

## THE USE OF THE CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO TRIANGLE TO CHARACTERIZE ROCKS AS KOMATIITIC

By

ELIAS S. SAPOUNTZIS

*(Laboratory of Systematic Mineralogy & Petrography, University of Thessaloniki)*

*(Received 23.10.80)*

**Abstract:** *In this contribution evidences are presented showing that the CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO trigonal diagram after Coleman (1977), cannot be used generally for the characterization of rocks as komatiitic or not. The use of the term «ophiolite» is also discussed in connection with the nature and the age of the Thessaloniki gabbros.*

The motive for writing this paper was given by a critical note by Dimitriadis (1980), who using chemical data of the Thessaloniki gabbros (data from Sapountzis, 1979), plotted on the CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO Coleman's (1977) diagram, expressed the opinion that the Thessaloniki gabbros are unlikely to be related to komatiites. He also discussed the nature as well as the age of these rocks, points for which we would like to give an answer.

I believe that Dimitriadis is wrong when saying that «The paper by Sapountzis (1979) on the Thessaloniki gabbros does not adequately examine the possibility that they might be members of an ophiolite suite.....» because this is obvious self-evident from Sapountzis (1979).

Introducing the «Thessaloniki gabbros» (Sapountzis, 1979) I write that these rocks are part of a basic and ultrabasic series which belongs to the Mercier's (1966) Peonian unit of the Axios (Vardar) zone and that Hiessleitner (1951) and Monod (1965) distinguished in this unit various types of basic and ultrabasic rocks the mineralogy of which has been described in detail by Sapountzis (1969).

The sequence of these basic and ultrabasic rocks is also shown on the geological map of the Thessaloniki area (Sapountzis, 1979). I believe that this sequence implies «ophiolites» as they have been defined by Coleman (1977) who writes: «Ophiolite, as used by those present at the G.S.A. Penrose Conference on ophiolites, refers to a distinctive assemblage of mafic and ultramafic rocks. It should not be used as a

rock name or as a lithologic unit in mapping». In addition in a figure of a paper (Sapountzis, 1980) which had been sent for publication four months before the Dimitriadis (1980) note, are shown all basic and ultrabasic rocks (ophiolites) that occur in the part of Axios zone lying SE of Thessaloniki and up to Chalkidiki Peninsula (Fig. 1). So I think that Dimitriadis has added nothing to «The Thessaloniki gabbros» by writing at the end of his note: «The writer feels that the geology, mineralogy and geochemistry all clearly favour the interpretation that the Thessaloniki gabbros are mafic cumulates of an ophiolitic sequence» because (a) he has given no new geological, mineralogical or geochemical evidences apart from those given by Sapountzis (1979), (b) the characterization of these rocks as cumulates was given by Sapountzis (1979), and (c) the ophiolitic nature of them is self-evident from Sapountzis (1979).

The age determination of these rocks was not the subject of «The Thessaloniki gabbros» so that a chance to be given for criticism and discussion at the very moment. It was done by Sapountzis (1969) and I assume that Dimitriadis found the referred age of 1300-1400 m.y. in this paper. He must, however, be more careful because nowhere in this or other papers I write that the Precambrian age quoted depends on a single K/Ar whole rock determination. In p. 101 of this is referred that the age determination, done on a sample from one locality with K/Ar whole rock analysis, was found to be 1400 m.y. Since this date was considered too high in comparison with the opinions of the researchers of that time (Osswald; 1938; Mercier 1961, 1966) who assumed a Mesozoic age, a second age determination was done with the same method and on a sample from the same occurrence but 200m apart from the first locality. The date was about the same 1300 m.y. So it was suggested that these rocks should be of at least Precambrian age.

The problem, however, stayed open and for its solution it was proposed a more detailed study proved by geological data.

