

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 29ΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 1976

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΝΙΚ. Κ. ΛΟΥΡΟΥ

ΓΕΩΛΟΓΙΑ.— **La contribution de l'analyse géomorphologique à l'étude des grands mouvements du socle dans la mer Egée, par Victor Sabot et Démétrius Papanikolaou** *. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Ἰω. Τριγκαλινοῦ.

1. INTRODUCTION

Il y a plusieurs points de vue en ce qui concerne les mécanismes qui ont façonné le relief actuel du Massif des Cyclades. Il a été, généralement accepté qu'il s'agit d'une région montagneuse submergée, mais il y a des désaccords en ce qui concerne les causes qui ont provoqué sa submersion. A partir du Néogène et particulièrement du Pleistocène une tectonique cassante très intense a formé des horsts et des grabens. Les horsts en question constituent actuellement les îles des Cyclades.

Néanmoins, indépendamment de ces points de vue, nous avons constaté des changements systématiques du relief dans une partie représentative du Massif des Cyclades. Ce fait peut constituer un critère de plus pour la conception complète de l'évolution morphotectonique de la région.

Nos observations constituent seulement la première partie d'une recherche qui s'effectue depuis longtemps aux îles : Andros, Tinos, Myconos et Naxos. Le critère suivant lequel nous avons choisi les îles ci-dessus est d'une part le manque totale des études géomorphologiques quanti-

* ΒΙΚΤΩΡΟΣ ΣΑΜΠΩ και ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Ἡ συμβολὴ τῆς γεωμορφολογικῆς ἀναλύσεως εἰς τὴν μελέτην τῶν κινήσεων τοῦ φλοιοῦ εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ Αἰγαίου.

tatives dans la région, les distances relativement petites qui les séparent ainsi que leur alignement sur le même axe et d'autre part les résultats de nos recherches particulières sur les îles Andros et Naxos [12], [15].

2. LA PENTE MOYENNE DU RELIEF

D'après l'étude des îles Andros et Naxos nous avons constaté des différences considérables à la distribution géographique des certaines paramètres géomorphologiques. Nous avons choisi finalement, entre elles, la pente moyenne comme celle qui peut nous donner facilement des résultats comparables, ainsi qu'une bonne vue d'ensemble, tandis qu'en même temps constitue le facteur le plus essentiel de l'analyse du relief d'une région.

Le calcul de la pente moyenne a été fait d'après la formule :

$$P_m = \frac{l_c \cdot e}{A}$$

P_m = pente moyenne
 l_c = longueur totale des courbes de niveau
 e = équidistance
 A = surface

Pour avoir des résultats comparables sous forme d'un profil, on ne s'est pas limité au calcul d'une valeur de pente moyenne pour chaque île, mais nous avons procédé à ce calcul sur des unités morphologiques disposées presque perpendiculairement, tout le long de l'axe longitudinal de chacune.

La distinction des unités ci-dessus est basée sur leurs caractères morphologiques. De cette manière, nous avons pu établir un profil, sous forme d'histogramme, sur lequel peut on suivre la distribution géographique des valeurs de pente moyenne.

La division des îles étudiées, en unités morphologiques, fut généralement facile sauf à l'île de Naxos. En effet, l'existence d'un grand affleurement granodioritique dans la partie Ouest de celle-ci, influence clairement, à cause de l'érosion différentielle, les valeurs de pente moyenne. Pour avoir donc des résultats les plus précis que possible nous avons décidé d'éliminer cette partie Ouest de l'île et se limiter pour le calcul de la pente moyenne, sur sa partie Est, tout le long de la ligne de partage des eaux, qui constitue essentiellement l'axe longitudinal de Naxos. Cette région n'est point influencée par la présence du corps granodio-

