ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΜΑΡΓΑ™ΚΩΝ ΕΝΣΤΡΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΛΙΓΝΙΤΟΦΟΡΟΥ ΛΕΚΑΝΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑΣ-ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ, Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ* Χ. ΣΑΧΑΝΙΔΗΣ¹, Α. ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΣ², Α. ΦΙΛΙΠΠΙΔΗΣ², Α. ΚΑΣΩΛΗ-ΦΟΥΡΝΑΡΑΚΗ²

ΣΥΝΟΨΗ

Από τα ενεργά ορυχεία του Λιγνιτικού Κέντρου Πτολεμαίδας-Αμυνταίου ελήφθησαν 65 δείγματα μάργας Πλειοκαινικής ηλικίας, τα οποία αναλύθηκαν με τις μεθόδους ΙΝΑΑ και ICP-OES, για να προσδιορισθεί η περιεκτικότητα αυτών σε 39 ιχνοστοιχεία. Προσδιορίστηκε επίσης η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε άνθρακα, θείο και η απώλεια πύρωσης. Η περιεκτικότητα των στοιχείων ανά ορυχείο, η μερική στατιστική επεξεργασία τους και η σύγκριση με την Παγκόσμια Ανώτατη Μέση Τιμή των κυριοτέρων πετρωμάτων του Φλοιού της γης (Π.Α.Μ.Τ.Φ), μας επιτρέπει να εξάγουμε, σε πρώτη φάση, χρήσιμα συμπεράσματα ως προς την οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή των ιχνοστοιχείων μέσα στις μάργες του λιγνιτικού κοιτάσματος της Νεογενούς λεκάνης. Επίσης χρήσιμα συμπεράσματα προκύπτουν σε ότι αφορά τη συμπεριφορά των ιχνοστοιχείων των μαργαϊκών ενστρώσεων κατά τα διάφορα στάδια της εκμετάλλευσης, της καύσης και άλλων χρήσεων.

ABSTRACT

Sixty-five marl samples were collected from the outcrops of six active and one abandoned mine of Ptolemais-Amynteon Lignite Center, Northern Greece. Core samples were also collected from the West Field, a Neogene lignite deposit located at the same area. The concentrations of 39 trace elements were determined using Instrumental Neutron Activation analysis (INAA) and Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). Carbon and sulfur contents and the loss on ignition of the samples were also determined. The classification of the trace elements concentrations in each mine and their statistical processing allows determining the horizontal and vertical distribution in the coal deposits and in the entire basin. Regarding the vertical distribution of elements and geochemical groups, significant variations of the concentrations in both the different marl seams and the upper, intermediate and lower lignite seams were determined. The mining, processing, transportation, storage and utilization of marls release, among others, some amounts of trace elements into the environment. However, the low concentrations of all trace elements, except Pb in the South field, compared to the upper mean values of world rocks Crust (W.C-U.M.V) (enrichement factor <0.8) is of great environmental concern and prove the non hazardous role of the marl during mining, beneficiation and usage.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ιχνοστοιχεία μαργών, λιγνιτοφόρος σειρά, λεκάνη Πτολεμαίδας, Δ. Μακεδονία **ΚΕΥ WORDS:** trace elements in marls, lignite-bearing sequence, Ptolemais basin, Western Macedonia

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λιγνιτοφόρος λεκάνη Πτολεμαίδας-Αμυνταίου, η μεγαλύτερη και σημαντικότερη της Ελλάδος, φιλοξενεί τα μεγαλύτερα αποθέματα λιγνίτη της χώρας, 65-70% των συνολικών αποθεμάτων, ενώ τα βέβαια αποθέματα ξεπερνούν τα 4 δις. τόνους λιγνίτη (Koukouzas et al., 2000; Varvarousis et al., 2000). Είναι γνωστό ότι η εξόρυξη, η διακίνηση και οι αποθέσεις των υλικών εξόρυξης καθώς και η καύση του λιγνίτη στην περιοχή του λεκανοπεδίου Πτολεμαίδας δημιουργούν έντονα περιβαλλοντικά προβλήματα. Ιδιαίτερα περιβαλλοντικά προβλήματα όμως, είναι δυνατόν να δημιουργήσουν και οι συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στις μαργαϊκές ενστρώσεις, οι οποίες συνεξορύσονται με τα λιγνιτικά στρώματα κατά την εκμετάλλευση των κοιτασμάτων. Όπως στην καύση των λιγνιτών τα ανόργανα συστατικά υφίστανται μια σειρά φυσικών και χημικών μεταβολών και τα

^{*} TRACE ELEMENT CONTENTS IN MARLS OF THE PTOLEMAIS-AMYNTEON LIGNITE BASIN, WESTERN MACEDONIA, GREECE

^{1.} ΔΕΗ/ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑΣ-ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ/ΤΟΜΕΑΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, 502 00 ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ.

^{2.} APISTOTEAEIO ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ, ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ-ΚΟΙ-ΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ, 540 06 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ. e-mail address: ageorgak@geo.auth.gr

χύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία μπορεί να συγκεντρωθούν στην ιπτάμενη και την καταπίπτουσα τέφρα (Kassoli-Fournaraki et al. 1993; Sachanidis et al. 2000), το ίδιο, αλλά σε μικρότερο βαθμό, συμβαίνει και με τις μάργες. Ω_{ζ} ιχνοστοιχεία ορίζουμε τα στοιχεία των οποίων η συγχέντρωση σε μια λιγνιτοφόρα στιβάδα είναι μιχρότερη του 0.02% (200ppm ή λιγότερο). Η περιεκτικότητα των ιγνοστοιγείων στις λιγνιτοφόρες λεκάνες εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως την προσφορά ιχνοστοιχείων κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών, τον εμπλουτισμό κατά την αποσύνθεση, ταφή και καταβύθιση της οργανικής ύλης, την ιζηματογένεση και τη διαγένεση, την ενανθράχωση και τέλος τη δημιουργία νέων ορυκτών, ενώ από την άλλη μεριά η κατακόρυφη και οριζόντια μεταβολή των ιχνοστοιχείων σε μια λιγνιτοφόρα λεχάνη επηρεάζεται από γεωλογικές παραμέτρους, όπως η φύση και η έκπλυση των πετοωμάτων, το υδρολογικό δίκτυο της περιοχής, το κλίμα, η γεωχημική σύσταση των περιβαλλόντων πετρωμάτων, η έκπλυση των πετρωμάτων του υπεδάφους και των περιθωρίων της λεκάνης ιζηματογένεσης και η έκπλυση πάνω και κάτω από τις λιγνιτοφόρες στιβάδες (Finkelman 1993; Swaine and Goodarzi, 1995; Filippidis et al. 1996a, 1996b; Christanis et al. 1998; Georgakopoulos 2001). Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων του προσδιορισμού της μέσης περιεκτικότητας σε 39 ιχνοστοιχεία 65 μαργαϊκών δειγμάτων των ορυχείων της λεκάνης Πτολεμαίδας-Αμυνταίου, η ταξινόμηση αυτών χατά ορυχείο, ο συσχετισμός τους με την Παγχόσμια Ανώτερη Μέση Τιμή των χυριοτέρων πετρωμάτων του Φλοιού της γης (Π.Α.Μ.Τ.Φ) και η εξαγωγή των πρώτων γενικών συμπερασμάτων ως προς την οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή τους καθώς επίσης και η διερεύνηση της περιβαλλοντικής τους σημασίας.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα 65 μαργαϊκά δείγματα πάρθηκαν από έξι ενεργά ορυχεία του Λιγνιτικού Κέντρου Πτολεμαίδας-Αμυνταίου (ΛΚΠ-Α): Ορυγείο Νοτίου Πεδίου, Ορυγείο Τομέα 6, Ορυγείο Πεδίου Κομάνου, Ορυγείο Βορείου Πεδίου, Ορυχείο Πεδίου Αμυνταίου, Ορυχείο Απόφυσης Αναργύρων, από το εξοφλημένο ορυχείο του Πεδίου Καρδιάς και από πυρηνοληψία στο υπό διάνοιξη Ορυχείο Δυτικού Πεδίου. Η δειγματοληψία έγινε στα ανοικτά πρανή των ορυχείων ακολουθώντας την επιμέρους λιθοστρωματογραφική ενότητα κάθε ορυχείου. Η συλλεχθείσα ποσότητα του δείγματος (10 κιλά περίπου) αντιπροσώπευε όλο το πάχος του γεωλογικού στρώματος ή της στιβάδας. Η εργαστηριαχή επεξεργασία των δειγμάτων περιελάμβανε την ξήρανση των δειγμάτων σε θερμοχρασία 20°C για χρονικό διάστημα 15 ημερών και θραύση σε αχάτινο γουδί. Το μέγεθος των κονιοποιημένων χόχχων δεν ξεπέρασε σε χοχχομετρία το 1mm. Λόγω του μεγάλου αριθμού των μαργαϊχών στρωμάτων που υπάρχουν μέσα στο λιγνιτικό κοίτασμα (22 μαργαϊκά στρώματα στο Ορυχείο Νοτίου Πεδίου) και της μεγάλης διαχύμανσης που παρουσιάζει το πάχος τους (από χιλιοστομετρικές ενστρώσεις ως 14μ. το μέγιστο), ο αριθμός των δειγμάτων που πάρθηκε σε συνάρτηση με το πάχος του κοιτάσματος, περιορίσθηκε από 3 ως 10 ανά ορυχείο. Η ταξινόμηση των δειγμάτων (Πίναχας 1) αχολουθεί τη χρονοστρωματογραφική σειρά από τα ανώτερα προς τα κατώτερα μαργαϊκά στρώματα του κοιτάσματος (π.χ. το δείγμα SM4 προέρχεται από το πρώτο μαργαϊκό στρώμα του Ορυγείου Νοτίου Πεδίου, ενώ το δείγμα SM19 από το τελευταίο). Για τα υπόλοιπα ορυχεία η ταξινόμηση είναι: ΤΕΜ4-ΤΕΜ19 Ορυχείο Τομέα 6, KRM3-KRM15 Ορυχείο Καρδιάς, KMM1-ΚΜΜ17 Ορυχείο Κομάνου, ΝΜ3-ΝΜ19 Ορυχείο Βορείου Πεδίου, WM4-WM23 Ορυχείο Δυτικού Πεδίου, ΑΜΜ4-ΑΜΜ23 Ορυχείο Πεδίου Αμυνταίου, ΑΡΜ5-ΑΡΜ9 Ορυχείο Απόφυσης Αναργύρων Αμυνταίου. Οι χημικές αναλύσεις των ιχνοστοιχείων έγιναν με τη μέθοδο INAA (Instrumental Neutron Activation analysis) και ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry). Ειδικότερα με ICP αναλύθηκαν τα στοιχεία Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Cd και Bi. Η προετοιμασία για την ανάλυση αυτών των στοιχείων περιελάμβανε ολική διαλυτοποίηση με χρήση υδροχλωρικού οξέος (HCl), νιτρικού οξέος (HNO₂), υδροφθορικού οξέος (HF) και υπερχλωρικού οξέος (HClO.). Τα στοιχεία Ba, Sr, Y, Sc, Zr, Be και V προετοιμάσθηκαν με σύντηξη, χρησιμοποιώντας μεταβορικό ή τετραβορικό οξύ LiB_.O./LiBO., Με ΙΝΑΑ αναλύθηκαν τα στοιχεία Au, As, Br, Co, Cs, Hf, Ir, Mo, Rb, Sb, Sc, Se, Ta, Th, U, W και οι σπάνιες γαίες (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu). O προσδιορισμός του θείου (S) και του άνθρακα (C) έγινε με συσκευή LECO. Προσδιορίσθηκε επίσης και η απώλεια πύρωσης. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του μέσου όρου της συγκέντρωσης κάθε ιχνοστοιχείου ανά ορυχείο, όπως και η μέση τιμή της συγκέντρωσης του συνόλου των ορυχείων σε σύγκριση με την Π.Α.Μ.Τ.Φ και τον προκύπτοντα συντελεστή εμπλουτισμού.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι η περιεκτικότητα σε ιχνοστοιχεία των μαργών του λιγνιτικού κοιτάσματος της λεκάνης Πτολεμαίδας-Αμυνταίου βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα συγκρινόμενη με την Ανώτατη Μέση Τιμή των κυριοτέρων πετρωμάτων του Φλοιού της γής (Π.Α.Μ.Τ.Φ) (Rose et al. 1979; Mason and Moore 1982; Faure 1991; Krauskopf and Bird 1995). Μοναδική εξαίρεση αποτελεί η περιεκτικότητα του μολύβδου (Pb) στο