A recently published paper (Sapountzis, 1980) gives some more data concerning the age of the gabbroic rocks and the ophiolitic series of the southeast part of the Axios zone and the author of the discussion can find information in this paper. What I can say here is that again the data given - radiochronological, microtectonical, mineralogical and geological - contradict the Mesozoic age of these rocks and argue for an older age. In the future I hope that the age problem of these gabbros will be clarified with a more detailed and widespread inve-

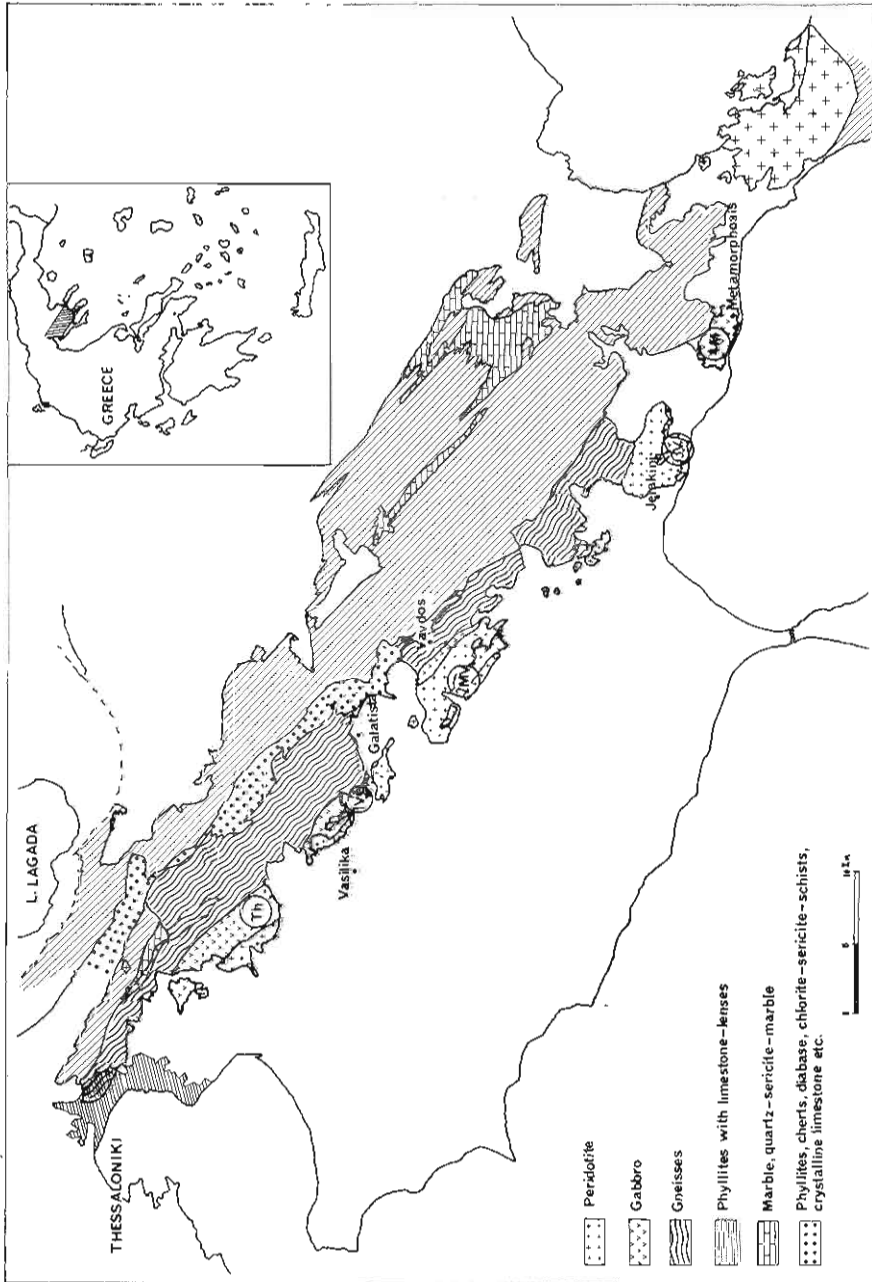


Fig. 1. Ophiolitic sequence in the southeastern part of the Axios (Vardar) zone (North Greece).

stigation and not only just by referring to the literature data as Dimi-triadis done.

