

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 15ΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 1990

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΒΛΑΧΟΥ

---

ΓΕΩΛΟΓΙΑ.— Τὸ πρόβλημα τῶν κερατοφυρικῶν πετρωμάτων στὴν Ἑλλάδα καὶ ἡ ἰδιαίτερη γεωλογικὴ τους σημασία, ὑπὸ Δημ. Α. Κισκύρα\*, διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Λουκᾶ Μουσοῦλου.

Α. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κερατοφυρικά πετρώματα ἀναφέρονται γιὰ πρώτη φορὰ στὴν Ἑλλάδα ἀπὸ τὸν Κτενᾶ (1908) ποὺ τὰ βρῆκε στὴν Πάρνηθα καὶ τὰ θεώρησε ἀνάλογα πρὸς τὰ ἡφαιστειακὰ πετρώματα τῆς Βεσφαλίας (Ktéνας 1909). Ὁ πετρογραφικὸς αὐτὸς ὄρος δόθηκε ἀπὸ τὸν Γερμανὸ πετρογράφο Gümbel σὲ ὄξινα ἡφαιστειακὰ πετρώματα τῆς χώρας του, παλαιοζωικῆς ἡλικίας, πλούσια σὲ νάτριο, τὰ ὁποῖα ἐξωτερικῶς ἔμοιαζαν μὲ τὸ μεταμορφωσιγενὲς πέτρωμα κερατίτη. Παρόμοια πετρώματα ἔχουν βρεθεῖ στὴν Ἀργολίδα καὶ Ὑδρα (Milch-Renz 1911), στὴ Σαλαμίνα (Βορεάδης 1952), στὴν Αἰτωλικὴ Πίνδο (Renz 1954), στὴ Β. Εὐβοία (Μαρῖνος et al. 1957), στὴ Χίο (Bender 1968) κ.λπ.

Τὰ κερατοφυρικά πετρώματα τῆς Πάρνηθας, ποὺ στὴν πλειονότητά τους εἶναι χαλαζιακοὶ κερατοφυρικοὶ τόφφοι, θεωρήθηκαν (Ktéνας 1924) περμικῆς ἕως κάτω τριαδικῆς ἡλικίας. Ὁ Renz (1955), ποὺ στὴν ἀρχὴ εἶχε θεωρήσει τοὺς κερατοφύρες τῆς Πάρνηθας, Ἀργολίδας καὶ Ὑδρας δεβόνειους, ἀργότερα τοὺς θεώρησε παλαιότερους τοῦ ἄνω Τριαδικοῦ. Οἱ κερατοφύρες τῆς Σαλαμίνας ἔχουν ταξινομηθεῖ (Βορεάδης 1952) στὸ κάτω Τριαδικὸ (Βερφένιο) ἐνῶ αὐτοὶ τῆς Β. Εὐβοίας στὸ Πέρμιο (Μαρῖνος et al. 1957). Ὁ Τρικκαλινὸς (1958) ἀναφέρει ὅτι οἱ κερατοφυρικοὶ τόφφοι στὸν Ἅγιο Μελέτιο τῆς Πάρνηθας βρίσκονται σὲ στρώματα τοῦ Λιθανθρακοφόρου, ἐνῶ

---

\* DEM. A. KISKYRAS, **The problem of the keratophyric rocks in Greece and their particular geological significance.**

ο Ρουμπάνης (1961) προσθέτει ότι η έκχυση κερατοφυρικῶν τόφφων στὴν Πάρνηθα δὲν ἔγινε μόνο σὲ μία περίοδο, ἀφοῦ τὰ πετρώματα αὐτὰ συναντῶνται τόσο στὸ Παλαιοζωικό, ὅσο καὶ στὸ μέσο ἕως ἄνω Τριαδικό. Ἄλλὰ καὶ ὁ Δούνας (1971) δέχεται ὅτι τὰ πετρώματα αὐτὰ στὴν Ἀττικὴ ἀπαντοῦν σὲ ὅλους τοὺς στρωματογραφικούς ὀρίζοντες ἀπὸ τὸ Λιθανθρακοφόρο μέχρι τὸ μέσο Τριαδικό μὲ περισσότερες παρεμβολές ἀπὸ μία. Δύο παρεμβολές, π.χ. μιὰ στὸ Ἄνισιο καὶ μιὰ ἄλλη στὸ Λαδί-νιο, παρουσιάζουν τὰ πετρώματα αὐτὰ στὴ Βορ. Ἀττικὴ (Clement 1968), ἐνῶ στὴ Δυτ. Ἀττικὴ, περιοχὴ Σκαραμαγιᾶ, οἱ κερατοφυρικοί τόφφοι συναντῶνται κάτω ἀπὸ πέρμιους ἀσβεστόλιθους (Γάταρης 1972). Ἄνω παλαιοζωικὴ ἡλικία δίνουν στοὺς κερατοφύρες τῆς Πάρνηθας καὶ οἱ Clement - Lapierre (1980) οἱ ὁποῖοι ὅμως, ἀποφεύγοντας νὰ ἀναφέρουν τὴν ὑπάρχουσα βιβλιογραφία, ἰσχυρίζονται ὅτι αὐτοὶ μελέτησαν γιὰ πρώτη φορὰ τὰ πετρώματα Πάρνηθας ἀπὸ πετρολογικὴ καὶ πετροχημικὴ ἄποψη, πράγμα πού δὲν εὐσταθεῖ, ὅπως θὰ φανεῖ πιὸ κάτω. Σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὴν ἡλικία τῶν κερατοφυρικῶν πετρωμάτων στὴν Πελοπόννησο καὶ Χίο ἐπικρατεῖ ἡ γνώμη ὅτι αὐτὰ εἶναι κάτω Τριαδικά, παλαιότερα ἀπὸ τὸ ἄνω Σκύθιο (Βερφένιο), ἐνῶ τὰ κερατοφυρικὰ πετρώματα τῆς Ἰδρας τοποθετοῦνται στὸ Μέσο-Τριαδικό (ἄνω Ἄνισιο ἕως Λαδί-νιο) ἀπὸ τὸν Römermann (1968). Ἀντίθετα, οἱ κερατοφύρες τοῦ Πάικου (Μακεδονία) τοποθετοῦνται (Mercier 1968/1973) μαζὶ μὲ τοὺς σπιλίτες τῆς ἴδιας περιοχῆς σὲ πολὺ νεώτερη ἡλικία, στὸ ἄνω Ἰουρασικό.

Στὴ μελέτη αὐτὴ ἐξετάζονται πετρολογικῶς κερατοφυρικὰ πετρώματα ἀπ' ὅλες τὶς γνωστὲς ἐμφανίσεις στὴν Ἑλλάδα καὶ πετροχημικῶς κατὰ τὸ σύστημα Sawarizki, ἐκεῖνα, γιὰ τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν χημικὲς ἀναλύσεις. Ἐπίσης γίνεται μιὰ προσπάθεια νὰ συνδεθοῦν αὐτὰ μὲ ἀνάλογες φάσεις ἡφαιστειότητος στὸν ἐλληνικὸ χῶρο. Ἡ σύνδεση αὐτὴ δὲν ἀποβλέπει μόνο στὸ νὰ δώσει ἐξήγηση στὶς παρατηρηθεῖσες διαφορὲς ἡλικίας τῶν κερατοφυρικῶν πετρωμάτων, ἀλλὰ καὶ νέα στοιχεῖα γιὰ τὴ γεωτεκτονικη-μαγματολογικὴ ἐξέλιξη τῆς χώρας μας στοὺς τελευταίους δύο μεγάλους ὀρογενετικούς κύκλους τοῦ πλανῆτῃ μας, δηλ. τὸν Ἐρκύνιο καὶ τὸν Ἀλπικό.

## B. ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑ - ΠΕΤΡΟΧΗΜΕΙΑ

Ἀπὸ τὴ μικροσκοπικὴ ἐξέταση, πού ἔκανε ὁ Κτενᾶς (1908) στὰ κερατοφυρικὰ πετρώματα τῆς Πάρνηθας, διεπίστωσε τὴν παρουσία φαινοκρυστάλλων χαλαζία καὶ ἀστρίων καὶ διέκρινε μερικὰ ἐπουσιώδη ὀρυκτά, ὅπως ἀπατίτη, ζirkονίτη, τοπάζιο καὶ μαγνητίτη. Οἱ φαινοκρύσταλλοι χαλαζία εἶναι ὑπιδιδόμορφοι, πού σημαίνει ὅτι ἔχουν ὑποστῆ μαγματικὴ διάβρωση. Οἱ φαινοκρύσταλλοι ἀστρίων μὲ βάση τὰ ὀπτικὰ χαρακτηριστικά (θετικὸς ὀπτικὸς χαρακτήρας, κατασβεστικὴ γωνία καὶ κλίση

ἐπιπέδου ὀπτικῶν ἀξόνων) προσδιορίστηκαν ὡς ἀλβίτης μὲ περιεκτικότητα μορίου ἀνορθίτη μέχρι 5%. Στὴν κυριώδη μάζα τοῦ πετρώματος αὐτοῦ ἀναγνώρισε ὁ Κτενᾶς ἓνα κρυσταλλικὸ μέρος, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ πολὺ λεπτόκοκκα ὕλικά, κατὰ κύριο λόγο χαλαζία καὶ ἀστρίους καὶ ἓνα ἄμορφο μέρος, ὅπου ἐπικρατοῦν χλωριτικὰ συσσωματώματα, σερικίτης καὶ χαλκηδόνιος. Τὸ πέτρωμα χαρακτηρίστηκε ὡς χαλαζιακὸς κερατοφύρης.

