ky-Phen (Si=6.85)±Pg-Qtz-Rt	St-Chl ₂ -Bi-Ms (Si=6.3-6.1) Cld+Phen → St+Chl ₁ +Ms+Qtz+H ₂ O, Cld+Ms+Qtz → St+Bi+H ₂ O, Grt+Chl+Ms → St+Bi+H ₂ O	And-Chl ₃ -Ms (σπριγκίτης) Cld+Qtz → And+Chl+H ₂ O
Μεταηλίτες Δυτικής Ροδόπης		
Grt-Cld-Chl-Qtz±Pg-Phen (Si=6.65)-Rt±Ilm	Bi, Ms (Si=6.3 - 6.15)	
Ορθογενέσιοι Ανατολικής και Δυτικής Ροδόπης		
E.R. Qtz-Ab-Kfs-Phen ₁ (Si=7.0)±Bi ₁ -Czo±Grt W.R. Qtz-Ab-Kfs-Phen ₁ (Si=6.9)±Bi-Czo	Phen ₂ (Si=6.5 - 6.2)-Bi ₂ -Pl (An11-17)-Kfs Phen ₁ → Phen ₂ +Bi+Kfs+Qtz+H ₂ O	
Εκλογίτες Ανατολικής Ροδόπης		
Grt-Cpx (Jd ₃₀₋₅₅)-Tr-Hbl±Gln-Czo±Ky-Phen-Rt-Qtz	συμπλεκτίτες Cpx (Jd ₁₅)-Ab, Tr/Hbl-Ab/Pl _{An} (14-18) Cpx core (Jd ₃₁) → Cpx rim (Jd ₁₆), Bi ₁ -Pl (An ₁₅) Na-Tr → Hbl, πλούσια σε Na Hbl → φτωχότερη σε Na Hbl	Grt → Chl+Bi ₂ Hbl → Act
Αμφιβολίτες Ανατολικής Ροδόπης		
Tr-Hbl-Ab-Chl-Czo-Qtz±Phen±Pg±Grt±Mrg (Pg ₃₀)-Rt	Hbl-Pl (An ₂₂₋₃₃)+An±Spn Tr → Hbl, Ab → Pl (An ₂₂₋₃₃), Mrg (Pg ₃₀)+Czo-Qtz → Pl (An ₂₃₋₃₆)+H ₂ O	Grt → Chl+Czo Hbl → Act
Αμφιβολίτες Δυτικής Ροδόπης		
Tr-Ab-Chl-Czo±Grt±Phen-Qtz-Rt	Hbl-Pl (An ₁₇₋₃₂)-Spn Tr → Hbl, Ab (An ₂₋₈) → Pl (An ₁₇₋₃₂)	

26

ΑΝΩΤΕΡΗ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ Πετρολογικά δεδομένα

27

Η μεταμόρφωση των υψηλών πιέσεων στην Α.Τ.Ε. - **ΜΕΤΑΒΑΣΙΚΑ**

- Τεκμηριώνεται με την παρουσία μερικώς αμφιβολιτωμένων εκλογιτών, σπινελιούχων γρανατούχων μεταγάββρων και γρανατούχων μεταπεριδοπιτών.
- Μερικώς αμφιβολιτωμένοι εκλογίτες, με εκλογιτικής φάσης παραγένεση: *γρανάτης- κλινοπυρόξενος (Jd_{25}) -χαλαζίας - κλινοζοϊσίτης -ρουτίλιο*, εντοπίστηκαν στην ανατολική, κεντρική και δυτική Ροδόπη

28

Η μεταμόρφωση των υψηλών πιέσεων στην Α.Τ.Ε. - **ΜΕΤΑΒΑΣΙΚΑ**

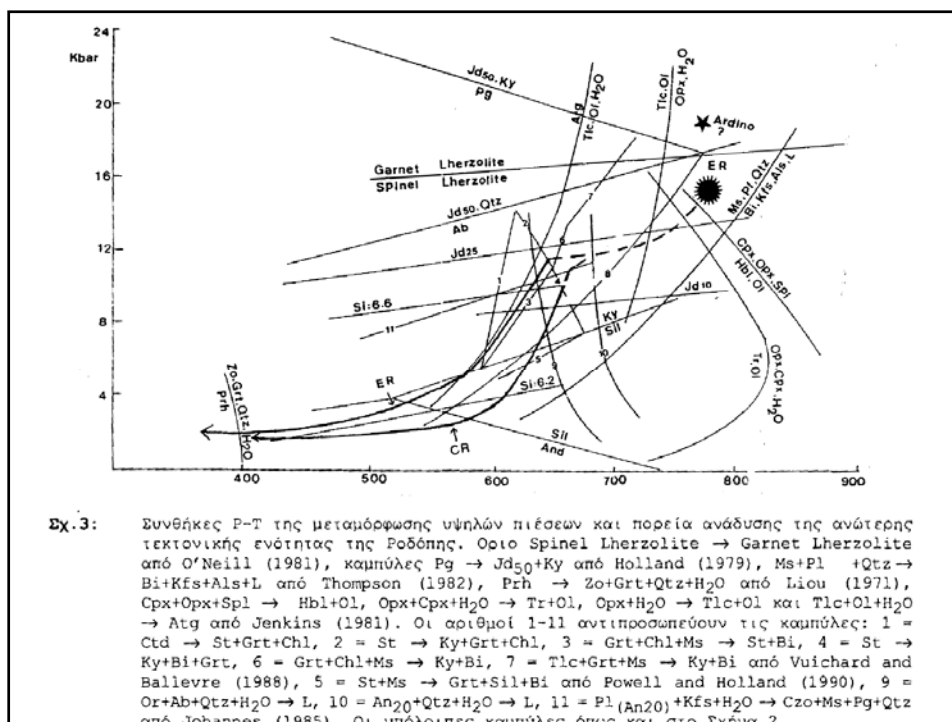
- Οι θερμοκρασίες του εκλογιτικού σταδίου εκτιμήθηκαν σε **735-765°C** και οι ελάχιστες πιέσεις μεταξύ **12-14,5 Kbar**.
- Θερμοκρασίες **750-775°C** και πιέσεις μεταξύ **13,5-16 Kbar** εκτιμήθηκαν για το ίδιο στάδιο σε
 - σπινελιούχους-γραντούχους μεταγάββρους με παραγένεση: *γρανάτης-κλινοπυρόξενος-σπινέλιος±κεροσίλβη* και σε
 - σε γρανατούχους μεταπεριδοτίτες με παραγένεση: *γρανάτης (Grs₁₃₋₁₅Prp₅₈₋₆₆Alm₂₁₋₂₉Sps_{0.4-1.6}) -κλινοπυρόξενος-ορθοπυρόξενος-ολιβίνης(Fo_{0.9})-Cr-ούχος σπινέλιος*

29

Η μεταμόρφωση των υψηλών πιέσεων στην Α.Τ.Ε. - **ΜΕΤΑΒΑΣΙΚΑ**

- Θερμοκρασίες **780°C** και πιέσεις **20 Kbar** αναφέρονται για κυανιτούχους εκλογίτες της περιοχής **Ardino**, του Βουλγαρικού τμήματος της κ. Ροδόπης
 - Πρόκειται για τμήμα της Α.Τ.Ε., που βυθίστηκε περισσότερο, σε σχέση με εκείνο του Ελληνικού τμήματος, της ανατολικής Ροδόπης ?
- ή
- κατά το στάδιο που σχηματίστηκε ο κυανίτης, ο οποίος συνυπάρχει με ομφακίτη (Jd₅₀) στους εκλογίτες του Ardino, το $a_{\text{H}_2\text{O}} < 1$, με αποτέλεσμα, η αντίδραση $\text{Pg} \rightarrow \text{Jd}_{50} + \text{Ky}$ να έλαβε χώρα σε χαμηλότερες πιέσεις ?
 - Η άποψη αυτή ενισχύεται και από το γεγονός ότι, οι εκλογίτες του Ardino εμφανίζονται ως μικρά φακοειδή σώματα σε μιγματιωμένους γνεύσιους, στους οποίους η μερική τήξη πρέπει να έλαβε χώρα πριν από το σχηματισμό του κυανίτη στον εκλογίτη, μειώνοντας πιθανά, την ενεργότητα του νερού στο άμεσα περιβάλλον πέτρωμα.