Concerning the origin of the Thessaloniki gabbros whether they are of komatiitic parentage or not my opinion is clear.

I have just said that «The tholeiitic nature of the rocks is indicated by the normative composition of pyroxene, the contents in Si, Al and Ti and also by the coexisting Ca-rich and Ca-poor pyroxenes which frequently contain exsolution lamellae. Following Yoder & Tilley's (1962) magma classification, these rocks belong to the olivine-tholeiitic magma type... These rocks do, however, exhibit similarities with some Archaean basic rocks believed to be derived from peridotitic basaltic-komatiite type magmas».

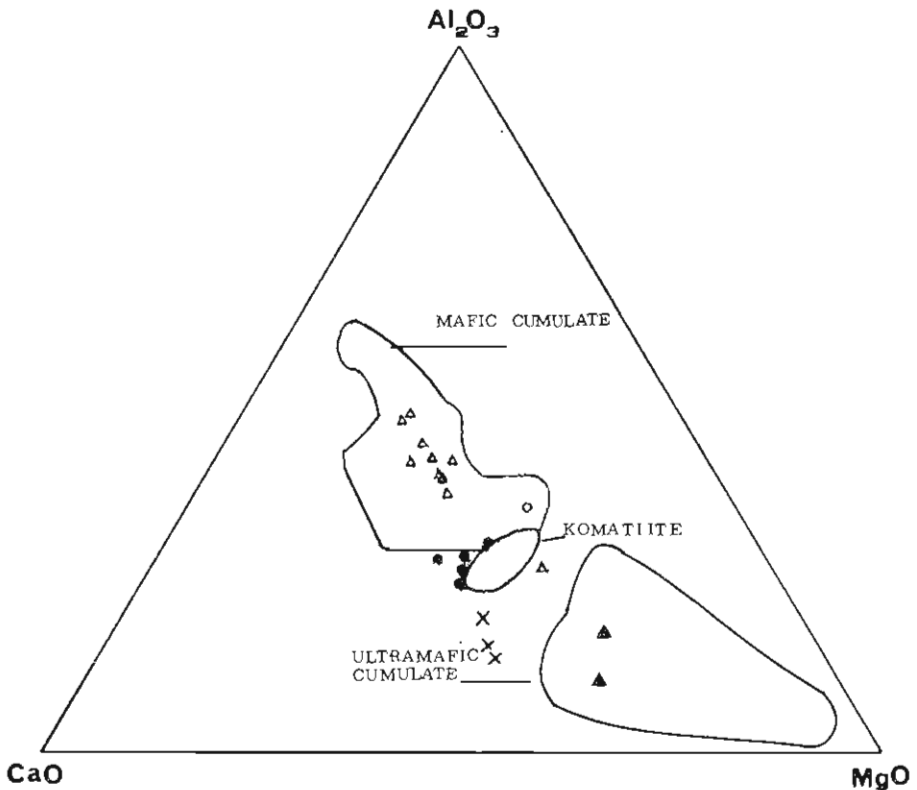


Fig. 2.  $Al_2O_3$ - $CaO$ - $MgO$  diagram after Coleman (1977). The samples plotted are: Gabbroic rocks from the Thessaloniki gabbros (●), gabbroic rocks of the Yilmia sills (▲) after McCall (1973), and basaltic komatiites-Badplaas (X), Barberton (○) and Geluk (▲) type after Viljoen & Viljoen (1970). None of the samples plot inside the komatiite field of Coleman (op. cit).

Nevertheless, Dimitriadis, based on a plot of analysed Thessaloniki gabbros (data from Sapountzis, 1979) on the CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO Coleman's (1977) diagram, quotes: «... shows they all lie inside the area outside the komatiite field, and thus are unlikely to be of komatiitic parentage».