Ὁ Παρασκευόπουλος (βλ. Τρικκαλινὸς 1958, σ. 255) προσδιόρισε σὲ τόφφους τῆς Πάρνηθας κρυστάλλους ἀστρίων, μερικοὶ ἀπὸ τοὺς ὁποίους ἦταν ὀρθόκλαστο, ἐνῶ οἱ ἄλλοι εἶχαν ἐξαλλοιωθεῖ σὲ ἀλβίτη, ἀσβεστίτη, ἐπίδοτο καὶ σερικίτη.

Οἱ Clement - Lapiere, ποὺ διατείνονται ὅτι γιὰ πρώτη φορὰ μελετήθηκαν τὰ πετρώματα αὐτὰ τῆς Πάρνηθας ἀπὸ πετρογραφικὴ καὶ πετροχημικὴ ἀποψη, ἀναφέρουν ὅτι περιέχουν φαινοκρυστάλλους χαλαζία μὲ μαγματικὴ διάβρωση καὶ ἐπὶ πλέον πλαγιόκλαστα μὲ μόριο ἀνορθίτη 20-30%, ποὺ κυρίως ἔχουν μετατραπεῖ ἐξ ὀλοκλήρου σὲ ἀλβίτη καὶ δαμουρίτη, ὅπως καὶ ἄλλα ὀρυκτά, τὰ ὁποῖα ἔχουν μετατραπεῖ ἐξ ὀλοκλήρου σὲ σερικίτη καὶ φυλλίτη, ποὺ μποροῦσε ὅμως νὰ εἶναι καὶ παλαιοὶ ἀλκαλιούχοι ἄστριοι. Τέλος, τονίζουν ὅτι τὰ πετρώματα αὐτὰ δὲν πρέπει νὰ καλοῦνται χαλαζιακοὶ κερατοφύρες ἀλλὰ μεταρυόλιθοι, ἐφόσον ἡ περιεκτικότητά τους σὲ  $\text{Na}_2\text{O}$  εἶναι κάτω τῆς συνηθισμένης (περιεκτικότητας) τοῦ κερατοφύρη (5%).

Ἐδῶ θὰ πρέπει νὰ εἰπωθεῖ ὅτι ἀνεξάρτητα τοῦ ὅτι οἱ ἀποσαθρωμένοι κερατοφύρες παρουσιάζουν μειωμένη περιεκτικότητα σὲ νάτριο, ἐπειδὴ διαλύεται πιὸ εὐκόλα ἀπὸ τὸ ἀσβέστιο, ὁ Κτενᾶς (1930, σ. 19) δὲν χρησιμοποιοῦσε ἀργότερα τὸν ὄρο «κερατοφυρικοὶ τόφφοι» ἀλλὰ «ἄξινοι ἠφαιστειογενεῖς τόφφοι» τοῦ Περμίου. Καὶ τοῦτο διότι, ὅπως ἀπέδειξε ἡ χημικὴ τους σύνθεση, ἡ περιεκτικότητά τους σὲ ἀλκάλια εἶναι κάπως περιορισμένη.

Οἱ πρῶτες χημικὲς ἀναλύσεις ἐλληνικῶν κερατοφυρικῶν πετρωμάτων δημοσιεύτηκαν ἀπὸ τοὺς Milch - Renz (1911) καὶ ἀναφέρονται σὲ δείγματα ἀπὸ τὴν Ἐπίδαυρο καὶ Ἵδρα. Πρόκειται γιὰ τὶς ὑπ' ἀρ. 1-6 ἀναλύσεις τοῦ Πίν. Α. Ἐπειδὴ οἱ συγγραφεῖς αὐτοὶ δὲν ἔκαναν πετροχημικὴ ἀνάλυση τῶν δειγμάτων αὐτῶν, θὰ ἐπιχειρήσουμε μιὰ τέτοια ἀνάλυση κατὰ τὸ σύστημα Sawarizki. Μὲ τὸ ἴδιο σύστημα θὰ γίνεῖ ἐπεξεργασία καὶ τῶν στοιχείων τῶν ἄλλων χημικῶν ἀναλύσεων τῶν Πίν. Α καὶ Β. Δυστυχῶς οἱ ἀναλύσεις Κτενᾶ δὲν δημοσιεύτηκαν.

Οἱ ὑπ' ἀριθμ. 7-9 χημικὲς ἀναλύσεις ἀναφέρονται σὲ δείγματα ὕγιους (ἀρ. 7) καὶ ἐξαλλοιωμένου χαλαζιακοῦ κερατοφύρη ἀπὸ τὴν Πάρνηθα, ποὺ ἐξέτασε ὁ Ἀρώνης (1972) πετροχημικῶς κατὰ τὰ συστήματα Niggli καὶ C.I.P.W. Κατὰ τὸ πρῶτο σύστημα πρόκειται γιὰ ἀνορθιτικὸ μάγμα μὲ τάση πρὸς ἀλκαλιγρανιτικὸ, ἐνῶ κατὰ τὸ δεῦτερο γιὰ ἀλκαλικὸ ἀπλιτογρανιτικὸ μάγμα μὲ ἀσθενῆ τάση πρὸς γρανоди-



ΠΙΝ. Α'. Χημικές αναλύσεις κερατοφυρικών πετρωμάτων άνω Περιού - κάτω Τριαιδιού

Βιβλιογραφία	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	'Απ.Δ.
1. Milch - Renz	70,30	0,53	10,65	1,16	0,79	—	0,70	3,55	1,75	4,62	
2. » »	75,45	0,55	10,16	3,04	0,53	—	0,47	1,75	3,53	0,40	
3. » »	69,35	0,75	15,61	0,07	1,21	—	0,99	3,88	4,51	0,40	
4. » »	78,48	0,52	10,26	1,81	0,25	—	0,53	1,07	5,39	0,37	
5. » »	72,36	0,23	13,7	2,16	0,95	0,17	0,21	0,83	4,35	2,25	
6. » »	75,47	0,30	11,80	1,54	0,74	0,10	0,40	0,47	5,56	1,54	
7. Αρώνης	71,24	0,03	12,92	1,87	4,48	0,03	0,80	0,64	3,03	3,47	
8. » »	65,38	0,08	17,14	3,57	9,22	0,04	0,11	0,53	0,57	4,98	0,45
9. » »	64,86	8,08	13,35	10,75	2,70	0,03	0,01	0,36	0,16	2,26	4,26
10. Clement - Lapierre	75,68	0,24	12,74		2,67	0,03	1,76	0,71	2,26	0,61	2,83
11. » »	75,29	0,24	12,85		2,68	0,03	1,81	0,86	2,34	0,62	2,84
12. » »	62,21	0,99	18,41		7,09	0,10	2,09	1,32	1,95	1,44	3,82
13. » »	60,43	1,14	18,01		9,36	—	1,51	0,84	1,85	1,79	3,85
14. » »	75,87	0,24	12,21		2,21	0,03	1,51	0,86	2,62	0,69	2,48
15. » »	76,52	0,20	10,78		3,02	0,05	2,45	0,87	1,71	0,46	3,28
16. Mercier	75,04	0,10	13,39	1,61	0,37	0,05	0,18	0,40	6,36	0,83	1,41

ΠΙΝ. Β'. Χημικές αναλύσεις ήφαιστειακών πετρωμάτων άνω Ίουρασικού, που θεωρούνται ως κερατοφύρες