Οουγείο Νοτίου Πεδίου, η οποία συγχοινόμενη με την Π.Α.Μ.Τ.Φ εμφαγίζεται ελαφοά εμπλουτισμένη (1.33). Ο συντελεστής εμπλουτισμού, που προκύπτει από το πηλίκο της μέσης τιμής ορυχείων με την Π.Α.Μ.Τ.Φ, είναι γαμηλός ως πολύ γαμηλός (<0.8) για τα στοιγεία As, Au, Ba, Be, Br, Co, Cr, Cs, Cu, Hf, Mo, Ni, Pb, Rb, Sc, Ta, Th, U, V, Zn, Zr, Sn, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb και Lu. Έξι στοιχεία (Ag, Bi, Cd, Ir, Se και W) παρουσιάζουν συγχεντρώσεις χαμηλότερες ή παρόμοιες με αυτή του ορίου ανιχνευσιμότητας της μεθόδου ανάλυσης. Διαφοροποίηση στην κατανομή των ιχνοστοιχείων παρατηρείται κατά την οριζόντια και κατακόρυφη ανάπτυξη των μαργαϊχών στρωμάτων εντός του χοιτάσματος χαι της λεχάνης. Έτσι, στα ορυχεία Νοτίου πεδίου χαι Τομέα 6, δηλαδή στα νότια τμήματα της λεκάνης, παρατηρούνται οι μικρότερες περιεκτικότητες στα στοιγεία Rb. Sc. Th. U, Ba, Y, Sn, Zr, Be, V, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb και Lu. Μεγαλύτερες περιεκτικότητες παρατηρούνται στο Ορυγείο Καρδιάς (κεντρικά τμήματα λεκάνης) στα στοιχεία Hf, Sb, Th, U, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Ba και Sr, στο Δυτικό Πεδίο (κεντρικά τμήματα λεκάνης) στα στοιχεία Co, Hf, Rb, Tb, Yb, Y και Sn και στο Ορυχείο Αμυνταίου στα στοιχεία Br, Sc, Ni, Be και V. Αύξηση της περιεκτικότητας των ιχνοστοιχείων από τα κεντρικά τμήματα της λεχάνης προς τα βόρεια παρατηρείται στα στοιχεία Rb, Cr, Cu, Zn, Ni, Ba και στις σπάνιες γαίες (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu). Κατά την κατακόρυφη ανάπτυξη του κοιτάσματος υπάρχει εμφανής διαφοροποίση της περιεχτιχότητας των ιχνοστοιχείων. Η ενδιάμεση μαργαϊχή στιβάδα του Νοτίου Πεδίου εμφανίζει τις μεγαλύτεgες πεgιεκτικότητες στα πεgισσότεgα σχεδόν στοιχεία, εκτός των Pb και Sr, που έχουν τις μεγαλύτερες περιεκτικότητες στα δύο τελευταία στρώματα του κοιτάσματος. Οι μεγαλύτερες επίσης περιεκτικότητες για την πλειοψηφία των ιχνοστοιχείων, παρατηρούνται στα δύο πρώτα μαργαϊκά στρώματα της ανώτερης λιγνιτικής στιβάδας του Ορυχείου Καρδιάς, στα ανώτερα και κατώτερα στρώματα του Ορυχείου Κομάνου, στο κατώτερο στρώμα του Βορείου Πεδίου, στα κατώτερα του Δυτικού πεδίου και Αμυνταίου (Άνω Μειοκαινικές μάργες) και για τα περισσότερα στοιχεία της Απόφυσης Αναργύρων. Στο Ορυχείο Κομάνου η διαφοροποίηση της συγκέντρωσης στα ιχνοστοιχεία Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Sn, Ba, Sr, Y, Zr, Be, V, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu μεταξύ της ανώτερης και κατώτερης λιγνιτικής στιβάδας γίνεται πιο εμφανής με αύξηση της συγκέντρωσης στην κατώτερη στιβάδα. Επίσης, από τον Πίνακα 1 προκύπτει ότι η τιμή της συγκέντρωσης των ιχνοστοιχείων, αχολουθώντας τη χρονοστρωματογραφική σειρά του χοιτάσματος δεν είναι σταθερή, σχεδόν για όλα τα ιχνοστοιχεία. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του Βα και Sr στα Ορυχεία Καρδιάς και Αμυνταίου, συγκριτικά με τα άλλα οσυχεία, εξηγείται από τις τοπικές παλαιογεωγραφικές συνθήκες και ιδιαιτέρως του υδρογραφικού δικτύου της Πλειοκαινικής λίμνης, που τροφοδοτούνταν με μεγαλύτερες ποσότητες ανθρακικών ιζημάτων από την περιορεινή ζώνη της λεκάνης. Η μεγαλύτερη επίσης συγκέντρωση του κοβαλτίου (Co) στο Δυτικό Πεδίο σχετίζεται με την παρουσία λεπτόχοχχων άμμων και αργίλων (ανόργανη σύνδεση του Co με σιδηροπυρίτη και σουλφίδια) στα κατώτερα γκριζοπράσινα μαργαϊκά στρώματα. Η παρατηρούμενη γενικά αύξηση της συγκέντρωσης των ιχνοστοιχείων σε συγκεκριμένους στρωματογραφικούς ορίζοντες του λιγνιτοφόρου σχηματισμού, συνδέεται άμεσα με την αλλαγή της πετρολογικής σύστασης τους (βαθμιαία μετάβαση κατακόρυφων και κυρίως πλευρικών επαφών), μεταπίπτοντας σε αμμώδεις ως ισχυρώς αμμώδεις αργιλομάργες, μαργαϊκές αργίλους και αργίλους.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων στις Πλειοκαινικές μάργες του λιγνιτικού κοιτάσματος Πτολεμαίδας-Αμυνταίου βρίσκονται σε χαμηλά ως πολύ χαμηλά επίπεδα. Ο συντελεστής εμπλουτισμού σε σχέση με την Π.Α.Μ.Τ.Φ. είναι χαμηλός ως πολύ χαμηλός (<0.8) για 29 ιχνοστοιχεία (As, Au, Ba, Be, Br, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Yb, Tb, Lu, Co, Cr, Cs, Cu, Hf, Mo, Ni, Pb, Rb, Sc, Ta, Th, U, V, Zn, Zr) και ελαφρά εμπλουτισμένος για τον Pb στο ορυχείο Νοτίου Πεδίου. Κατά την οριζόντια και την κατακόρυφη ανάπτυξη των μαργαϊκών στρωμάτων μέσα στο κοίτασμα παρατηρείται διαφοροποίηση στην κατακόρυφη ανάπτυξη των μαργαϊκών στρωμάτων μέσα στο κοίτασμα παρατηρείται διαφοροποίηση στην κατακόρυφη ανάπτυξη των μαργαϊκών στρωμάτων μέσα στο κοίτασμα παρατηρείται διαφοροποίηση στην κατακόρυφη ανάπτυξη των μαργαϊκών στρωμάτων μέσα στο κοίτασμα παρατηρείται διαφοροποίηση στην κατακομή των ιχνοστοιχείων. Οι μικρότερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται στα νότια τμήματα της λεκάνης στα ιχνοστοιχεία Rb, Sc, Th, U, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Ba, Y, Sn, Zr, Be και V και οι μεγαλύτερες στα κεντρικά και βόρεια τμήματα της λεκάνης στα στοιχεία Hf, Sb, Th, U, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Ba, Sr, Co, Rb, Tb, Yb, Y, Sn, Br, Sc, Be και V. Από περιβαλλοντική άποψη και σύμφωνα με τα αποτελέσματα των Πινάκων 1 και 2, τα κυριότερα πιθανώς τοξικά ιχνοστοιχεία (Sb, As, Be, Cd, Cr, Co, Pb, Ni και Se) βρίσκονται σε πάρα πολύ χαμηλά επίπεδα (<0.4), ενώ το U παρουσιάζεται χαμηλότερο του 0.7. Σε συνδυασμό με το ελαφρά αλκαλικό pH που επικρατεί στα νερά και εδάφη της περιοχής, η επίδραση των πιθανώς τοξικών ιχνοστοιχείων και όλων των άλλων υπολοίπων στα εδάφη και υπόγεια νερά είναι ελάχιστη και φυσιολογική.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- CHRISTANIS, K., GEORGAKOPOULOS, A., FERNANDEZ-TURIEL, J.L. & BOUZINOS, A. 1998. Geological factors influencing the concentration of the trace elements in the Philippi peatland, eastern Macedonia, Greece. *Int.J.Coal Geol.* 36, 295-313.
- FAURE, G. 1991. Principles and Applications of Inorganic Geochemistry. (MacMillan, New York).