30

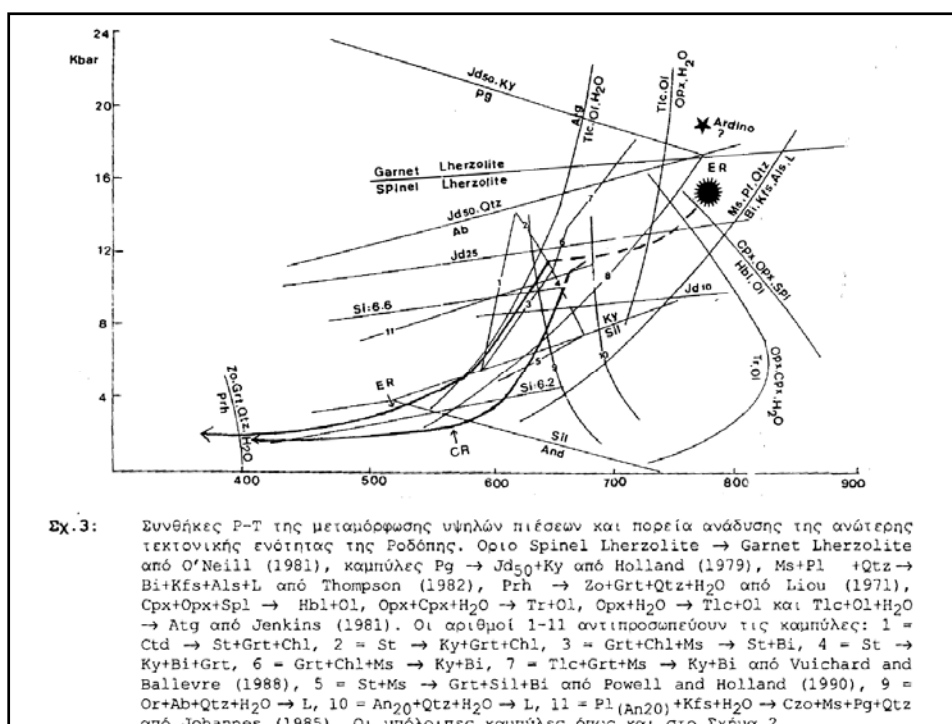


31

Η μεταμόρφωση των υψηλών πιέσεων στην Α.Τ.Ε. - ΜΕΤΑΠΗΛΙΤΕΣ

- Στους μεταπηλίτες δεν αναγνωρίστηκαν κρίσιμα ορυκτά της μεταμόρφωσης των υψηλών πιέσεων.
- Είναι όμως ευρύτατα διαδεδομένη η παραγένεση γρανάτης-κυανίτης-βιοσίτης, --> **P>8 Kbar** και **T>650°C** (Σχ.3 καμπύλες 4,6,7)
Η παραγένεση αυτή μπορεί να θεωρηθεί, παρόλο που δεν είναι κρίσιμη, ως παραγένεση του εκλογιτικού σταδίου.
- Η απουσία παραγονίτη και η παρουσία κυανίτη+πλαγκιοκλάστου, δείχνουν επίσης ότι οι συνθήκες της μεταμόρφωσης των υψηλών πιέσεων ήταν υψηλότερες από εκείνες που καθορίζονται από την αντίδραση
 $Pg+Qtz \rightarrow Ab+Ky$ (Σχ.3, καμπύλη 8).

32

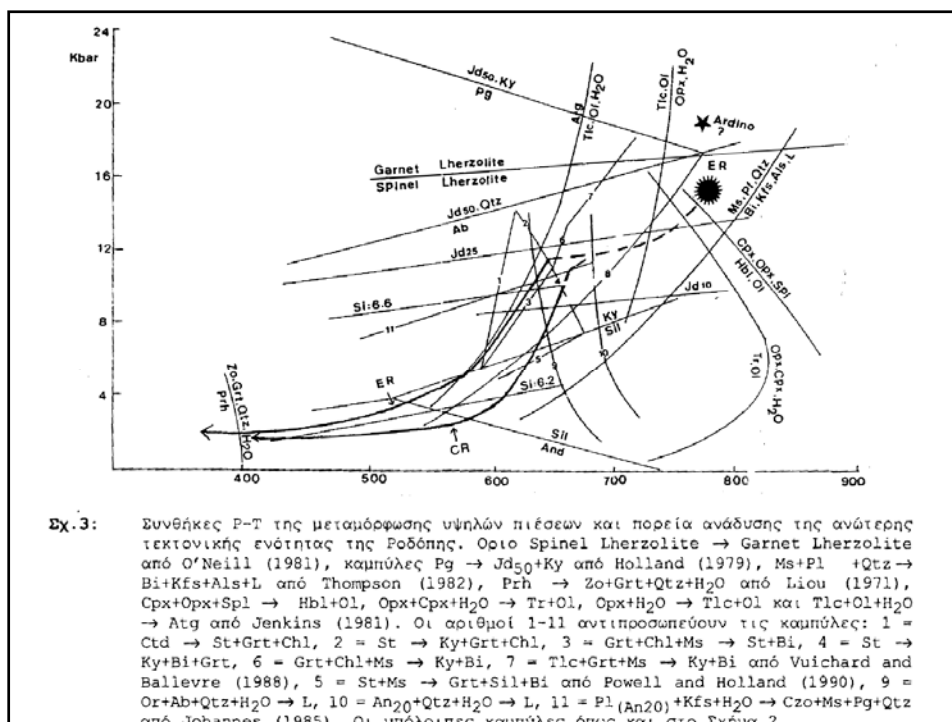


33

Η μεταμόρφωση των υψηλών πιέσεων στην Α.Τ.Ε. - ΜΕΤΑΠΗΛΙΤΕΣ

- Κατά τη μεταμόρφωση των υψηλών πιέσεων οι συνθήκες P-T ξεπέρασαν τις συνθήκες αρχικής τήξης, τόσο του γρανίτη όσο και εκείνες του τροντγιεμίτη (Σχ.3, καμπύλες 9 και 10).
- Πράγματι αρκετές λιθολογίες της Α.Τ.Ε. (γενεύσιοι, μεταπηλίτες, μεταδιορίτ es), έχουν υποστεί μερική τήξη, σχηματίζοντας μιγματίτες, με νεοσώματα γρανιτικής και τροντγιεμιτικής σύστασης.
- Η μιγματίωση δεν πρέπει να ήταν ιδιαίτερα έντονη, δεδομένου ότι οι συνθήκες P-T δεν υπερέβησαν εκείνες της αντίδρασης ξηράς τήξης, $Ms+Pl+Qtz \rightarrow Bi+Kfs+Al_2SiO_5 + L$ (Σχ.3), η οποία θα προμήθευε ικανές ποσότητες νερού, για τη συνέχιση της ανάτηξης. (φεγγιτικός μοσχοβίτης, αποτελεί κύρια ορυκτολογική φάση των γενευσίων και μεταπηλιτών)

34



35

Η μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων στην Α.Τ.Ε.

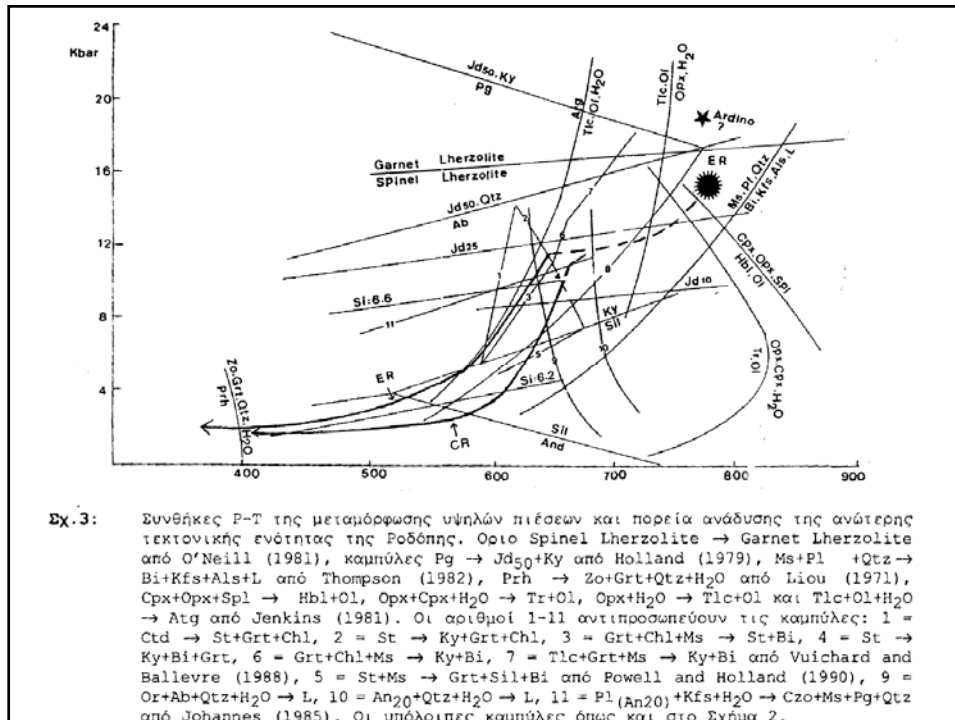
- Σε αντίθεση με την κατώτερη τεκτονική ενότητα, στην οποία η αποσυμπίεση συνοδεύεται κυρίως από αντιδράσεις αφυδάτωσης, στην ανώτερη τεκτονική ενότητα, η αποσυμπίεση συνοδεύεται από πλήθος αντιδράσεων ενυδάτωσης.
- Φαίνεται ότι έλαβαν χώρα και με ταυτόχρονη σταδιακή ελάττωση της θερμοκρασίας.

36

Η μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων στην Α.Τ.Ε. - **ΜΕΤΑΒΑΣΙΚΑ**

- Στους μεταπεριδοτίτες, π.χ., για παράδειγμα, έλαβαν χώρα αντιδράσεις ενυδάτωσης (Σχ.3) όπως:
 - $Crx + Opx + Spl + H_2O \rightarrow Hbl + Ol$,
 - $Grt + Crx + Opx + H_2O \rightarrow Hbl + Ol$,
 - $Opx + Crx + H_2O \rightarrow Tr + Ol$,
 - $Opx + H_2O \rightarrow Tlc + Ol$,
 - $Ol + Tlc + H_2O \rightarrow Atg$.
- Στους εκλογίτες έλαβε χώρα σταδιακή αντικατάσταση του γρανάτη και κλινοπυρόξενου, στα πρώτα στάδια από κελυφική κερροσίλβη και πλαγιόκλαστο (An₂₆₋₃₆), ή ποικιλτική κερροσίλβη.

37



38

Η μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων στην Α.Τ.Ε. - **ΜΕΤΑΒΑΣΙΚΑ**

- Η αμφιβολιτίωση του σταδίου αυτού έλαβε χώρα με ελάττωση της πίεσης, όπως τεκμηριώνεται από
 - τους κλινοπυρόξενους με ζωνώδη σύσταση, στους οποίους ελαττώνεται το ποσοστό του ιαδείτη από το κέντρο (Jd_{23-25}) προς την άκρη (Jd_{21-16}) και
 - από το σχηματισμό συμπλεκτιτών κλινοπυρόξενου (Jd_{9-10}) - πλαγιοκλάστου (An_{27-37}).
- Σε προχωρημένο βαθμό αμφιβολιτίωσης, εξαφανίζεται πλήρως ο κλινοπυρόξενος, οπότε σχηματίζονται, ανάλογα με την αρχική σύσταση του πετρώματος, γρανατούχοι αμφιβολίτες ή κοινοί αμφιβολίτες, με μόνη υπολειμματική φάση του εκλογιτικού σταδίου, όσον αφορά τους τελευταίους, το ρουτίλιο.