Βιβλιογραφία	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Απ.Δ.
1. Mercier	69,40	0,34	12,70	4,23	0,85	0,07	2,00	4,32	4,93	0,75	2,95
2. »	80,54	0,27	9,90	4,44	0,45	0,01	0,20	4,11	5,30	0,70	0,77
3. »	78,25	0,29	10,23	4,26	0,38	0,01	0,80	0,74	5,70	1,80	0,72
4. »	78,00	0,25	10,30	4,33	0,45	0,01	1,30	0,70	4,80	0,70	1,35
5. »	77,20	0,32	10,62	4,85	0,56	0,01	0,68	0,93	5,76	0,30	1,26
6. Δάβη et al.	77,66	0,24	12,22	2,37	0,38	0,01	0,08	0,17	3,92	0,84	1,92
7. »	81,26	0,19	10,54	4,01	0,41	—	0,07	0,10	4,22	0,31	1,20
8. »	78,54	0,12	12,10	0,30	0,54	—	0,32	0,02	4,34	4,06	1,46
9. »	72,24	0,11	10,82	0,40	0,64	—	0,48	1,37	4,93	3,99	1,88
10. »	77,04	0,13	13,27	0,68	0,25	—	0,72	0,01	0,17	4,29	3,05
11. »	77,67	0,10	11,62	0,36	0,45	—	0,66	0,02	—	3,77	2,87
12. »	71,50	0,30	16,14	0,92	0,81	—	0,56	—	0,05	4,87	3,17
16. Mercier	75,04	0,10	13,39	1,61	0,37	0,05	0,18	0,40	6,36	0,83	1,41

ρίτη. Τò θεωρητικό πλαγιόκλαστο είναι αλβίτης πρὸς άνορθίτη. Κατὰ τὸ συγγραφέα αὐτὸν τὰ ἀλλοιωμένα δείγματα χαλαζιακοῦ κερατοφύρη παρουσιάζουν μείωση στὴν περιεκτικότητα  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  καὶ  $\text{Na}_2\text{O}$ , συνεπῶς καὶ τοῦ αλβίτη, ἀλλὰ αὐξηση τοῦ θεωρητικοῦ κουρουνδίου.

Οἱ ὑπ' ἀριθ. 9-15 χημικὲς ἀναλύσεις ἀναφέρονται σὲ δείγματα κερατοφυρικῶν πετρωμάτων ἐπίσης ἀπὸ τὴν Πάρνηθα, ποὺ ἐξέτασαν πετροχημικῶς οἱ Clement - Lapierre (1980). Τὰ πετρώματα αὐτὰ παρουσιάζουν περιεκτικότητες σὲ  $\text{K}_2\text{O}$  ἀνωμαλα χαμηλές, δηλ.  $\text{K}_2\text{O}[0,4-0,7\%]$  ποὺ δὲν παρατηροῦνται στὶς χημικὲς ἀναλύσεις ἀριθμ. 1-9. Τὸ πιθανότερο εἶναι ὅτι τὰ δείγματα αὐτὰ προέρχονται ἀπὸ πολὺ ἀλλοιωμένα τμήματα τοῦ πετρώματος. Ἐπίσης παρατηρήθηκε μείωση τοῦ  $\text{SiO}_2$  καὶ  $\text{MgO}$  στὰ ἀλλοιωμένα δείγματα, ὅπως εἶχε ἤδη ἀναφέρει ὁ Ἀρώνης. Τὸ ὅτι ὅλα τὰ ἐξετασθέντα δείγματα περιέχουν θεωρητικὸ κορούνδιο, ὅπως ἄλλωστε καὶ τὰ δείγματα ποὺ ἐξέτασε ὁ Ἀρώνης (1972) δὲν ὀφείλεται μόνο στὴν ἀπόπλυση τῶν ἀλκαλίων καὶ ἀσβεστίου, ὥστε νὰ ἰσχύει  $\text{Al}_2\text{O}_3 \gg \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}$ , ἀλλὰ καὶ στὸν ἔντονο διαφορισμὸ τοῦ μάγματος, ἀπὸ τὸ ὁποῖο προέρχονται πετρώματα φτωχὰ σὲ Ca καὶ γενικότερα τὰ ὑπεραργιλικὰ πετρώματα (Κισκύρας 1983). Ἡ ἄποψη αὐτὴ ἐνισχύεται καὶ ἀπὸ τὴν παρατήρηση ὅτι ὑπεραργιλικὸ πέτρωμα εἶναι καὶ τὸ τυπικὸ δεῖγμα χαλαζιακοῦ κερατοφύρη ἀπὸ τὸ Oregon τῆς Ἀμερικῆς, ποὺ ἀναφέρει ὡς χαρακτηριστικὸ παράδειγμα ὁ Mercier (1968/1973, σ. 671, ἀρ. 3) βλ. ἐπίσης Πίν. Α καὶ Γ ἀρ. 16.

Ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὸν Πίνακα Α τῶν χημικῶν ἀναλύσεων κερατοφυρικῶν πετρωμάτων ἡλικίας ἄνω περμικῆς - κάτω τριαδικῆς, τὰ πετρώματα αὐτὰ εἶναι φτωχὰ σὲ σιδηρομαγνησιοῦχα ὀρυκτά, ἀλλὰ σχετικῶς πλούσια σὲ ἀλκάλια καὶ ἰδιαίτερα σὲ νάτριο. Ἐπίσης τὰ ὄξινα αὐτὰ πετρώματα παρουσιάζουν μειωμένη περιεκτικότητα σὲ  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , παρ' ὅλον ὅτι συνήθως ἰσχύει  $\text{Al}_2\text{O}_3 \gg \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ .

Ἀπὸ τὸν Πίνακα Γ καὶ τὸ διάγραμμα 1 φαίνεται ὅτι ἀπὸ τὰ 15 δείγματα κερατοφυρικῶν πετρωμάτων τὰ 14 εἶναι ὑπεραργιλικὰ, ὅπως δείχνει ἡ ἐμφάνιση τῆς μαγματικῆς παραμέτρου  $a'$  ἀντὶ τῆς  $c'$ . Ἡ παράμετρος αὐτὴ ἀναγνωρίζεται στὸ διάγραμμα 1 ἀπὸ τὴ στροφή τῶν ἀνυσμάτων στὸ A S B τμήμα του πρὸς τὰ ἀριστερά, ποὺ ὑποδηλοῖ τὴν παρουσία καλιοαργιλοῦχων πυριτικῶν ὀρυκτῶν τῆς ὁμάδας μαρμαρυγία, π.χ. σερικίτη. Ἐξάιρεση ἀποτελεῖ μόνο τὸ δεῖγμα ἀρ. 4, ποὺ προέρχεται ἀπὸ τὸ Ἱερὸν τῆς Ἐπιδαύρου καὶ παρουσιάζει τὴ μικρότερη περιεκτικὴτητα σὲ κάλιο, δηλ. τὴ μικρότερη περιεκτικὴτητα σὲ σερικίτη ἀπ' ὅ,τι ἔχουν ὅλα τὰ ἄλλα.

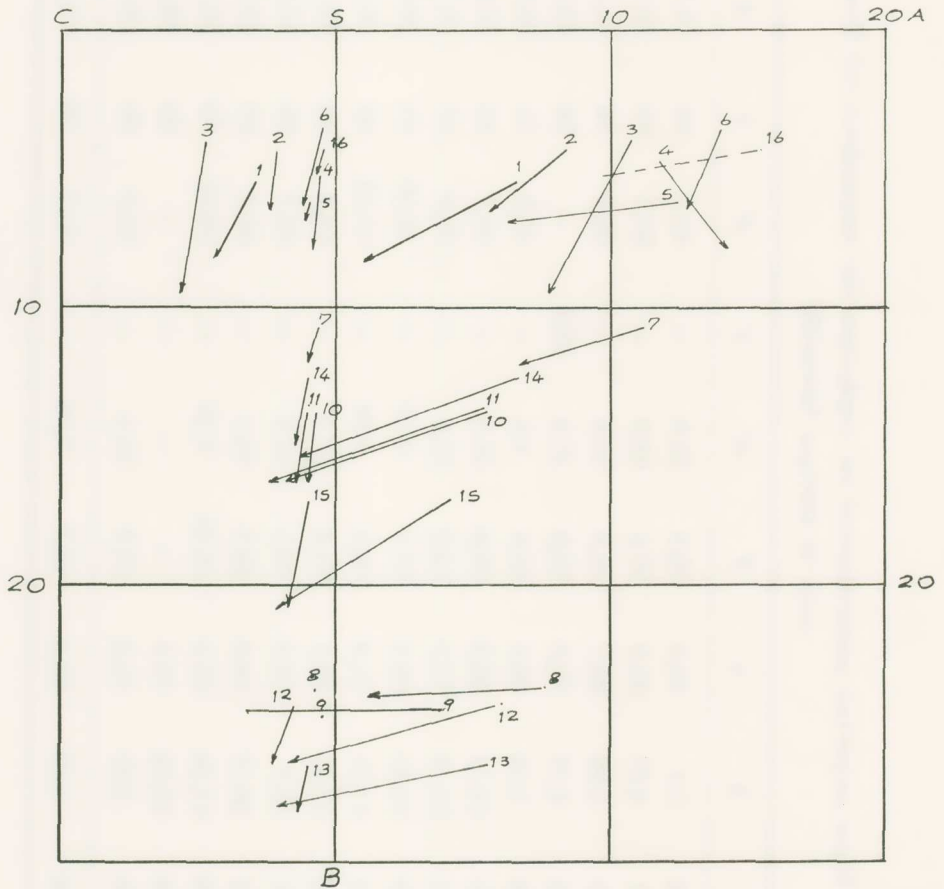
Ἀπὸ πετροχημικὴ ἄποψη τὰ κερατοφυρικὰ αὐτὰ πετρώματα δείχνουν ὁμοιότητα πρὸς τὰ ὑπεραργιλικὰ ἠφαιστειακὰ πετρώματα τοῦ Νεογενοῦς - Τεταρτογενοῦς στὴν περιοχὴ τοῦ Αἰγαίου, δηλ. τοὺς ἀλκαλικοὺς ρυόλιθους. Καὶ στὶς δύο αὐτὲς κατηγο-