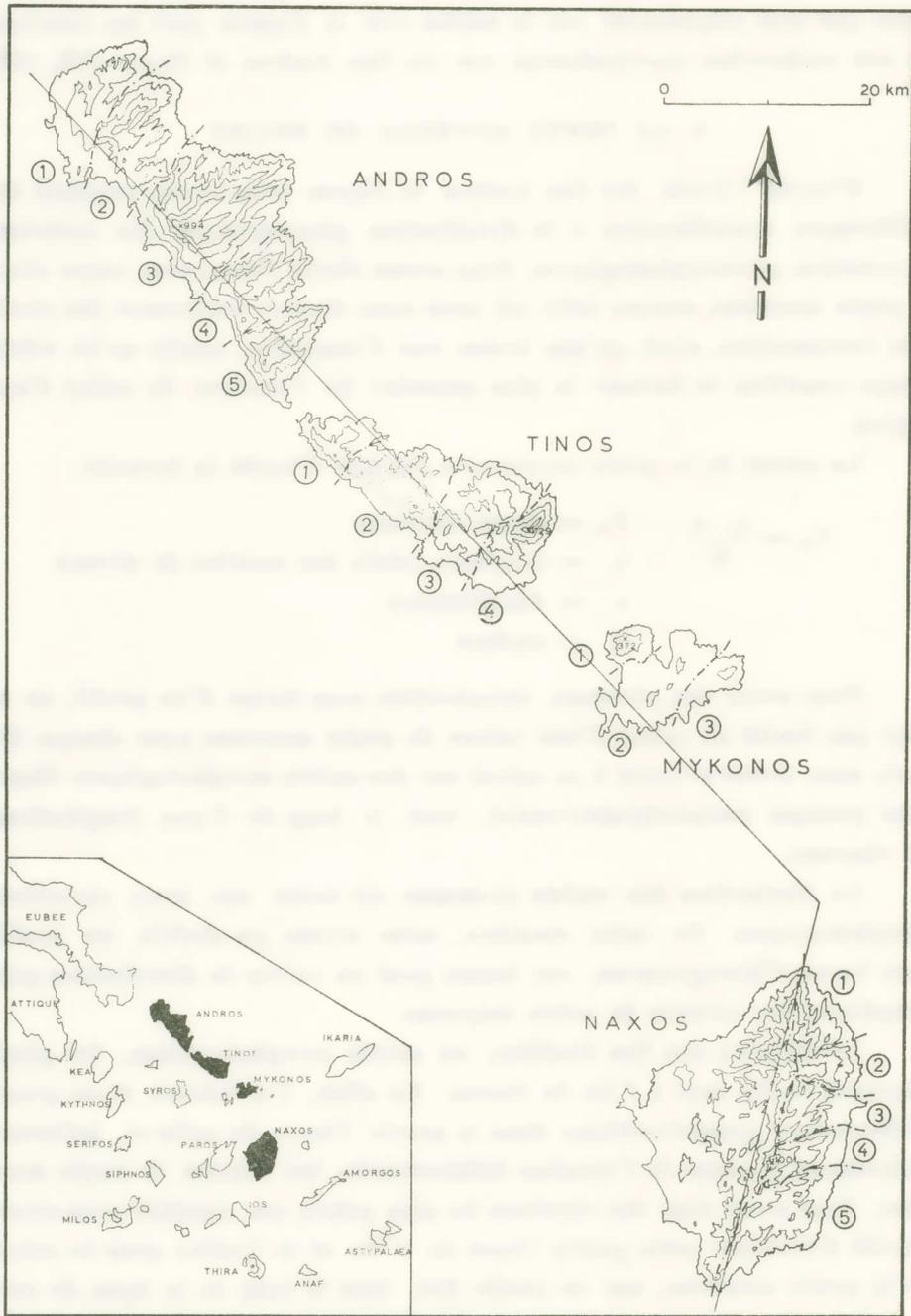


Fig. 1. Les îles étudiées avec leurs unités morphologiques.

ritique. Mais nous n'avons pas pu éliminer, à cause de leur place, les affleurements granitiques de Tinos. De toute façon nous avons tenu compte de leur présence durant la mise en valeur de nos résultats sur le calcul de la pente moyenne.

