

ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΩΝ ΟΥΡΑΝΙΟΥ ΚΑΙ ΣΠΑΝΙΩΝ ΓΑΙΩΝ ΠΑΡΑΝΕΣΤΙΟΥ Ν. ΔΡΑΜΑΣ*

Φ. ΠΕΡΓΑΜΑΛΗ¹, Σ. ΠΑΠΑΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟ¹, Δ. Ε. ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΙΟΥ¹ & Α. ΚΟΥΚΟΥΛΗ¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα πλέον ενδιαφέροντα Ελληνικά Μεταλλεύματα Ουρανίου, τοποθετούνται στο γρανιτικό κέντρο της Κρατονικής μάζας Ρίλα - Ροδόπη. Αναλύονται τα κυριότερα κοιτασματολογικά χαρακτηριστικά τους και ταξινομούνται με βάση την Ορυκτολογική τους σύσταση στους εξής τρεις τύπους : α) Αναγμένο μέταλλευμα, β) Οξειδωμένο μέταλλευμα, γ) Σύνθετο μέταλλευμα.

Επίσης αναφέρεται η δυνατότητα μεγιστοποίησης της αξίας αυτών των ουρανοειδών μεταλλευμάτων λόγω της ύπαρξης Σπανίων Γαιών. Τέλος γίνεται αναφορά στην κυριαρχούσα γενετική υπόθεση και ανευρίσκονται ομοιότητες με τη Μεταλλογενετική Επαρχία Ουρανίου της ΝΔ. Ευρώπης.

ABSTRACT

The most important Greek Uranium ores are located in the granitic center of Rila-Rodope cratonic mass. The main geological features of the mineralisation are analysed and the ores are classified based upon their mineralogical composition into three main types : a) Reduced ore, b) Oxidised ore, c) Compound ore.

The possibility of maximization of the value of these Uranium ores due to the participation of Rare Earths is also reported. Finally, an effort is made to report the prevailing genetic assumption, and the resemblance to the SW Europe Uranium metallogenetic district is found.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό, ότι στον πίνακα κατάταξης αξιών των μετάλλων, το Ουράνιο κατέχει σταθερά την πρώτη θέση μετά τα πολύτιμα μέταλλα.

Πρέπει όμως να σημειωθεί, ότι ορισμένα ουρανοειδή μεταλλεύματα αποτελούν μια ξεχωριστή πηγή πλούτου, λόγω του σημαντικού περιεχομένου τους σε Σπάνιες Γαίες, Ράδιο, Ζιρκόνιο κλπ που οι αξίες τους συναγωνίζονται τις αξίες των πολύτιμων μετάλλων (πίνακας 1). Οι πολυάριθμες εφαρμογές των μετάλλων αυτών διεθνώς, τόσο στον ενεργειακό τομέα, όσο και στον τομέα υψηλής τεχνολογίας, εγγυώνται την συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση τους (12,17).

Στη χώρα μας, πολλά και εκλεκτά μέλη της Γεωλογικής μας οικογένειας διέβλεψαν την αναγκαιότητα προανατολισμού της έρευνας και προς το U. Αφιέρωσαν δε ένα λίγο ως πολύ σημαντικό μέρος της επιστημονικής τους δραστηριότητας στην έρευνα του Ελληνικού χώρου, που άρχισε πριν 35 χρόνια.

Η παρουσίαση, σήμερα, των κοιτασματολογικών χαρακτηριστικών των Ελληνικών μεταλλευμάτων Ουρανίου αποτελεί δικαίωση για τους πρωτεργάτες της προσπάθειας αυτής.

* GEOLOGICAL Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. PARANESTI DRAMA AREAS.

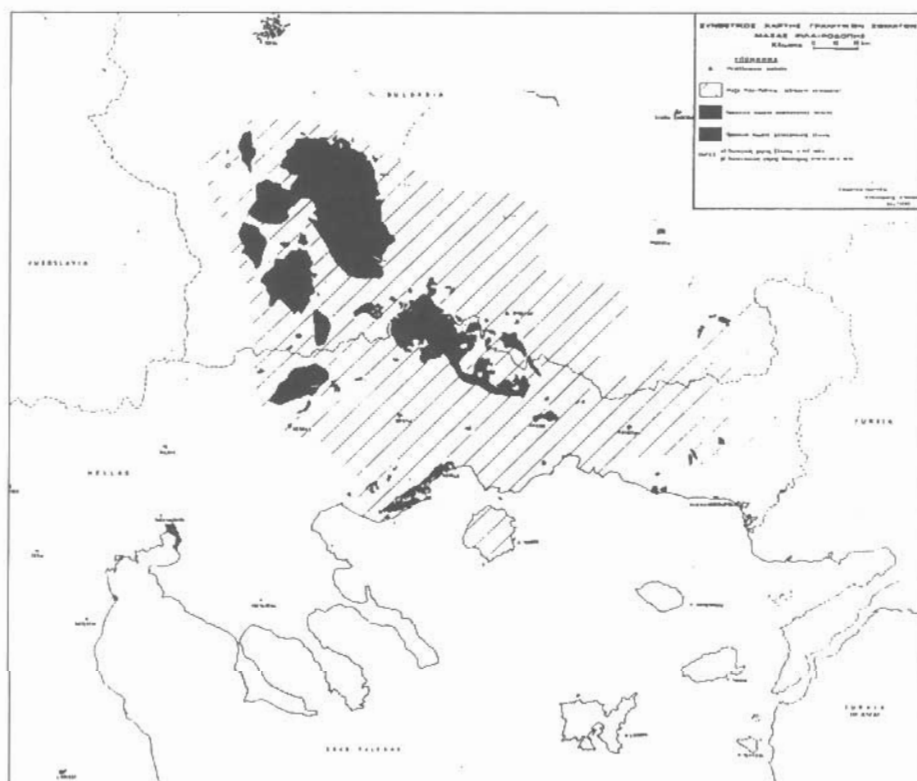
¹ IGME, 70 Messoghion Str., 11527 Athens, Greece.

ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΑΞΙΑ (US.\$/t)
Λανθάνιο	23.000
Σέριο	37.000
Πρασεοδύμιο	32.000
Νεοδύμιο	25.000
Σαμάριο	76.000
Ευρώπιο	70.000
Γαδολίνιο	130.000
Τέρβιο	685.000
Δυσπρόσιο	85.000
Χόλμιο	485.000
Έρβιο	190.000
Θούλιο	3.600.000
Ουράνιο	36.400

Πίνακας 1: Τιμές Σπανίων Γαιών (σε US.\$/t).

Table 1: Prices of Rare Earths (US.\$/t).

Τα σημαντικότερα Ελληνικά μεταλλεύματα Ουρανίου έχουν εντοπισθεί στο κέντρο της κρατονικής μάζας Ρίλα-Ροδόπης και από ό,τι έχει γίνει διεθνώς γνωστό, στο αντίστοιχο Βουλγαρικό τμήμα της μάζας αυτής συγκεντρώνεται ένα μεγάλο μέρος της μεταλλευτικής βιομηχανίας Ουρανίου της γείτονος (Εικόνες 1 & 2)



Εικ. 1: Κεντρικά και περιφερειακά γρανιτικά σώματα Ροδόπικης Μάζας.
 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.
Fig. 1: Central and peripheral granites bodies of Rbdopi Massif.

2. ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΓΡΑΝΙΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΜΑΖΑΣ ΡΙΔΑ-ΡΟΔΟΠΗΣ.ΣΥΝΔΕΞΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΑ ΟΥΡΑΝΙΟΥ.

Σύμφωνα με στοιχεία, τόσο από το γενικό γεωλογικό χάρτη της Ελλάδας, του ΙΓΜΕ, όσο και από το γεωτεκτονικό χάρτη της Βουλγαρίας του Ακαδημαϊκού ΙΟΥΤΣΗΝ, μέσα στο μεταμορφωμένο σύστημα της μάζας Ρίδα-Ροδόπης, Κατωκαμβρικής, κατά το Βουλγαρικό χάρτη ηλικίας, αναπτύσσονται δύο ενότητες γρανιτικού τύπου πετρωμάτων. Η πρώτη καταλαμβάνει το κέντρο της μεταμορφωμένης μάζας και αποτελείται από γρανιτικά σώματα Μεσοερκύνιας ηλικίας, ενώ η δεύτερη νεότερη, περιφερειακή της πρώτης, αποτελείται από Απλιτικά γρανιτοειδή (πυρήνες αντικλινών) Μεταερκύνιας ηλικίας.(10)

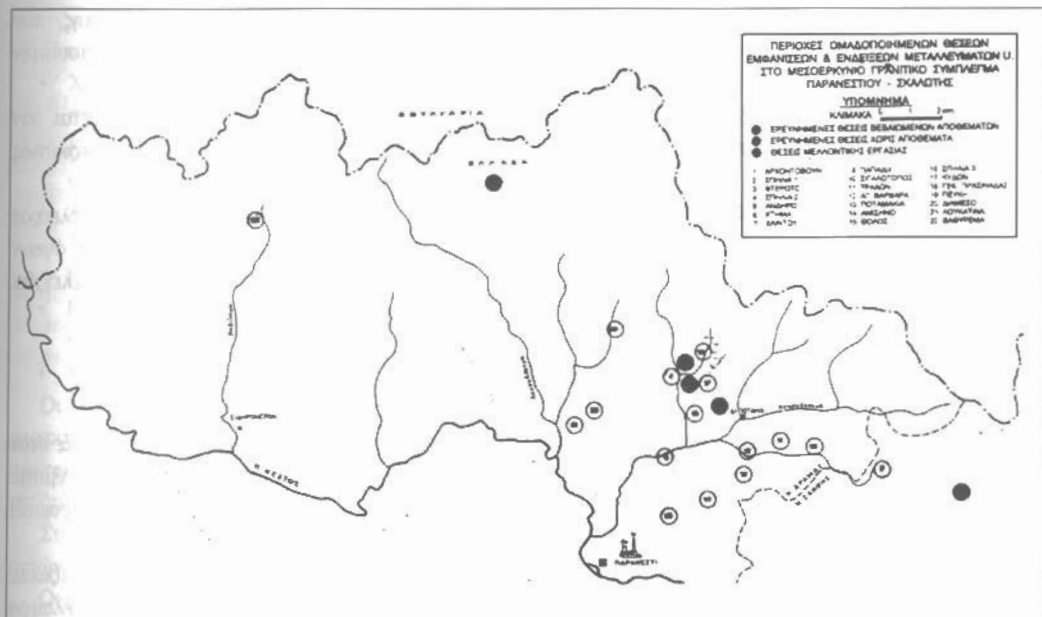
Μολονότι αυτά τα Βουλγαρικά χρονολογικά δεδομένα έρχονται σε αντίθεση με γεωχρονολογήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελληνική πλευρά, εντούτοις συμφωνούν απόλυτα με τις διεθνείς κατατάξεις των νότιο- και κέντρο- Ευρωπαϊκών κοιτασμάτων Ουρανίου από πλευράς ηλικίας. (1,18)

Παρά το γεγονός, ότι ενδείξεις και εμφανίσεις ουρανιούχων ορυκτών έχουν ήδη εντοπισθεί διάσπαρτες σ' ολόκληρη την έκταση του Ελληνικού τμήματος της μάζας Ρίδα-Ροδόπης και σε διάφορα γεωλογικά "μικροπεριβάλλοντα", εντούτοις μεταλλεύματα οικονομικής σημασίας εντοπίζονται μόνο μέσα στην κεντρική γρανιτική ενότητα.(13) Η κεντρική αυτή ενότητα περιλαμβάνει στη χώρα μας δύο κύρια σώματα: (10,20)

- το βορειότερο κείμενο, μεγάλο σώμα, γνωστό ως "γρανίτης Σκαλωτής".

- το νότια κείμενο, μικρότερο σώμα, γνωστό ως "γρανίτης Παρανεστίου".

Στα δύο αυτά γρανιτικά σώματα έχουν εντοπισθεί μέχρι σήμερα 22 ομαδοποιημένες θέσεις Ουρανιούχων μεταλλευμάτων και για το λόγο αυτό αποτελούν αντικείμενο ερευνών όλων των επιπέδων και φάσεων της εφαρμοσμένης κοιτασματολογικής έρευνας (χάρτης 2).