FILIPPIDIS, A., GEORGAKOPOULOS, A., KASSOLI-FOURNARAKI, A., MISAELIDES, P., YIAKKOUPIS, P. & BROUSSOULIS, J. 1996a. Trace element contents in composited samples of three lignite seams from the central part of the Drama lignite deposit, Macedonia, Greece. *Int. J. Coal Geol.* 29, 219-234.

- FILIPPIDIS, A., GEORGAKOPOULOS, A. & KASSOLI-FOURNARAKI, A. 1996b. Mineralogical components of some thermally decomposed lignite and lignite ash samples from the Ptolemais Basin, Greece. *Int. J. Coal Geol.* **30**, 303-314.
- FINKELMAN, R.B. 1993. Trace and Minor elements in coal. In: *Organic Geochemistry* Engel, M.H., Macko S.A.(Eds.), 593-607 (Plenum Press, New York).
- GEORGAKOPOULOS, A. (2001). Trace elements in the Lava Xylite/Lignite Deposit, Servia Basin, Northern Greece. *Energy Sources* 23(2), 143-156.
- KASSOLI-FOURNARAKI, A., GEORGAKOPOULOS, A., MICHAILIDIS, K. & FILIPPIDIS, A. 1993. Morphology, mineralogy and chemistry of the respirable-size (<5im) fly ash fraction from the Main and Northern lignite fields in Ptolemais, Macedonia, Greece. In: Current Research in Geology Applied to Ore Deposits, F. Hach-Ali, J. Torres-Ruiz & F. Gervilla, Eds., La Guioconda, Granada, 727-730.
- KOUKOUZAS, C., KOTIS, Th., METAXAS, A., PLOUMIDIS, M., VARVAROUSIS, G., DIMITRIOU, D. & IOAKIM, Ch. 2000. Potential of lignite deposits and palaeoclimatic evolution of Ptolemais basin during the Neogene-Quaternary periods. Geological Society of Greece, Special Publications, No 9, 151-162. Proceedings Interim Colloquium RCMNS, Patras, Greece, May 1998.
- KRAUSKOPF, K.B & BIRD, D.K. 1995. Introduction to Geochemistry, 647pp. (MacGraw-Hill, New York).
- MASON, B. & MOORE, C.B. 1982. Principles of Geochemistry, 344pp. (Wiley, New York).
- ROSE, A.W., HAWKES, H.E. & WEBB, J.S. 1979. *Geochemistry in Mineral Exploration* (Academic Press, London).
- SACHANIDIS, Ch., GEORGAKOPOULOS, A., FILIPPIDIS, A., KASSOLI-FOURNARAKI, A., IORDANIDIS, A. & KANTIRANIS, N. 2000. Environmental aspects of trace elements in Ptolemais-Amynteon lignites, Northern Greece. In: Proceedings of the Fifth International Conference on Environmental Pollution, Editor: A. Anagnostopoulos, pp. 533-540. 28 Aug.-1 Sept. 2000, Thessaloniki, Greece.
- SWAINE, D.J. & GOODARZI, F. 1995. Environmental aspects of trace elements in coal, 312pp. (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands).
- VARVAROUSIS, G., METAXAS, A., KOTIS, Th. & PLOUMIDIS, M. 2000. The Neogene lignite deposits of Kozani-Servia basin, Western Macedonia, Greece. Geological Society of Greece, Special Publications, No 9, 227-233. Proceedings Interim Colloquium RCMNS, Patras, Greece, May 1998.