Les îles étudiées avec les unités morphologiques de chacune se présentent à la fig. 1. D'ailleurs sur le tableau I, se présentent les valeurs de longueur des courbes de niveau et de surface, pour chaque unité, ainsi que les valeurs de la pente moyenne.

D'après les valeurs de la pente moyenne du tableau I, nous avons établi un diagramme que se présente, sous une coupe topographique, à la fig. 2.

En étudiant le tableau I et la figure 2, nous pouvons constater à l'île d'Andros une augmentation continue de la pente moyenne vers SE qui s'élève à 13.9%, ce qui donne 1% tous les 2.87 km.

A l'île de Naxos nous avons une diminution de la pente moyenne vers le Sud qui s'élève à 14.92%, ce qui donne 1% tous les 2.27 km.

A l'île de Tinos qui se trouve au SE d'Andros l'unité T_1 présente une pente moyenne de 38.1% c'est à dire 1.6% plus grande que l'unité A_5 . Pourtant par la suite dans les unités T_2 et T_3 la pente moyenne diminue (voir tableau I), tandis que dans la T_4 augmente de nouveau à 36.1%. Ce fait qui se présente, de première vue, comme une anomalie dans le changement de la pente moyenne, est dû certainement à la présence dans les unités T_2 et T_3 , d'une grande masse granitique qui à cause de son altération rapide a contribué à la diminution de la pente moyenne (fig. 2).

A l'île de Myconos se présentent, généralement des valeurs de pente moyenne plus basses car celle-ci se constitue presque entièrement du granite. Par conséquent sa comparaison avec les autres îles, pourrait mener à des fausses conclusions. Néanmoins même à Myconos nous constatons une différence de la pente moyenne, entre les unités M_1 , M_2 et M_3 qui sont lithologiquement semblables.

D'après les éléments ci-dessus, s'en résulte que tout le long du profil étudié on peut observer :

a) Une région dans laquelle les valeurs de la pente moyenne augmentent vers le Nord (N_5 , N_4 , N_3 , N_2 , N_1).

T A B L E A U I.

| Longueur des courbes de niveau | A n d r o s | | | | | T i n o s | | | | M y c o n o s | | | N a x o s | | | | |
|--------------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|---------------|-------|------|-----------|------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 0 | 19.0 | 9.5 | 24.2 | 8.5 | 23.7 | 28.2 | 29.5 | 24.9 | 21.4 | 12.0 | 44.6 | 19.9 | 13.6 | 7.0 | 7.5 | 7.1 |
| 100 | 50.3 | 57.1 | 76.2 | 31.6 | 37.1 | 32.1 | 54.5 | 50.8 | 32.0 | 15.7 | 57.0 | 20.5 | 22.8 | 12.2 | 6.0 | 9.4 | 36.8 |
| 200 | 34.3 | 65.1 | 77.1 | 41.9 | 35.6 | 24.8 | 41.8 | 54.3 | 27.7 | 9.8 | 12.8 | 5.3 | 23.9 | 14.5 | 12.3 | 14.9 | 39.5 |
| 300 | 15.0 | 65.8 | 61.2 | 39.9 | 27.8 | 8.7 | 25.3 | 41.8 | 25.9 | 4.0 | | 1.1 | 22.5 | 14.2 | 16.0 | 20.1 | 38.5 |
| 400 | | 26.6 | 49.2 | 30.2 | 21.9 | 0.3 | 20.7 | 25.2 | 22.0 | | | | 17.8 | 13.7 | 19.5 | 25.7 | 21.2 |
| 500 | | 18.9 | 40.0 | 24.4 | 14.6 | | 16.5 | 3.2 | 12.9 | | | | 14.3 | 13.0 | 20.5 | 21.1 | 6.0 |
| 600 | | 11.2 | 28.6 | 12.8 | 7.2 | | 4.8 | | 6.0 | | | | 11.0 | 10.0 | 18.5 | 11.9 | 2.0 |
| 700 | | 1.1 | 27.5 | 5.9 | | | | | 2.1 | | | | 9.2 | 8.0 | 7.3 | 8.4 | 1.8 |
| 800 | | | 21.8 | | | | | | | | | | 3.2 | 0.8 | 3.0 | 2.9 | |
| 900 | | | 15.0 | | | | | | | | | | 1.0 | | 1.0 | | |
| Total (km) | 119.6 | 253.3 | 420.3 | 195.2 | 167.9 | 94.1 | 193.1 | 200.2 | 150.0 | 41.5 | 114.4 | 46.8 | 139.3 | 93.4 | 110.6 | 122.5 | 171.1 |
| Surface (km ²) | 52.3 | 90.9 | 135.4 | 62.6 | 45.9 | 24.6 | 59.2 | 70.0 | 41.6 | 13.2 | 54.0 | 20.1 | 30.7 | 22.3 | 32.4 | 35.1 | 56.3 |
| Pente moyenne (%) | 22.6 | 28.1 | 31.1 | 31.2 | 36.5 | 38.1 | 32.6 | 28.6 | 36.1 | 31.4 | 21.2 | 23.3 | 45.3 | 41.9 | 34.2 | 34.9 | 30.4 |