I disagree with his opinion because:

a) His plot is not entirely correct as five of the analysed samples (8, 35, 3, 18 and 22) are projected outside the field of the mafic cumulates (ophiolites) and very close or on the margins of the komatiites field (Fig. 2).

b) The plots on the same diagram (Fig. 2) of gabbroic rocks of the Yilmia sills, which according to McCall (1973) approximate in average composition to basaltic Komatiite-Barberton type after Viljoen and Viljoen (1969) - as well as of basaltic komatiites - Badplaas, Barberton and Geluk type after Viljoen (1970) - fall outside the komatiite field of Coleman (1977). Note that the term komatiite was introduced by Viljoen and Viljoen.

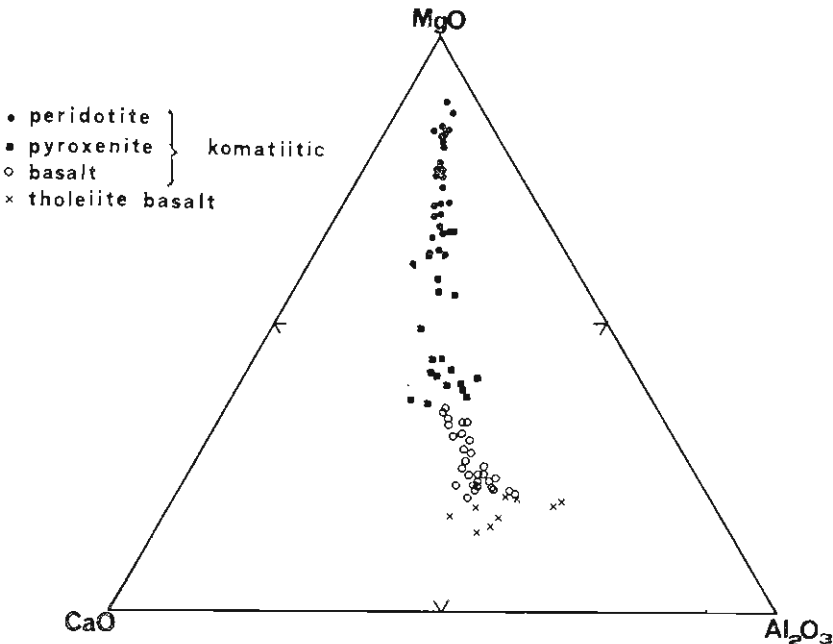


Fig. 3. MgO-CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diagram showing composition of komatiitic and tholeiitic lavas of Munro Township. (After Arndt N.T. et. al., 1977).

c) Arndt et al., (1977) used also the CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-MgO diagram but their analysed komatiitic and tholeiitic rocks plot on a very wide range (Fig. 3).

d) To quote Coleman's (1977, p. 46) comments on this diagram «... it is interesting to note where the average oceanic tholeiite and the more primitive komatiites fall on this diagram. It seems possible that perhaps the original liquid from which ophiolite layered sequences crystallized may have been similar to the komatiites and that at least some oceanic tholeiites may owe their composition to partial fractionation of a more magnesium-rich parent liquid».

e) Francis & Hynes (1979) proposed that the tholeiitic and komatiitic lavas of the volcanic bodies of New Quebec were comagmatic the former derived from the later via low-pressure crystal fractionation.

f) Arndt et al., (1977) concluded that «.....as in case with other groups of rocks, it is difficult to specify distinguishing characteristics of a single rock type such as a peridotitic komatiite; a more practical method is to treat the rocks as members of a series and to define the characteristics of the series as a whole».