39

Η μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων στην Α.Τ.Ε.

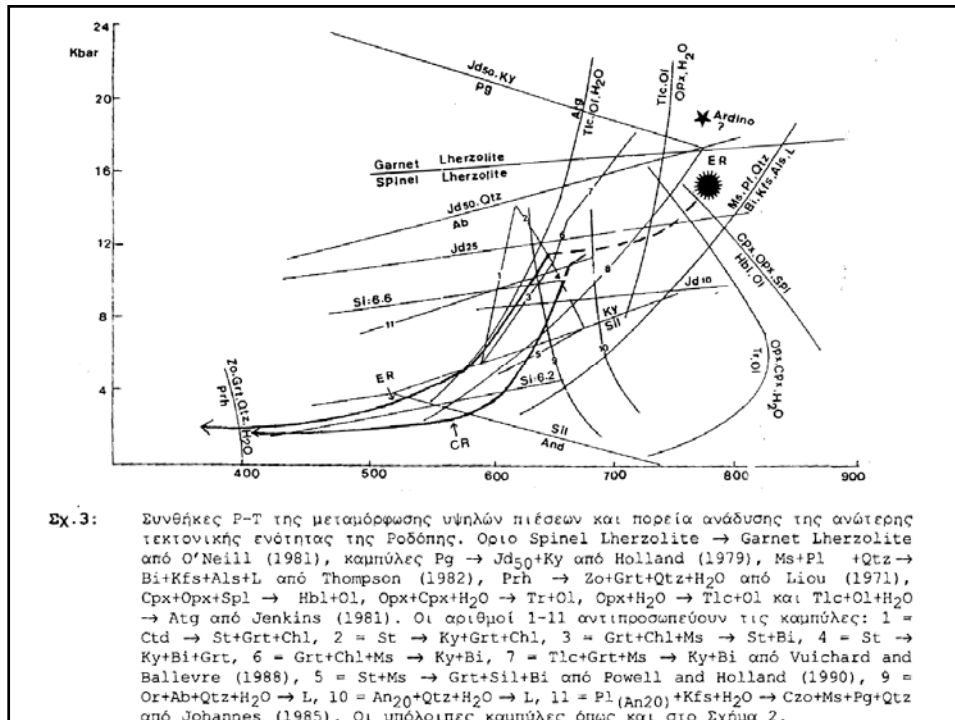
- Κρίσιμες παραγενέσεις, που καθορίζουν την **πορεία ανάδυσης** από το βάθος των ~35 Km μέχρι ~14 Km, διαπιστώθηκαν σε
 - ✓ μεταπηλίτες,
 - ✓ μιγματίτες με νεοσώματα γρανιτικής και τρονγιεμιτικής σύστασης και
 - ✓ τρονγιεμιτικής σύστασης πηγματίτες.

40

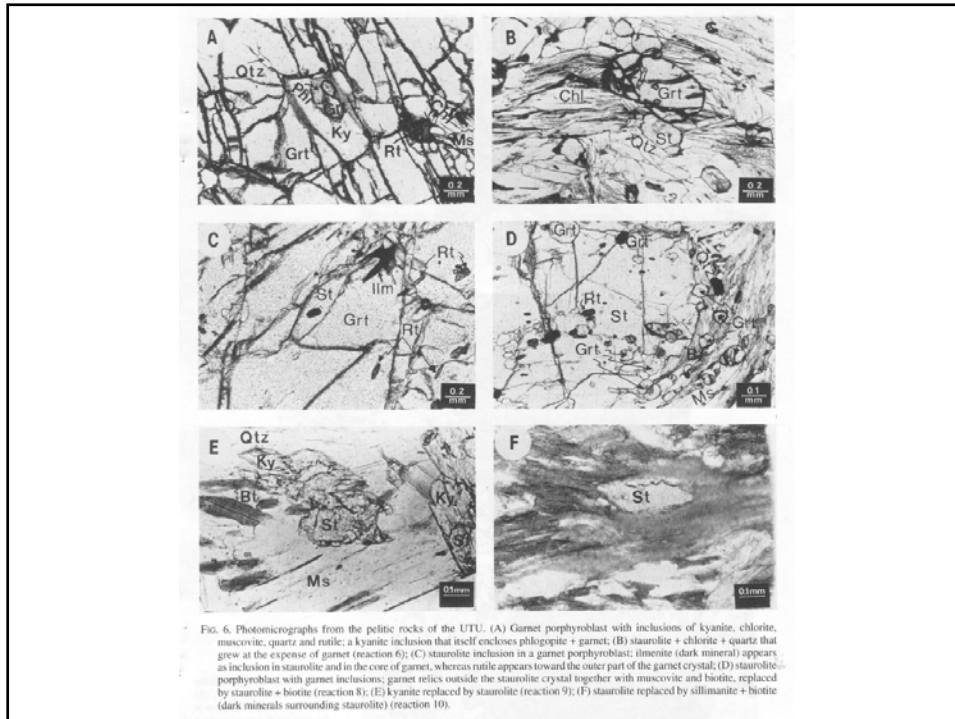
Η μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων στην Α.Τ.Ε. - ΜΕΤΑΠΗΛΙΤΕΣ

- Στους μεταπηλίτες η πορεία ανάδυσσης τεκμηριώνεται από πλήθος αντιδράσεων ενυδάτωσης
- Στην ανατολική Ροδόπη, η πορεία ανάδυσσης πέρασε από το πεδίο σταθερότητας της παραγένεσης γρανάτη-σταυρόλιθου-χλωρίτη, ενώ
- στην κεντρική Ροδόπη από τα υψηλότερων θερμοκρασιών πεδία σταυρόλιθου-κυανίτη-βιοτίτη και γρανάτη-σιλλιμανίτη-βιοτίτη (Σχ.3).
- Σε όλες τις περιοχές της Α.Τ.Ε. οι γρανάτες των μεταπηλιτών παρουσιάζουν ανάστροφη ζώνωση, με ελάττωση του MgO και αύξηση του FeO και MnO από το κέντρο προς το περιθώριο, γεγονός που τεκμηριώνει την ελάττωση της θερμοκρασίας κατά την πορεία της ανάδυσσης.

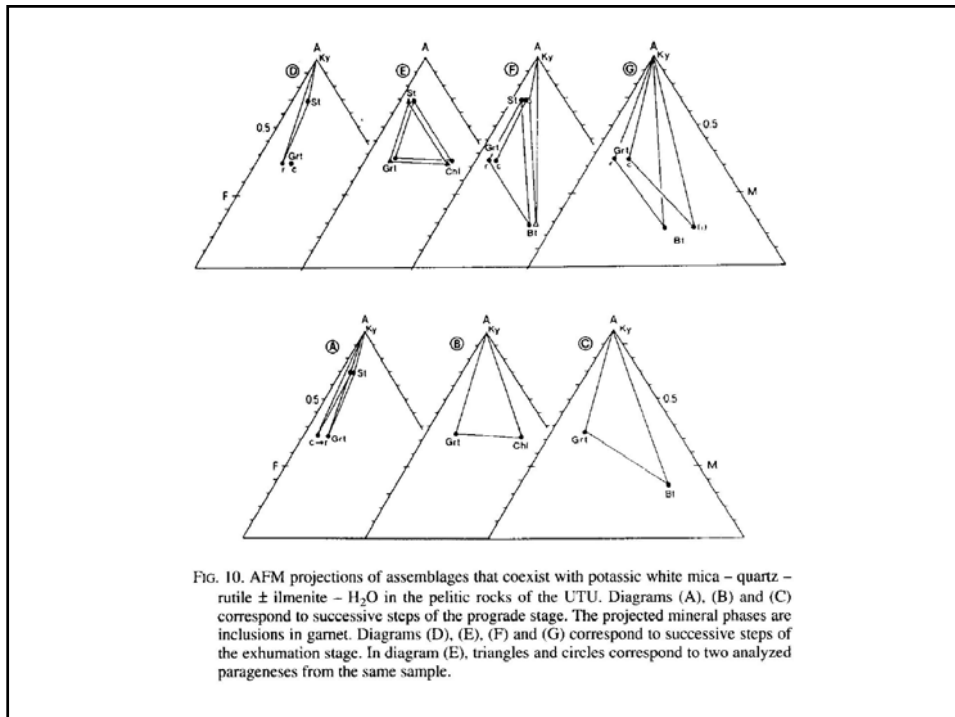
41



42



43



44

Η μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων στην Α.Τ.Ε. - **ΜΕΤΑΠΗΛΙΤΕΣ**

- Ανατολική, κεντρική και δυτική Ροδόπη: **P= 8-10 Kbar** και **T = 600-650°C** (προσδιορίστηκαν με βάση το γεωβαρόμετρο γρανάτη-πλαγιόκλαστο-κυανίτη-χαλαζία, και το γεωθερμόμετρο γρανάτη-βιοτίτη σε μεταπηλίτες)
- Σε μεταπηλίτες της Κεντρικής Ροδόπης, με παραγένεση γρανάτη-πλαγιόκλαστο-σιλλιμανίτη-χαλαζία, οι πιέσεις που προσδιορίστηκαν κυμαίνονται μεταξύ **5.5-6.5 Kbar**.
- Οι τιμές P-T που προαναφέρθηκαν, ερμηνεύονται ως συνθήκες αναπροσαρμογής των παραγενέσεων των μεταπηλιτών κατά τη διάρκεια της ανάδυσης, από τις συνθήκες της εκλογιτικής φάσης σε εκείνες της αμφιβολιτικής.
- Πιέσεις της τάξεως των **9 Kbar** προκύπτουν και από το σελαδονιτικό μόριο φεγγιτικών μοσχοβιτών (μέγιστη τιμή Si=6.6), σε ορθογενέσιους.