ΠΙΝ. Γ'. Κύρια μαγματικά χαρακτηριστικά και παράμετροι τών πετρωμάτων του Πίνακα Α'  
κατά τὸ σύστημα Sawarizki

	a	c	b	s	f'	m'	c'	a'	n	q	Προέλευση
1.	6,54	3,02	5,5	84,9	32,2	22,8	—	45,0	62	53,7	Ἐπίδαυρος
2.	8,28	2,11	4,17	85,5	57,4	18,9	—	23,7	93	52,3	»
3.	10,66	4,79	3,88	80,7	31,3	43,8	—	24,9	94	35,2	»
4.	11,60	0,63	6,19	84,0	53,8	27,2	19,0	—	96	43,9	»
5.	12,50	0,98	2,96	80,4	45,6	4,5	—	49,9	75	34,8	Ἰῦδρα
6.	13,79	0,55	10,75	82,6	68,0	21,9	—	10,1	85	37,0	»
7.	11,16	0,74	23,19	77,3	52,2	12,0	—	35,8	57	31,5	Πάργηθα
8.	7,80	0,60	24,65	68,4	47,0	0,73	—	52,26	15	20,6	»
9.	3,31	0,42	13,71	71,6	46,4	0,08	—	53,52	40	36,2	»
10.	5,42	0,80	13,45	80,1	15,6	20,2	—	64,2	85	48,5	»
11.	5,64	0,97	23,7	79,9	16,1	21,2	—	62,7	85	47,6	»
12.	6,11	1,53	26,37	68,8	24,9	14,3	—	60,8	67	23,6	»
13.	5,48	0,98	11,26	67,2	31,24	9,33	—	59,63	79	22,5	»
14.	6,64	0,98	16,82	81,4	—	—	—	—	85	48,2	»
15.	4,13	0,99	3,67	81,2	17,9	28,3	—	53,8	85	50,0	»
16.	14,50	0,46	3,67	81,4	46,3	7,98	—	45,7	92	33,3	Oregon

ρίες πετρωμάτων παρατηρείται αύξημένη περιεκτικότητα σε  $\text{SiO}_2$  και αλκάλια και μειωμένη σε σιδηρομαγνησιούχα όρυκτά, ώστε  $\text{Mg}(\text{Fe}$  και  $\text{FeO}(\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Τοῦτο ὁδηγεῖ στὴ σκέψη, μήπως οἱ κερατοφύρες ἔχουν προέλθει, ὅπως οἱ ὑπεραργιλικὸι ἠφαιστίτες τοῦ Νεογενοῦς - Τεταρτογενοῦς, ἀπὸ μάγμα πὸ καὶ αὐτὸ εἶχε ὑποστῆ ἔντονο διαφορισμό. Ἡ μόνη διαφορὰ μεταξὺ τῶν ὑπεραργιλικῶν ἠφαιστικῶν τοῦ Νεο-



Εἰκ. 1. Πετροχημικὸ διάγραμμα, μετὰ τὸ σύστημα Sawarizki, τῶν κερατοφυρικῶν πετρωμάτων τοῦ Πίν. Α.

γενοῦς - Τεταρτογενοῦς καὶ τῶν κερατοφυρικῶν πετρωμάτων τοῦ ἄνω Περιμίου - κάτω Τριαδικοῦ εἶναι ὅτι στὰ δευτέρω πετρώματα ὑπερτερεῖ τὸ  $\text{Na}$  ἔναντι τοῦ  $\text{K}$ . Αὐτὸ μπορεῖ νὰ ἐξηγηθεῖ στὴν περίπτωση, πὸ δεχθοῦμε ὅτι τὰ κερατοφυρικά πετρώματα συνδέονται μετὰ ὑποθαλάσσιες ἐκρήξεις. Ἐκεῖ τὰ θερμὰ ἠφαιστειακὰ ὑλικά μπορεῖ νὰ προσροφήσουν νάτριο ἀπὸ τὴ θάλασσα καὶ νὰ τὸ ἐνσωματώσουν στὰ ὄρυ-



κτά τους, με αποτέλεσμα αντί του ορθοκλάστου να σχηματίζεται αλβίτης. Μια άλλη, πρόσθετη, εξήγηση είναι ότι κατά την αποσάθρωση των κερατοφυρικών πετρωμάτων, που είναι περισσότερο έντονη απ' ό,τι στα πολύ νέα ήφαιστειακά πετρώματα του Αιγαίου, απομακρύνεται ένα μεγάλο ποσοστό του καλίου. Τοῦτο, ὅπως εἶναι γνωστό, οφείλεται στη μεγαλύτερη ακτίνα ιόντος που έχει τὸ κάλιο ( $r=1,38\text{\AA}$ ) σὲ σύγκριση με τὸ νάτριο ( $r=0,98\text{\AA}$ ).

Ἔτσι, ὁ μεγάλος χρόνος, που μεσολάβησε ἀπὸ τὸ σχηματισμὸ τῶν κερατοφυρικών πετρωμάτων μέχρι σήμερα, συνέτεινε στὸ νὰ διαλυθεῖ μεγαλύτερο ποσοστὸ καλίου ἀπ' ὅ,τι νατρίου. Κατὰ τὴν αποσάθρωση τῶν κερατοφυρικών πετρωμάτων σημαντικὴ θὰ ἦταν καὶ ἡ ἀπομάκρυνση τοῦ νατρίου, ὅπως συμπεραίνεται ἀπὸ τὴ μικρὴ περιεκτικότητά τῶν πετρωμάτων αὐτῶν σὲ ἀλκάλια ἰδίως τῶν ἀποσαθρωμένων δειγμάτων (βλ. Πίν. Γ) σὲ σύγκριση με αὐτὴ τῶν υπεραργιλικῶν ἡφαιστιτῶν τοῦ Νεογενοῦς - Τεταρτογενοῦς.

Ἐπειτα ἀπ' αὐτὰ μπορούμε νὰ θεωρήσουμε τὰ κερατοφυρικά πετρώματα, που παρουσιάστηκαν τὴν περίοδο μεταξύ ἄνω Περιμίου καὶ κάτω Τριαδικοῦ ὡς προϊόντα μάγματος, τὸ ὁποῖο εἶχε ὑποστῆ ἔντονο διαφορισμὸ καὶ ὅτι ἐδῶ πρόκειται γιὰ τὶς τελευταῖες ἐκρήξεις μαγματικοῦ ὕλικου, που συνδέονται με παλαιότερο μαγματο-τεκτονικὸ στάδιο καὶ μάλιστα με ἡφαιστειακὴ φάση, ἡ ὁποία εἶχε ἀρχίσει νὰ δρᾷ κατὰ τὸ Πέρμιο. Συνεπῶς ἐδῶ θὰ πρόκειται γιὰ τὴν τελευταία ἡφαιστειακὴ φάση τοῦ ἔρκυνίου μαγματισμοῦ.

Σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὸ εἶδος τοῦ μάγματος, που τροφοδότησε τὴν Ἐρκύνια αὐτὴ ἡφαιστειότητα, θὰ μπορούσαμε νὰ ποῦμε, με βάση τὴν ἀπὸ πετροχημικὴ ἀποψη ὁμοιότητα τῶν κερατοφυρικών πετρωμάτων τοῦ Περιμίου - κάτω Τριαδικοῦ πρὸς τοὺς υπεραργιλικούς ρυόλιθους τοῦ Νεογενοῦς - Τεταρτογενοῦς, ὅτι καὶ στὶς δυὸ περιπτώσεις πρόκειται γιὰ ὅμοιο περίπου μάγμα. Γιὰ τὴ δεῦτερη περίπτωση εἶναι γνωστὸ (Κισκύρας, Παπαγιαννοπούλου-Οἰκονόμου 1983, σ. 270), ὅτι τὸ ἀρχικὸ μάγμα ἦταν βασάλτης, που ἀργότερα ἀφομοίωσε ὕλικα ἀπὸ πετρώματα γεωσυγκλίμου καὶ ὑπέστη διαφορισμὸ, ὥστε τὰ βασικά ὕλικά του νὰ ἀντιστοιχοῦν στὰ ὄξινα τοῦ βασάλτη.

