

ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΟΡΥΚΤΟΣ ΠΛΟΥΤΟΣ

Από

Στ. Καλογερόπουλο¹

Περίληψη

Τα τελευταία 15-20 χρόνια έχουμε μπει σε μια περίοδο αξιολόγησης βασικής γεωλογικής πληροφόρησης που έχει αυξήσει ουσιαστικά τη γνώση μας γύρω από τις πορείες που έχουν συντελέσει στο σχηματισμό διάφορων κοιτασματολογικών τύπων και τα γεωλογικά περιβάλλοντα στα οποία απαντούν.

Ο γεωλόγος που ασχολείται με τον εντοπισμό κοιτασμάτων (exploration geologist), πρέπει να είναι ενήμερος κάθε καινούργιας επιτυχίας της βασικής γεωλογικής έρευνας και να είναι ικανός να συλλάβει και να αναπτύξει τα γενετικά μοντέλλα των διαφορετικού τύπου κοιτασμάτων (π.χ. πορφυρικού χαλκού, MVT, Kuroko, Shale-hosted κλπ.), έτσι που να μπορεί να συντονίσει τις προσπάθειές του στη σωστή εφαρμογή όλης αυτής της γνώσης για γρήγορη επιτυχία του τελικού στόχου, δηλαδή τον εντοπισμό κοιτασμάτων.

Μια σειρά παραδειγμάτων της χρήσης δεδομένων που προέρχονται από διαφορετικούς κλάδους των γεωεπιστημών (ορυκτολογία, πετρολογία, γεωχημεία, με την πλατειά έννοια των όρων), εδραιώνει την πρακτική τους σημασία και τον εφαρμοσμένο τους χαρακτήρα. Ωστόσο, η εκμετάλλευση όλης αυτής της προόδου των γεωεπιστημών προς την κατεύθυνση της αξιολόγησης και εντοπισμού του ορυκτού πλούτου δεν θα είναι ουσιαστική χωρίς την παράλληλη ανάπτυξη των αναλυτικών μεθόδων και της τεχνολογίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι όροι «βασική» και «εφαρμοσμένη» έρευνα χρησιμοποιούνται σε όλα σχεδόν τα επίπεδα με κάποια ελαστικότητα. Αυτή η ελαστικότητα τείνει όμως να δημιουργήσει, τουλάχιστον θεωρητικά, μια σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στους δύο παραπάνω όρους. Ωστόσο, στην πράξη μια τέτοια διαφορά δεν υπάρχει.

Ουσιαστικά, η «βασική» έρευνα στις γεωλογικές επιστήμες είναι μια αναγκαία επιδίωξη. Αν και δεν προσφέρει αποτελέσματα που έχουν άμεση εφαρμογή σε άμεσα προβλήματα ή ανάγκες του γεωλόγου που ασχολείται με την έρευνα εντοπισμού κοιτασμάτων (exploration geologist), ωστόσο προσφέρει στη καλύτερη γνώση των γεωλογικών φαινομένων και πορειών. Μέρος των παραπάνω φαινομένων αποτελούν οι μεταλλογενετικές πορείες που αν αναπαρασταθούν σωστά συντελούν στη γνώση της συμπεριφοράς και έκφρασης των διάφορων κοιτασματολογικών τύπων.

Ο γεωλόγος που διατηρείται ενήμερος κάθε καινούργιου βήματος της «βασικής» γεωλογικής έρευνας και είναι σε θέση να την εισάγει στα αντίστοιχα γεωλογικά μοντέλλα γένεσης κοιτασμάτων (π.χ. τύποι Κύπρου, Kieslager, Kuroko, shale-hosted, MVT, πορφυρικού χαλκού κλπ.) μπορεί να συντονίσει όλες του τις προσπάθειες για

1. Δρ Γεωλόγος, Επιστημονικός Σύμβουλος ΙΓΜΕ

τη σωστή μεθόδευση και εφαρμογή όλης αυτής της γνώσης για τον εντοπισμό τους. Δηλαδή, με άμεση χρήση των αποτελεσμάτων της «βασικής» γεωλογικής έρευνας μεταπίπτουμε αυτόματα στην «εφαρμοσμένη». Η εξαγωγή και άμεση χρήση των αποτελεσμάτων της «βασικής» έρευνας προϋποθέτει την παράλληλη εργαστηριακή ανάπτυξη (π.χ. ΑΑ, ICP, XRF, INAA, κ.α.) και υποστήριξη του αντίστοιχου προγράμματος.

Με σκοπό να καταδειχτεί η σημασία της χρησιμοποίησης των βασικών γεωλογικών και εργαστηριακών παραμέτρων στην αποτελεσματική έρευνα για τον εντοπισμό μεταλλικών συγκεντρώσεων, επιλέγεται εδώ σαν παράδειγμα η οικογένεια των συμπαγών θειούχων κοιτασμάτων των βασικών μετάλλων. Η συζήτηση που ακολουθεί στηρίζεται στη γνώση που έχουμε για τα ευρύτερης εξάπλωσης κοιτάσματα, της παραπάνω οικογένειας, που αναλογικά μπορεί να επεκταθεί και σε άλλες κοιτασματολογικές κατηγορίες και τύπους.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