In conclusion I believe that Dimitriadis is quite wrong to discuss the Thessaloniki gabbros analyses in the CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-MgO triangle in trying to clarify the origin of the magma because I think there is some magic vacant space between mafic and ultramafic cumulates where komatiites fall. It is my opinion that the separation of cumulate composition into mafic and ultramafic cumulates with komatiites in between is really not justified. There must be some sort of transition in composition between mafic and ultramafic cumulates and I believe that komatiite composition would have to be define in a more precise way before any further discussion followed on whether rocks were of komatiitic parentage or not.

#### REFERENCES

1. ARNDT, N. T. NALDRETT, A. J. PYKE, D. R. 1977. Komatiitic and Iron-rich Tholeiitic Lavas of Munro Township, Northeast Ontario, *J. of Petrology*, 18, pp. 319-869.
2. COLEMAN, R. G. 1977. *Ophiolites*. Berlin-Heidelberg! Springer-Verlag.
3. Dimitriadis, S. 1980. Discussion of «The Thessaloniki Gabbros» by E. Sapountzis, *J. Petrology*, 21, 437-440.
4. MERCIER, J. 1961. Sur l'âge des ophiolites de la Macedoine centrale (Grèce). *C. R. Somaire*, p. 281, Paris.

5. MERCIER, J. 1966. Etude géologique des zones internes des Hellenides en Macédoine centrale (Grèce). Ire these présentée a la Faculte des Sciences de l'Université de Paris.
6. McCALL, G.H.H., 1973. Geochemical characteristics of some Archaean Greenstones Suites of the Vilgarm Structural Province, Australia. *Chem. Geol.* 11, 243-69.
7. MONOD, O. L. 1965. Etude géologique du mont Chortiatis (Macedoine). *Geological and Geophysical Research*, X. No. 4, 221-77. Athens.
8. FRANCIS, D. M., A. J. HYNES, 1979. Komatiite-derived tholeiites in the proterozoic of New Quebec, *Earth and Planetary Science Letters*, 44, 473-481.
9. HIESSELEITNER G. 1951. Serpentin und Chromerz Geologie der Balkanhalbinse *Jb. Geol. Bundesanstalt. Wien.*
10. OSSWALD, K. 1938 *Geologische Geschichte von Griechisch-Nordmakedonien.* Nationale Drucherei, Athen.
11. SΑPOUNTZIS, S. E. 1969. Petrology and geological position of the Thessaloniki green gneisses. Ph. D. Thesis. University Thessaloniki.
12. SΑPOUNTZIS, S. E. 1979. The Thessaloniki gabbros. *J. Petrology*, 20, 37-70.
13. SΑPOUNTZIS, S. E. 1980. On the age of the ophiolitic sequence in the southeastern part of the Axios (Vardar) zone (North Greece). *N. Jb. Miner. Abh.* 138,38-48.
14. VILJOEN, R. P. & VILJOEN, M. J. 1969. Evidence for the composition of the primitive mantle and its products of partial melting from a study of the mafic and ultramafic rocks of the Barberton Mountain land. Reprints, *S. Afr. Upper. Mantle, Symp. Pretoria*, 16pp.
15. VILJOEN, R. P. & VILJOEN, M. J. 1970. The geology and geochemistry of the layered ultramafic bodies of the Kaapmuideu area, Barberton Mountain land, Symposium on the Bushveld igneous complex and other related intrusives. *Spec. Publs. Geol. Soc. S. Afr.* 1, 611-688.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

### Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΤΡΙΓΩΝΟΥ $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ ΓΙΑ ΤΟ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΩΣ ΚΟΜΑΤΙΤΤΙΚΩΝ

Υπό

ΗΛΙΑ Σ. ΣΛΠΟΥΝΤΖΗ

(Έργαστήριο Συστηματικής Όρυκτολογίας και Πετρογραφίας Άριστοτελείου Παν/μίου  
Θεσ/νίκης)

