





# ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ – ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ – ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

# «ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ ΤΟΞΙΚΑ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΟΥ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ»

# ΓΕΩΡΓΙΟΣ Κ. ΠΑΠΑΣΤΕΡΓΙΟΣ



# ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΟΡΥΚΤΟΙ ΠΟΡΟΙ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2003

Η παρούσα Διατριβή Ειδίκευσης έγινε στον Κλάδο «Ορυκτοί Πόροι – Περιβάλλον» του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Γεωλογίας, εξετάστηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή [Αναπλ. Καθηγητής Ανδρέας Γεωργακόπουλος (επιβλέπων), Καθηγήτρια Άννα Κασώλη – Φουρναράκη και Καθηγητής Ανέστης Φιλιππίδης] στις 30 – 6 – 2003 και βαθμολογήθηκε με άριστα δέκα (10).

«Ο άνθρωπος κάποτε σκοντάφτει πάνω στην αλήθεια αλλά σηκώνεται και συνεχίζει το δρόμο του»

W. Churchill

# **<u><b>HEPIEXOMENA**</u>

	Σελ.
1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ACKNOWLEDGEMENTS	2
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	6
3.1. Γεωγραφία και κλίμα	6
3.2. Γεωλογία	6
3.3. Ανθρωπογενείς δραστηριότητες	7
4. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	9
4.1. Δειγματοληψία	9
4.2. Προετοιμασία των δειγμάτων	10
4.3. Μέθοδοι ανάλυσης	12
4.3.1. ICP-OES	12
4.3.2. ICP-MS	13
4.3.3. Ποιοτικός έλεγχος	13
4.4. Επεξεργασία των δεδομένων	14
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	16
5.1. Περιβάλλοντα πετρώματα	16
5.2. Επιφανειακά εδάφη	22
5.2.1. Σύγκριση με τον παγκόσμιο μέσο όρο των Fluvisols και Leptosols	22
5.2.2. Σύγκριση με τα περιβάλλοντα πετρώματα	24
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	44
ПЕРІЛНѰН	46
SUMMARY	48
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	50
ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	50

## <u>1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ</u>

Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης έγινε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Γεωλογίας, στον Κλάδο «Ορυκτοί Πόροι – Περιβάλλον» και πραγματοποιήθηκε στον Τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Οι αναλύσεις έγιναν στη Σχολή Γεωλογίας του Πανεπιστημίου της Βαρκελώνης (Faculty of Geology of the University of Barcelona), στο εργαστήριο SCT – UB (Scientific Technical Services of the University of Barcelona), και στο ινστιτούτο IJA – CSIC (Institute of Earth Sciences "Jaume Almera" – Spanish Council for Scientific Research), Barcelona (Spain).

Επιβλέπων της παρούσας διατριβής ήταν ο Αναπλ. Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας, κ. Ανδρέας Γεωργακόπουλος, προς τον οποίο θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου, για την συνεχή και αμέριστη συμπαράσταση και βοήθειά του.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωλογίας κ. Άννα Κασώλη – Φουρναράκη και τον Κοσμήτορα της Σχολής Θετικών Επιστημών, Καθηγητή του ιδίου Τμήματος κ. Ανέστη Φιλιππίδη για την βοήθειά τους στην ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής.

Για την σημαντικότατη επιστημονική βοήθεια που προσέφεραν κατά τη διάρκεια της παρούσας διατριβής ειδίκευσης, καθώς και για την αξέχαστη φιλοξενία τους κατά τη διάρκεια της παραμονής μου στη Βαρκελώνη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Dr Jose-Luis Fernández - Turiel (Institute of Earth Sciences "Jaume Almera" – Spanish Council for Scientific Research) και τον Prof. Domingo Gimeno (Faculty of Geology of the University of Barcelona).

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Κωνσταντίνο και Ευφροσύνη για την συνεχή, αμέριστη, ηθική και οικονομική τους υποστήριξη. Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης είναι αφιερωμένη σε αυτούς.

Θεσσαλονίκη 30 – 6 – 2003 Γεώργιος Κ. Παπαστέργιος.

## <u>ACKNOWLEDGMENTS</u>

The present Master Thesis was conducted in the frame of M. Sc. Programme of Geology, at the Specialisation "Mineral Wealth – Environment" and was completed, at the Department of Mineralogy – Petrology – Economic Geology, School of Geology, Faculty of Sciences, Aristotle University of Thessaloniki. The analytical work was performed at the Faculty of Geology of the University of Barcelona, the SCT – UB (Scientific Technical Services of the University of Barcelona), and the IJA – CSIC (Institute of Earth Sciences "Jaume Almera" – Spanish Council for Scientific Research), Barcelona (Spain).