Πίναχας 1. Περιεχτιχότητα ιχνοστοιχείων (σε ppm) στα μαργαϊχά δείγματα του ΑΚΠ-Α. Table 1. Trace element contents (in ppm) in the marl samples of Ptolemais-Amynteon basin.

AEIIMA	As	Br	Co	Cr	Cs	Hf	Rb	Sb	Sc	Th	U	La	Ce	Nd	Sm	Eu
SM4	<2	6	1	12	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.4	<0.5	2.7	0.8	<3	<5	0.1	<0.1
SM5	<2	2	1	7	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.2	<0.5	0.5	0.5	<3	<5	<0.1	<0.1
SM7	<2	_ 2	<1	8	<0.5	< 0.5	<20	<0.2	0.2	<0.5	<0.5	0.4	<3	<5	<0.1	<0.1
SM8	<2	4	1	5	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.3	<0.5	1.9	0.5	<3	<5	<0.1	<0.1
SM12	4	7	15	237	1.6	1	<20	0.3	6	2.3	1.6	7.2	11	7	1.2	0.3
SM13	3	7	15	232	1.6	<0.5	<20	0.2	5.8	2.2	1.4	7	12	7	1.2	<0.1
SM15	<2	_ 5	3	36	<0.5	<0.5	<20	<0.2	1.2	0.6	<0.5	2.1	3	<5	0.4	<0.1
SM17	<2	3	2	22	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.9	<0.5	<0.5	1	<3	<5	0.2	<0.1
SM19	2	4	3	26	<0.5	< 0.5	<20	<0.2	0.8	0.6	<0.5	1	<3	<5	0.2	<0.1
TEM4	2	5	3	55	<0.5	<0.5	<20	<0.2	1.4	0.7	<0.5	1.8	4	<5	0.4	<0.1
TEM7	<2	3	1	7	<0.5	<0.5	<20	0.3	0.3	<0.5	1.7	0.8	<3	<5	0.1	<0.1
TEM9	<2	2	1	7	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.4	<0.5	1.8	0.8	<3	<5	0.1	<0.1
TEM11	<2	3	2	21	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.6	<0.5	<0.5	0.9	<3	<5	0.2	<0.1
TEM13	<2	4	2	33	<0.5	<0.5	<20	<0.2	1.1	0.6	0.7	1.8	4	<5	0.3	<0.1
TEM14	3	<1	5	61	<0.5	<0.5	<20	0.3	2.1	0.9	<0.5	2.7	7	<5	0.5	<0.1
TEM17	<2	2	1	10	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.8	<0.5	<0.5	1.2	<3	<5	0.2	<0.1
TEM19	<2	2	1	11	< 0.5	<0.5	<20	<0.2	0.7	< 0.5	<0.5	1.2	<3	<5	0.2	< 0.1
KRM3	11	<1	14	11	3.4	7.1	67	2.3	6.3	50.9	7.2	94.9	157	53	7.9	1.8
KRM4	10	<1	14	14	2.8	6.7	62	2	6.7	51.4	7.9	100	163	57	8.3	1.8
KRM7	<2	3	1	10	<0.5	<0.5	<20	0.3	0.4	< 0.5	4.3	1.4	<3	<5	0.1	<0.1
KRM9	2	2	1	6	< 0.5	<0.5	<20	<0.2	0.4	< 0.5	2	1.1	<3	<5	0.1	<0.1
KRM11	<2	4	17	117	3.6	2.7	56	0.3	9.5	5.6	1.5	18.7	37	14	3.4	0.8
KRM13	<2	2	1	7	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.5	< 0.5	3.8	1	<3	<5	0.1	<0.1
KRM15	<2	3	2	18	0.6	<0.5	<20	<0.2	1.3	0.7	0.8	3.2	6	<5	0.5	0.1
KMM1	4	2	13	185	2.2	0.8	25	0.4	4.5	3.1	0.9	7.4	15	7	1.2	0.3
KMM2	4	2	12	184	2,00	0.8	29	0.4	4.6	3.2	0.7	7.7	15	7	1.2	0.3
KMM3	2	3	3	37	1,00	0.7	<20	0.3	2	2.2	1.4	6.2	14	6	1	0.2
KMM5	<2	1	2	6	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.3	<0.5	7.9	0.8	<3	<5	<0.1	<0.1
KMM6	<2	1	2	6	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.3	<0.5	2.2	0.8	<3	<5	0.2	<0.1
KMM10	3	3	2	6	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.5	<0.5	1.2	1.6	3	<5	0.2	<0.1
KMM12	. 3	3	4	25	1.3	0.9	<20	<0.2	3.2	2.8	2.7	11	23	9	1.9	0.4
KMM14	3	<1	34	239	7.1	6.3	136	0.8	20.4	12.7	2.7	40.6	80	39	8.1	1.6
KMM17	<2	3	34	243	6.9	5.9	121	0.6	20.1	13.3	3	40.3	84	39	8.1	1.6
NM3	<2	7	3	27	1	<0.5	<20	0.2	1.5	1.5	0.9	4.5	9	<5	0.7	0.1
NM4	<2	6	2	16	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.4	<0.5	<0.5	0.9	<3	<5	0.2	<0.1
NM5	<2	5	2	16	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.5	<0.5	0.9	1	<3	<5	0.1	<0.1
NM7	2	2	4	22	0.6	<0.5	<20	0.2	1.4	1.1	0.7	3.2	7	<5	0.6	<0.1
NM8	<2	2	1	3	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.3	< 0.5	<0.5	1.1	4	<5	0.2	<0.1
NM10	7	3	14	175	3.7	2.8	60	0.3	8.6	7.6	1.4	23.5	44	19	4	0.8
NM12	3	<1	14	115	3.6	2	61	0.3	9.2	6.8	1.9	19.9	45	19	3.9	0.7
NM15	<2	4	3	6	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.3	<0.5	<0.5	0.8	<3	<5	0.2	<0.1
NM16	<2	4	2	6	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.4	<0.5	0.5	1	<3	<5	0.2	<0.1
NM19	7	<1	34	280	9	5.7	147	0.7	22.1	14.8	3.7	47.4	105	43	9	1.6
WM4	<2	3	4	30	0.7	< 0.5	<20	0.2	1.6	1.6	<0.5	4.7	10	<5	0.9	0.1
WM6	<2	2	4	23	0.7	<0.5	<20	<0.2	1.8	1.5	<0.5	4.2	11	<5	0.8	0.1
WM10	2	2	6	50	13	0.8	32	<0.2	3.5	34	0.8	10.3	23	8	1.5	0.4
WM11	<2	2	4	31	0.9	0.6	<20	0.2	2	1.9	<0.5	5.6	13	5	1	0.4
WM14	3	<1	6	72	16	14	37	0.2	45	43	13	13.6	31	12	23	0.5
WM16	4	<1	35	233	7	7.1	128	0.8	22.7	13.1	3.7	41.9	96	45	81	1.7
WM18	4.0	<1	28	176	4.9	6.1	91	0.8	20.2	10.2	3	37.2	83	38	7.1	1.5
WM21	2	2	15	146	2	1.6	43	<0.2	6.4	3.6	<0.5	11	27	9	2	0.5
AMM4	4	7	17	297	2.8	1.8	55	0.3	7.3	4.3	2.5	14.1	31	9	2.4	0.5
AMM6	3	11	3	9	<0.5	<0.5	<20	0.3	0.9	0.6	3.9	2.6	6	<5	0.4	<0.1
AMM8	2	11	4	12	0.7	<0.5	<20	0.2	1.1	0.9	3.8	3.2	7	<5	0.5	<0.1
AMMIC	<2	3	2	7	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.6	<0.5	<0.5	1.3	4	<5	0.2	<0.1
AMM12	<2	3	3	9	<0.5	<0.5	<20	<0.2	0.8	0.5	0.5	1.7	5	<5	0.3	<0.1
AMM20	4	<1	30	187	6.5	5.3	154	0.4	17.8	15.1	4.2	38.2	85	38	7.5	1.5
AMM23	3	<1	31	200	6.3	5.6	150	0.4	18.2	14.8	4.8	39.4	86	43	7.5	1.5
APMS	2	6	12	95	1.6	0.8	42	0.2	5.5	3.7	0.8	9.4	24	0	1.8	0.4
APM7 APM9	3	- 4	15	77	2.6	1.1	47	0.2	8.7	4.0	1.4	11.4	32	12	2.3	0.3
											-					