45

Η μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων στην Α.Τ.Ε. - **ΜΙΓΜΑΤΙΤΕΣ**

- Στην ανατολική Ροδόπη, λευκοσώματα μιγματιών τροντιεμιτικής σύστασης, αποτελούνται από πλαγιόκλαστο (An_{29-34})-χαλαζία±γρανάτη-κλινοζωϊσίτη-παραγωνίτη-μοσχοβίτη-ρουτίλιο.
- Τα πλαγιόκλαστα παρουσιάζουν συχνά κανονική ζώνωση (An_{30} κέντρο, An_{15} άκρη).
- Ο κλινοζωϊσίτης αναπτύσσεται σε συμπλεκτική σύμφυση με χαλαζία και πλαγιόκλαστο, του οποίου η περιεκτικότητα σε ανορθίτη είναι ίδια με εκείνη της εξωτερικής ζώνης, σε ζωνώδεις κρυστάλλους.
- Και ο μοσχοβίτης αναπτύσσεται, συχνά, σε συμπλεκτική σύμφυση με πλαγιόκλαστο (An_{3-15})+χαλαζία, τόσο στα τροντιεμιτικής όσο και στα γρανιτικής σύστασης λευκοσώματα. Στα πρώτα, ο μοσχοβίτης συνοδεύεται συνήθως από παραγωνίτη και πάντοτε από συμπλεκτίτες κλινοζωϊσίτη-πλαγιόκλαστο/χαλαζία.

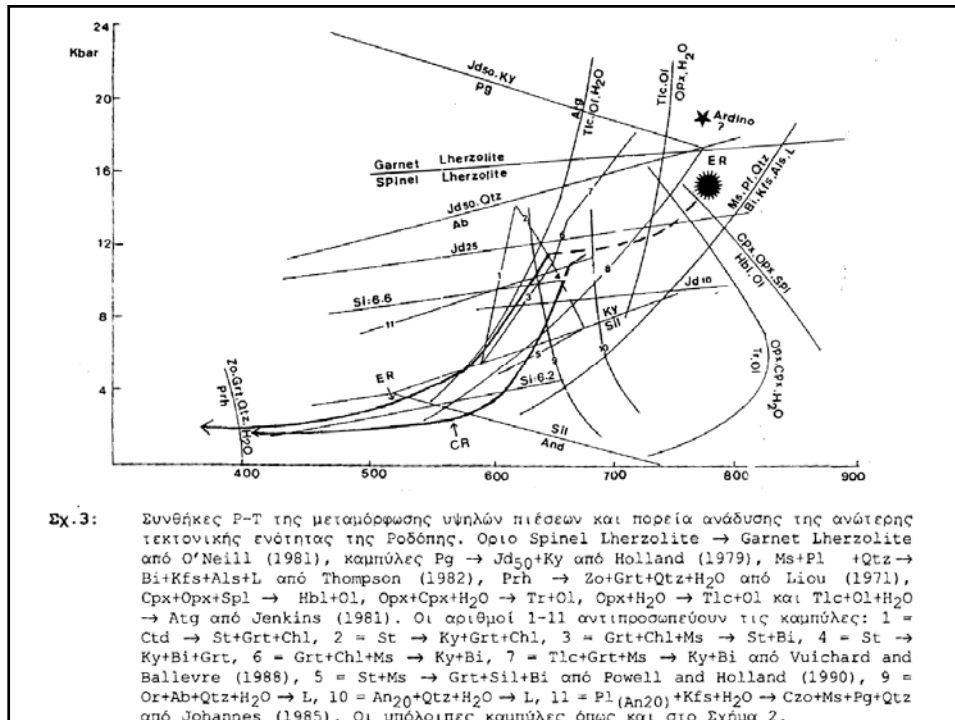
46

Η μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων στην Α.Τ.Ε. - ΜΙΓΜΑΤΙΤΕΣ

- Ανεξάρτητα από τον τρόπο με τον οποίο σχηματίστηκαν οι συμπλεκτίτες, δηλ. είτε από αντίδραση των αστρίων με το υπόλοιπο τήγμα, κατά τη διάρκεια στερεοποίησης του ανατηκτικού μάγματος είτε από αντιδράσεις με διείσδυση νερού, σε μεταγενέστερο στάδιο, οι παραγενέσεις
 - πλαγιόκλαστο (An₁₅)+κλινοζωϊσίτης+ μοσχοβίτης+ παραγωνίτης+χαλαζίας στο νεόσωμα τρονγιεμικής σύστασης και
 - Κ-ούχος άστριος+ πλαγιόκλαστο+μοσχοβίτης+κλινοζωϊσίτης+ χαλαζίας, στο γρανιτικής σύστασης νεόσωμα,

δείχνουν ότι, οι συμπλεκτίτες αυτοί σχηματίστηκαν (για T > 600°C σε P>10Kbar, σύμφωνα με τα πειραματικά δεδομένα του Johannes (1984), (Σχ.3, καμπύλη αντίδρασης 11).

47



48

Η ανάδρομη μεταμόρφωση στην Α.Τ.Ε.

- Η ανάδρομη μεταμόρφωση κατώτερης πρασινοσχιστολιθικής φάσης, επηρέασε επιλεκτικά όλες τις λιθολογίες της Α.Τ.Ε.
- Στους μεταπηλίτες, τεκμηριώνεται με τη βλάστηση πράσινου έως καφεπράσινου βιοτίτη, σε βάρος του γρανάτη και μοσχοβίτη.
- Σε σπινελιούχους-γρανατούχους μεταγάβρους της περιοχής Κύμης, τεκμηριώνεται με την αντικατάσταση
 - γρανάτη και σπινελίου από κορουνδοφυλλίτη, διάσπορο και πρενίτη, και
 - κλινοπυρόξενου και κεροσίλβης από τρεμολίτη, χλωρίτη και πρενίτη.

49

Πίν. 2: Ορυκτολογικές παραγενέσεις και κρίσιμες αντιδράσεις που χαρακτηρίζουν τη μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων και την πορεία ανάδυσσης της ανώτερης τεκτονικής ενότητας της Ροδόπης

Table 2: Mineral parageneses and critical reactions, characterizing the high pressure metamorphism and uplift path of the upper tectonic unit in Rhodope.

Μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων	Μεταμόρφωση μεσαίων πιέσεων	Μεταμόρφωση χαμηλών πιέσεων
Μεταπηλίτες Ανατολικής και δυτικής Ροδόπης		
Grt-Ky ₁ -Bt ₁ -Ms ₁ -Qtz-Rt± Pl	St-Chl-Ms ₂ -Qtz, Ky ₂ -Bt ₂ -Pl _{An} (20-31) Grt+Ky+H ₂ O → St+Qtz, Grt+H ₂ O → St+Chl Ky ₂ → Ms ₂ , Grt+Ms ₁ → Ky ₂ +Bt ₂ , Grt+Ms+Pl (<An) → Bt+Pl (>An) Grt+Ky+Qtz+Pl (<An) → Pl (>An)	Ms ₃ -Bt ₃ -And St → Ms, Ky → Ms Grt+Ms → Bt, Ky → And
Μεταπηλίτες Κεντρικής Ροδόπης		
Grt-Ky ₁ -Bt ₁ -Ms ₁ -Qtz-Rt	St-Bt ₂ -Ms ₂ -Sil, Ky ₂ -Bt ₂ -Pl _{An} (20-30) Ky+Bt+H ₂ O → St+Ms+Qtz, Grt+Ms+H ₂ O → St+Bt+Qtz Grt+Ms → Ky+Bt, Grt+Ms → Bt+Sil+Qtz St+Ms+Qtz → Sil+Bt+H ₂ O, Grt+Ky+Qtz+Pl (<An) → Pl (>An)	Ms ₃ -Bt ₃ St → Ms Ky → Ms Grt+Ms → Bt
Ορθογνώστιοι		
	Qtz+Pl+Kfs+Phen (Si=6.6 - 6.2)±Bt+Czo±Grt (Gr ₅₀ -Al ₅₀) Czo+Kfs+H ₂ O → Grt+Ms+Qtz	
Αναπτυχθέντα νεοσώματα γρανιτικής - τροντυγιεμικής σύστασης Ανατ. Ροδόπης		
	Grt-Pl (An ₂₉₋₃₄)-Qtz-Ms-Fg-Czo-Ab/Pl (An ₃₋₁₅)-(Kfs) Pl (An ₃₀)+Kfs+H ₂ O → Czo+Ms+Pg+Qtz+Pl (An ₁₅)	
Εκλογίτες		
Grt-Cpx ₁ (Jd ₂₀₋₂₅)-Czo-Qtz-Rt	Cpx ₂ -Hbl ₁ -Pl (An ₂₆₋₃₆)-Hbl ₂ -Czo Cpx → σταδιακή εξάλειψη Na μέχρι Cpx (Jdg) Grt+Cpx ₁ +H ₂ O → Hbl ₁ +Pl	Hbl → Act
Μεταπεριδοίτες Ανατολικής Ροδόπης		
Οpx ₁ -Cpx ₁ -Spl ₁ -Ol ₁ ±Grt Οpx ₁ -Cpx ₁ -Ol ₁ -Chl An=Ol-Cpx → Grt (Gr ₁₅ Fg ₆₂ Alm ₂₂ Sps ₁)±Cpx	Hbl-Ol ₂ -Οpx ₂ -Cpx ₂ -Spl ₂ , Tr-Ol ₂ -Chl-Spl ₃ , Tr-Chl-Tlc-Spl ₃ , Ol ₂ -Tr-Chl-Tlc-Atg-Spl ₃ , Ol ₂ -Tlc-Atg-Spl ₃ Grt+Ol → Οpx+Cpx+Spl ₂ , Cpx+Οpx+Spl+H ₂ O → Hbl+Ol, Οpx+Cpx+H ₂ O → Tr+Ol, Οpx+H ₂ O → Tlc+Ol, Tlc+Ol+H ₂ O → Atg	Chl ₂ -Ctl-Mag
Επιπελιούχοι-γρανατούχοι μεταγάβροι Ανατολικής Ροδόπης		
Grt+Cpx+Spl±Hbl+Il An+Ol → Grt+Cpx+Spl		Chl-Dsp-Frh-Tr-Czo Grt+Spl+H ₂ O→Chl+Fsh+Dsp