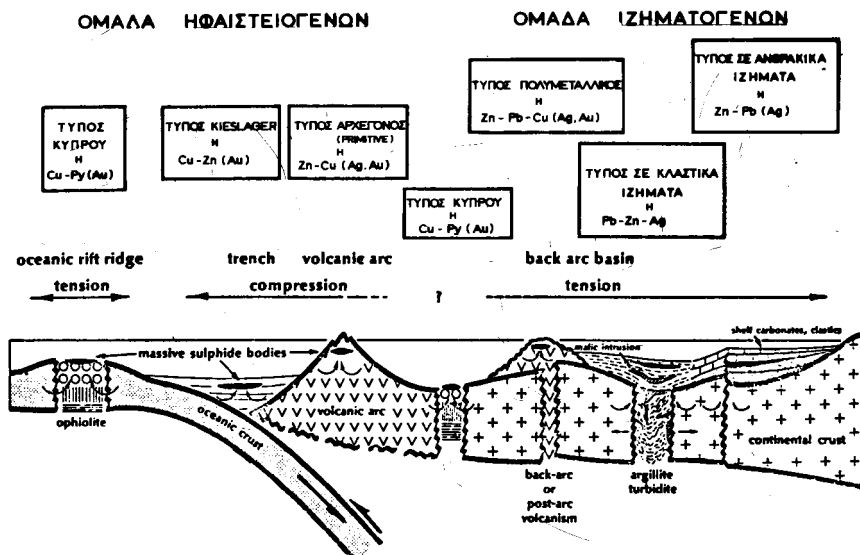
Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 15-20 χρόνων οι γεωλογικές μελέτες (υπαίθριες και εργαστηριακές) γύρω από τον μηχανισμό της γένεσης υδροθερμικών κοιτασμάτων έχει συντελέσει στην ουσιαστική διαφοροποίηση των θέσεων της πλειονότητας των γεωλόγων μακριά από την υπόθεση ότι η πηγή των υδροθερμικών διαλυμάτων ήταν έξω και σε κάποια απόσταση (π.χ. κάποιος γρανίτης) από το άμεσο γεωλογικό περιβάλλον των κοιτασμάτων.

Τα συμπαγή θειούχα κοιτάσματα (massive sulfide ore deposits) αποτελούν μια κοιτασματολογική οικογένεια με ουσιαστική οικονομική σημασία στη διεθνή αγορά τόσο για την προσφορά τους στα βασικά μέταλλα Cu, Pb, Zn όσο και τα ευγενή Au και Ag. Οι τύποι των κοιτασμάτων που αποτελούν την παραπάνω κοιτασματολογική οικογένεια απαντούν (1) σε ποικιλία γεωτεκτονικών περιβαλλόντων και (2) σε όλο το γεωλογικό πλαίσιο από τον Αρχαϊκό μέχρι και σήμερα όπως έχει διαπιστωθεί από τις τελευταίες ανακαλύψεις μεταλλοφόρων υδροθερμικών συστημάτων στον ωκεάνιο βυθό (Francheteau et al., 1979; Spies et al., 1980; Hekinian et al., 1980; Delaney et al., 1983; Scott et al., 1983). Η οικογένεια των κοιτασμάτων αυτών που έχει μεταλλογενετική σχέση και με αυτές των πορφυρικού και Mississippi Valley (Hutchinson, 1980) αποτελείται από τους πιο κάτω τύπους:

- (1) Τύπος Κύπρου ή Cu-Py (Au)
- (2) Τύπος Kieslager ή Besshi ή Cu-Zn (Au) (Ηφαιστειογενής Ομάδα)
- (3) Τύπος Αρχέγονος (Primitive) ή Zn-Cu (Ag, Au)
- (4) Τύπος Κουρόκο ή Πολυμεταλλικός ή Zn-Pb-Cu (Au-Ag) (Ιζηματογενής Ομάδα)
- (5) Τύπος σε κλαστικά ιζήματα (Clastic Hosted) ή Pb-Zn (Ag) Ομάδα
- (6) Τύπος σε ανθρακικά ιζήματα (Carbonate Hosted) ή Zn-Pb (Ag)

Η κατανομή κάθε κοιτασματολογικού τύπου της παραπάνω οικογένειας τόσο στο χώρο - δηλαδή σε συγκεκριμένο γεωτεκτονικό περιβάλλον - όσο και στο χρόνο δείχνει μια στενή και αμφιμονοσήμαντη σχέση μεταξύ γεωτεκτονικού περιβάλλοντος και κοιτασματολογικού τύπου (Hutchinson, 1980). Η Εικόνα 1 δείχνει την τοποθέτηση των έξι παραπάνω τύπων των συγγεντικών συμπαγών θειούχων

κοιτασμάτων πάνω σε μια πλήρη ανάπτυξη των γεωτεκτονικών περιβαλλόντων σύμφωνα με τη θεωρία των πλακών ή κύκλο Wilson (1968).



Εικ. 1. Σχέση Γεωτεκτονικού περιβάλλοντος (σύμφωνα με τη θεωρία των πλακών) και κοιτασματολογικοί τύποι της οικογένειας των συγγεντικών συμπαγών θειούχων κοιτασμάτων των βασικών μετάλλων (Hutchinson, 1980).

Ωστόσο, στη χώρα μας δεν έχει δοθεί η αντίστοιχη προσοχή όσον αφορά τις δυνατότητες που προσφέρει η προσεκτική μελέτη και ταξινόμηση των γνωστών συμπαγών θειούχων κοιτασμάτων από την μια πλευρά και ο καθορισμός των γεωτεκτονικών περιβαλλόντων σύμφωνα με τη θεωρία των πλακών από την άλλη. Το ερώτημα λοιπόν που γεννιέται είναι. Ποιές είναι αυτές οι δυνατότητες;