The supervisor of the Present Master Thesis was the Associate Professor of the School of Geology, Dr. Andreas Georgakopoulos, to whom I would like to express my gratitude for his continuous and substantial guidance.

I am also grateful to the Professors of the School of Geology, Mrs. Anna Kassoli – Fournaraki, and to the Dean of the Faculty of Sciences, Mr. Anestis Filippidis, for their assistance.

I acknowledge the scientific support provided by Dr. Jose-Luis Fernández -Turiel (Institute of Earth Sciences "Jaume Almera" – Spanish Council for Scientific Research) and Prof. Domingo Gimeno (Faculty of Geology of the University of Barcelona). I also, would like to thank them for their unforgettable hospitality during my staying in Barcelona.

Finally, I would like to thank my parents Konstantinos and Efrosini for their continuous, unending, moral and financial support. The present Master Thesis is dedicated to them.

Thessaloniki 30 – 6 – 2003 Georgios K. Papastergios

#### <u>2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>

Η επίδραση του ανθρώπου στη γεώσφαιρα υπήρξε ευρεία και πολύπλοκη, ενώ πολλές φορές οδήγησε σε μη αναστρέψιμες αλλαγές. Οι ανθρωπογενείς επιδράσεις διαταράσσουν τη φυσική ισορροπία της γεώσφαιρας, η οποία σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης χρονικής περιόδου με συνέπεια, αυτές οι αλλαγές, πολύ συχνά να οδηγούν στην υποβάθμιση του φυσικού ανθρώπινου περιβάλλοντος (Kabata-Pendias and Pendias, 1992; UN, 2002).

Η πιο συνηθισμένη μορφή ρύπανσης σε μια περιοχή είναι η ρύπανση των εδαφών (DEPA, 2001). Ως έδαφος χαρακτηρίζεται το ανώτερο στρώμα του γήινου φλοιού. Είναι ένα φυσικό σώμα το οποίο έχει, τόσο ορυκτά, όσο και οργανικά συστατικά, καθώς επίσης και φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες, οι οποίες αντανακλούν τα μητρικά υλικά και τις διαδικασίες σχηματισμού τους (Pickering, 1986; Kabata-Pendias and Pendias, 1992; CEC, 2002).

Αν και τα εδάφη είναι απαραίτητα στην ανθρώπινη κοινωνία τόσο όσο ο αέρας και το νερό, η προσοχή που δόθηκε στην υποβάθμισή τους δεν θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ιδιαίτερα σημαντική, παρ' ότι αποτελούν την πηγή προέλευσης του 90% της ανθρώπινης διατροφής. Χαρακτηριστικό είναι ότι περίπου 300.000 θέσεις, σε όλη την ΕΕ έχουν αναγνωριστεί ως πιθανά μολυσμένες, ενώ σύμφωνα με άλλες εκτιμήσεις ο αριθμός των μολυσμένων περιοχών μπορεί να ανέρχεται και στα 1,5 εκατομμύρια. Για αυτό το λόγο η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, έχει σκοπό να προχωρήσει σε μια θεματική στρατηγική με στόχο την προστασία των εδαφών στο άμεσο μέλλον (CEC, 2002; EEB, 2002; EEA, 2003; USEPA, 2003a).

Επιπλέον, τα εδάφη και γενικώς τα ιζήματα δρουν ως «μνήμη» ενός οικοσυστήματος. Με τον τρόπο αυτό η γεωχημική ταυτότητα των εδαφών μπορεί να δίνει πληροφορίες για τις τροποποιήσεις που συνέβησαν λόγω φυσικών διαδικασιών, καθώς και των μετέπειτα εξελικτικών αλλαγών (ανθρωπογενών επιδράσεων). Η έρευνα του ανωτέρου στρώματος των εδαφών επιτρέπει την απόκτηση πληροφοριών γύρω από τη μακροχρόνια επίδραση της συσσώρευσης σε αυτά διαφόρων ιχνοστοιχείων (De la Guardia and Garrigues, 1998; Gallego et al., 2002).

Συχνά γίνεται ένας διαχωρισμός ανάμεσα στη ρύπανση εδαφών που προέρχεται από τοπικές (σημειακές) πηγές ρύπανσης και σε αυτές που προέρχονται από διάχυτες (Kabata-Pendias and Pendias, 1992; CEC, 2002; Chirenje et al., 2002). Οι τοπικές πηγές ρύπανσης είναι γενικά συνδεδεμένες με εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, χυτήρια, μεταλλευτικές δραστηριότητες, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, χώρους διαχείρισης και ταφής απορριμμάτων και άλλες εγκαταστάσεις, οι οποίες μπορεί είτε να βρίσκονται, είτε όχι σε λειτουργία (Pacyna

et al., 1991; Kabata-Pendias and Pendias, 1992; DEPA, 2001; Fernandez-Turiel et al., 2001; IGME, 2001; CEC, 2002; USEPA, 2003a).