50

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

51

Διαφορές στην μεταμορφική εξέλιξη των δύο τεκτονικών ενότητων

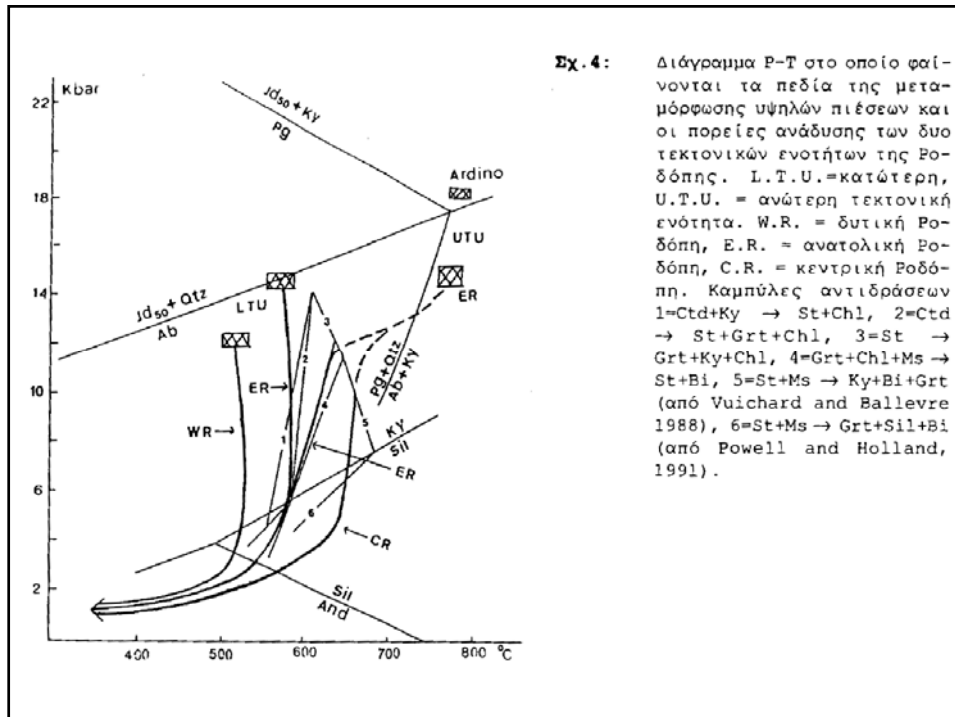
- Στην Κ.Τ.Ε. οι μέγιστες συνθήκες P-T της εκλογιτικής φάσης ήταν 14-15 Kbar και 550-600°C και ακολούθησε μια πορεία βύθισης, με μέση αύξηση της θερμοκρασίας κατά 11,5°C/Km
- στην Α.Τ.Ε. 13,5-16 Kbar και 750-775°C και πορεία βύθισης με 15,5°C/Km
- Οι δύο τεκτονικές ενότητες, κατά τη βύθισή τους βρέθηκαν σε διαφορετικά γεωθερμικά πεδία.
- Πιθανόν η μεταμόρφωση των HP έλαβε χώρα στις δύο τεκτονικές ενότητες σε διαφορετικά τεκτονομεταμορφικά επεισόδια, αλπικό στην Κ.Τ.Ε., διαφορετικής ηλικίας αλπικό ή προαλπικό (:), στην Α.Τ.Ε.
- Η αλπικής ηλικίας μεταμόρφωση για την Κ.Τ.Ε. ενισχύεται και από το γεγονός ότι, οι πρωτόλιθοι των ορθογενεσίων αντιπροσωπεύουν ερκύνιας ηλικίας μαγματίτες (285 Ma στη δυτική Ροδόπη, 296 Ma στην ανατολική Ροδόπη).
- Αντίστοιχης ηλικίας μαγματίτες από την Πελαγονική ζώνη επηρεάστηκαν από αλπικής μόνο ηλικίας μεταμορφικά επεισόδια (100 Ma, 51-61 Ma, 36-40 Ma και 16-23 Ma Shermer 1990).

52

Διαφορές στην πορεία ανάδυσσης των δύο τεκτονικών ενότητων

- Η **Κ.Τ.Ε.** δείχνει μια περίπου ισόθερμη αποσυμπίεση από το μέγιστο βάθος των ~53 Km μέχρι τα ~14 Km, γεγονός που σημαίνει ταχεία ανάδυση.
- Το στάδιο αυτό της ανάδυσσης, έλαβε χώρα στο Ηώκαινο, όπως δείχνουν ραδιοχρονολογήσεις K-Ar σε αμφιβόλους, από πετρώματα της δυτικής Ροδόπης και Rb-Sr σε μοσχοβίτες από ορθογνεύσιους της ανατολικής Ροδόπης.
- Οι αντιδράσεις που έλαβαν χώρα, κατά το στάδιο αυτό, ήταν κυρίως αντιδράσεις **αφυδάτωσης**.
- Σημαντική ψύξη λαμβάνει χώρα από τα 14 περίπου χιλιόμετρα μέχρι την επιφάνεια.
- Ηλικίες μοσχοβιτών και βιοπιτών 12-22 Ma από τη δυτική Ροδόπη δείχνουν ότι, το στάδιο αυτά της ανάδυσσης διήρκεσε στη δυτική Ροδόπη μέχρι το Μειόκαινο.

53



54

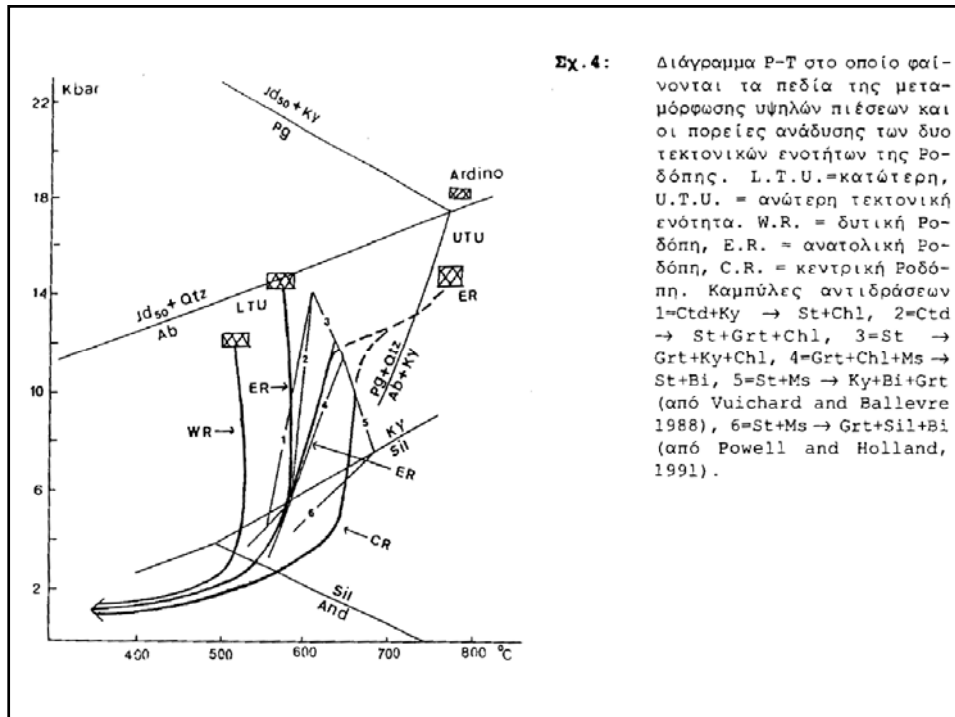
Διαφορές στην πορεία ανάδυσσης των δύο τεκτονικών ενότητων

- Η πορεία ανάδυσσης της **A.T.E.** από το μέγιστο βάθος των ~48-57 Km μέχρι τα ~35 Km δεν είναι απόλυτα τεκμηριωμένη.
- Η πορεία αυτή, φαίνεται ότι έλαβε χώρα μεταξύ Κατώτερου Κρητιδικού και Παλαιοκαίνου, όπως δείχνουν ραδιοχρονολογήσεις Rb-Sr σε μοσχοβίτη από πηγματίτη και Sm-Nd σε γρανάτη-κλινοπυρόξενο-ολικό πέτρωμα από σπινελιούχο-γρανατούχο πυροξενίτη από την ανατολική Ροδόπη.
- Κατά το στάδιο αυτό η A.T.E. ακολούθησε μια πορεία με συνεχή ψύξη και όχι θέρμανση, αφού δεν έλαβε χώρα η αντίδραση

$$\text{Ms} + \text{Pl} + \text{Qtz} \rightarrow \text{Bi} + \text{Kfs} + \text{Als} + \text{L} \quad (\Sigma\chi.3).$$
- Από το βάθος των ~35 Km μέχρι τα ~14 Km, η ανάδυση της A.T.E. ακολούθησε, στην ανατολική Ροδόπη, πορεία χαμηλότερων θερμοκρασιών σε σχέση με την κεντρική.
- Τοπικά (περιοχή Θερμών), οι θερμοκρασίες ήταν ακόμη υψηλότερες και υπερέβησαν εκείνες της αντίδρασης

$$\text{Ms} + \text{Qtz} \rightarrow \text{Sil} + \text{Kfs} + \text{H}_2\text{O}$$