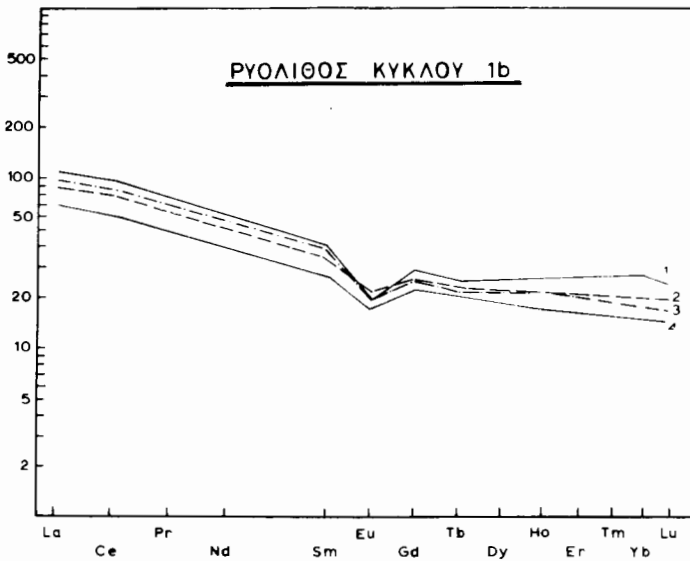
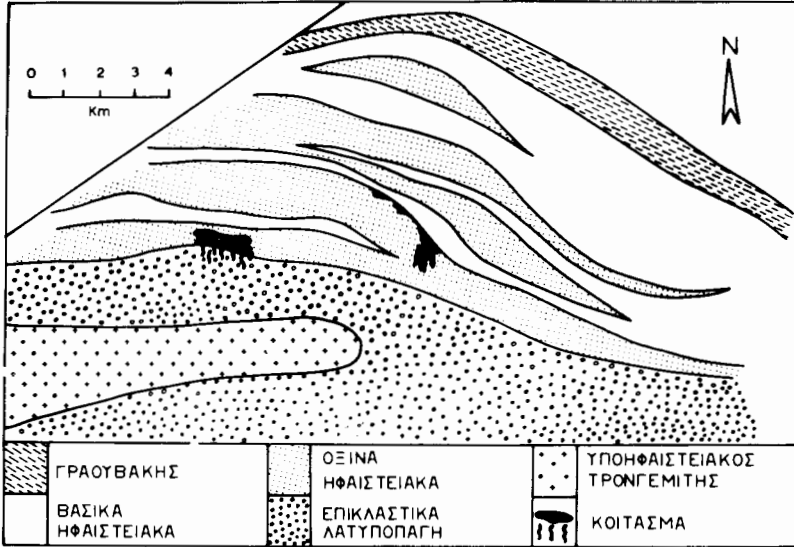
- (1) Ο χαρακτηρισμός του γεωτεκτονικού περιβάλλοντος ή η ταξινόμηση ενός ήδη εντοπισμένου συμπαγούς θειούχου κοιτάσματος είναι απαραίτητα (α) για τον καθορισμό του κοιτασματολογικού τύπου της παραπάνω οικογένειας που μπορεί να εντοπισθεί σ' αυτό το περιβάλλον ή (β) για τον χαρακτηρισμό του γεωτεκτονικού περιβάλλοντος, αντίστοιχα. Και παραπέρα, το ουσιαστικότερο.
- (2) Επειδή η διεθνής εμπειρία μας παρέχει συγκεκριμένες ερευνητικές παραμέτρους σε διάφορες κλίμακες (μικρές και μεγάλες) για τον εντοπισμό κάθε ένα από τους έξι πιο πάνω κοιτασματολογικούς τύπους ξεχωριστά η αναγκαιότητα της γνώσης που περιγράφεται στο (1) για την ορθολογική και επιστημονικά τεκμηριωμένη ανάπτυξη των ερευνητικών προγραμμάτων εντοπισμού κοιτασμάτων είναι πέρα από κάθε αμφισβήτηση.

Κατά συνέπεια τα (1) και (2) παραπάνω μπορεί να αναπτυχθούν μέσα από συντονισμένα και μικρής διάρκειας ερευνητικά προγράμματα που χρησιμοποιούν τις παραμέτρους που παρέχει - κατά περίπτωση - η διεθνής γεωλογική εμπειρία, αν θέλουμε να αντιμετωπίσουμε και στη χώρα μας άμεσα και με επιτυχία τη

δυνατότητα εντοπισμού νέων κοιτασμάτων. Ωστόσο, η ανάπτυξη καινούργιας μεθοδολογίας και τεχνικών εντοπισμού κοιτασμάτων μέσα από μακροπρόθεσμα ερευνητικά προγράμματα πρέπει να αποτελέσει στόχους ευρύτερου προγραμματισμού. Η ανάπτυξη που ακολουθεί έχει σαν στόχο να δείξει τον εφαρμοσμένο χαρακτήρα που μπορεί να αποκτήσουν διάφοροι κλάδοι των γεωεπιστημών όταν αξιοποιηθούν στην κατάλληλη κλίμακα και για τον συγκεκριμένο κοιτασματολογικό τύπο της οικογένειας των συμπαγών θειούχων κοιτασμάτων. Στην προκειμένη περίπτωση έχει χρησιμοποιηθεί ο ηφαιστειογενής τύπος (μη οφιολιθικός) με αντιπροσωπευτικά παραδείγματα κοιτασμάτων από την Ιαπωνία και τον Καναδά.