Εικ. 2: Ομαδοποιημένες θέσεις μεταλλευμάτων U Κεντρικού γρανιτικού σώματος
Fig. 2: Location groups of the U ores of the Central Granitic Body of the Rodopi Massif.

3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΩΝ U

Η ευρεία περιοχή των εντοπισμένων μεταλλευμάτων U δομείται από τρεις βασικές ενότητες εκ των άνω προς τα κάτω στο νότιο τμήμα της Ροδόπης (χάρτης 2):

Υψηλά Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

A. Ηφαιστειακό κάλυμμα

Τα ηφαιστειακά πετρώματα αντιπροσωπεύονται από ηφαιστίτες, τόφρους, και τοφφίτες, μέσης έως όξινης συστάσεως. Έχουν χαρακτηριστεί είτε σαν ιγκνιμπριτική σειρά είτε σαν μια σειρά ηφαιστειακών πετρωμάτων, που το ανώτερο τμήμα της καλύπτεται από ρυολιθικό δόμο, το μεσαίο αποτελείται από μικρής οξύτητας ροές λάβας και το κατώτερο από τόφρους συγκολλημένους και τοφφίτες που βαθμιαία μεταπίπτουν στα ιζήματα της υποκείμενης Ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς.

Η ηλικία του αναφέρεται σαν Ολιγοκαινική και προέρχεται από την ηφαιστειότητα του Άνω Ηωκαίνου - Ολιγοκαίνου, λόγω υπερχείμενου εφελκυσμού της Αλλικής Ορογένεσης κατά το γεωτεκτονικό χάρτη της Βουλγαρίας. (8,21)

Το πάχος του ηφαιστειακού καλύμματος είναι περί τα 500 m. και μολονότι έχουν εντοπιστεί σε αυτό διάσπαρτες ενδείξεις Ουρανίου, εν τούτοις δεν συμμετέχει στα μεταλλεύματα.

B. Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά.

Αποτελείται κύρια από Αρχόζες, Τοφφίτες, Αργίλους, Ανθρακομιγείς αργίλους και Λιγνιτικές φακοειδείς εντροώσεις μικρών διαστάσεων.

Η σειρά αυτή είναι ασυνεχής και φαίνεται ότι καλύπτει κοιλώματα του υποβάθρου. Οι ίδιοι σχηματισμοί στη Βουλγαρία αναφέρονται σαν Παλαιογενείς Μολάσες (πληρώσεις κλειστών λεκανών χέρσου περιβάλλοντος). (8,21)

Το πάχος της είναι έως και 50 m. και συμμετέχει τόσο "επιδερμικά" στην μεταλλοφορία Ουρανίου, όσο και "συμπωματικά", όπως θα ερμηνευθεί στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Γ. Υπόβαθρο

Το υπόβαθρο αποτελείται από τα γνωστά μεταμορφωμένα πετρώματα της Ροδόπης, που διαιρούνται σε δύο χρονολογικές ενότητες, καθώς και τα εντός αυτού γρανιτικά σώματα, που στην Ελληνική πλευρά είναι γνωστά ως γρανίτης Σκαλωτής και γρανίτης Παρανεστίου (10,20).

Το μεταμορφωμένο υπόβαθρο, που περιβάλλει τα δύο αυτά γρανιτικά σώματα, φέρεται σαν Ανωκαμβριτικής ηλικίας και, όπως προαναφέρθηκε, τα γρανιτικά σώματα φέρονται ως Μεσοερκύνιας (8).

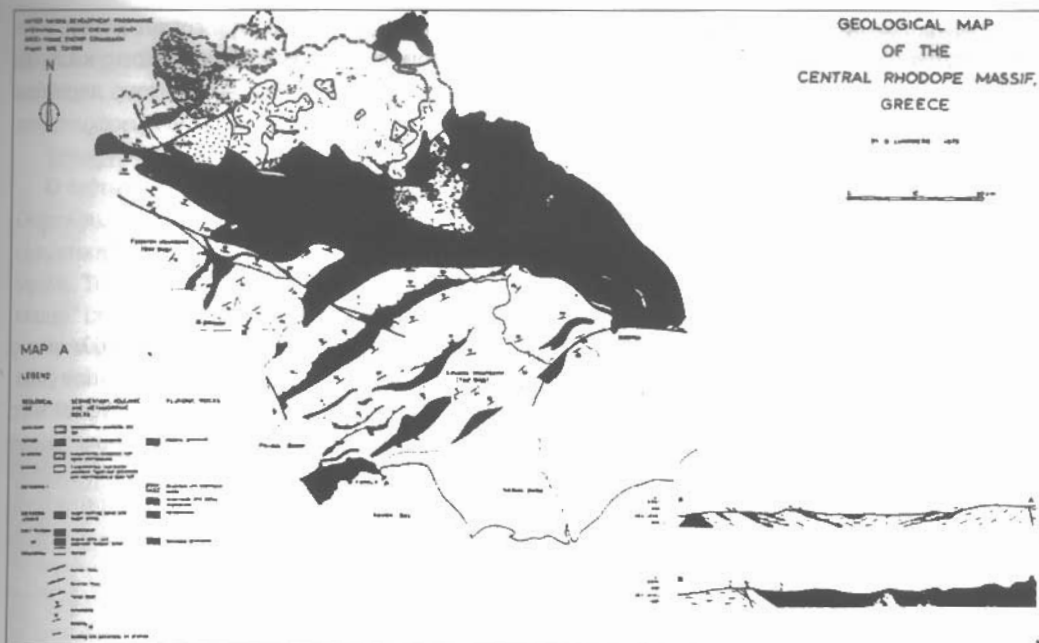
Το βόρειο τμήμα του γρανίτη Παρανεστίου λόγω της σοβαρότητας που παρουσιάζει από πλευράς ουρανίου χαρτογραφήθηκε σε κλίμακα 1:5.000 (χάρτης 3) και διαπιστώθηκε η ύπαρξη τριών όψεων που συνθέτουν επιφανειακά μια αρμονική "στρωματογραφική" σχέση. Η σχέση αυτή έχει ελεγχθεί γεωτροπικά και έτσι οι όψεις αυτές τοποθετούνται, εκ των άνω προς τα κάτω ως εξής :

- ανώτερη γρανιτική όψη : Τύπος "Φτερωτού"
- ενδιάμεση γρανιτική όψη : Τύπος "Πρασινάδας"
- κατώτερη γρανιτική όψη : Τύπος "Διποτάμων".

Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι ιστορικά το πρώτο μέταλλευμα Ουρανίου εντοπίστηκε στον τύπο "Διποτάμων", ενώ ο τύπος "Φτερωτού" περιέχει τα περισσότερα και ισχυρότερα μεταλλεύματα. Παραδόξως στον ενδιάμεσο τύπο "Πρασινάδας" δεν έχουν μέχρι τώρα εντοπισθεί μεταλλεύματα Ουρανίου.

Η ανώτερη πρώτη όψη (τύπος "Φτερωτού") είναι ένα μικρόκοκκο λευκοκρατικό πέτρωμα, αποτελούμενο αποκλειστικά από χαλαζία και αστρίους, αρκετά σχιστοποιημένο και ελαφρά προσανατολισμένο. (4)

Σε ελάχιστες θέσεις εμφανίζεται σποραδικός Βιοτίτης που συνήθως είναι αποχρωματισμένος. Ο χαλαζίας είναι ξενόμορφος. Μεταξύ των Πλαγιόκλαστων υπάρχει Ολιγόκλαστο και Αλβίτης. Απαντώνται επίσης ξενόμορφοι Μικροκλινοί. Ως επουσιώδη ορυκτά υπάρχουν Ζιρκόνια και Μοναζίτες. Το περιεχόμενο Θόριο είναι της τάξεως των 30 ppm και οι περιεχόμενες Σπάνιες Γαίες της τάξεως των 100 ppm. Το πέτρωμα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν Αλιτιτικός Μικρομομφονίτης, αν έχει πλουτώνια προσέλαση ή τοπίτητες, αν έχει προσέλαση ή μεταμορφώσεις.



Εικ. 3: Γεωλογικός χάρτης Κεντρικής Ροδοπικής Μάζας.
Fig. 3: Geological map of the Central Rodopi Massif.

- Η κατώτερη τρίτη όψη (τύπος "Διποτάμων") είναι ένα χονδροκόκκο πέτρωμα αποτελούμενο από :
- Χαλαζία πολύ πλούσιο σε μεγάλους ξενόμορφους πολυκρυσταλλικούς κόκκους ή με κόκκους που γεμίζουν τα διαστήματα μεταξύ των Αστρίων.
 - Καλιούχους Αστρίους άφθονους, με κρυστάλλους γενικά ξενόμορφους, μεταξύ των οποίων υπάρχει πιθανώς Ορθόκλαστο και ορισμένοι Μικροκλινείς.
 - Αυτόμορφα Ολιγόκλαστα και "βλάστες" ποικίλου μεγέθους ελαφρά εξαλλοιωμένοι προς Σερικίτη.
 - Πολυάριθμοι Μυρμιγκίτες.
 - Πολυάριθμα φυλλάκια Βιοτίτη υποχρωματισμένα, με αδιαφανή εγκλείσματα Τιτανίου και ημιδιαφανή οξείδια Fe.
 - Μερικά φυλλάκια Μοσχοβίτη, από πιθανή ανακρυστάλλωση Σερικίτη.

Οι περιεχόμενες Σπάνιες Γαίες είναι και εδώ της τάξεως των 100 ppm Το πέτρωμα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν γρανίτης με Βιοτίτη ή Ολιγοβιοτιτικός Χαλαζιακός Πορφυριτικός Γρανοφελσίτης, σύμφωνα με την ορολογία του B. Bayly, ώστε να παρακάμπτεται η γενετική προέλευση που υποδηλώνεται. (2)

Στο σημείο όμως αυτό και μολονότι δεν αμφισβητείται η "γρανιτική" σύσταση των πετρωμάτων αυτόν τίθεται το ερώτημα της πιθανής Μεταίζηματογενούς τους προέλευσης.

Οι μάλλον αυξημένες περιεκτικότητες τους σε Σπάνιες Γαίες, Θόριο και Ζηρόνιο σε συνδυασμό με τη μη ανεύρεση φαινομένων μεταμορφώσεως επαφής, ο σταθερά υπαρκτός προσανατολισμός των ορυκτών και η στρωματογραφική διάρθρωση των τριών Γρανιτικών όψεων συνιγορούν για Μεταμορφωμένα Ιζηματογενή στρώματα Αρκοζικού τύπου.

4. ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ ΟΥΡΑΝΙΟΥ.

Τα ουρανιούχα μεταλλεύματα που μέχρι σήμερα έχουν μελετηθεί δεν είναι όμοια μεταξύ τους. Έχουν ουσιαστικές διαφορές και ιδιαίτερον τελειως διαφορετικό τροπο στη μεταλλευτική τους

διερεύνηση, όπως π.χ. τρόπους γεωτρητικής διερεύνησης, μεθόδους εργαστηριακής και ημιβιομηχανικής κατεργασίας, μεθόδους εκμετάλλευσης, οικονομοτεχνικές προσεγγίσεις κ.λ.π. Τα μεταλλεύματα αυτά διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες που περιλαμβάνουν τους παρακάτω τύπους :

I. Ενδογρανιτική κατηγορία.

1^{ος} τύπος: Αναγμένο μέταλλευμα

2^{ος} τύπος: Οξειδωμένο μέταλλευμα

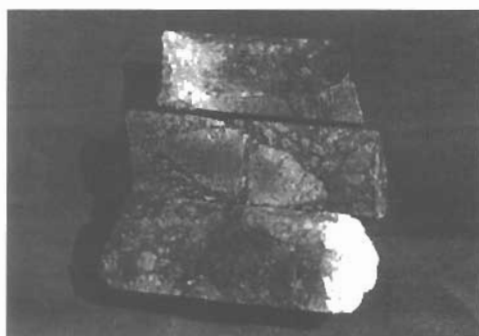
3^{ος} τύπος: Σύνθετο, πολυφασικό μέταλλευμα

II. Ηφαιστειοϊζηματογενής κατηγορία.

Τύπος I.1

Είναι ο πρώτος και σημαντικότερος τύπος της ενδογρανιτικής κατηγορίας μεταλλεύματος Ουρανίου με αντιπροσωπευτικό παράδειγμα το μεταλλοφόρο σώμα αρ. 1 Σπηλιάς Παρανεστίου (14).