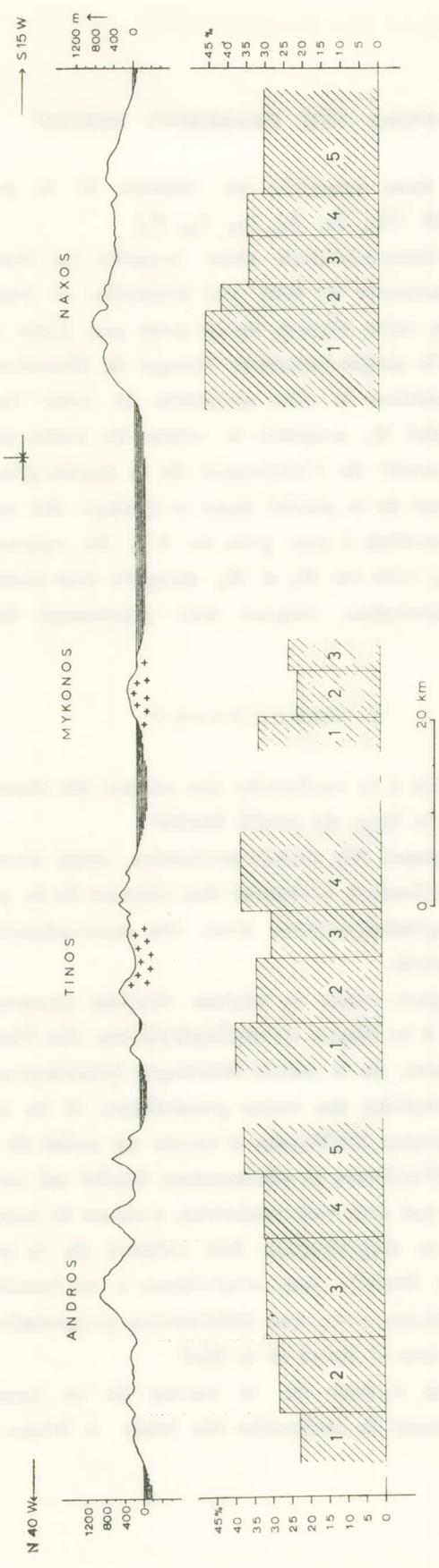


Fig. 2. Diagramme de la pente moyenne tout le long de la coupe topographique des îles étudiées avec leurs affleurements granitiques.

b) Une région dans laquelle les valeurs de la pente moyenne augmentent vers le SE ($A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, T_1$).

c) Une région intermédiaire dans laquelle les changements des valeurs de la pente moyenne ne sont pas normaux et continus ($T_2, T_3, T_4, M_1, M_2, M_3$). Dans cette région on ne peut pas fixer le point exact, où cette variation de la pente moyenne change de direction.