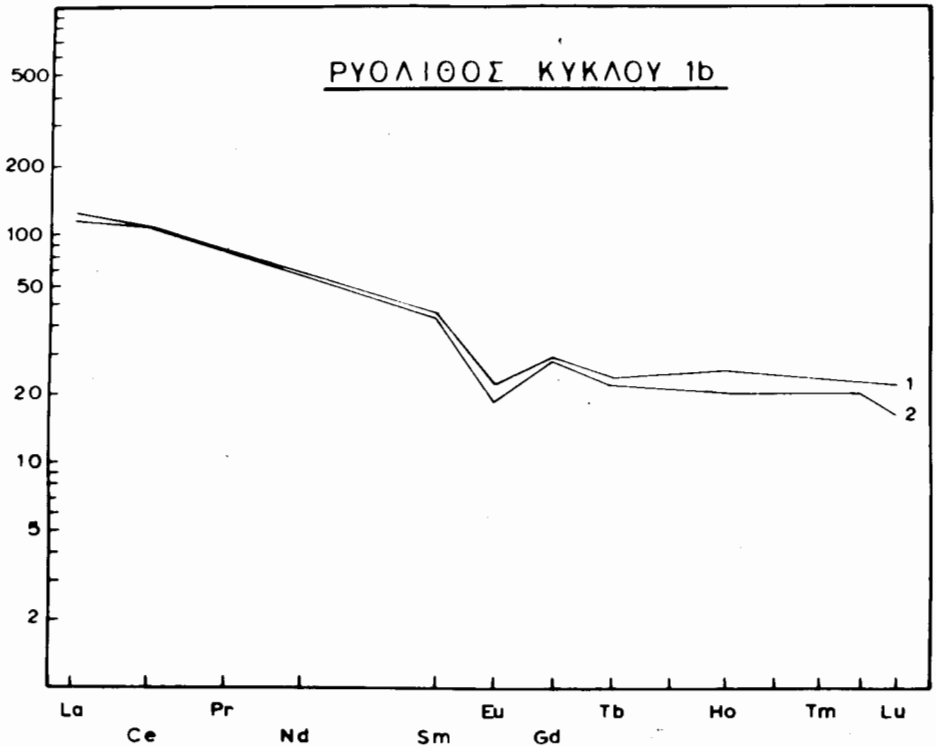
Η μελέτη των σπάνιων γαιών (REE) σε εκρηξιγενή (πλουτώνια, υποηφαιστειακά, ηφαιστειακά), ιζηματογενή και μεταμορφωμένα ισοδύναμα πετρώματα έχει κύρια στόχους (α) πετρογενετικούς και (β) προέλευσης των REE. Ωστόσο, οι Campbell et al. (1981a και 1981b) απέδειξαν και τον εφαρμοσμένο τους χαρακτήρα. Η πλειονότητα των ηφαιστειογενών συμπαγών θειούχων κοιτασμάτων **συνδέεται χωρικά** (τουλάχιστον) με την όξινη **ηφαιστειακή φάση** ενός βασικού και όξινου ηφαιστειακού κύκλου (bimodal volcanic cycle). Η παρουσία των ηφαιστειακών υποδηλώνει την ύπαρξη πλουτώνιων και υποηφαιστειακών σωμάτων (αν δεν είναι ορατά στην ύπαιθρο) που θεωρούνται ότι έπαιξαν το ρόλο της θερμικής εστίας η οποία οδήγησε στη δημιουργία μεταλλογενετικού υδροθερμικού συστήματος (Cathles, 1978). Η παρατήρηση αυτή στο σύνολό της έχει αποτελέσει και αποτελεί μια ουσιαστική παράμετρο που πρέπει να πιστοποιηθεί στα αρχικά στάδια κάθε ερευνητικού προγράμματος που στοχεύει στον εντοπισμό θειούχων κοιτασμάτων του τύπου που προαναφέρθηκε, στο αντίστοιχο βέβαια γεωτεκτονικό του περιβάλλον. Ατυχώς, υπάρχουν και **όξινα ηφαιστειακά που δεν συνδέονται** με θειούχα κοιτάσματα. Οι Campbell et al. (1981a - 1981b) απέδειξαν ότι οι REE των όξινων ηφαιστειακών που συνδέονται με την παρουσία θειούχων κοιτασμάτων έχουν σχεδόν επίπεδο σχήμα (flat REE pattern) με χαρακτηριστική αρνητική ανωμαλία του Eu. Αντίθετα, οι REE των όξινων ηφαιστειακών που στερούνται θειούχων κοιτασμάτων έχουν κεκλιμένο σχήμα (steep REE pattern) που χαρακτηρίζεται από την έλλειψη ή ύπαρξη μικρής αρνητικής ανωμαλίας του Eu. Η Εικόνα 2 δείχνει τη σχέση των κοιτασμάτων (προβολή στην επιφάνεια) με τα όξινα ηφαιστειακά σε ένα απλοποιημένο γεωλογικό χάρτη της περιοχής Strugeon Lake (Καναδάς). Οι Εικόνες 3 και 4 παρουσιάζουν τα σχήματα των REE για τα όξινα ηφαιστειακά των κύκλων 1a και 1b (Franklin, 1978) που είναι και οι ξενιστές των κοιτασμάτων και είναι σε συμφωνία με την διαπίστωση των Campbell et al. (1981b). Τα παραπάνω συμπεράσματα, όσον αφορά τις σπάνιες γαίες, έχουν γενική ισχύ μια και έχει μελετηθεί το περιβάλλον ενός εξαιρετικά μεγάλου φάσματος ηφαιστειογενών θειούχων κοιτασμάτων μεταξύ των οποίων και αυτό των κοιτασμάτων Κουρόκο της Ιαπωνίας.

Οπλισμένοι με τις παραπάνω διαπιστώσεις αν διευρύνουμε την κλίμακα παρατήρησης γύρω από τον συγκεκριμένο στρωματογραφικό ορίζοντα της στενής περιοχής των κοιτασμάτων Fukazawa που βρίσκονται στο κέντρο της λεκάνης Hokuroku της Ιαπωνίας (Εικ. 5), τότε συστηματική μελέτη του βαθμού εξαλλοίωσης (εκφρασμένου από τον δείκτη εξαλλοίωσης R^{\prime}) του στρωματογραφικού ορίζοντα (ore horizon



Εικ. 2. Απλοποιημένη οριζοντιογραφία της γεωλογικής σύνθεσης της περιοχής Sturgeon Lake (Καναδάς) και της θέσης των κοιτασμάτων (προβολή στην επιφάνεια). Οι κλίσεις βυθίζονται προς βορρά (Campbell et al., 1981a).