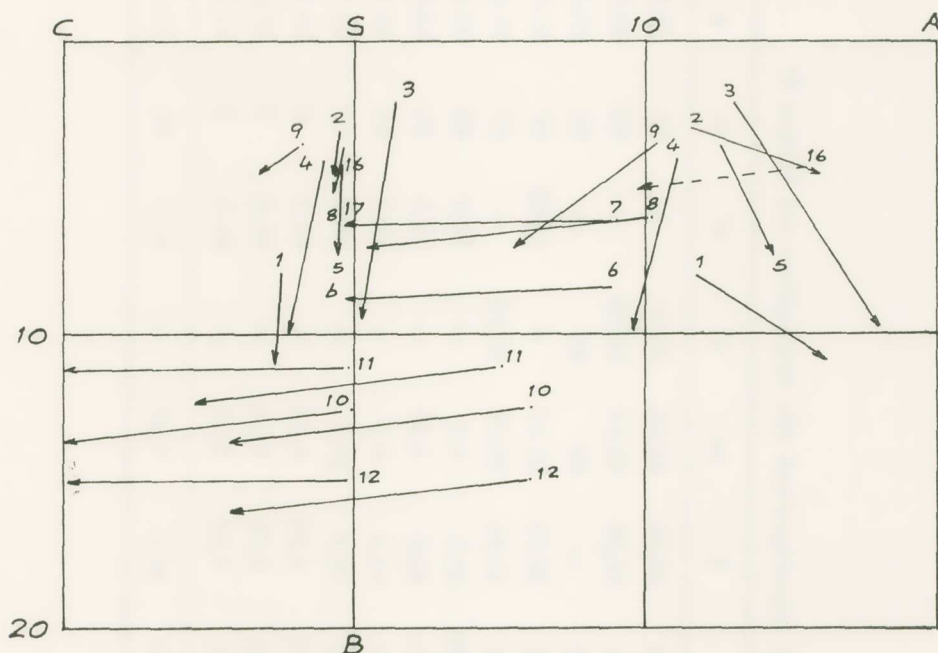
Οἱ Clement - Lapierre (1980, σ. 275), ἐνῶ γιὰ τὶς βασικὲς ἄνω περμικὲς λάβες τῆς Πάρνηθας ἀναφέρουν ὅτι προέρχονται ἀπὸ θολεΐτικὸ μάγμα με ὀλιβίνη, γιὰ τὶς ὄξινες, δηλ. τὰ κερατοφυρικά πετρώματα, σημειώνουν ἀπλῶς ὅτι δὲν προέρχονται ἀπὸ ὅμοιο μάγμα χωρὶς νὰ δίνουν ὅμως πληροφορίες γιὰ τὸ μητρικὸ τους μάγμα ἢ τὴν προέλευσή τους. Στὴ Γιουγκοσλαβία παρατηρήθηκε (Pamic 1974) μιὰ βαθμιαία μετάβαση ἀπὸ βασάλτες πρὸς κερατοφύρες στὴ διεύθυνση ΒΑ (Ἐσωτερικὲς Διναρίδες) πρὸς ΝΔ (Ἐξωτερικὲς Διναρίδες) που ἀποδόθηκε σὲ διαφορισμὸ μάγματος με

κλασματική κρυστάλλωση. 'Ο Flick (1978) θεωρεί τούς άνω παλαιοζωικούς (μέσο Δεβόνιο - κάτω Λιθανθρακοφόρο) κερατοφύρες και χαλαζιακούς κερατοφύρες τής περιοχής Lahn-Dill τής Γερμανίας ως άλκαλικούς τραχειίτες και άλκαλικούς ρυόλιθους αντίστοιχως, που έχουν ύποστει άνακρυστάλλωση και έλαφρά μετασωματική αλλοίωση. Αυτά ενισχύουν τò συμπέρασμα ότι τὰ κερατοφυρικά πετρώματα τής 'Αττικής, 'Επιδάφρου και 'Υδρας αντίστοιχούν από πετροχημική άποψη προς τούς άλκαλικούς ρυόλιθους τού Τεταρτογενούς στην 'Ελλάδα.

'Ο Korshinskij (1965 σ. 165) θεωρεί τούς κερατοφύρες, όπως και τούς σπιλίτες, ως προφυλιτωμένα έκρηξιγενή πετρώματα, που δικαιολογεί τήν παρουσία τών όρυκτων άλβίτη, έπίδοτου και χλωρίτη. "Έτσι όμως δέν εξηγείται ή μικρή περιεκτικότητα τών κερατοφυρικών πετρωμάτων σε φεμικά συστατικά, αλλά ή μετασωματική αλλοίωση, που έχουν ύποστει οί κερατοφύρες τής Πάρνηθας. Κερατοφυρικά πετρώματα (χαλαζιακοί κερατοφύρες και τόφφοι τους) παρουσιάζονται και στη Β. 'Ελλάδα, που βρέθηκαν από τόν Mercier (1968) στο Πάικον όρος (Νομός Πέλλης) π.χ. στο χωριό Κρώμνη. Έδω όμως πρόκειται για μιá σειρά πετρωμάτων από κερατοφύρες - σπιλίτες τού άνω 'Ιουρασιου. 'Ο Mercier (1968 σ. 677-679) που μελέτησε τὰ πετρώματα αυτά, τόσο από όρυκτολογική όσο και πετροχημική άποψη, εκφράζει δύο άπόψεις για τήν προέλευση τών πετρωμάτων αυτών. 'Η πρώτη είναι ότι τὰ πετρώματα αυτά μπορεί νά έχουν προέλθει από διαφορισμό ενός θολειτικού μάγματος με έμπλουτισμό σε  $\text{Na}_2\text{O}$  και ή δεύτερη ότι προέρχονται από δυό μάγματα, οί σπιλίτες από θολειτικό και οί κερατοφύρες από καλιούχο ρυολιθικό· επίσης ότι ή ύψηλή τους περιεκτικότητα σε  $\text{Na}_2\text{O}$  οφείλεται στο  $\text{NaCl}$  τής θάλασσας, όπου εκχύθηκαν τὰ πετρώματα αυτά. Οί Δάβη et al., που μελέτησαν τούς σπιλίτες και κερατοφύρες τού Πάικου από όρυκτολογική και γεωχημική άποψη, τοποθετούν τούς κερατοφύρες στους ρουδακίτες και τούς σπιλίτες στους θολειτικούς βασάλτες με χαρκτηères νησιωτικού τόξου.

Στή μελέτη αυτή εξετάζονται από τὰ ήφαιστειακά πετρώματα τού Πάικου μόνο οί κερατοφύρες. 'Από τήν πετροχημική μελέτη 13 χημικών αναλύσεων τού Πίν. Β κατά τò σύστημα Sawarizki προκύπτουν τὰ εξής συμπεράσματα, που δίνονται γραφικώς στο διάγραμμα 2, τò όποιο έγινε με βάση τόν πίνακα Δ. 'Από τὰ αντίστοιχα 12 δείγματα τὰ 11 είναι υπερόξινα και μάλιστα πλουσιότερα σε έλεύθερο  $\text{SiO}_2$  από τò τυπικό δείγμα κερατοφύρη τού Oregon τής 'Αμερικής (τò ύπ' αριθμ. 16 τών Πινάκων Β και Δ). 'Ένα, τò ύπ' αριθμ. 3, είναι υπεραλκαλικό με άλκαλικούς άστρίους χωρίς μόριο άνορθίτη, όπως δείχνει τò μαγματικό στοιχείο  $\bar{c}$ , που παρουσιάζεται έδω άντι τού c (Κισκύρας 1989). Τò πέτρωμα αυτό, όπως και 8 άλλα, με τούς αριθμούς 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 και 12, τὰ όποια χαρακτηρίζονται ως υπεραργιλικά,

προέρχονται από μάγμα, που είχε υποστεί έντονο διαφορισμό. Από τις μικρές τιμές του μαγματικού στοιχείου  $a$  (βλ. Πίν. Δ) προκύπτει ότι τα πετρώματα αυτά, παρότι είναι υπερόξινα, παρουσιάζουν μικρή περιεκτικότητα σε αλκάλια, που οφείλεται σε απόπλυση των στοιχείων αυτών κατά την απόσάθρωση των πετρωμάτων.