Néanmoins la position la plus probable de cette limite se trouve entre T_4 et M_1 . L'unité T_4 acquiert la valeur de pente moyenne 36.1% tout de suite après l'arrêt de l'influence de la masse granitique de T_2 et T_3 . Ceci nous permet de la placer dans le groupe des unités du Nord. Au contraire, la diminution à peu près de 9% du valeur de la pente moyenne de l'unité M_1 vers les M_2 et M_3 , malgré leur constitution lithologique absolument semblable, impose leur placement dans le groupe des unités du Sud.

3. DISCUSSION

Nous arrivons déjà à la recherche des causes du changement systématique constaté tout le long du profil étudié.

Après avoir examiné les causes probables, nous avons abouti à la conclusion que la distribution ci-dessus des valeurs de la pente moyenne ne peut qu'être liée génétiquement avec des mouvements différentiels correspondants de l'écorce.

En effet, d'une part toute la région étudiée appartient du point de vue géotectonique à la Masse cristallophylliène des Cyclades, qui se caractérise, généralement, de la même lithologie (alternances des marbres et des schistes) à l'exception des corps granitiques et de la même tectonique. D'autre part aucune différence n'existe du point de vue climat et couverture végétale. D'ailleurs le phénomène étudié est indépendant des pendages des couches, qui sont très variables, à cause de leurs plissements.

D'après tout ça la distribution des valeurs de la pente moyenne tout le long du profil étudié, peut s'attribuer à un bombement autour de sa région intermédiaire, avec une diminution progressive des valeurs de la pente moyenne vers le Nord et le Sud.

La détermination exacte de la forme de ce bombement peut s'effectuer en prolongeant la recherche sur toute la Masse des Cyclades.

En ce qui concerne les causes du bombement ci-dessus, nous pouvons faire les réflexions suivantes :

1. Le bombement pourrait s'attribuer à la montée d'une masse granitique sous la région des Cyclades. Des indices pour ceci nous donne l'existence des granites à la surface, ainsi qu'en profondeur, certains d'entre eux se considèrent comme relativement jeunes.

Par conséquent, nous pourrions accepter une liaison génétique du bombement au moins avec les intrusions granitiques jeunes, en excluant cette liaison avec les anciens granites, qui ne peut être détectée par des méthodes d'analyse géomorphologique. Dans ce cas l'érosion aurait fait disparaître les changements différentiels de la pente moyenne dus à ce bombement.

En tout cas si le bombement en question est dû aux intrusions magmatiques, le problème se déplace à la recherche des causes de ces intrusions.

2. Le bombement pourrait s'attribuer à des causes tectoniques. Mais l'échelle du phénomène est telle, que nous arrivons à de très grandes unités tectoniques (III^{ème} grandeur de l'échelle temporo-spatiale A. Cailleux - J. Tricart, 1956).

Les recherches sur la Néotectonique dans la mer Egée [10] pourraient donner des informations précieuses sur les processus qui ont donné naissance à ce bombement.

Les recherches faites jusqu'à maintenant, ne permettent pas la distinction des unités tectoniques dans le Massif des Cyclades. En conséquence il faut examiner le phénomène que nous étudions en considérant toute la région des Cyclades comme une unité indivisible.

De cette manière, le phénomène pourrait s'expliquer par la théorie des plaques, comme a été formulée pour la région de la mer Egée. Il est connu que la plaque d'Egée, s'écrase entre la plaque Africaine et la plaque Européenne. Il peut s'en résulter un « plis » de grande rayon à axe à peu près E-W, ce qui peut expliquer le changement de la pente moyenne observé. Mais le bombement pourrait de même s'attribuer à la poussée vers le haut de la plaque d'Egée, par la plaque Africaine et la plaque Européenne qui s'écrasent au-dessous d'elle (voir [4], fig. 1, p. 269).