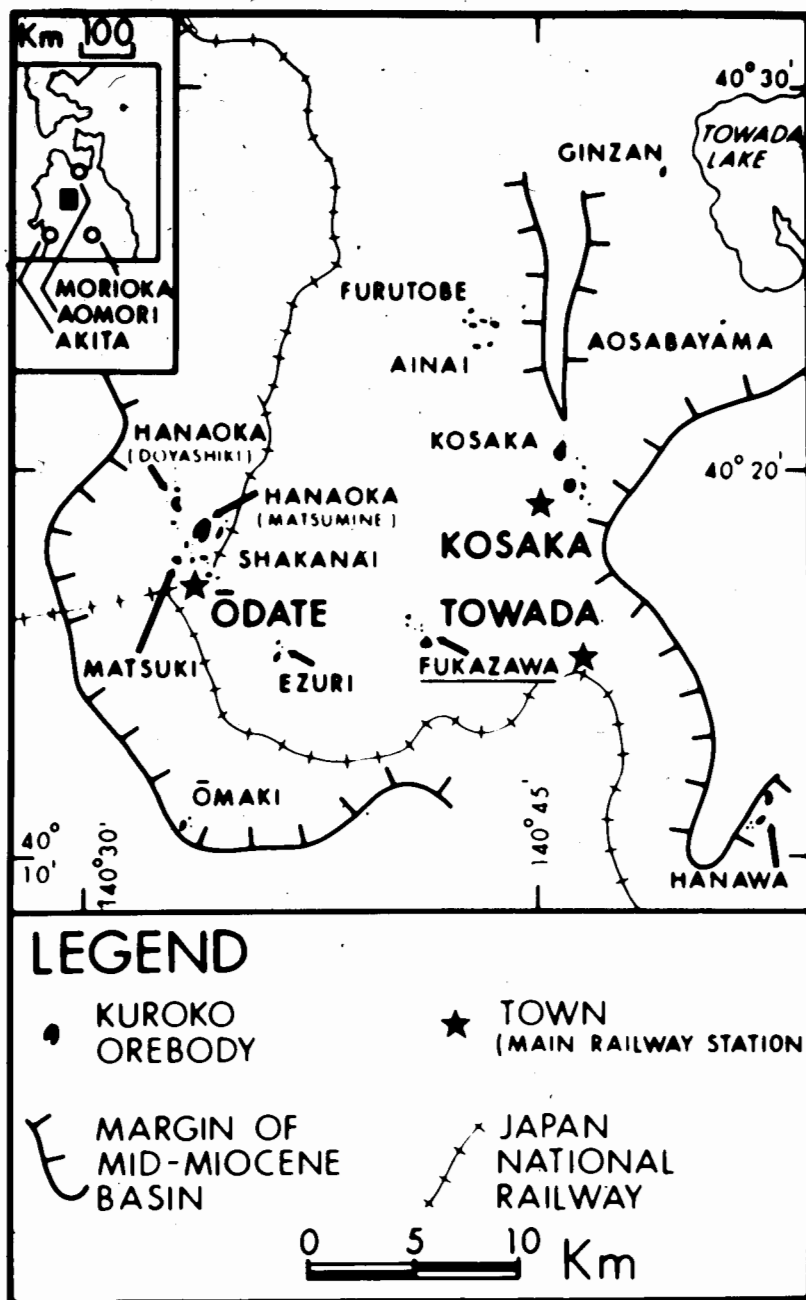
Εικ. 3. Σχήμα των REE σε σχέση με τους χονδρίτες για τέσσερα δείγματα του ρυολίθου του κύκλου 1a (Sturgeon Lake, Campbell et al., 1981a).



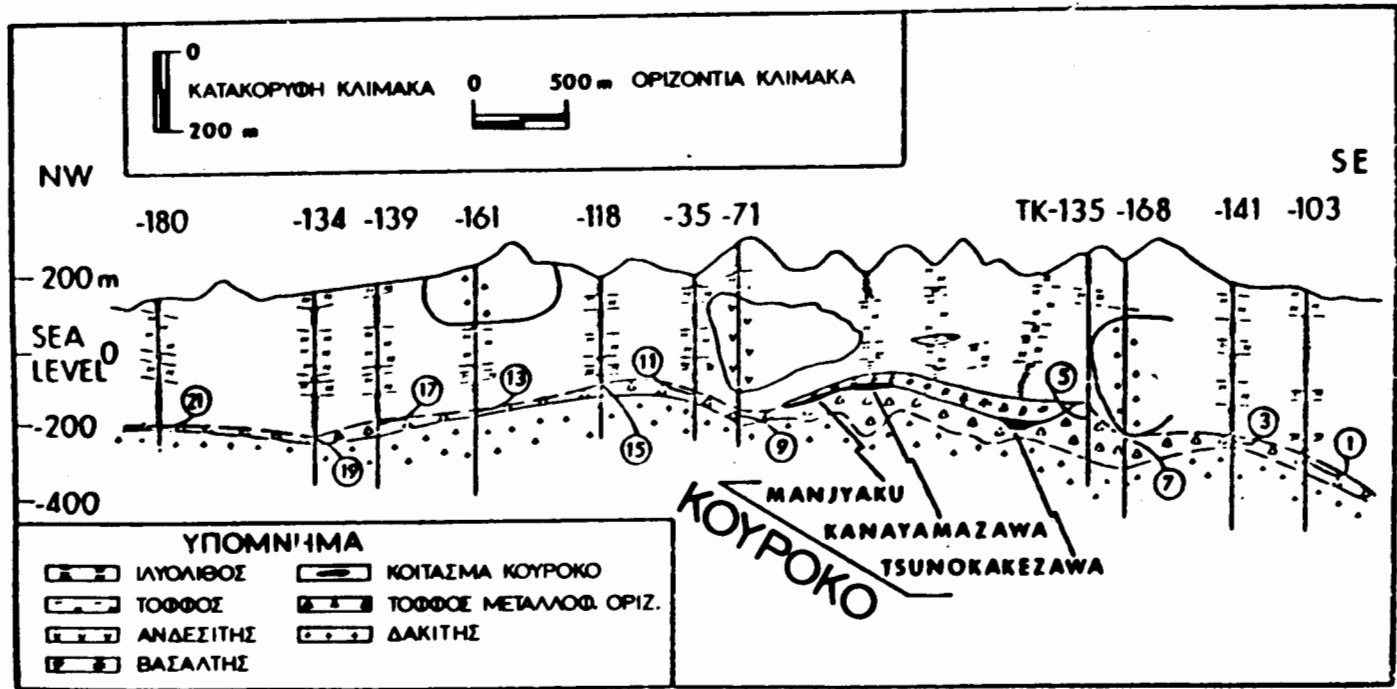
Εικ. 4. Σχήμα των REE σε σχέση με τους χονδρίτες για δύο δείγματα του ρυολίθου του κύκλου 1b (Strugeon Lake, Campbell et al., 1981a).