Είχ. 2. Πετροχημικό διάγραμμα με το σύστημα Sawarizki, των κερατοφυρικών πετρωμάτων του Πίν. Β.

Η αύξημένη περιεκτικότητα μερικών δειγμάτων σε κάλιο, ώστε  $K_2O > Na_2O$ , πρέπει να αποδοθεί σε μετασωματικό εμπλουτισμό του πετρώματος, ιδιαίτερα στα τμήματα που ήταν κοντά στην επιφάνεια. Από τις μεγάλες τιμές της παραμέτρου  $a'$ , που στο διάγραμμα Σχ. 1 αναγνωρίζονται από τα μεγάλα ανύσματα με στροφή προς τα αριστερά, πρέπει να υποθέσουμε ότι το  $K_2O$  δεσμεύθηκε με το  $SiO_2$  για να σχηματίσει κατά προτίμηση ένυδρα άργιλοπυριτικά όρυκτα, όπως π.χ. σερικίτη. Έδω θα πρέπει να προστεθεί ότι, όπως φαίνεται στον Πίν. 2 για τα ιχνοστοιχεία των κερατοφυρικών πετρωμάτων της περιοχής Πάικου (Δάβη et al. 1988) τα πετρώματα αυτά έχουν εμπλουτισθεί παράλληλα με το κάλιο σε ρουβίδιο και βάριο. Στην περίπτωση αυτή πρόκειται για στοιχεία με μεγάλη ακτίνα ιόντος ( $r=1,49 \text{ \AA}$ ) για το Rb (ρουβίδιο) και ( $r=1,43 \text{ \AA}$ ) για το Ba (βάριο) που κατά προτίμηση παρουσιάζονται σε πετρώματα τελευταίας ήφαιστειότητας. Δυστυχώς στον Πίνακα αυτό δεν περι-



ΠΙΝ. Δ'. Μαγματικά χαρακτηριστικά τών πετρωμάτων του Πίνακα Β'

	a	c	b	s	f'	m'	c'	a'	n	q	Προέλευση
1.	11,74	2,49	7,90	77,9	23,96	42,14	33,9	—	91	29,8	Πάτον
2.	11,76	0,27	2,84	85,1	54,34	11,13	34,52	—	92	46,4	»
3.	12,85	0,32	2,15	83,7	—	60	40	—	81	40,3	»
4.	10,96	0,81	4,05	84,2	36,74	51,43	—	11,82	91	45,6	»
5.	12,42	0,52	3,65	83,4	55,04	29,91	15,04	—	97	41,45	»
6.	9,15	0,49	8,38	82,28	26,5	1,5	—	72,0	88	46,1	»
7.	9,0	0,11	5,95	85,8	22,6	2,10	—	75,3	95	52,6	»
8.	10,51	0,03	5,82	83,6	12,4	8,7	—	78,9	86	46,2	»
9.	10,36	1,72	2,98	84,9	32,9	28,2	—	38,9	42	42,7	»
10.	6,13	0,01	12,28	81,6	6,26	9,25	—	84,5	6	51,0	»
11.	4,93	0,03	11,2	83,8	6,15	9,25	—	84,6	0	57,8	»
12.	6,13	—	14,8	79,1	9,33	5,59	—	85,1	2	45,9	»
16.	14,5	0,46	3,67	81,4	46,3	7,98	—	45,7	92	33,3	Oregon

λαμβάνεται τὸ στοιχείον κάσιον (Cs), πού βρίσκεται στήν ἴδια σειρά τοῦ Πίνακα Mendelejew μέ τὸ κάλιο καί ρουβίδιο καί τὸ ὁποῖο, λόγω τῆς μεγάλης ἀκτίνας ἰόντος ( $r=1,65 \text{ \AA}$ ) καί τοῦ μικροῦ ἰοντικοῦ δυναμικοῦ του, μπορεῖ νά ὑπάρχει στους ἀλκαλικούς ρυόλιθους τῆς χώρας μας (Κισκύρας 1967 σ. 306). Σέ ὅ,τι ἀφορᾷ τὰ πλούσια δείγματα σέ νάτριο, ἰσχύει ὅ,τι εἰπώθηκε γιά τὸ ὑπεραλκαλικό δείγμα τοῦ Πίνακα Β (ἀρ. 3), βλ. Κισκύρας (1989), δηλ. ὅτι ἡ μεγάλη περιεκτικότητά του σέ  $\text{Na}_2\text{O}$  ὀφείλεται σέ προσρόφηση νατρίου ἀπὸ τὸ νερό τῆς θάλασσας, μέσα στήν ὁποία ἐκχύθηκαν ὑπὸ μορφή λάβας ἢ τόφφων, ὅπως ἀναφέρθηκε καί στήν περίπτωση τῶν κερατοφυρικῶν πετρωμάτων τῆς Πάρνηθας.

### Γ. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Ὅπως ἀναφέρθηκε, τὰ κερατοφυρικά πετρώματα τῆς Πάρνηθας, τὰ ὁποῖα θεωροῦνται ὡς ἄνω περμικὰ, σχετίζονται μέ τὴν τελευταία φάση ἠφαιστειότητος τοῦ Ἑρκυνίου κύκλου, πού ἔδωσε πετρώματα, προερχόμενα ἀπὸ μάγμα, τὸ ὁποῖο εἶχε ὑποστῆ ἔντονο διαφορισμό. Ἐπειδὴ ὅμως ἀκριβῶς παρόμοια ἀπὸ πετροχημική ἀποψη πετρώματα βρέθηκαν μέσα σέ στρώματα τοῦ κάτω Τριαδικοῦ στήν Ὑδρα, ὅπου ἀναφέρεται (Römermann 1963 σ. 163) συνιζηματογένεση χαλαζιακοῦ κερατοφυρικοῦ τόφφου μέ ἀσβεστόλιθους τοῦ ἄνω Ἀνισίου, θά πρέπει νά δεχθοῦμε ὅτι καί αὐτὰ τὰ ἠφαιστειακὰ πετρώματα ἀνήκουν στὸ τελευταῖο στάδιο ἠφαιστειότητος τοῦ Ἑρκυνίου μαγματο-τεκτονικοῦ κύκλου, ἀλλὰ σέ κάπως νεώτερη φάση καί ὄχι σέ ἠφαιστειότητα τοῦ νέου, Ἀλπικοῦ, κύκλου. Τὸ γεγονός ὅτι ἠφαιστειακὰ πετρώματα, πού ἔχουν προκύψει ἀπὸ ἔντονο διαφορισμὸ μάγματος, παρουσιάζονται στὰ πρῶτα στρώματα ἑνὸς νέου μαγματο-τεκτονικοῦ κύκλου, τοῦ Ἀλπικοῦ, σημαίνει ὅτι αὐτὰ πρέπει νά θεωρηθοῦν ὡς κατάλοιπα τοῦ προηγούμενου κύκλου. Ὁ νέος μαγματο-τεκτονικός κύκλος ἀρχίζει μέ βασικά ἕως ὑπερβασικά μάγματα καί λάβες, ἀπὸ τὸ διαφορισμὸ τῶν ὁποίων θά προκύψουν ἀργότερα ὕξινα πετρώματα.

Ἔτσι ὅμως θά πρέπει νά ὑποθέσουμε ὅτι στήν Ἑλλάδα ἢ Ἑρκύνια ἠφαιστειότητα δὲν σταμάτησε πλήρως στὸ ἄνω Πέρμιο, δηλ. στὸ τέρμα τοῦ Παλαιοζωϊκοῦ αἰώνα, ἀλλὰ ὅτι ἐξακολούθησε γιά λίγο διάστημα καί στήν ἀρχὴ τοῦ Μεσοζωϊκοῦ αἰώνα. Ἡ παρατήρηση ἐξᾴλλου (Bannert - Bender 1968 σ. 157) ὅτι κερατοφύρες καί κερατοφυρικοί τόφφοι ἐντοπίστηκαν στὸν πυρήνα ἀντικλίνων κάτω τριαδικῶν στρωμάτων, πού σημαίνει συμπτώχωση τῶν πετρωμάτων αὐτῶν, δείχνει ὅτι οἱ κερατοφυρικοί αὐτοὶ τόφφοι ἀποτέθηκαν σέ γεωσύγκλινο, τὸ ὁποῖο κανονικά θεωρεῖται Ἀλπικό. Ἀλλὰ καί στὴ Γιουγκοσλαβία παρουσιάζονται περμικὰ πετρώματα, πού μεταπίπτουν ἐν συμφωνία σέ στρώματα τοῦ κάτω Τριαδικοῦ. Γιά τὴν ἐξήγηση τοῦ

φαινομένου αυτού ο Pamie (1974 σ. 163) διετύπωσε την άποψη, ότι πιθανώς ο 'Αλπικός κύκλος στη Γιουγκοσλαβία αρχίζει στο άνωτατο Πέρμιο. Σύμφωνα όμως με τα προηγούμενα στην Ελλάδα συμβαίνει το αντίθετο, δηλ. ο 'Ερκύνιος κύκλος επεκτείνεται και στο κατώτερο Τριαδικό και ότι τα κερατοφυρικά πετρώματα, που παρουσιάζονται στην περίοδο αυτή, αποτελούν τη φυσική συνέχεια των κερατοφυρικών εκρήξεων του Περμίου. Η άποψη αυτή ενισχύεται και από την παρατήρηση (Kiskyras 1983) ότι οι υπεραργιλικόι ρυόλιθοι του Τεταρτογενούς στο Αίγαίο, με τους όποιους μοιάζουν από πετροχημική άποψη οι κερατοφύρες, συνδέονται με το τελευταίο στάδιο επακλόουθης ήφαιστειότητας.