55

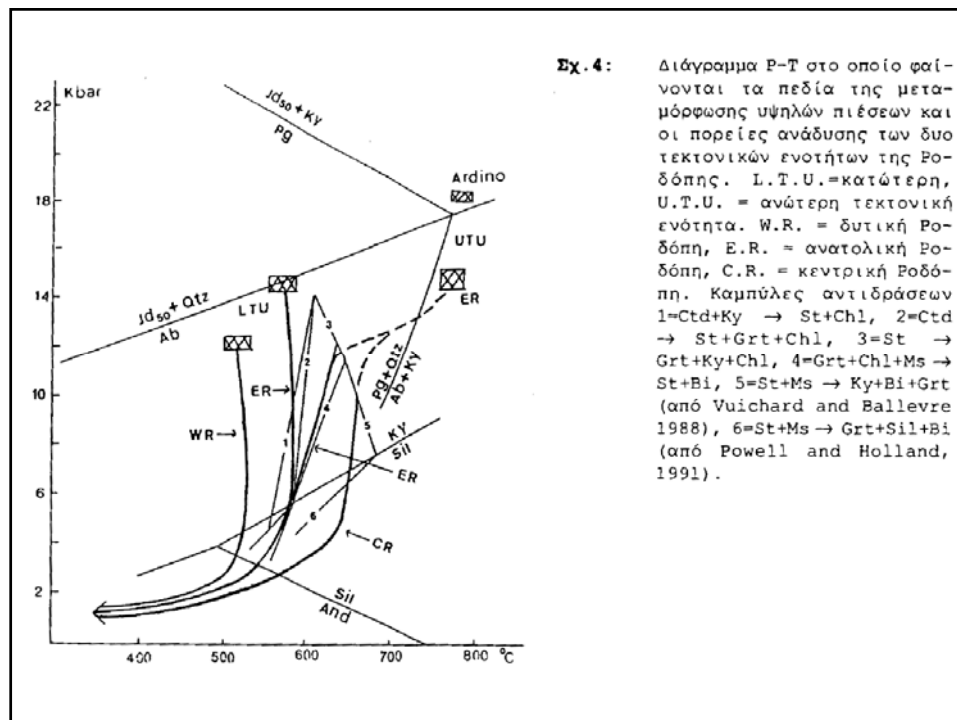


56

Διαφορές στην πορεία ανάδυσσης των δύο τεκτονικών ενότητων

- Στην κεντρική και δυτική Ροδόπη, το στάδιο αυτό της ανάδυσσης διήρκησε μέχρι το κατώτερο Ηώκαινο, όπως τεκμηριώνεται από ραδιοχρονολογήσεις K-Ar σε κερυστίλβες (Liati 1986).
- Στη συνέχεια, η ανάδυση ακολουθεί μια πορεία, με ταχεία ψύξη, αντίστοιχη με εκείνη της Κ.Τ.Ε.
- Είναι προφανές ότι, οι παραγενέσεις που χαρακτηρίζουν τα διάφορα στάδια ανάδυσσης της Α.Τ.Ε. σχηματίστηκαν, κυρίως, από αντιδράσεις **ενυδάτωσης**.
- Τίθεται επομένως το ερώτημα της προέλευσης του νερού, που συμμετείχε σε αυτές τις αντιδράσεις.

57



58

Προέλευση νερού στις αντιδράσεις ενυδάτωσης της Α.Τ.Ε.

- Μια πιθανή πηγή θα μπορούσαν να αποτελούν οι ένυδρες φάσεις, που συμμετείχαν ταυτόχρονα σε αντιδράσεις αφυδάτωσης. Αντιδράσεις αφυδάτωσης, που να έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων ανάδυσης της Α.Τ.Ε., δεν διαπιστώθηκαν.
- Η μετατροπή του φεγγίτη σε λιγότερο φεγγιτικό μοσχοβίτη εκφράζεται με την αντίδραση αφυδάτωσης:
φεγγίτης --> λιγότερο φεγγιτικός μοσχοβίτης+βιοτίτης+Κ-ούχος άστριος+χαλαζίας+H₂O.

Η αντίδραση αυτή η οποία οδηγεί σε ελάττωση του ποσοστού του μοσχοβίτη και αύξηση εκείνου του βιοτίτη, θα μπορούσε να δικαιολογήσει την προσφορά νερού για την μερική αμφιβολιτίωση των εκλογιτών και τις αντιδράσεις ενυδάτωσης που διαπιστώθηκαν στα υπερμαφικά πετρώματα κατά τα πρώτα στάδια ανάδυσης.

- Πρέπει όμως να τονισθεί ότι στους γνεύσιους και τους μεταπηλίτες, ιδιαίτερα στην ανατολική Ροδόπη, ο μοσχοβίτης προέρχεται από αντιδράσεις ενυδάτωσης.

59

Προέλευση νερού στις αντιδράσεις ενυδάτωσης της Α.Τ.Ε.

- Δεύτερη πιθανή πηγή θα μπορούσε να αποτελεί το νερό, που ελευθερώνεται μετά την κρυστάλλωση των ανατηκτικών μαγμάτων, που σχηματίστηκαν κατά το στάδιο της προϊούσας μεταμόρφωσης ή και κατά την ανάδυση.
- Το νερό αυτό θα μπορούσε να δικαιολογήσει τις αντιδράσεις ενυδάτωσης που έλαβαν χώρα στα πετρώματα που περιβάλλουν τα ανατηκτικά σώματα.

60

Προέλευση νερού στις αντιδράσεις ενυδάτωσης της Α.Τ.Ε.

- Ως τρίτη και ενδεχομένως πιθανότερη πηγή μπορεί να θεωρηθεί η διείσδυση νερού, στην Α.Τ.Ε., από ένα υπόστρωμα λιθολογικών σχηματισμών, στο οποίο λαμβάνουν χώρα αντιδράσεις αφυδάτωσης, όπως στην περίπτωση μιας ζώνης υποβύθισης.
- Στην περίπτωση αυτή, μπορεί να θεωρηθεί ότι η Κ.Τ.Ε., (στην οποία όπως προαναφέρθηκε κυριαρχούσαν αντιδράσεις αφυδάτωσης), βυθίστηκε κάτω από την Α.Τ.Ε. σε μια περίοδο μεταγενέστερη από εκείνη με την οποία συνδέεται η εκλογιτική φάση στην Α.Τ.Ε.

61

Συμπεράσματα

- Οι Mroskos and Liati (1993) συνδέοντας τη μεταμορφική εξέλιξη των δύο τεκτονικών ενοτήτων της Ροδόπης με ένα μόνο μεταμορφικά κύκλο, αλπικής ηλικίας, δικαιολόγησαν το διαφορετικό ρυθμό ψύξης των δύο τεκτονικών ενοτήτων, με την επώθηση της θερμότερης Α.Τ.Ε. στην Κ.Τ.Ε. ενώ ευρίσκοντο ακόμη σε μεγάλα βάθη, γεγονός που είχε σαν αποτέλεσμα, η Α.Τ.Ε. να δράσει ως θερμή προστατευτική ασπίδα για την Κ.Τ.Ε.
- Στην άποψή τους αυτή οδηγήθηκαν από τις αλπικές ηλικίες που διαπιστώθηκαν σε κερροστίλβες και μαρμαρυγίες της Α.Τ.Ε. από την κεντρική και δυτική Ροδόπη.

62

Συμπεράσματα

- Η άποψη των Mroskos and Liati (1993) ερμηνεύει σε ικανοποιητικό βαθμό την πορεία ανάδυσης της Κ.Τ.Ε. όπως και την πορεία ανάδυσης της Α.Τ.Ε. από το βάθος των ~35 Km, μέχρι και την επιφάνεια (Σχ.4) .
- Πράγματι, από τα ~35 Km η Α.Τ.Ε. ακολούθησε μια πορεία ταχείας ανάδυσης, με συνεχή ψύξη, αφού κατά το διάστημα αυτό δεν δέχονταν θερμότητα από το υπόβαθρο της, το οποίο ήταν ψυχρότερο.

63

Συμπεράσματα

- Για το τμήμα της πορείας ανάδυσης από τα 48-57 Km μέχρι τα ~35 Km, πρέπει να δεχθούμε βραδύ ρυθμό ανάδυσης, δεδομένου ότι, κατά το διάστημα αυτό ψύχθηκε κατά 100-130°C,
- ενώ από το βάθος των =35 Km μέχρι τα 14 Km ψύχθηκε μόνο κατά 50°C.
- Πιθανώς, η πορεία ανάδυσης της Α.Τ.Ε. από το μέγιστο βάθος των =48-57 Km μέχρι τα =35 Km εκφράζει την ισοστατική και θερμική αναπροσαρμογή της, μετά το μεταμορφικό επεισόδιο των υψηλών πιέσεων, το οποίο δεν φαίνεται να ταυτίζεται χρονικά με τη μεταμόρφωση της εκλογιτικής φάσης που έλαβε χώρα στην Κ.Τ.Ε., μια άποψη η οποία μπορεί να επιβεβαιωθεί μόνο με ραδιοχρονολόγηση της μεταμόρφωσης των υψηλών πιέσεων στις δύο τεκτονικές ενότητες.