	Tb	Yb	Lu	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Cd	Ba	Sr	Y	Sn	Zr	Be	V
SM4	<0.5	<0.1	<0.05	2	<5	32	<0.5	8	<0.5	67	177	<1	<1	8	<1	<5
SM5	<0.5	<0.1	<0.05	2	<5	30	<0.5	3	<0.5	48	185	<1	<1	8	<1	<5
SM7	<0.5	<0.1	<0.05	2	17	32	<0.5	3	<0.5	47	187	<1	<1	7	<1	<5
SM8	<0.5	<0.1	<0.05	2	5	34	<0.5	5	<0.5	81	200	<1	<1	8	<1	<5
SM12	<0.5	0.4	0.06	8	7	52	<0.5	221	<0.5	82	196	6	6	29	<1	26
SM13	<0.5	0.5	0.08	9	6	49	<0.5	227	<0.5	81	194	6	5	26	<1	24
SM15	<0.5	0.2	<0.05	5	<5	39	<0.5	21	<0.5	57	173	2	1	12	<1	5
SM17	<0.5	0.1	<0.05	4	321	34	<0.5	21	<0.5	46	253	2	<1	9	<1	<5
SM19	<0.5	0.1	<0.05	5	205	32	<0.5	21	<0.5	45	250	2	<1	8	<1	5
TEM4	<0.5	0.1	<0.05	2	<5	34	<0.5	35	<0.5	44	206	2	1	11	<1	9
TEM7	<0.5	<0.1	<0.05	2	12	32	<0.5	4	<0.5	60	196	1	<1	7	<1	<5
TEM9	<0.5	<0.1	<0.05	2	<5	34	<0.5	4	<0.5	60	194	<1	<1	8	<1	<5
TEM11	<0.5	0.2	<0.05	2	<5	33	<0.5	12	<0.5	41	209	<1	<1	7	<1	<5
TEM13	<0.5	0.2	<0.05	5	<5	40	<0.5	21	<0.5	51	152	2	1	13	<1	7
TEM14	<0.5	0.3	<0.05	3	<5	36	<0.5	62	<0.5	62	163	3	2	12	<1	9
TEM17	<0.5	0.1	<0.05	2	<5	33	<0.5	7	<0.5	45	130	3	<1	6	<1	<5
TEM19	<0.5	0.2	<0.05	2	<5	33	<0.5	7	<0.5	42	123	2	<1	6	<1	<5
KRM3	<0.5	1.3	0.19	48	135	72	<0.5	26	0.6	1688	693	14	7	247	2	70
KRM4	<0.5	1.4	0.21	45	135	70	<0.5	26	1	1645	678	14	6	219	2	68
KRM7	<0.5	<0.1	< 0.05	2	<5	33	<0.5	5	<0.5	76	208	1	<1	10	<1	6
KRM9	<0.5	<0.1	< 0.05	2	<5	32	<0.5	8	<0.5	62	191	1	<1	6	<1	<5
KRM11	<0.5	1.9	0.27	23	12	71	<0.5	70	0.6	225	159	18	10	93	<1	60
KRM13	<0.5	0.2	<0.05	2	<5	30	<0.5	7	<0.5	51	154	1	<1	6	<1	<5
KRMIS	<0.5	0.2	<0.05	3	<5	51	<0.5	15	<0.5	55	145	3	1	12	<1	<5
KMMI	<0.5	0.0	0.1	8	<5	52	<0.5	103	<0.5	73	77	0	5	31	<1	30
KIVIIVIZ	<0.5	0.7	0.1	2	5	27	<0.5	100	<0.5	/1	201	0	4	30		17
KMM5	<0.5	0.3	0.05	2	15	37	<0.5	0	<0.5	95	177	4	4	50		17
KMM6	<0.5	0.1	<0.05	2	32	33	<0.5	4	<0.5	67	208	1	<1	7		-5
KMM10	<0.5	0.1	<0.05	2	8	32	<0.5	13	<0.5	57	166	2	<1	9	<1	<5
KMM12	<0.5	0.7	0.11	2	5	36	<0.5	22	<0.5	92	162	7	3	38	<1	15
KMM14	0.9	4.2	0.64	36	27	99	<0.5	122	2.7	414	143	39	19	193	2	119
KMM17	0.9	4.3	0.64	38	27	103	<0.5	132	2.7	414	139	39	20	189	2	120
NM3	<0.5	0.2	0.05	3	<5	35	<0.5	31	<0.5	63	148	3	2	18	<1	10
NM4	<0.5	<0.1	<0.05	2	<5	33	<0.5	13	<0.5	41	279	<1	<1	6	<1	<5
NM5	<0.5	<0.1	<0.05	2	6	38	<0.5	13	<0.5	41	273	<1	<1	6	<1	<5
NM7	<0.5	0.3	0.05	4	<5	41	0.5	16	<0.5	53	144	3	2	13	<1	<5
NM8	<0.5	<0.1	<0.05	2	<5	36	<0.5	5	<0.5	55	208	<1	<1	8	<1	<5
NM10	<0.5	2	0.33	15	14	80	<0.5	116	0.7	121	83	21	8	91	<1	42
NM12	0.6	1.7	0.28	24	13	73	<0.5	65	<0.5	252	131	17	9	86	<1	56
NM15	<0.5	<0.1	< 0.05	2	<5	37	<0.5	6	<0.5	38	144	<1	<1	8	<1	<5
NM16	<0.5	<0.1	<0.05	2	<5.0	36	<0.5	7	<0.5	40	149	1	<1	8	<1	<5
NM19	1.1	4.2	0.67	62	55	128	<0.5	154	<0.5	597	122	40	22	203	3	140
WM4	<0.5	0.4	<0.05	4	<5	48	<0.5	22	<0.5	58	99	4	2	15	<1	7
WM6 WM8	<0.5	0.4	0.07	3	<5	42	<0.5	20	<0.5	46	84	5	2	20	<1	8
WM10	<0.5	0.8	0.12	8	<5.	57	<0.5	36	<0.5	141	101	9	4	32	<1	17
WM11	<0.5	0.5	0.08	4	<5	47	<0.5	18	<0.5	52	75	5	2	23	<1	10
WM14	<0.5	1.1	0.19	7	6	66	<0.5	46	1.2	83	65	14	5	56	<1	20
WM16	1.1	4.7	0.75	52	30	124	<0.5	118	<0.5	584	174	44	24	242	3	151
WM18	1.1	3.6	0.59	40	24	99	<0.5	100	<0.5	473	206	37	22	219	2	129
WM21	<0.5	1.1	0.19	15	12	58	<0.5	90	<0.5	158	216	11	6	54	<1	39
AMM4	<0.5	1.2	0.18	19	7	63	<0.5	151	<0.5	166	150	10	7	52	<1	40
AMM6	<0.5	0.2	< 0.05	2	43	33	<0.5	13	<0.5	144	442	2	<1	13	<1	9
AMM8	<0.5	0.2	< 0.05	2	<5	33	<0.5	13	<0.5	158	497	2	<1	14	<1	9
AMMIO	<0.5	0.1	<0.05	2	5	3/	<0.5	4	<0.5	104	202	1	<1	0	<1	0
AMM12 AMM20	<0.5	3.9	0.58	41	28	112	<0.5	117	<0.5	637	269	34	1	10	3	127
AMM23	1.1	3.9	0.62	40	27	116	<0.5	121	<0.5	649	270	35	18	199	3	130
APM5	<0.5	0.9	0.15	17	11	60	<0.5	53	<0.5	193	250	7	5	37	<1	29
APM7	<0.5	1	0.14	18	18	67	<0.5	45	<0.5	226	226	9	7	49	<1	37
APM9	<0.5	1.3	0.2	24	10	87	<0.5	36	<0.5	255	172	11	8	64	<1	41