Αντίθετα, τα κερατοφυρικά πετρώματα Πάικου είναι νεότερα (άνω Ιουρασικά) και συνδέονται με ήφαιστειότητα, που ανήκει σε άλλο μαγματο-τεκτονικό κύκλο, τον 'Αλπικό, στον οποίο ο μαγματισμός είχε αρχίσει ήδη από το Τριαδικό με όφιολιθικές εκρήξεις (γεωσυγκλινές στάδιο).

Από την άποψη αυτή οι άνω Ιουρασικοί κερατοφύρες του Πάικου αντιστοιχούν, μπορούμε να πούμε, προς τους μεσοτριαδικούς κερατοφύρες της Γιουγκοσλαβίας, που συνδέονται με ήφαιστειακή φάση του ίδιου μαγματικού σταδίου. Η διαφορά ηλικίας μεταξύ των δύο φάσεων ήφαιστειότητας, δηλ. της μέσο-τριαδικής στη Γιουγκοσλαβία και της άνω-Ιουρασικής στην Ελλάδα, μπορεί να αποδοθεί στην καθυστέρηση, που παρουσίασε ο μαγματισμός και ή ήφαιστειότητα για να εκδηλωθούν στην Ελλάδα σε σύγκριση με τη Γιουγκοσλαβία (Κισκύρας 1985).

#### Δ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Από την πετροχημική ανάλυση κερατοφυρικών πετρωμάτων της 'Αττικής, 'Επιδάουρου και 'Υδρας προκύπτει ότι τα πετρώματα αυτά από γενετική άποψη μοιάζουν προς τα υπεραργιλικά ήφαιστειακά πετρώματα του Τεταρτογενούς στην Ελλάδα. Τοῦτο σημαίνει ότι και τα κερατοφυρικά πετρώματα συνδέονται με κάποια αντίστοιχη φάση ήφαιστειότητας, παλαιότερου όμως μαγματο-τεκτονικού σταδίου. Το γεγονός ότι στην 'Αττική τα κερατοφυρικά πετρώματα καλύπτονται από στρώματα του Περμίου επιτρέπει να πούμε ότι αυτά συνδέονται με την τελευταία ήφαιστειακή φάση του 'Ερκύνιου όρογενετικού κύκλου, δηλ. του παλαιοζωϊκού αιώνα.

2. Η διαπίστωση ότι στην 'Υδρα οι κερατοφυρικοί τόφοι έχουν αποτεθεί συγχρόνως με κάτω τριαδικούς άσβεστόλιθους στην ίδια λεκάνη, έξηγεϊται εύκολα, αν υποθέσουμε ότι ή 'Ερκύνια ήφαιστειότητα, που έδωσε τους άνω περμικούς κερατοφύρες της 'Αττικής, δέν σταμάτησε στο Πέρμιο, αλλά προχώρησε και στις αρχές του Μεσοζωϊκού αιώνα.



3. Ἡ ἀνεύρεση στὴν Ἀργολίδα κερατοφυρικῶν πετρωμάτων, τὰ ὁποῖα ἔχουν συμπτωθῶθεϊ μὲ κάτω τριαδικούς ἀσβεστόλιθους, μπορεῖ νὰ ἐξηγηθῆϊ, ἂν δεχθοῦμε ὅτι στὴν Ἑλλάδα ὁ Ἐρκύνιος ὀρογενετικός κύκλος ἐπεκτάθηκε καὶ στὸ κάτω Τριαδικὸ καὶ ὄχι ὅτι ὁ Ἀλπικός κύκλος ἄρχισε στὸ ἄνω Πέριμο. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ὁ Μεσοζωϊκὸς αἰῶνας ἄρχισε στὴν Ἑλλάδα ἀργότερα ἀπ' ὅ,τι στὴ Β. Εὐρώπη. Ἡ καθυστέρηση αὐτὴ στὴ γεωλογικὴ ἐξέλιξη τῆς χώρας μας δείχνει ὅτι ἡ Ἑλλάδα εἶναι πιὸ νέα ἀπὸ τὶς ἄλλες περιοχὲς τῆς Ἀνατολικῆς Εὐρώπης.

4. Οἱ ἄνω Ἰουρασικοὶ κερατοφύρες τοῦ Πάικου ἀπὸ πετροχημικὴ ἀποψη ἀντιστοιχοῦν καὶ αὐτοὶ πρὸς τὰ ὑπεραργιλικὰ ἠφαιστειακὰ πετρώματα τοῦ Αἰγαίου, δηλ. πρὸς τοὺς ἀλκαλικούς ρυόλιθους τοῦ Τεταρτογενοῦς, ἀλλὰ δὲν συνδέονται μὲ φάση ἐπακόλουθης ἠφαιστεϊότητος, ὅπως τὰ κερατοφυρικά πετρώματα τῆς Ἀττικῆς, Ἐπιδαύρου καὶ Ἰδρας. Ἀπὸ μαγματοτεκτονικὴ ἀποψη οἱ ἄνω-Ἰουρασικοὶ κερατοφύρες τοῦ Πάικου ἀντιστοιχοῦν πρὸς τοὺς μέσο-τριαδικούς κερατοφύρες τῆς Γιουγκοσλαβίας. Καὶ στὶς δύο αὐτὲς περιπτώσεις πρόκειται γιὰ πετρώματα, τὰ ὁποῖα συνδέονται μὲ ἠφαιστειακὲς φάσεις τοῦ ἀρχικοῦ μαγματικοῦ σταδίου, πού ἀνήκει στὸν Ἀλπικὸ ὀρογενετικὸ κύκλο. Ἡ διαφορὰ ἡλικίας μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν ἠφαιστειακῶν φάσεων, τῆς μεσο-τριαδικῆς στὴ Γιουγκοσλαβία καὶ τῆς ἄνω-Ἰουρασικῆς στὴν Ἑλλάδα, ὀφείλεται στὸ ὅτι ἡ μεσοζωϊκὴ ἠφαιστεϊότητα καθυστέρησε νὰ ἐκδηλωθῆϊ στὴν Ἑλλάδα σὲ σύγκριση μὲ τὴ Γιουγκοσλαβία.

5. Ἀπὸ τὴν πετροχημικὴ ἐξέταση τῶν γνωστῶν χημικῶν ἀναλύσεων, πού ἀναφέρονται στοὺς κερατοφύρες τῆς Πάρνηθας καὶ Πάικου, προκύπτει ὅτι μερικὰ δείγματα πετρωμάτων ἔχουν ἐμπλουτισθῆϊ σὲ κάλιο ὥστε  $K_2O \cdot Na_2O$ . Τοῦτο πρέπει νὰ ἀποδοθῆϊ σὲ μετασωματικὴ ἀλλοίωση, πού ἔχουν ὑποστῆϊ τὰ πετρώματα καὶ ἰδιαίτερα ἐκεῖνα τὰ τμήματα, τὰ ὁποῖα βρίσκονται κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια. Στὰ δείγματα αὐτὰ τὸ  $K_2O$  δεσμεύθηκε μὲ τὸ πυρίτιο γιὰ νὰ σχηματισθοῦν κατὰ προτίμηση ἔνυδρα ἀργίλοπυριτικά ὀρυκτά, ὅπως σερίκίτης.

## SUMMARY

**The problem of the Keratophyric rocks in Greece and their particular geological significance.**

1. Keratophyric rocks in Greece are connected with two periods of volcanism, the first during the Upper Permian-Lower Triassic and the second during the Upper Jurassic. According to petrochemical study of rocks, sampled in Attica, Epidaurus and the island of Hydra, keratophyric rocks (keratophyres, quartz-keratophyres and keratophyric tuffs) seem to be similar from the genetic point of view to the peraluminous rocks of the Quaternary volcanism in the Greek area.