Χαρακτηρίζεται από υψηλής περιεκτικότητας συγκεντρώσεις τετρασθενούς και εξασθενούς Ουρανίου στην ανώτερη Γρανιτική όψη, τύπου "Φτερωτού"(Φωτ. 1). Πρόκειται για μονομεταλλική παραγένεση Πισσουρανίτη (UO_2/UO_3) με σύνδρομο οριστικό το Φθορίτη Αντοζωνιτικής όψεως. Ο Ασβεστίτης, ο Βαρύτης και τα Μεικτά Θειούχα αποτελούν μια υπαρκτή μεν, αλλά ελάχιστη μειονότητα συνδρόμων. Οι μέσες περιεκτικότητες σε μεταλλικό Ουράνιο κυμαίνονται περί το 1,5%, ενώ εκλεκτικά δείγματα συχνά υπερβαίνουν και το 8%.



Εικ. 4: Πισσουρανίτες εντός μυλωνιτικής ζώνης γρανίτη Παρανεστίου.

Fig. 4: Pitchblend in brecciated granitic zones in Paranești.

Η μορφή του μεταλλεύματος είναι καθαρά φλεβική, ενώ η μορφή των φλεβών είναι πολυσύνθετη, τόσο κατά την οριζόντια έννοια, όσο και κατά την κατακόρυφη. Το Πισσουρανιτούχο μέταλλευμα φιλοξενείται μέσα σε Μυλωνίτη πληρώνοντας το χώρο μεταξύ τεμαχιδίων πετρώματος ή πληρώνοντας

αλληπάλληλες εκτατικές ρωγμές που τέμνονται κάθετα μεταξύ τους. Χαρακτηριστικές είναι οι παρείες των φλεβών, με την εντονότατη αιματιτίωση που έχουν υποστεί. Η Χλωριτίωση και Καολινιτίωση του πετρώματος, συνοδεύει πάντα τη μεταλλοφορία χωρίς εν τούτοις να αποτελεί και ικανή συνθήκη. Μια ελαφρά Σιδηροπυριτίωση περιβάλλει το σύνολο των εξαλλοιώσεων που αναφέρθηκαν. Η Πυριτίωση έχει προσβάλλει τμήματα του πετρώματος ξενιστή, χωρίς όμως, μέχρι σήμερα, να έχει αποδειχθεί κάποια γεωμετρική της σχέση με το Πισσουρανιτούχο μέταλλευμα.

Οι εμφανίσεις τέτοιου τύπου μεταλλευμάτων εντοπίζονται πλησίον της δυτικής επαφής με τα περιβάλλοντα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα επί μεγάλου μήκους. Η προαναφερόμενη επαφή αντίστροφων ρηγμάτων παραλλήλων προς τις ήδη εντοπισμένες αντίστοιχες τεκτονικές ζώνες του Νέστου από το LUNDBERG.(21)

Ενώ στο βόρειο τμήμα της τεκτονικής αυτής επαφής ο Πισσουρανίτης εμφανίζεται με τη μορφή που ήδη αναπτύχθηκε, στο νότιο τμήμα της εμφανίζεται μέσα σε αποραδικές φωλέες μικρού μεγέθους περιβαλλόμενος από πυριτωμένη μάζα Καλιούχων Αστρίων. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό διεθνώς με το όνομα "mouches de pechblende" και συνοδεύει πάντα οικονομικά κοιτάσματα Ουρανίου. (1)

Η σύγκριση μεταξύ χημικών και ραδιομετρικών δεδομένων δείχνει την ύπαρξη σχετικής ραδιομετρικής ισορροπίας. Συγκεκριμένα ο λόγος μεταξύ U/eRa είναι της τάξεως του 1,2.

Σημειώνεται ότι η Πισσουρανιτούχος μεταλλοφορία εντοπίστηκε σχετικά πρόσφατα για πρώτη φορά στην Ελλάδα και αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό μεταλλευτικό γεγονός για τη χώρα μας.

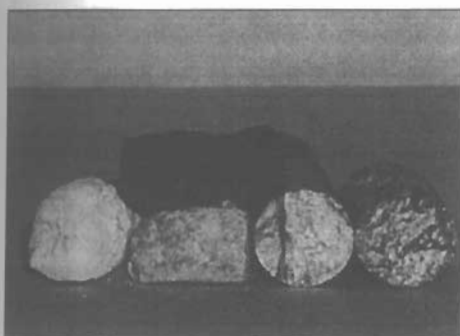
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Ο τύπος αυτός της μεταλλοφορίας απαντάται στη Γαλλία, Ισπανία και Πορτογαλία, καθώς και στην Τσεχία-Σλοβακία, με διαφορετική όμως παραγένεση.(1,18) Οι χώρες αυτές είναι από ετών ιδιαίτερα ανεπτυγμένες στη μεταλλευτική βιομηχανία Ουρανίου. Αυτό οφείλεται στις υψηλές συγκεντρώσεις Ουρανίου που απαντώνται στην Πισσουρανιούχο μεταλλοφορία.

Τύπος 1.2

Ο δεύτερος Ενδογρανιτικός τύπος αναφέρεται στο οξειδωμένο φλεβικό μέταλλευμα εξασθενούς Ουρανίου, με κύριο εκπρόσωπο το μεταλλοφόρο σώμα Φτερωτού. Πρόκειται για μέταλλευμα εξαιρετικής ποιότητας δεδομένου ότι οι δοκιμές συμπύκνωσης απέδειξαν ανακτησιμότητα ιδιαίτερα υψηλή. Το μέταλλευμα αυτό στη μεταλλευτική γλώσσα του Ουρανίου είναι γνωστό ως "Produit orange" (πορτοκαλόχρωμο προϊόν).(1,7)

Το κυρίαρχο ορυκτό Ουρανίου φαίνεται να είναι ο Ρεναρδίτης που πληρώνει όλους τους πόρους, τόσο των κατακλασμένων ορυκτών του πετρώματος στις παρειές του Μυλωνίτου, όσο και στο χώρο που δημιουργείται μέσα στο Μυλωνίτη.(4)



Εικ. 5: Εξαλλιώσεις μεταλλοφορίας U.