Η ρύπανση που συνδέεται με τις διάχυτες πήγες είναι συνδεδεμένη με την ατμοσφαιρική καθίζηση (λόγω εκπομπών από τη βιομηχανία, τη χρήση υγρών καυσίμων και τη γεωργία), με ορισμένες μεθόδους αγροκαλλιέργειας και τη μη ορθή διαχείριση και ανακύκλωση στερεών και υγρών λυμάτων. Η καθίζηση αιωρούμενων στην ατμόσφαιρα ρυπογόνων ουσιών απελευθερώνει στα εδάφη όξινους ρυπαντές (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>), βαρέα μέταλλα (Cd, Pb, As, Hg), υδρογονάνθρακες, αρκετές οργανικές ενώσεις (διοξίνες, PCB's, PAH's), φωσφορούχες ενώσεις και σωματιδιακή ύλη (Mayer, 1991; CEC, 2002; USEPA, 2003a).

Η αύξηση του αριθμού των πιθανών πηγών εκπομπής ιχνοστοιχείων, ιδιαίτερα των βαρέων μετάλλων, έχει απασχολήσει σημαντικά τις Περιβαλλοντικές Επιστήμες (Adriano, 1986; Kabata-Pendias and Pendias, 1992; Gallego et al., 2002). Τέτοιου είδους ρυπαντές δεν απομακρύνονται από τα εδάφη, δεν βιο-διασπόνται και συσσωρεύονται στο πάνω τμήμα των εδαφών υπό μορφή χημικών ενώσεων, συχνά πολύ πιο ενεργών από τις ήδη υπάρχουσες.

Συνεπώς, εδάφη και ιζήματα αποτελούν δεξαμενές βίο-διαθέσιμων ιχνοστοιχείων, που μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα (βίο-συσσώρευση τοξικών ιχνοστοιχείων στην τροφική αλυσίδα), λόγω της πιθανής τοξικότητάς τους σε μικροοργανισμούς, φυτά, ζώα και τον άνθρωπο (Tobías et al., 1997; De la Guardia and Garrigues, 1998; Hesterberg, 1998; Chen et al., 1999; DEPA, 2001; Gleyzes et al., 2002).

Ένα επιπλέον πρόβλημα σχετίζεται με την παρουσία βαρέων μετάλλων (π.χ. Cd, Cu) στα λιπάσματα και στις ζωοτροφές (Adriano, 1986; Kabata-Pendias and Pendias, 1992; CEC, 2002; USEPA, 2003c). Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δίνεται στο γεγονός ότι όταν στις καλλιέργειες προσφέρονται θρεπτικά συστατικά πέραν των επιτρεπομένων ορίων, τα φυτά δεν μπορούν να απορροφήσουν αμέσως όλες αυτές τις ποσότητες. Το πλεόνασμα παρασύρεται από το νερό της βροχής, εκπλύεται προς τα βαθύτερα σημεία του εδάφους, φτάνοντας έτσι έως και τα υπόγεια ύδατα ή διαφεύγει στην ατμόσφαιρα υπό τη μορφή πτητικών ενώσεων (EFMA, 2003).

Εδάφη μολυσμένα από βαρέα μέταλλα μπορεί να παράγουν φαινομενικά φυσιολογικές καλλιέργειες, οι οποίες όμως μπορεί να είναι επικίνδυνες για τον άνθρωπο και τα ζώα (Kabata-Pendias and Pendias, 1992). Ο Pb, το As, ο Hg και άλλα βαρέα μέταλλα τα οποία μπορεί να εισέλθουν στην τροφική αλυσίδα μπορεί να δημιουργήσουν σοβαρές ελλείψεις σε Fe, βιταμίνες και άλλα σημαντικά θρεπτικά συστατικά, τα οποία οδηγούν σε μειωμένη αντίσταση του οργανισμού σε αρρώστιες, σε ψυχικές και πνευματικές δυσλειτουργίες, καθώς

και σε άλλες παθήσεις που είναι συνδεδεμένες με την κακή διατροφή (Adriano, 1986; Orlov et al., 1991; Venkatesh and Padmanabhan, 2000; IGME, 2001; CEC, 2002; USEPA, 2003d).

Οι στόχοι της παρούσας διατριβής επικεντρώνονται:

- Ι. Στην ανάπτυξη μιας πλήρους και κατανοητής μεθοδολογίας (δειγματοληψία, ανάλυση, ερμηνεία και παρουσίαση των αποτελεσμάτων) για την περιβαλλοντική μελέτη πιθανώς τοξικών ιχνοστοιχείων σε εδάφη.
- ΙΙ. Στην αξιολόγηση της παραπάνω μεθοδολογίας σε σχέση με τη γεωχημική ταυτότητα των επιφανειακών εδαφών της περιοχής της Καβάλας (Β. Ελλάδα).