64

Συμπεράσματα

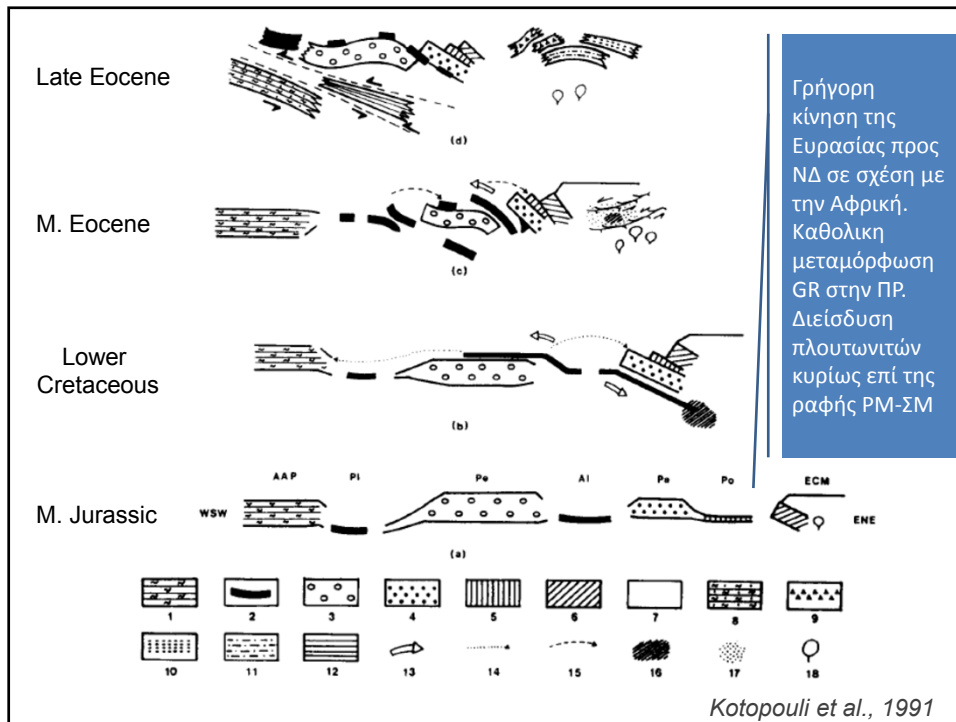
- Πιο πρόσφατη ραδιοχρονολόγηση Sm-Nd γρανάτη-κλινοπυρόξενου-ολικού πετρώματος από σπινελιούχο-γρανατούχο πυροξενίτη της Α.Τ.Ε., στην ανατολική Ροδόπη, έδειξε ότι, η μεταμόρφωση των υψηλών πιέσεων έλαβε χώρα στο Κατώτερο Κρητιδικό.
- Η μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων, αμφιβολιτικής φάσης, έλαβε χώρα στο Παλαιόκαινο (65 Ma ηλικία Rb-Sr μοσχοβίτη σε πηγματίτη, που συνδέεται γενετικά με τη μεταμόρφωση της αμφιβολιτικής φάσης).
- Στην Κ.Τ.Ε. της ανατολικής Ροδόπης, η μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων είναι πολύ νεότερη (37-39 Ma Rb-Sr σε μοσχοβίτες ορθογνευσίων).

65

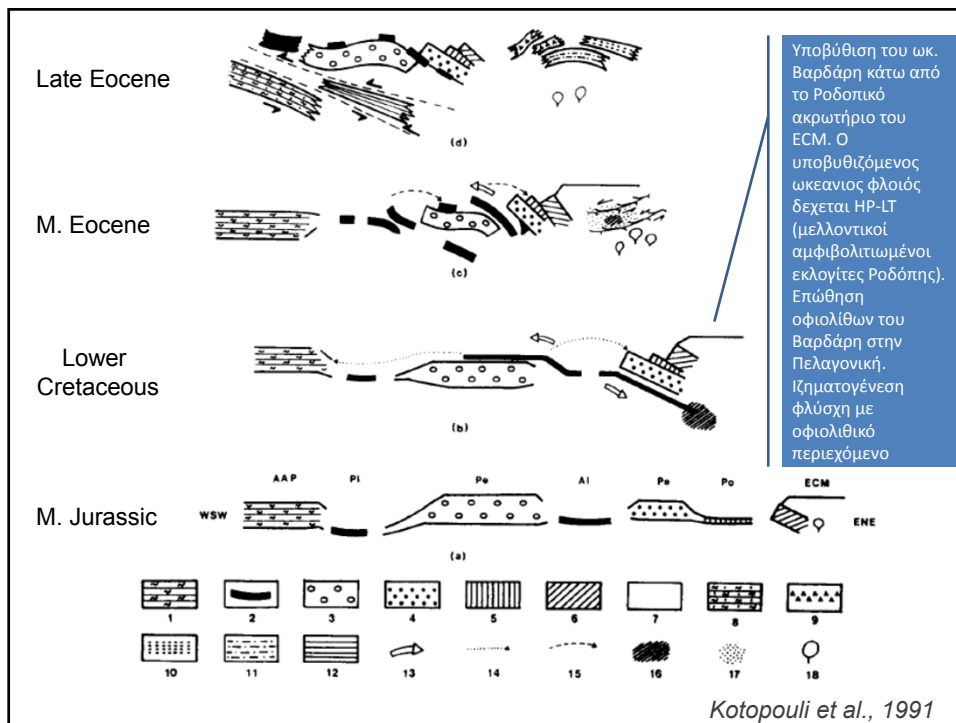
Συμπεράσματα

- Επομένως, δεν αποκλείεται, η μεταμόρφωση της αμφιβολιτικής και στη συνέχεια της πρασινοσχιστολιθικής φάσης στην Α.Τ.Ε. να συνδέεται χρονικά με το στάδιο της βύθισης της Κ.Τ.Ε. κάτω από την Α.Τ.Ε.
- Οι αντιδράσεις αφυδάτωσης που έλαβαν χώρα κατά τη βύθιση της Κ.Τ.Ε., συνδυαζόμενες και με εκείνες που χαρακτηρίζουν την ανάδυσή της, θα μπορούσαν να προσφέρουν ικανές ποσότητες νερού που απαιτούνται για να δικαιολογήσουν την ανάδρομη μεταμόρφωση που χαρακτηρίζει την Α.Τ.Ε.