Tuff) κατά μήκος του οποίου απαντούν τα κοιτάσματα (Εικ. 6) μπορεί να προσανατολίσει την έρευνα οικονομικότερα και με αυξημένες πιθανότητες επιτυχίας (Εικ. 7). Ο δείκτης της εξαλλοίωσης R% είναι συνώνυμος με την αντικατάσταση των αστρίων και την παράλληλη ανάπτυξη χλωρίτη και σερικήτη σε κάποια απόσταση γύρω από και μέσα στο κοιτάσμα. (Shirozu, 1974). Η εφαρμογή του, ωστόσο, σε αντίστοιχα με τα Κουρόκο μεταμορφωμένα συστήματα γίνεται προβληματική ιδιαίτερα όταν πρόκειται για αλλοχημική μεταμόρφωση. Κατά συνέπεια μια ουσιαστική εφαρμογή του R% σε μεταμορφωμένα συστήματα προϋποθέτει την απόδειξη ότι η μεταμόρφωση των χαρακτηριστικών οριζόντων ήταν ισοχημική. Αν θέλουμε να γίνουμε ακόμα πιο λεπτομερείς, μέσα στη ζώνη εξαλλοίωσης του σερικήτη + χλωρίτη (Shirozu 1974), η κρυσταλλικότητα του σερικήτη αυξάνεται όσο πλησιάζουμε τα κοιτάσματα Κουρόκο.

Ο βαθμός κρυσταλλικότητας του σερικήτη μπορεί να εκφραστεί στο ακτινογράμμα (XRD) από το λόγο $W1/W2$, όπου W1 και W2 είναι το πλάτος στο μέσο των ανακλάσεων 10-11Å και 5Å, αντίστοιχα (Shirozu, 1974, Kalogeropoulos and Scott, 1983a). Προφανώς η μεταμόρφωση έχει σαν αποτέλεσμα την καθολική αύξηση της κρυσταλλικότητας του σερικήτη και κατά συνέπεια την αφαίρεση της δυνατότητας χρήσης του όπως διατυπώθηκε πιο πάνω για μη μεταμορφωμένα συστήματα.

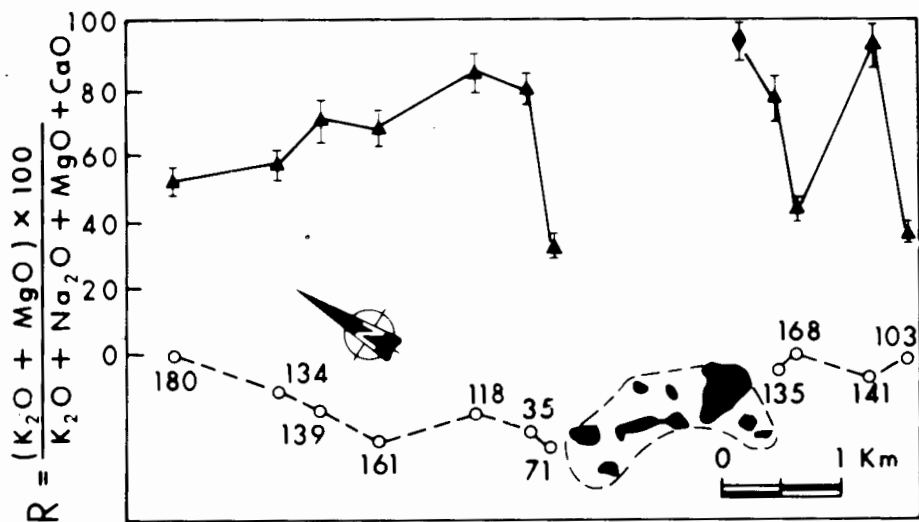


Εικ. 5. Θειούχα κοιτάσματα στη λεκάνη Hokuroku της Ιαπωνίας. Η υπογράμμιση δηλώνει αυτά που μελετήθηκαν από τους Kalogeropoulos and Scott (1983 α).



Εικ. 6. ΒΔ-ΝΑ τομή μέσω του κοίτασμα Κούροκο στην περιοχή των ορυζώντων πεδίων (πάνω) και θέσεις δειγμάτων (κάτω) από τον μεταλλοφόρο οριζόντα (Kalogeropoulos and Scott, 1983a).

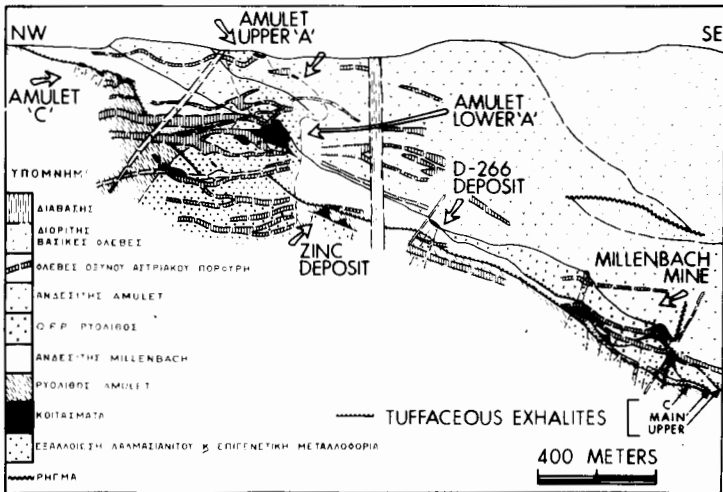
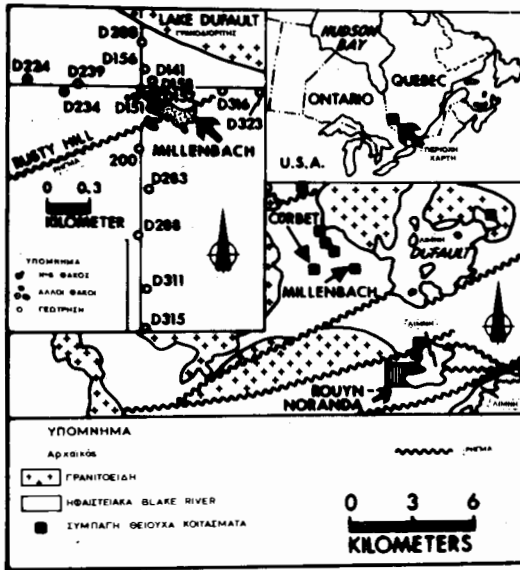
Τέλος, η μεταβολή της χημικής σύστασης ενός και του αυτού ορυκτού (π.χ. χλωρίτης) κατά μήκος του ίδιου στρωματογραφικού οριζοντα που περιέχει θειούχα κοιτάσματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης (διάνυσμα) προς τη μεταλλοφορία ακόμα και στα μεταμορφωμένα. Η Εικόνα 8 δείχνει την περιοχή της Noranda (Καναδάς) και το κοιτάσμα Millenbach που απετέλεσε και το αντικείμενο έρευνας από τους Kalogeropoulos and Scott (1983b). Η Εικόνα 9 δίνει τη στρωματογραφική σύνθεση και την κατανομή των κοιτασμάτων κατά μήκος μιας ΒΔ-ΝΑ τομής που περιέχει τα κοιτάσματα Amulet και Millenbach. Η Εικόνα 10 δείχνει τη μεταβολή της σύστασης του χλωρίτη και του πετρώματος (ελεύθερο θείου) με διάφορες περιεκτικότητες θείου σε σχέση με την απόσταση από το κοιτάσμα. Η αύξηση της περιεκτικότητας του πετρώματος σε θείο (Main Contact Tuff, Εικ. 9), παράλληλα με την πτώση του σιδήρου τόσο στο χλωρίτη όσο και το πέτρωμα δείχνουν την επίδραση του θείου και της σύστασης του πετρώματος στη σύσταση των χλωριτών (Kalogeropoulos and Scott, 1983b).