Fig. 5: Alterations of Uranium Mineralizations.

Ο Ρεναρδίτης είναι δευτερογενές ορυκτό του εξασθενούς Ουρανίου (Φωσφορικό άλας U και Pb) σφαιρολιθικής όψεως $[Pb(UO_2)_4(PO_4)_2(OH)_4 \cdot 8H_2O]$. Μολονότι στο μέταλλευμα έχει εντοπισθεί υπιδιόμορφος Αιματίτης, εντούτοις εδώ κυριαρχεί ο Λειμονίτης και ο Σερικίτης, ενώ επίσης εμφανίζεται και ο Φθορίτης Αντοζωνιτικής όψεως, καθώς και σποραδικά ελάχιστα Ασβεστίτης.

Στο κέντρο του Μυλωνίτου οι περιεκτικότητες είναι σημαντικές της τάξεως του 1,5%. Υπάρχει όμως και άλος Ουρανίου περί τον Μυλωνίτη μεγάλης εκτάσεως στην οποία προοδευτικά οι περιεκτικότητες ελαττώνονται. Αυξανόμενοι έτσι του όγκου του μεταλλεύματος, αυξάνονται οι ποσότητες των Σπανίων Γαιών που περιέχονται στο πέτρωμα ξενιστή υπό τη μορφή του Μοναζίτου και έτσι το δυνάμενο να παραχθεί προϊόν συμπύκνωσης Ουρανίου περιέχει υψηλά ποσοστά Σπανίων Γαιών (εικ. 5).

Πράγματι σε δοκιμαστική παραγωγή Yellow Cake του μεταλλεύματος αυτού εντοπίστηκαν σε υψηλά σχετικά ποσοστά οι 7 από τις 14 Σπάνιες Γαίες και το Υττρίο. Εκτιμάται, ότι το σύνολο των Σπανίων Γαιών και του Υττρίου μέσα στο δυνάμενο να παραχθεί προϊόν συμπύκνωσης μπορεί να τύχει περαιτέρω συμπύκνωσης, γεγονός που μεγιστοποιεί την αξία των Ουρανιούχων μεταλλευμάτων (9,12,17).

Σημειώνεται επίσης ότι, θα ήταν δυνατό, σε περίπτωση εκμετάλλευσης, η δημιουργία μείγματος συνατεργασίας, αποτελούμενο από ουρανιούχο μέταλλευμα Παρανεστίου και Σπανίων Γαιών Καβάλας, σε προκαθορισμένες αναλογίες ώστε, ο τίτλος του δυνάμενου να παραχθεί προϊόντος να αυξηθεί σημαντικά σε Σπάνιες Γαίες, χωρίς ο τίτλος του ουρανίου να ελαττωθεί ιδιαίτερα (16).

Ένα άλλο κύριο χαρακτηριστικό του μεταλλεύματος αυτού αποτελεί η Ραδιενεργός ισορροπία. Συγκεκριμένα ο λόγος U/eRa ισούται με 2,12 πράγμα που δείχνει έντονη υπερβολή Ουρανίου έναντι της εκπνεύμενης ακτινοβολίας γ.

Τύπος 1.3

Ο τρίτος Ενδογρανιτικός τύπος είναι το Σύνθετο μέταλλευμα με κύριο εκπρόσωπο το ενδογρανιτικό τμήμα του μεταλλεύματος Αρχοντοβουνίου Παρανεστίου. Ο τύπος αυτός είναι Σύνθετος, γιατί απαντάται και οξειδωμένο μέταλλευμα και αναγμένο (3,13).

Το κεντρικό τμήμα του μεταλλεύματος αποτελείται από φλεβικής μορφής Κοφφινίτη, Πυριτικό άλας τετρασθενούς Ουρανίου, $[U(SiO_4)_{x-1}(OH)_{4x}]$, που συνοδεύεται από Αιματίτιση των παρειών του Μυλωνίτη, εντός του ορυκτού πετρώματος.

5. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΩΝ U

Στην ευρύτερη και γενικότερη οριζόντια έννοια φαίνεται η τάση ύπαρξης μετανάστευσης του ουρανίου λόγω οξειδωσης προς μια ΝΑ διεύθυνση, ενώ τα μεταλλοφόρα σώματα έχουν σταθερά ΒΑ διευθύνσεις.

Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται, αν εκτός από τη ραδιενεργό ισορροπία, συγκριθεί ο βαθμός οξειδωσης και η ενυδάτωση των ορυκτών ουρανίου με την εξαίρεση της υπέρξεως του κοφφινίτη. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο κοφφινίτης αναφέρεται σαν υπογενετικό ορυκτό που έχει τη δυνατότητα διπλής γένεσης (1).

Έτσι το ερώτημα παραμένει όσο αφορά το ενδογρανιτικό μέρος του μεταλλεύματος Αρχοντοβουνίου. Δηλαδή ή πρόκειται για αναγωγή εξασθενούς ουρανίου μέσα σε τεκτονική δομή που διατήρησε το δυναμικό αναγωγής της ή πρόκειται για υπόλειμμα από οξειδούμενη Πισσουρανιτιούχο φλέβα. Η δεύτερη αυτή περίπτωση είναι και η πλέον επικρατούσα προκειμένου να ερμηνευθεί η τεράστια άλως του ωπουνίτου που οφείλεται στις οξειδωτικές συνθήκες της γενικής περιοχής αφενός και τη συγκράτησή της από τις τοπικές αναγωγικές συνθήκες που προσέφερε το ανθρακούχο ηφαιστειοϊζηματογενές κάλυμμα αφ'ετέρου.

6. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΑ ΒΟΥΛΓΑΡΙΚΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΑ ΟΥΡΑΝΙΟΥ

Τα ουρανιούχα Βουλγαρικά μεταλλεύματα στο Bestlet, Dospat, Cardavica και Smolen συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με την κεντρική ενότητα των γρανιτικών σωμάτων της μεσοερκύνιας ηλικίας (19).

Μολονότι τα Βουλγαρικά στοιχεία είναι ελλιπέστατα, στην αναφορά του Simon, για τα ουρανιούχα μεταλλεύματα της χώρας του, δεν φαίνεται να έχει εντοπισθεί ο σημαντικότερος ενδογρανιτικός αναγμένος τύπος της Σπηλιάς Παρανεστίου.