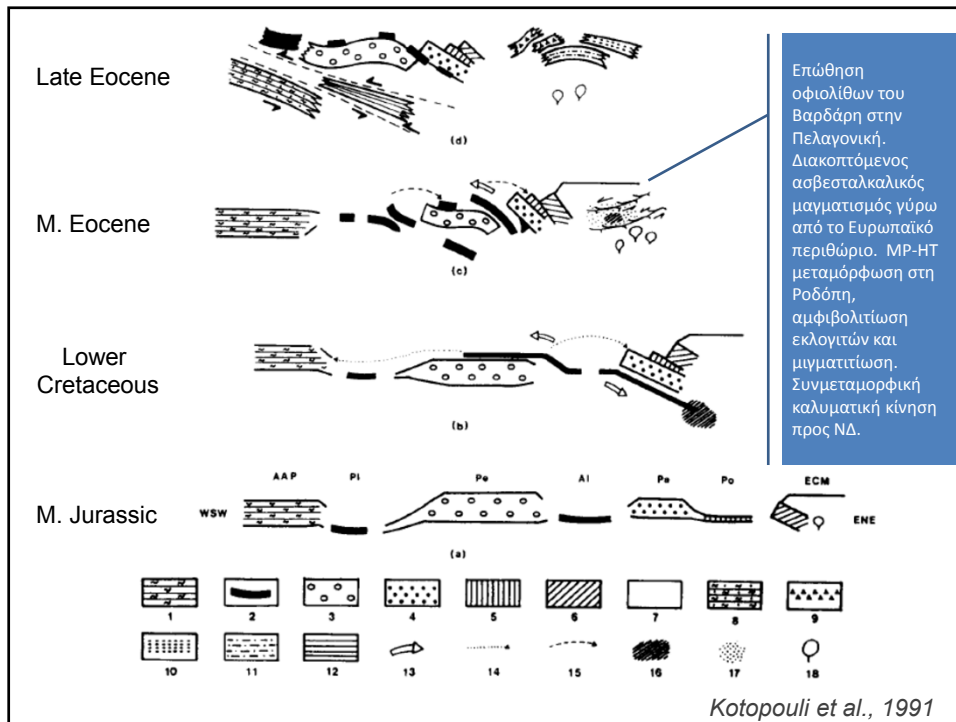
66



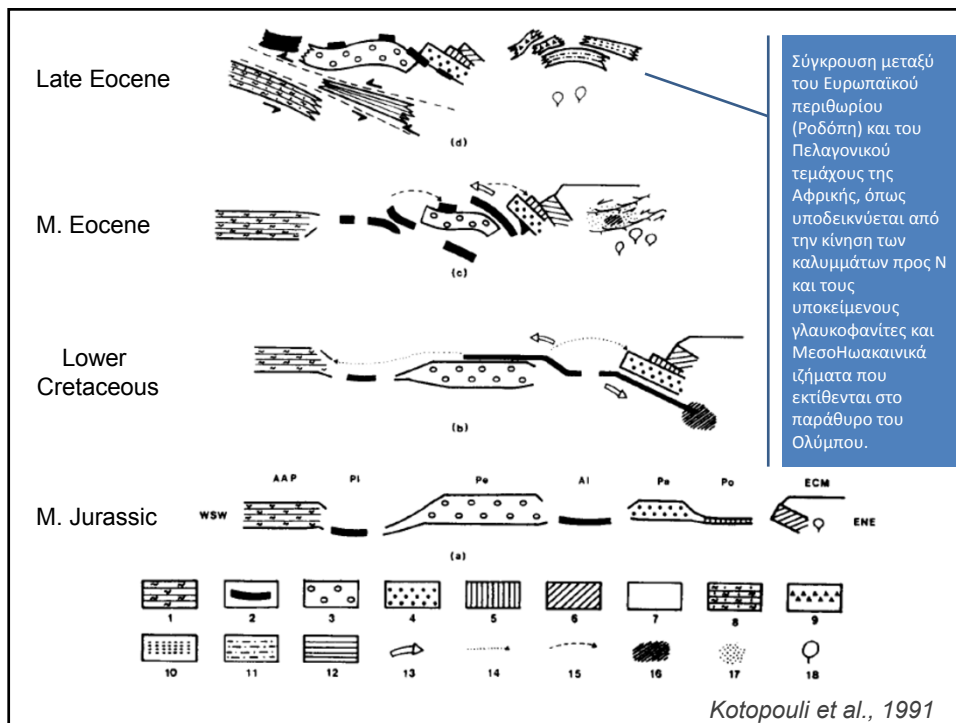
67



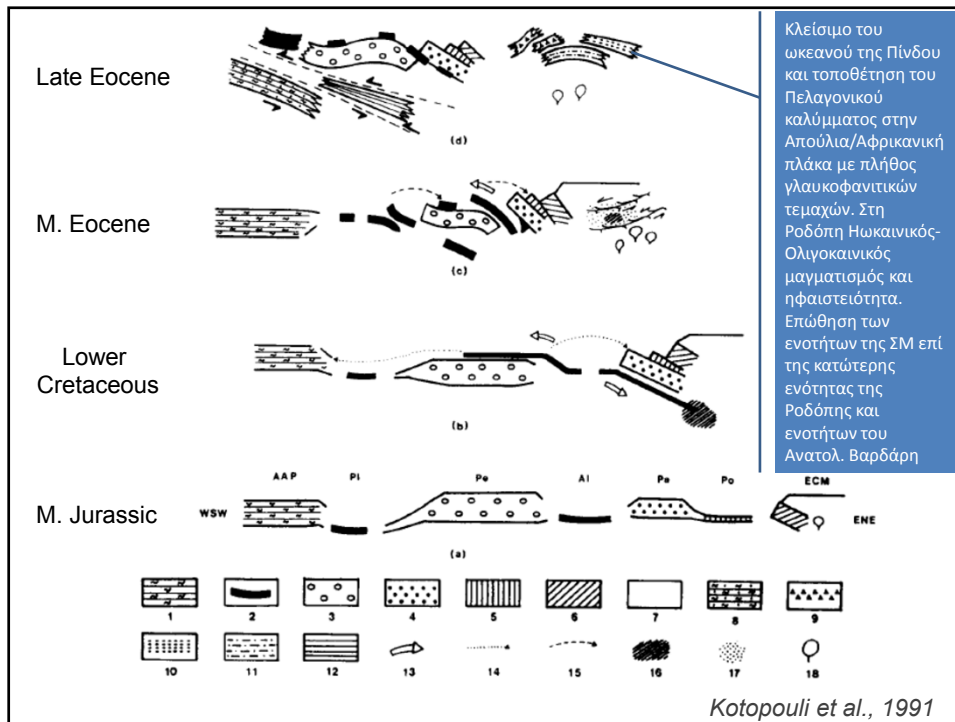
68



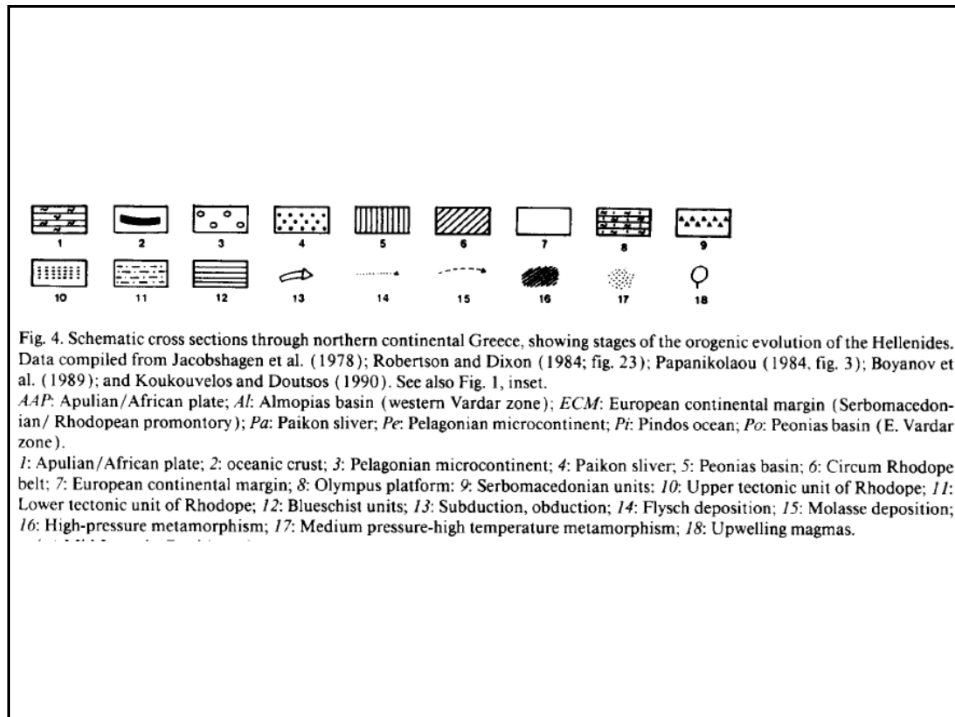
69



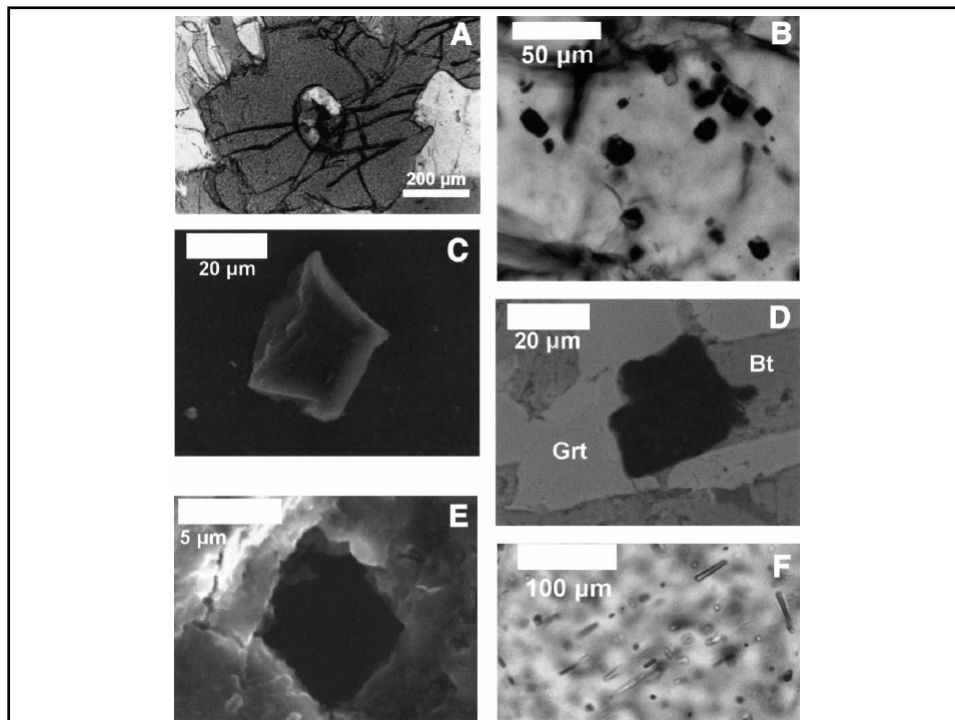
70



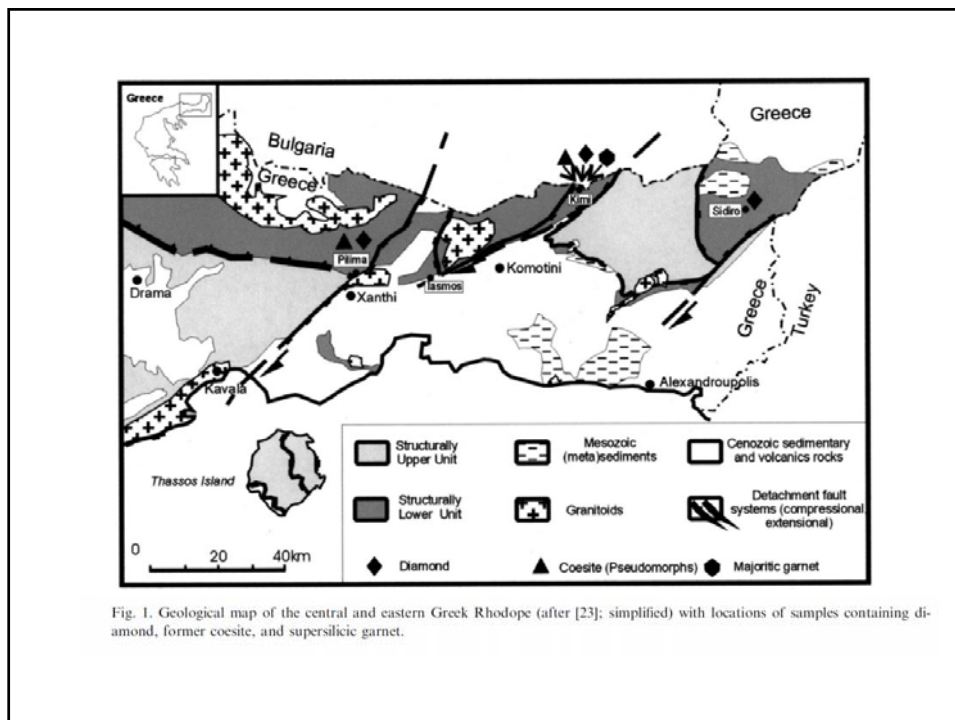
71



72



77



78