D'ailleurs les recherches géophysiques récentes dans la mer Egée ont démontré l'existence d'un « doming » [7], qui probablement est dû à la

montée du matériel au-dessus de la zone d'écrasement de la plaque Africaine contre la plaque Européenne.

En terminant, indépendamment des causes auxquelles le phénomène peut s'attribuer, nous voulons insister que cela n'est pas nécessairement lié à un mouvement ascendant au milieu et à un mouvement descendant aux bords du profil étudié. Il est probable que toute la région est en submersion avec une vitesse beaucoup plus petite au centre qu'aux deux côtés.

R É S U M É

Dans la présente publication, le changement de la pente moyenne du relief, aux îles Andros, Tinos, Myconos et Naxos, fut étudié. Elle a été constatée une diminution progressive de la pente moyenne vers le Nord et le Sud, tout le long d'un profil traversant les îles ci-dessus.

Ce phénomène il faut s'attribuer à des mouvements de l'écorce sous forme d'un bombement, à cause de la similitude de tous les autres facteurs qui peuvent le provoquer.

Les causes probables qui ont été examinées sont la montée de matériel magmatique et le processus des mouvements réciproques des plaques: Africaine, Egéenne et Européenne.

A B S T R A C T

Our study on the changes of the mean slope across the islands Andros, Tinos, Myconos and Naxos in Aegean Sea proved that there is a continuous decrease of the mean slope Northwards and Southwards from the central area of the studied section.

The above fact must be due to movements of the crust, giving rise to a doming, because the other possible factors are uniform in the above islands.

Mounting of magma and Plate Tectonics are discussed as probable causes of the above doming.

R É F É R E N C E S

1. D. T. Allan - C. Morelli, A geophysical study of the Mediteranean Sea. Bull. Geof. Teor. Appl. **13**, 50 (1971), 99-142.

2. J. Doornkamp - A. C. King, Numerical Analysis in Geomorphology. E. Arnold Ltd, London, (1970), 372.
3. U. Fleischer, Schwerestörungen im Oestlichen Mittelmeer nach Messungen mit einem Askania-Seegravimeter. Deutsch. Hydrogr. Zeit 17, 4 (1964), 153 - 164.
4. A. Galanopoulos, Plate tectonics in the area of Greece as reflected in the deep focus seismicity. Bull. Geol. Soc. Greece IX, 2 (1972), 266 - 285.
5. V. Jacobshagen - J. Makris, Zur Geodynamik Griechenlands und der Ägais, Nachrichten der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 1973/74, 9, 11.
6. C. A. King, Techniques in Geomorphology. E. Arnold Ltd, (1966), London, 342.
7. J. Makris, Some geophysical aspects of the evolution of the Hellenides. Bull. Geol. Soc. Greece X, 1 (1973), 206 - 213.
8. G. Marinos, Geology and mineral deposits of Andros island. I.G.S.R. Geol. Geoph. Research III (1954), 201 - 226.
9. D. P. McKenzie, Plate tectonics of the Mediterranean region. Nature 226 (1970), 239 - 243.
10. J. Mercier, Les méthodes et les buts de la Néotectonique sur l'exemple de l'arc Egéen. Rapport d'activité scient. du Lab. Geol. Dynam., Université Paris - Sud., 1975.
11. E. J. Meulenkenp, The Néogène in the Southern Aegean Area. Opera Bot. 30 (1971), 5 - 12.
12. D. Papanikolaou, The geology of Andros island, Aegean Sea Thesis, University of Athens, in preparation.
13. G. Paraskevopoulos, Der granit von Mykonos und die Wirkung der Metamorphose. Ann. Géol. Pays Hellén. 4 (1952), 215 - 260.
14. A. Philippson, Beiträge zur Kenntnis der griechischen Inselwelt. Peterm. Mitt. Erg. Heft 134, Gotha, 1901.
15. V. Sabot, La Géomorphologie de l'île de Naxos, Mer Egée. Thèse, Université d'Athènes, en préparation.
16. R. D. Schuiling, The Cyclads: An early stage of oceanization? Bull. Geol. Soc. Greece X, 1 (1973), 174 - 176.
17. A. N. Strahler, Equilibrium theory of erosional slopes approached by frequency distribution analysis. Am. Jour. Sci 248 (1950), 673 - 696, 800 - 814.
18. J. Tricart - A. Cailleux, Le problème de la classification des faits géomorphologiques. Ann. de Géogr. LXV (1956), pp. 162 - 186.
19. J. Tricart, Principes et Méthodes de la Géomorphologie. Masson, 496, Paris (1965).