Στην εργασία αυτή εξετάζεται ή χρησιμοποίηση του τριγωνικού διαγράμματος προβολής  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$  για τὸ χαρακτηρισμὸ μελετουμένων πετρωμάτων ὡς κοματιτιττικῶν ἢ μῆ. Ἡ ἀφορμὴ γιὰ τὴ μελέτη δόθηκε ἀπὸ σημείωση κριτικῆς στὴν ἐργασία «The Thessaloniki gabbros» Sapountzis (1979) ποὺ ἔγινε ἀπὸ τὸν Δημητριάδη (1980) ὁ ὁποῖος μετὰ τὴ χρησιμοποίηση τοῦ παραπάνω διαγράμματος προσπάθησε νὰ δείξει ὅτι οἱ γάββροι τῆς Θεσσαλονίκης εἶναι ἀπίθανο νὰ ἔχουν κοματιτιτικὴ καταγωγή.

Παρὰ τὸ γεγονὸς, ὅτι στὴν ἐργασία «οἱ γάββροι τῆς Θεσσαλονίκης» δὲν ἐκφράστηκε ποτέ ἡ ἀποψη πὼς τὰ πετρώματα αὐτὰ προέκυψαν ἀπὸ κοματιτικὸ γενετικὸ μάγμα, ἡ χρησιμοποίηση τοῦ διαγράμματος  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$  γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ ἀπὸ τὸ Δημητριάδη (1980), θεωροῦμε ὅτι ἔγινε ἐντελῶς ἐσφαλμένα γιὰ τοὺς παρακάτω λόγους:

α) Ἡ προβολὴ τῶν δειγμάτων αὐτῆ καθ' ἑαυτὴ δὲν εἶναι πλήρως σωστὴ γιὰτὶ πέντε ἀπὸ αὐτὰ (τὰ 3, 8, 18, 22 καὶ 35) προβάλλονται ἀπὸ τὸ Δημητριάδη λανθασμένα.

β) Ὁ Coleman (1977) ἀπὸ ἐργασία τοῦ ὁποῖου ἀρθῆκε τὸ διάγραμμα ποὺ προαναφέραμε, σὲ σχόλιο ποὺ κάμνει στὴν σελίδα 46 ἀναφέρει ὅτι, εἶναι πιθανὸ τὸ ἀρχικὸ ὑλικό, ἀπὸ τὸ ὁποῖο προέκυψαν οἱ σωρευτικὲς ὀφειολιθικὲς σειρές, νὰ εἶναι ὅμοιο μετὰ ἐκεῖνο τῶν κοματιτιττικῶν. Ἐπομένως, κατὰ τὴ γνώμη μας, καὶ ὅταν ἀκόμη τὰ δείγματα προβάλλονται σὲ διάφορες περιοχὲς ἀπὸ αὐτὴν ποὺ καθορίζεται στὸ τριγωνικὸ διάγραμμα γιὰ τοὺς κοματιτιττες εἶναι πιθανὸ αὐτὰ νὰ ἔχουν κοματιτιτικὴ γένεση.

γ) Καὶ ἄλλοι ἐρευνητὲς ὅμως π.χ. (Francis & Hynes, 1979) ἀποδεικνύουν τὴν γένεση θολευτικῶν ρευστῶν ἀπὸ ἀρχικὸ κοματιτιτικὸ μάγμα.

Γενικότερα ὅμως ὅταν προσπαθήσουμε νὰ προβάλουμε στὸ διάγραμμα ποὺ προαναφέραμε ὀρισμένα πετρώματα, ποὺ χαρακτηρίστηκαν σὲ ἐργα-



σιες ως κοματιτικά από διάφορους έρευνητές και ιδιαίτερα από τους Viljoen & Viljoen (1969, 1970) που έκαναν πρώτοι την εισαγωγή του όρου των κοματιτών, παρατηρούμε ότι αυτά προβάλλονται σε διάφορους χώρους του τριγώνου και μάλιστα έξω από την περιοχή που καθορίζεται από τον Coleman για τους κοματιτίτες.