Πίναχας 1(συνέχεια). Περιεχτιχότητα ιχνοστοιχείων (σε ppm)στα μαργαϊχά δείγματα του ΛΚΠ-Α. Table 1(continued). Trace element contents in the marl samples of Ptolemais-Amynteon basin.

	Όριο Ανίχν. ¹	Νότιο Πεδίο	Τομέας 6	Πεδίο Καρδιάς	Π.Κομά- νου	Βόρειο Πεδίο	Δυτικό Πεδίο	Π.Αμυ- νταίου	Π.Αναρ- γύρων	M.T.0 ²	П.А.М. Т.Ф. ³	Σ.Ε4
Au	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6	<0,8
As	2	<2.3	<2.1	<4.4	<2.8	<3.1	<2.7	<2.9	2.67	<3	13	<0.2
Br	1		<2.8	<2.3	<2 1	<3.5	<1.7	<5.3	5.00	<5	6.2	<0.8
Co	1	~ 7	~2,0	7 1	11 0	7.0	<20	12	15.00	<11	200	(0,0)
Cr	1	<4,7	~2	/,1		1,9	<39	13	15,00	<11	200	<0,06
ppm Cs	0.5	65	25,6	26,1	103,4	66,6	87,6	103	87,33	/1	2000	0,04
ppm Hf	0.5	<0,74	<0,5	<1,7	<2,6	<2	2,2	<2,54	2,03	<2,1	5	<0,42
ppm Ir		<0,55	<0,5	<2,6	<1,9	<1,4	<41	<2,1	1,20	<1,2	5,2	<0,23
ppm Mo	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	0,003	-
ppm	5	<5	<5	<5,1	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6,5	<0,77
ррт ррт	20	<20	<20	<37,9	<45,7	<40,8	<82	<63	42,67	<43	220	<0,19
Sb ppm	0,2	<0,21	<0,22	<0,8	<0,4	<0,27	<0,3	<0,3	0,23	<0,2	1,5	<0,13
Sc ppm	0,1	1,8	0,9	3,6	6,2	4,47	7,2	6,67	7,13	4,7	35	0,13
Se ppm	3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	0,6	-
Ta	1	<1	<1	<1.1	<1	<1	<1	<1.14	<1	<1	4.2	<0.23
Th	0,5	<0.9	0.6	<15.7	<a 3<="" th=""><th><3 A3</th><th>4.6</th><th><5.24</th><th>4 40</th><th><4.96</th><th>50</th><th><0.09</th>	<3 A3	4.6	<5.24	4 40	<4.96	50	<0.09
U	0,5	(07)	0,0	2.0		(1 15	1,05	10/21	1,107	(1)0	2.7	10 5
W ppm	3	<1,1	<0,8	3,9	2,5	<1,15	<1,25	<2,9	1,07	<1,9	3,1	<0,5
ppm La	0.5	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	2,2	
ppm Ce		2,3	1,4	31,5	12,9	10,33	14,9	14,36	11,5	12	101	0,12
ppm	3	<4,9	<1,3	<53,1	<26,6	<22,6	34	32,00	27,67	<31	170	<0,2
ppm	5	<5,4	<5	<20,6	<13,6	<11,6	<14,7	<15,7	10	<10	55	<0,2

Πίνακας 2. Μέση τιμή συγκέντρωσης ιχνοστοιχείων ανά ορυχείο στα μαργαϊκά δείγματα Table 2. Average trace element concentrations in marls from Ptolemais-Amynteon

¹ Όριο Ανίχνευσης

² Μέση Τιμή Ορυχείων

³ Π.Α.Μ.Τ.Φ.: Παγκόσμια Ανώτατη Μέση Τιμή των κυριοτέρων πετρωμάτων του Φλοιού

⁴ Συντελεοτής Εμπλουτισμού σε σχέση με την Π.Α.Μ.Τ.Φ.

Πίνακας 2 (συνέχεια). Table 2 (Continued).

	OPIO	Νότιο		Πεδίο	Π.Κομά-	Βόρειο	Δυτικό	П.Аµυ-	Π.Αναρ-		П.А.М.Т	4
6m	ANIXN.	Πεδιο	Τομέας 6	Καρδιας	νου	Πεδιο	Πεδίο	νταίου	γύρων	M.T.0	.Ф.	Σ.E
ppm	0,1	<0,4	0,3	2,9	<2,4	1,91	2,7	2,69	2,27	<2,1	10	<0,21
Eu ppm	0,1	<0,1	<0,1	<0,7	<0,5	<0,4	0,6	<0,6	0,37	<0,5	1,6	<0,31
Tb ppm	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	<0,6	<0,65	<0,6	<0,5	<0,6	1,6	<0,4
Yb	0,1	<0.2	<0.14	<0.7	<1.2	<0.9	1.44	1.39	1.07	<1.3	4	<0.33
Lu	0,05	<0.05	<0.05	<0 1	<0.2	<0.17	<0.23	<0.22	0.16	<0.16	1 2	<0.13
Cn		<0,05	<0,05	10,1	10,2	<0,17	10,25	10,22	0,10	10,10	1,2	10,15
ppm	1	4,3	2,5	17,9	11,1	11,8	15,44	15,43	19,67	12	110	0,11
ppm	5	<64	<5,9	<43,1	<13,2	<11,8	<11	<17,1	13,00	<13	48	<0,27
Zn ppm	1	37,1	34,4	51,3	52,9	53,7	66,56	61,28	71,33	54	118	0,45
Ag ppm	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,11	
Ni ppm	1	58,9	19,0	22,4	58,6	42,6	52,89	60,6	44,67	44,96	2000	0,02
Cd	0,5	<0.5	<0.5	<0.6	<1	<0.5	<0.52	<0.5	<0.5	<0.58	0.3	-
Bi	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	0.4	_
Ba		110	110	~10	10	110	110	110	110	110	0/1	
ppm	1	61,6	50,6	543,1	148,8	130,1	185,44	279.86	224.67	203.02	1220	0.17
ppm	1	201.7	171,6	318,3	160,2	168,1	121,67	288.29	216.00	205.73	800	0.26
Y ppm	1	<2,4	<1,7	7,4	<11,7	<8,9	14,89	12,29	9,00	<8,5	40	<0,21
Sn ppm	1	<2	<1.1	<3.8	<6.2	<4.8	7 67	<6.4	6 67	<4 83	6	<0.8
Zr		~~	~1/1	-570	10/2	17/0		10/4	0,07	11/05		-010
ppm	1	13	9	85	59	45	75	70	50	51	260	0,2
ppm	1	<1	<1	<1,3	<1,2	<1,2	<1,33	<1,6	<1	<1,2	3	<0,4
V ppm	5	<9,4	<6,3	<31,3	<38,3	<27,8	43,56	<46,4	35,67	39,61	264	<0,15

¹ Ό**ριο Ανίχνευσης** ² Μέση Τιμή Ορυχείων

³ Π.Α.Μ.Τ.Φ.: Παγκόσμια Ανώτατη Μέση Τιμή των κυριοτέρων πετρωμάτων του Φλοιού

⁴ Συντελεστής Εμπλουτισμού σε σχέση με την Π.Α.Μ.Τ.Φ.