Αναφέρονται ενδογρανιτικά φλεβικά οξειδωμένα μεταλλεύματα, καθώς και μεταλλεύματα καλύμματος εντός των Ολιγοκαινικών ιζημάτων στα περιθώρια της κεντρικής γρανιτικής ενότητας.

Το κυριότερο όμως χαρακτηριστικό είναι η αναφορά σε φλεβικά μεταλλεύματα πισσουρανίτη στα περιθώρια των γρανιτικών σωμάτων που αναπτύσσονται στο κρυσταλλοσχιστώδες περιβάλλον. Αυτός ο τύπος μεταλλοφορίας δεν έχει ακόμα εντοπισθεί στη χώρα μας, μολονότι ενδείξεις, χωρίς οικονομική σημασία, έχουν από χρόνια σημειωθεί.

Λόγω της πληθώρας τόσο των Βουλγαρικών, όσο και των Ελληνικών μεταλλευμάτων ουρανίου στην κεντρική γρανιτική ενότητα της μάζας Ρίλα-Ροδόπης, αλλά και της πληθώρας των εμφανίσεων στο κρυσταλλοσχιστώδες και στα ολιγοκαινικά ιζηματογενή καλύμματα δημιουργείται η πεποίθηση, ότι το σύνολο της κρατονικής αυτής μάζας είναι μια διακριτή επαρχία ουρανίου στη ΝΑ Ευρώπη.

7. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΟΥΡΑΝΙΟΥ ΝΑ ΕΥΡΩΠΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΝΑ ΕΥΡΩΠΗΣ

Ανακεφαλαιώνοντας τα κυριότερα χαρακτηριστικά των Ελληνικών, αλλά και Βουλγαρικών μεταλλευμάτων ουρανίου παρατηρούνται έντονες ομοιότητες με τα αντίστοιχα της Γαλλίας και της Ιβηρικής χερσονήσου.

Η μονομεταλλική παραγένεση πισσουρανίτη συνοδευόμενη από αιματιτίωση, φθοριτή αντοξωνιτικής όψεως, ελάχιστα σουλφίδια και ανθρακικά ορυκτά είναι το κυριότερο χαρακτηριστικό της μάζας Ρίλα-Ροδόπης.

Ένα άλλο κυρίαρχο χαρακτηριστικό είναι ότι τα φλεβικά μεταλλεύματα είναι ενδογρανιτικά στο νότιο τμήμα της Ρίλα-Ροδόπης, ενώ στο βόρειο εκφεύγουν των γρανιτικών ορίων και αναπτύσσονται εντός του κρυσταλλοσχιστώδους.

Είναι προφανές, ότι οι "επιδερμικές" μεταλλοφορίες των ιζημάτων ή και οι ενδείξεις των ηφαιστειτών δε λαμβάνονται υπόψη.

Οι κεντροευρωπαϊκοί τύπου Wolsendorf και Jachymov διαφέρουν ριζικά λόγω των παραγέσεων τους, ενώ οι βορειοευρωπαϊκοί της Σκωτίας είναι τελείως διαφορετικής φύσεως (1,18).

Αντιθέτως ο τύπος της ΝΔ Ευρώπης παρουσιάζει την ίδια εικόνα, τόσο στο Γαλλικό "massif central", όσο και στην "Ιβηρική μεσέτα" γύρω από την Serra d' Estrela. Η μόνη διαφορά που είναι δυνατόν να εντοπισθεί είναι ότι στο βόρεια κείμενο Massif central τα πλοσσυρανιτούχα μεταλλεύματα περιορίζονται μέσα στα γρανιτικά σώματα, όπως και τα Ελληνικά, ενώ στη νότια κείμενη "Ιβηρική μεσέτα" έχουμε ανάπτυξη στο περιβάλλον κρυσταλλοσχιτιστώδες, όπως τα Βουλγαρικά γεγονός που και ο Krusch έχει επισημάνει από το 1937 (11).

Συνοψίζοντας διαπιστώνουμε, ότι υπάρχει τόσο στην ΝΔ, όσο και ΝΑ Ευρώπη ο ίδιος τύπος μεταλλοφορίας ουρανίου με τη διαφορά, ότι η τάση ανάπτυξης προς τα κρυσταλλοσχιτιστώδη εντοπίζεται στην πρώτη από βορρά προς νότο, ενώ στην δεύτερη αντιθέτως.

8. ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΥΠΟΘΕΣΗ

Μολονότι είναι γνωστό, ότι τα ουρανιούχα μεταλλεύματα δεν προέρχονται από ένα κλασικό μηχανισμό μεταλλογένεσης, εντούτοις οι σχετικές απόψεις διεθνώς είναι πολύ διχασμένες τόσο όσον αφορά τη συγκέντρωση, όσο και τη μεταφορά και διαλυτοποίηση του ουρανίου.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση Παρανεστίου θα ήταν δυνατόν να δεχθούμε τα εξής:

Οι υπομικροσκοπικοί κρύσταλλοι Ουρανινίτη, που ενυπάρχουν στους αστρίους και τους Βιοτίτες των γρανιτικών πετρωμάτων, εκπλύθησαν από τη διαβρωτική δράση των ρευστών ενός γεωθερμικού πεδίου. Τα ρευστά στο γεωθερμικό πεδίο, που δημιουργείται από την αύξηση της γεωθερμικής βαθμίδας κατά τα τελείως πρώιμα στάδια της ηφαιστειότητας και που δείγματα της υπέρθεσης του υπάρχουν ακόμη και σήμερα (Θερμιά), εμπλουτίστηκαν έτσι σε ιόντα ουρανίου.

Η καθίζηση των ιόντων αυτών μέσα στις τεκτονικές δομές, που επέτρεπαν την κυκλοφορία των ρευστών του γεωθερμικού πεδίου, πρέπει να έγινε από μία απότομη αλλαγή των φυσικοχημικών συνθηκών του, όπως αυτή του pH.

Μια τέτοια δραστική μεταβολή θα ήταν δυνατόν να προκληθεί από μια αθρόα διάλυση CO₂ μέσα στα γεωθερμικά ρευστά, αν ήταν δυνατόν να δικαιολογηθεί η ύπαρξή του.