Συμπερασματικά λοιπόν θεωρούμε ότι ο Δημητριάδης κάνει μεγάλο λάθος όταν προσπαθεί να καθορίσει τη γένεση του μάγματος με την προβολή των χημικών αναλύσεων των γάββρων στο τρίγωνο  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ . Στο τρίγωνο αυτό κατά την γνώμη μας θα λέγαμε ότι υπάρχει ένα περίεργο χάσμα μεταξύ των βασικών και υπερβασικών σωρευτικών πετρωμάτων όπου πέφτουν οι κοματιτίτες. Γενικότερα δέ πιστεύουμε ότι η σύσταση των κοματιτιτών θα πρέπει να καθοριστεί με κάποιον ακριβέστερο τρόπο πριν ακολουθήσει οποιαδήποτε συζήτηση για να αποφανθούμε αν πετρώματα έχουν κοματιτική γένεση ή όχι.

Σχετικά με την ηλικία των πετρωμάτων αυτών δεν υπήρχε θέμα κριτικής, γιατί αυτή δεν ήταν στο αντικείμενο της έργασίας «οί γάββροι της Θεσ/νίκης» αλλά παλαιότερης (Σαπουντζής, 1969).

Έν τούτοις ο Δημητριάδης κάνει άστοχη και άτεκμηρίωτη κατά τη γνώμη μας κριτική. Κατ' αρχάς δεν ακριβολογεί όταν αναφέρει ότι η ηλικία προσδιορίστηκε με μια μόνο ανάλυση K/Ar. Στην έργασία, Σαπουντζής (1969) όπου βρήκε τα στοιχεία της ηλικίας των 1300-1400 έκ. έτών που παραθέτει (γιατί μόνο σ' αυτήν αναφέρονται αυτά), θα έπρεπε να προσέξει ότι ο προσδιορισμός έγινε δύο φορές σε δείγματα από διάφορες περιοχές. Έπρεπε ακόμη να προσέξει ότι το πρόβλημα ζεινε ανοικτό μια και η ηλικία θεωρήθηκε πολύ μεγάλη σχετικά με τις απόψεις που επικρατούσαν μέχρι τότε. Σε πρόσφατη έργασία όμως, Σαπουντζής (1980) που στάλθηκε για δημοσίευση τέσσερις μήνες νωρίτερα από την κριτική του Δημητριάδη, μπορεί να βρει κάθε ενδιαφερόμενος πρόσθετα στοιχεία σχετικά με το πρόβλημα αυτό. Πάντως πρέπει να σημειωθεί ότι και πάλι τα ραδιοχρονολογικά, όρυκτολογικά, γεωλογικά και τα στοιχεία της μικροτεκτονικής έρχονται σε αντίθεση με τη μεσοζωική ηλικία που υποστηρίζουν πολλοί έρευνητές και συνηγορούν για μια παλιότερη ηλικία.

Έλπίζουμε πώς στο μέλλον το πρόβλημα της ηλικίας των πετρωμάτων αυτών θα διαλευκανθεί ύστερα από λεπτομερή και έκτεταμένη έρευνα και όχι με την άπλη παράθεση της γνωστής σε όλους βιβλιογραφίας που κάνει ο Δημητριάδης.

Στη συνέχεια εξετάζεται η χρησιμοποίηση του όρου όφειόλιθοι και άπορίπτεται η άποψη του Δημητριάδη (1980) ότι δεν εξετάστηκε από το Σαπουντζή (1979) η περίπτωση πώς οι γάββροι της Θεσ/νίκης μπορεί να είναι μέλη μιας όφειολιθικής σειράς. Και τούτο γιατί αυτό θεωρείται ότι είναι προ-