Εικ. 7. Μεταβολή του δείκτη εξαλλοίωσης ($R\%$) κατά μήκος της τομής της Εικ. 6. Εκτός δύο ανώμαλων δειγμάτων (Kalogeropoulos and Scott, 1983a) υπάρχει μια αύξηση του βαθμού εξαλλοίωσης του ίδιου οριζοντα με προσέγγιση του κοιτάσματος.

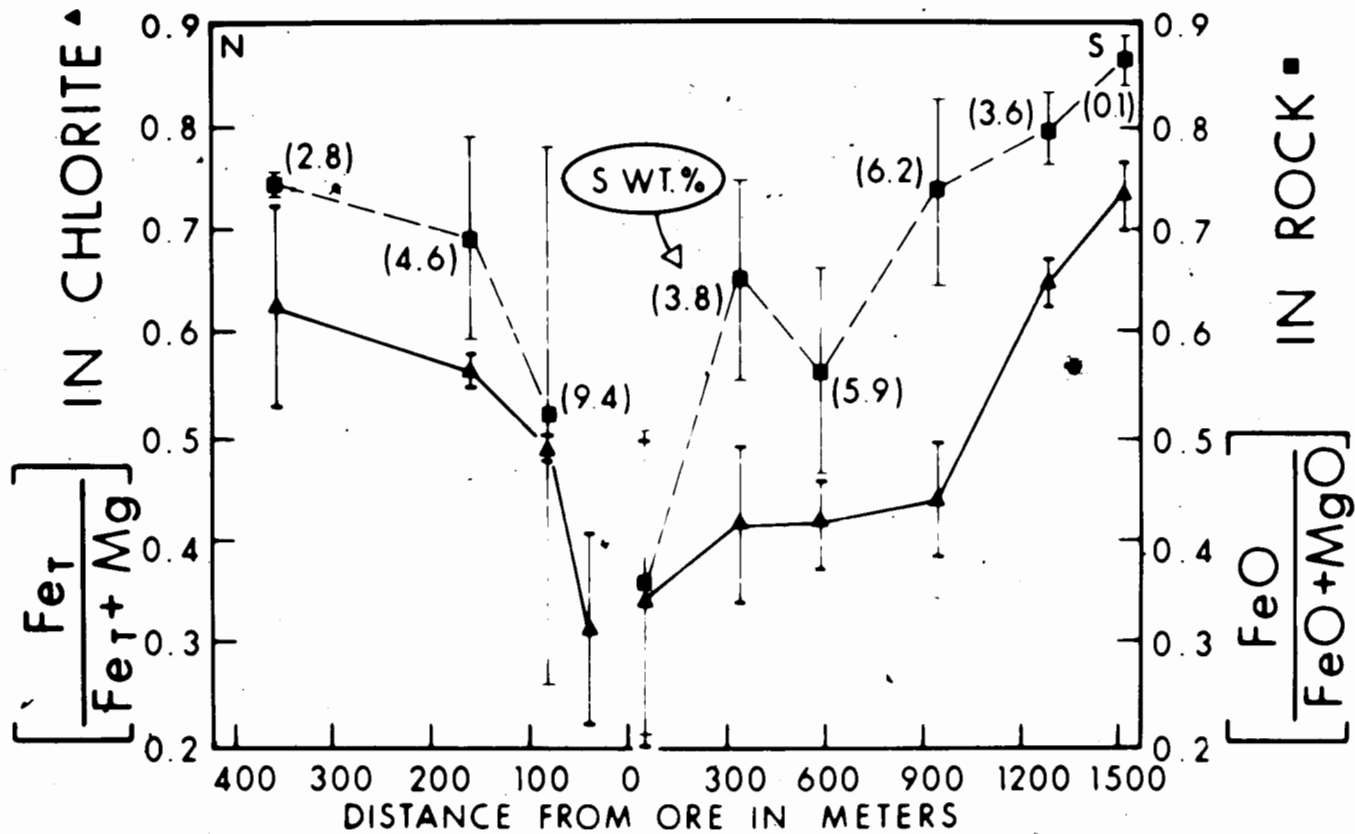
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η γεωλογική έρευνα (με την πλατειά έννοια του όρου), τις τελευταίες δεκαετίες, έχει προσφέρει ουσιαστικά στη γνώση των μεταλλογενετικών πορειών που έχουν οδηγήσει στη δημιουργία των διαφορετικού τύπου συμπαγών θειούχων κοιτασμάτων. Το γεωτεκτονικό περιβάλλον και οι φυσικοχημικές συνθήκες που επικρατούσαν κατά τη διάρκεια της δημιουργίας των κοιτασμάτων αυτών έχουν δώσει μια σειρά από ενδείξεις χαρακτηριστικές σε διαφορετικές κλίμακες παρατήρησης. Η αναγνώ-



Εικ. 8. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Noranda (Καναδά) με τις θέσεις των συμπαγών θειούχων κοιτασμάτων. Πάνω αριστερά δείχνει τις δύο τομές - που μελετήθηκε ο tuffaceous exhalite MCT και περιέχουν το κοιτάσμα Millenbach (φάκος Νο 6) Kalogeropoulos and Scott (1983b).