Πράγματι, στην ευρύτερη περιοχή έχουν εντοπισθεί διεσπύσεις λαμπροφυροειδών (Πεύκης Παρανεστίου), που συνδεόμενα με την μανδρακή δραστηριότητα είναι δυνατόν να δικαιολογήσουν τις απαιτούμενες ποσότητες CO₂ παρόμοιας προέλευσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BARIAND, P.-CESBRON, F.-GEFFROY, J. (1978). Les minéraux, leurs gisements, leurs associations. Minéraux et Fossiles, 45130, Meung-sur-Loire-France.
- BAYLY, B. (1976). Introduction a la petrologie Masson. Paris. France.
- BRANCE. (1980). Ορυκτολογική, ραδιομετρική, φασματογραφική ανάλυση δειγμάτων Αρχοντοβουνίου. (6299-d/30.05 1980) Service Mineralogique CEA/COGEMA.
- BRANCE. (1980). Γνωμάτευση 6299/30.06.1980 CEA/COGEMA. France.
- BRANCE. (1980). Γνωμάτευση 7377/30.06.1980 CEA/COGEMA. France.
- BRAUN, A. - TAUPITZ, K. (1979). Geological map of Central and Eastern Macedonia and Thrace. UNDP/IAEA/GAEC Project GRE 79/004.
- DUMOULIN, (1979). Elements de mineralogie et de geologie de l' Uranium. C.I.P.R.A., Razes, France.
- ΙΟΥΤΤΣΕΒ, Ι. (1976). Tectonic map of P.R. Bulgaria General Administration of Geodesy and Cartography. Sofia, Bulgaria.
- ΚΑΛΑΤΖΗΣ, Γ. (1984). Extraction of U from Paranesti, Ι.Γ.Μ.Ε. Αθήνα.
- ΚΑΛΑΤΖΗΣ, Γ. (1985). Extraction of U from Paranesti, Ι.Ι.Γ.Μ.Ε. Αθήνα.
- ΚΑΛΑΤΖΗΣ, Γ. (1985). Extraction of U from Paranesti, 2.Ι.Γ.Μ.Ε. Αθήνα.
- ΚΑΛΑΤΖΗΣ, Γ. (1986). Extraction of U from Paranesti, Ι.Ι.Γ.Μ.Ε. Αθήνα.
- ΚΟΤΟΠΟΥΛΗ, Κ. (1981). Οι εμφανίσεις των μαγματικών πετρωμάτων Σκαλωτής Παρανεστίου. Φυσική Σχολή Παν. Πειραιώς. Δοκ. Διατριβή.
- Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

- KRUSCH, P. (1937). Die metallischen Rohstoffe : V,U,Ra Stuttgart.
- ΠΕΡΓΑΜΑΛΗΣ, Φ.-ΚΑΛΑΤΖΗΣ, Γ.-ΠΑΠΑΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ, Σ.-ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΙΟΥ, Δ.Ε.-ΚΟΥΚΟΥΛΗΣ, Α. (1988). Μεγιστοποίηση αξίας Yellow Cake Ουρανίου Παρανεστίου από τον εντοπισμό Σπανίων Γαιών. Ι.Γ.Μ.Ε./Δ.Ε.Π.Υ., Αθήνα.
- ΠΕΡΓΑΜΑΛΗΣ, Φ.-ΚΑΛΑΤΖΗΣ, Γ.-ΠΑΠΑΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ, Σ.-ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΙΟΥ, Δ.Ε.-ΘΕΟΔΟΣΗΣ, Π. (1988) Οικονομοτεχνική προμελέτη κοιτάσματος Ουρανίου στο Αρχοντοβούνι Παρανεστίου Δράμας. Ι.Γ.Μ.Ε./Δ.Ε.Π.Υ., Αθήνα.
- ΠΕΡΓΑΜΑΛΗΣ,Φ.-ΠΑΠΑΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ, Σ.-ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΙΟΥ, Δ.Ε.-ΘΕΟΔΟΣΗΣ,Π.-ΚΟΥΚΟΥΛΗΣ, Α.(1988). Αποτελέσματα έρευνας Ουρανίου περιοχής Σπηλιάς Παρανεστίου Δράμας, Ι.Γ.Μ.Ε./Δ.Ε.Π.Υ., Αθήνα.
- ΠΕΡΓΑΜΑΛΗΣ, Φ.-ΚΟΥΚΟΥΛΗΣ, Α. (1989). Έρευνα Ουρανογέννησης Γρανιτών Ελλάδος (προγραμματική έκθεση), Ι.Γ.Μ.Ε./Δ.Ε.Π.Υ., Αθήνα.
- ΠΕΡΓΑΜΑΛΗΣ,Φ.-ΠΑΠΑΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ,Σ.-ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΙΟΥ,Δ.Ε.-ΘΕΟΔΟΣΗΣ,Π.-ΚΟΥΚΟΥΛΗΣ,Α. ΚΑΛΑΤΖΗΣ, Γ. ΠΕΡΙΣΣΟΡΑΤΗΣ, Κ. (1995). Εντοπισμός υποθαλασσίου ουρανοθοριούχου μεταλλεύματος Σπανίων Γαιών, κόλπου Στρυμόνα. Ι.Γ.Μ.Ε./Δ.Ε.Π.Υ. Αθήνα.
- ΠΑΡΑΔΕΛΗΣ, (1987). Ισοτοπική ανάλυση δειγμάτων Yellow Cake Παρανεστίου. Ε.Ε.Α.Ε./TANDEM 230/19/415-17-6-87. Αθήνα.
- ROUBAULT, M. (1958). Geologie de l' Uranium, Masson, Paris, France.
- SIMOV, S. (1989). Uranium exploration in Bulgaria-A retrospective Review. Technical Committee Meeting Assessment of Uranium Resources and Supply International Atomic Energy Agency. Vienna.
- ΣΚΛΑΒΟΥΝΟΣ, Σ. (1981). Ο γρανίτης του Παρανεστίου. Φυσική Σχολή Παν. Θεσσαλονίκης. Διδ. Διατριβή. Παράρτημα 33, 20ού τόμου Θεσσαλονίκη.
- UNDP IAEA (1978). Geology of the Rhodope crystalline rocks of Greek Macedonia. GRE-73-006 Tech. Rep. 8. Vienna.