φανές και αὐταπόδεικτο, τόσο ἀπὸ τὰ γραφόμενα στὴν εἰσαγωγὴ τῆς ἐργασίας «οἱ γάββροι τῆς Θεσ/νίκης» ὅσο και ἀπὸ τὸ γεωλογικὸ χάρτη πὺ ἐπισυνάπτεται σ' αὐτὴ, ὅπου ἀναφέρεται ὅτι οἱ γάββροι ἀποτελοῦν μέλη μιᾶς σειρᾶς βασικῶν καὶ ὑπερβασικῶν πετρωμάτων. Συνεπῶς τὰ πετρώματα αὐτὰ ἀποτελοῦν μὲ βεβαιότητα ὀφειόλιθους, ὅπως τουλάχιστον ἀποδόθηκε ὁ ὄρος αὐτὸς ἀπὸ εἰδικὸ συνέδριο γεωλόγων γιὰ τοὺς ὀφειόλιθους πὺ ἀναφέρεται ἀπὸ τὸν Coleman (1977), ὁ ὁποῖος γράφει ὅτι: «Ὁ ὄρος ὀφειόλιθοι, ὅπως χρησιμοποιήθηκε ἀπὸ τὰ μέλη τοῦ συνεδρίου G.S.A. Penrose γιὰ τοὺς ὀφειόλιθους ἀναφέρεται σὲ μιὰ διάκριτη ἀκολουθία βασικῶν καὶ ὑπερβασικῶν πετρωμάτων καὶ ὅτι δὲν πρέπει νὰ χρησιμοποιεῖται σὰν ὄνομα πετρώματος ἢ σὰν λιθολογικὴ μονάδα στὴ χαρτογράφηση».

Τέλος στὸ συμπέρασμα πὺ καταλήγει ὁ Δημητριάδης στὴν κριτικὴ ὅτι: «Ἡ γεωλογία, ἡ ὀρυκτολογία καὶ ἡ γεωχημεία συνηγοροῦν πὺς οἱ γάββροι τῆς Θεσ/νίκης εἶναι βασικὰ σωρευτικὰ πετρώματα μιᾶς ὀφειολιθικῆς σειρᾶς», εἶναι βέβαιο ὅτι δὲν προσθέτει τίποτε τὸ καινούριο γιατί: α) Δὲν δίνεται ἀπ' αὐτὸν κανένα γεωλογικὸ, ὀρυκτολογικὸ καὶ γεωχημικὸ στοιχεῖο πέρα ἀπὸ αὐτὰ πὺ δόθηκαν ἀπὸ μᾶς, β) ὁ χαρακτηρισμὸς τῶν πετρωμάτων αὐτῶν ὡς σωρευτικῶν δόθηκε καὶ μάλιστα γιὰ πρώτη φορὰ ἀπὸ μᾶς καὶ γ) ἡ ὀφειολιθικὴ φύση εἶναι προφανῆς καὶ αὐταπόδεικτη, ἀπὸ τὰ γραφόμενά μας στὴν ἀντίστοιχη ἐργασία.

## CONTENTS

T. KIVENTIDIS : On the bounds of the trajectories of differential systems with perturbations . . . . .	3
S. S. KARATAGLIS : Preservation and heredity of tolerance against heavy metals in <i>Agrostis tenuis</i> Sibth. Plants . . . . .	9
A. TSAGARIS: Beach rock in Thasos island; A case study . . . . .	17
CH. TERZIDES : The dynamical contribution of the halo mass to the spiral structure . . . . .	27
S. MICHAELIDIS and V. E. ANGOURIDAKIS : Diagnostic study of a winter mediterranean depression. . . . .	53
H. D. COUCOLI and L. SYMEONIDIS : Karyotype analysis on some greek wild species of <i>Hordeum</i> ( <i>Marinum</i> group) and <i>Taeniatherum</i> . . . .	77
C. D. TRIANTAPHYLIDIS and R. H. RICHARDSON : The DNA sequences of six endemic hawaiian <i>Drosophila</i> species. . . . .	93
E. S. SAPOUNTZIS : The use of the CaO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -MgO triangle to characterize rocks as komatiitic . . . . .	115