Εικ. 9. Στρωματογραφία και θειούχα κοιτάσματα κατά μήκος μιας ΒΔ-ΝΑ τομής που περιέχει τα κοιτάσματα Amulet και Millenbach. Οι tuffaceous exhalite είναι C=Contact, M=Main Contact and Upper=Upper Contact.



Εικ. 10 Μεταβολές της σύστασης των χλωριτών και του πετρώματος (ελεύθερο θείο) όσον αφορά τους λόγους Fe/Fe+Mg και των FeO/FeO+MgO, όσον αφορά το χημικό στοιχείο S, στο κοιτάσμα (τομή B-N).

ριση και κατάλληλη εκτίμηση των ενδείξεων αυτών μπορεί να οδηγήσει στον ευκολότερο καθορισμό περιοχών με υψηλές πιθανότητες εντοπισμού τυφλών θειούχων κοιτασμάτων. Η διαδικασία αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί μέσα από συντονισμένα προγράμματα μικρής διάρκειας τα οποία χρησιμοποιούν τα επιτεύγματα της διεθνούς γεωλογικής έρευνας (μεταλλογενετικά μοντέλλα). Η βασική γεωλογική έρευνα μέσα από τη θεωρητική και επιστημονική γνώση των μεταλλογενετικών φαινομένων και πορειών έχει προσφέρει και συνεχίζει να προσφέρει παραμέτρους, σε διάφορες κλίμακες, για τον εντοπισμό τυφλών κοιτασμάτων. Αυτές οι παράμετροι (π.χ. γεωτεκτονικό περιβάλλον, ηφαιστειότητα και τύπος, REE, εξαλλοιώσεις, ορυκτολογικές και ορυκτοχημικές μεταβολές) έχουν εφαρμοσμένο χαρακτήρα με αποτέλεσμα την ασαφή οριοθέτηση μεταξύ βασικής και εφαρμοσμένης γεωλογικής έρευνας. Τέλος οι ερευνητικές αυτές προσπάθειες μπορούν να στερηθούν επιτυχίας χωρίς τη χρήση συγχρόνων, σωστά οργανωμένων και παραγωγικών αναλυτικών εργαστηρίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- CAMPBELL I.H., Franklin, J.M., Gorton, M.P., and Scott, S.D. (1981a). The role of subvolcanic sills in the generation of massive sulfide deposits. *Econ. Geol.* V. 76, 2248-2253.
- CAMPBELL, I.H., Gorton, M.P. and Scott, S.D. (1981b). Rare earth elements as a guide to massive sulfide exploration. *Abstracts with Programs GAC-AMC-CGU*, Calgary, A-8.
- CATHLES, L.H. (1978). Hydrodynamic constraints on the formation of Kuroko deposits. *Min. Geol.* v. 28, 257-265.
- DELANEY, J.R., Johnson, H.P. and Kingston, M.J. (1983) Sulfide samples from the Juan de Fuca ridge at 47°57'N and 129°06'W. *With Abstracts Programs GAC-MAC-CGU*, Victoria B.C., A17.
- FRANCHETEAU, J. and CYAMEX GROUP (1979). Massive deep-sea sulfide ore deposits discovered on the East Pacific Rise. *Nature*. v. 277, 523-528.
- FRANKLIN, J.M. (1978) Petrochemistry of the South Strugeon Lake volcanic belt. in Smith I. E.M. and Williams J.C. (Edits). *Proceedings of the 1978 Archean Geochemistry Conference*. Toronto, Univ. Toronto Press 161-180.
- HEKINIAN, R., Ferrier, M. et al. (1980), Sulfide deposits from the East Pacific Rise near 21°N. *Science*, v. 207, 1433-1444.
- HUTCHINSON R.W. (1980), Massive base metal sulfide deposits as guides to tectonic evolution. *In Cont. Crust and its Mineral Deposits* (Edit. D. Strangway), G.A.C. Sp. Paper 20, 658-684.
- KALOGEROPOULOS S.I. and Scott, S.D. (1983a) Mineralogy and geochemistry of tuffaceous Exhalite (Tetsusekiei) in the Hanging Wall of the Fukazawa Kuroko Deposits, *Hokuroku District, Japan*. *Econ. Geol. Mon.* 5 in press.
- KALOGEROPOULOS, S.I. and Scott., S.D. (1983b). Mineralogy and geochemistry of an Archean Tuffaceous Exhalite: The Main Contact Tuff Millenbach Mine Area, Noranda, Quebec, Can. *J. Earth Sc. in press*.
- SCOTT, S.D. et. al. (1983) Guaymas basin, Gulf of California: An example of a ridge-crest hydrothermal system in a sedimentary environment. *Abstract with Programs, GAC-MAC-CGU*, Victoria B.C., A61.

- SHIROZU, H.**, (1974). Clay minerals in altered wall rocks of the Kuroko-type deposits, in Ishihara et al. (eds.) *Geology Special Issue V*, 6 Society of Mining Geologists, 803-810.
- SPIESS, F.N. and RISE GROUP** (1980). East Pacific Rise. Hot springs and geophysical experiments. *Science*, v. 207, 1421-1432.
- WILSON, J.T.** (1968) A revolution in the earth science, *Geotimes*, 13 (10), 10-16.