20. J. Trikkalinos, Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands. Pragm. Akad. Athinon 18 (1954), 2.
21. —, Die Auswirkungen junger, sehr starker diluvialer und rezenter orogener Bewegungen im Gebiete Griechenlands. Geotekt. Symp. zu Erhen v. Hans Stille, 1956.
22. R. W. van Bemellen, Contribution to the Geonomic discussions on Thera. Acta of the Ist Inter. Scien. Congress on the volcano of Thera, part I, pp. 136-141, part II, 142-151, 1971.
23. G. Voreadis, The geology and barite deposits of Myconos and Dragonisi islands. Ann. Géol. Pays Hellén. 12 (1961), 263-300.

*

Ἀκολουθῶς λαβὼν τὸν λόγον ὁ Ἀκαδημαϊκὸς κ. **Ἰω. Τρικκαλινός**, εἶπε τὰ ἑξῆς :

Εἰς τὴν παροῦσαν ἀνακοίνωσιν μελετᾶται ἡ μεταβολὴ τῆς μέσης κλίσεως ἀναγλύφου εἰς τὰς νήσους Ἄνδρον, Τήνον, Μύκονον καὶ Νάξον. Διαπιστοῦται δὲ μία προοδευτικὴ μείωσις τῆς μέσης κλίσεως πρὸς Βορρᾶν καὶ πρὸς Νότον, κατὰ μῆκος μιᾶς τομῆς διερχομένης διὰ τῶν ὡς ἄνω νήσων.

Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον πρέπει νὰ ὀφείλεται εἰς κινήσεις τοῦ φλοιοῦ ὑπὸ μορφὴν ἀναθολώσεως, λόγῳ τῆς ὁμοιομορφίας ὄλων τῶν λοιπῶν παραγόντων τῶν δυναμένων νὰ προκαλέσουν τοῦτο.

Ὡς πιθανὰ αἷτια ἐξετάζονται ἡ ἄνοδος μαγματικοῦ ὑλικοῦ καὶ ἡ διεργασία τῆς κινήσεως τῶν πλακῶν Ἀφρικανικῆς, Αἰγαίας καὶ Εὐρωπαϊκῆς πρὸς ἀλλήλας.

Ἐπὶ τῶν ἀνωτέρω δύναται τις νὰ παρατηρήσῃ τὰ ἑξῆς: Εἶναι ἀπαραίτητος ἡ περαιτέρω ἔρευνα, ἵνα διὰ ταύτης ἀποδειχθῇ, ἐὰν ἡ ἀναθόλωσις μεταξὺ τῶν νήσων Ἄνδρον-Μυκόνου ὀφείλεται εἰς τοπικὰς ἀνοδικὰς κινήσεις τοῦ μάγματος ἢ εἰς τοιαύτας μεγαλυτέρας ἐκτάσεως. Πάντως ἡ ὑπ' ἐμοῦ σήμερον εἰς τὴν Ἀκαδημίαν Ἀθηνῶν παρουσιασθεῖσα μελέτη εἶναι πρωτότυπος καὶ συμβάλλει εἰς τὴν διὰ τῆς μαγματεκτονικῆς ἐρεῦνης ἐξέτασιν τῆς σημερινῆς μορφολογίας τῆς Ἑλλάδος.