Therefore, it is supposed, these keratophyric rocks to be derived from a strong differentiated magma, which means, these rocks may be connected with the late eruptive phase of a magmatic-tectonic cycle. On the other hand, taking into consideration that the keratophyric rocks in Attica are covered with Upper Permian limestones, one comes to the conclusion that these rocks may be regarded as products of the late Hercynian volcanism.

2. The fact that Lower Triassic limestones, occurred in the island of Hydra, have been deposited simultaneously with quartz-keratophyric tuff, let suppose that the Hercynian volcanism, responsible for the eruption of the keratophyric rocks in Attica, was of longer duration in Greece, than in North Europe. Thus, it did not stop completely into the Permian period, but it has continued for some time in the Lower Triassic period, i.e. at the very first period of the Mesozoic Era.

3. The finding of keratophyric rocks in Epidaurus, co-folded with overlain Lower Triassic limestones, may be explained rather by supposing that in the Greek area the Hercynian cycle was prolonged to the Lower Triassic than that the Alpine cycle began at the Upper Permian. That means, the Mesozoic Era began in Greece later than in North Europe, so that it is younger than the other areas of East Europe.

4. The keratophyres of Paikon (Macedonia), erupted contemporaneously with spilites during the Upper Jurassic, have been proved to be also peraluminous rocks. But they are not connected with a late phase of the subsequent volcanism, as it is done in the case of the Upper Permian-Lower

Triassic keratophyres. From the magmatic tectonic point of view the Macedonian Upper Jurassic keratophyres do correspond to the Yugoslavian Middle-Triassic keratophyres. Both are connected with an eruptive phase of the initial magmatism's stage of the Alpine magmatic tectonic cycle, which however was manifested later in Greece than in Yugoslavia. That is, in agreement with the ascertainment that volcanism and sedimentation show a tardiness nearly from N to S along the Alpine Greek geosynclines.

5. On the basis of the known chemical analyses the Upper Jurassic keratophyres of Paikon may be regarded as metasomatish altered rocks, so that some of them show a high potassium-content ( $K_2O_2 > Na_2O$ ). In this case  $K_2O$  is bound with  $SiO_2$  to form rather aluminiferous minerals of the mica group, f.i. sericite, than other ones.

#### BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γ. Ἀρώνης, 'Ο χαλαζιακός κερατοφύρης τῆς Πάρνηθος ὡς μητρικὸν πέτρωμα τοῦ βωξίτου. Δελτ. Ἑλλ. Γεωλογικῆς Ἐταιρ. IX/2 p. 229-245 (1972).
2. D. Bannert und H. Bender, Zur Geologie der Argolis Halbinsel, *Geologica und Paleontologica* 2 p. 151-162, 1968.
3. H. Bender, Der Nachweis von unter Anis «Hydapp» auf der Insel Chios, *Ann. géol. Pays Hellén.* XIX (1968) p. 412-464, 1970.
4. H. Bender, Zur Gliederung der Mediterranen Trias II. Die Conodontenchronologie der Mediterranen Trias, *Ann. géol. Pays Hellén.* XIX (1968) p. 465-540, 1970.
5. Γ. Βορέαδης, 'Η λιγνιτοφόρος τριτογενὴς λεκάνη Μαλακάσας - Ὠρωποῦ, *Γεωλογικαὶ Μελέται* I.G.E.Y., II, σ. 141-180, 1952.
6. B. Clement, Observations sur le Trias du Patéras et du Parnès en Attique. *Bull. Soc. géol. France* Fash. 9, 1968.
7. B. Clement et H. Lapiere, Coulées volcaniques dans le paléozoïque supérieur des zones internes helléniques (Grèce continentale)-environnement sédimentaire et caractérisation pétrographique. *Tectonophysics*, 70 p. 261-283, 1980.
8. Ἑλ. Δάβη, J. Jung, Α. Τσαγκαλίδης, Α. Παυλόπουλος, Οἱ σπιλίτες-κερατοφύρες τοῦ Πάικου. Ὀρυκτὸς Πλοῦτος, 53 σ. 13-26, 1988.
9. Ἀθ. Δούνας, 'Η γεωλογία τῆς μεταξὺ Μεγάρων καὶ Ἐρυθρῶν περιοχῆς. Διδακτ. Διατριβή, Ἀθῆναι 1971.
10. H. Flick, Die chemischen Parameter der keratophyre und Quarzkeratophyre des Lahn-Dill Gebietes, *Z. dt. geol. Ges.* 129, p. 161-170, 1978.
11. Δημ. Κισκούρας, Ἐπὶ τῆς ὑποφαιστειακῆς ὑδροθερμικῆς μεταλλοφορίας εἰς τὴν Ἑλλάδα Πρακτ. Ἀκαδ. Ἀθηνῶν 41 (1966) σ. 295-309.



12. Dem. Kiskyras, The genesis of the eruptive peraluminous rocks in Greece and their volcanological significance, Prakt. Akad. Athinon 58, p. 603-631, 1983.
13. Δημ. Κισκύρας και Άθ. Παπαγιαννοπούλου - Οϊκονόμου, Μία συμβολή στη γνώση τής προέλευσης τών νεογενών-τεταρτογενών ήφαιστειακών πετρωμάτων του Έλληνικού χώρου. Πρακτ. Άκαδ. Άθηνών 59, σ. 255-274, 1984.
14. Δημ. Κισκύρας, Παρατηρήσεις επί τής εξέλικτικής πορείας τών Έλληνικών γεωσυγκλίσεων και ή από Β. προς Ν. καθυστέρηση κατά τήν άλπική όρογένεση. Πρακτ. Άκαδ. Άθηνών 60, σ. 646-673, 1985.
15. Δημ. Κισκύρας, Γεωλογική σημασία τής παρουσίας στήν Ελλάδα ήφαιστειακών πετρωμάτων, πλουσίων σέ άλκάλια και ύπερκορεσμένων σέ διοξειδίο πυριτίου. Πρακτ. Άκαδ. Άθηνών 64, σ. 210-236, 1989.
16. D. Korshinskij, Abriss der metasomatischen Prozesse, Akademie Verlag Berlin 1965.
17. Κ. Κτενᾶς, Σύγχρονος έκρηξις κερατοφυριού και περιδοτιτικού μάγματος, Ύφηγεία, Άθῆναι 1908.
18. Κ. Κτενᾶς, Έκθεσις περί τών κατά τά έτη 1928 και 1929 γενομένων γεωλογικών έρευνών, Πρακτ. Άκαδ. Άθηνών 5, σ. 92-107, 1930.
19. C. Kténas, Les formations éruptives de Parnès (Attique) C.R. somm. Soc. Géol. Franc. 9 p. 6, 1909.
20. C. Kténas, L'âge des formations volcaniques du mussif de Parnès (Attique) C.R. Somm. Soc. Géol. Franc., p. 60, 1924.
21. Γ. Μαριῖνος, Ι. Άναστασόπουλος, Γ. Μαράτος, Ν. Μελιδώνης, Β. Άνδρονόπουλος, Γεωλογικός Χάρτης τής Ελλάδος 1:50.000, Φύλλον Μῦλοι Ι.Γ.Ε.Υ., Άθῆναι 1957.
22. J. Mercier, Contribution à l'étude du métamorphisme et de l'évolution magmatique des zones internes Helléniques Ann. géol. Pays Hellén. XX (1968) p. 597-779, 1973.
23. Milch und C. Renz, Über griechische Quarzkeratophyre N. Jb. f. Min. Beil. B, Bd. XXXI, p. 496-534, 1911.
24. J. Parrić, Triassic Spilite-keratophyre association of the Dimarides and its position in Alpine magmatic-tectonic cycle, βλ. G. Amstutz, Spilites and Spilitic Rocks. Springer Verl. Berlin, p. 161-174, 1974.
25. C. Renz, Die vorneogene Stratigraphie Griechenlands, Ι.Γ.Ε.Υ., Άθῆναι 1954.
26. H. Romermann, Geologie von Hydra (Griechenland). Geologica and Palaeontologica 2, p. 163-171, 1968.
27. Β. Ρουμπάνης, Γεωλογικά έρευναί επί τής όροσειράς τής Πάρνηθος. Διδακτ. Διατριβή, Άθῆναι 1961.
28. Άθ. Τάταρης, Νεώτερα πορίσματα επί τής νήσου Σαλαμίνας και τής περιοχής Άττικής Δελτ. Έλλ. Γεωλ. Έταιρίας XI/2, σ. 482-514, 1972.
29. J. Trikkalinos, Beiträge zur Erforschung des tectonischen Baues Griechenlands. Ann. géol. Pays Hellén. 9, p. 249-255, 1968.