Τα γεωλογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά, καθώς και οι τρόποι χρήσεως της γης σε αυτή την περιοχή την κάνουν ένα παράδειγμα για περιβαλλοντικές – γεωχημικές έρευνες εδαφών στην περιοχή της Μεσογείου.

Επιπλέον, αυτή η εργασία παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τις συγκεντρώσεις πιθανώς τοξικών ιχνοστοιχείων στα επιφανειακά εδάφη της περιοχής, ώστε οι αρχές της περιοχής και όχι μόνο, να μπορέσουν να πάρουν αποφάσεις για την καλύτερη προστασία και ανάπτυξη της.

## <u>3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ</u>

#### 3.1. Γεωγραφία και κλίμα

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται κοντά στην πόλη της Καβάλας, στη βορειοδυτική Ελλάδα, περίπου 180 χλμ. ανατολικά της Θεσσαλονίκης (Εικ. 3.1.).

Σημαντικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής είναι ο ποταμός Νέστος στα ανατολικά, τα όρη Παγγαίο, Λεκάνη, Φαλακρό και Μενοίκιο στα βόρεια και δυτικά, η λεκάνη της Δράμας στα βορειοδυτικά και ο κόλπος της Καβάλας στα νότια.

Το κλίμα της περιοχής παρουσιάζει τα γενικά Ευρωπαϊκά χαρακτηριστικά, με κρύους χειμώνες και θερμά καλοκαίρια. Η μέση ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 500 έως 700 mm. Η μέση θερμοκρασία είναι 4.0°C τον Ιανουάριο και 24,5°C τον Ιούλιο, ενώ ο επικρατών άνεμος φυσάει από τα νοτιοανατολικά προς τα βορειοδυτικά (Ε.Μ.Υ., 1978).

#### 3.2. Γεωλογία

Η περιοχή μελέτης αποτελεί τμήμα της μάζας της Ροδόπης, η οποία με τη σειρά της βρίσκεται στο Μεσογειακό τμήμα της ορογενετικής ζώνης Άλπεων – Ιμαλαΐων. Πρόκειται για μια πολυμεταμορφωμένη μάζα, η οποία έχει διαχωριστεί σε δύο ενότητες, την κατώτερη ενότητα «Παγγαίου» και την ανώτερη «Σιδηρονέρου» (Kilias and Mountrakis, 1998; Kilias et al., 1999; Christofides et al., 2001).

Οι κύριες γεωλογικές ενότητες από τις οποίες αποτελείται η ευρύτερη περιοχή (Εικ. 3.1.) είναι: α) γνεύσιοι, σχιστόλιθοι και αμφιβολίτες (Πέρμιο – Ηώκαινο), β) μάρμαρα (Πέρμιο – Ηώκαινο), γ) γρανιτικά – γρανοδιοριτικά πετρώματα (Ολιγόκαινο – Μειόκαινο), δ) λιμναία, ηπειρωτικά και θαλάσσια ιζήματα (Πλειστόκαινο) και ε) αλλουβιακές αποθέσεις και κώνους κορημάτων (Α. Πλειστόκαινο – Ολόκαινο) (ΙΓΜΕ, 1973a; Kilias and Mountrakis, 1998; Kilias et al., 1999; Christofides et al., 2001; Georgakopoulos et al., 2001;).

Σύμφωνα με τη κατάταξη των FAO/UNESCO (FAO, 1974), οι τύποι των εδαφών που συναντώνται στην περιοχή μελέτης, είναι:

- Leptosols: αλλιώς ονομάζονται και Lithosols ή Lithic Leptosols. Είναι ελαφρώς εξελιγμένα και δεν έχουν μεγάλο βάθος. Βρίσκονται πάνω από το υπόβαθρο ή πάνω από διαβρωμένα (αλλοιωμένα) πετρώματα. Επιφανειακές εμφανίσεις των πετρωμάτων είναι συνήθεις. Στην περιοχή μελέτης βρίσκονται κυρίως πάνω από το γρανίτη.
- Fluvisols: εμφανίζονται σε περιβάλλοντα όπου ευνοείται η ιζηματογένεση (λίμνες και ποταμούς), καθώς και σε παραθαλάσσιες περιοχές. Λόγω της μεγάλης γονιμότητάς

τους παίζουν σημαντικό ρόλο στις αγροκαλλιέργειες. Γενικώς, συναντώνται στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης.

#### 3.3. Ανθρωπογενείς δραστηριότητες

Η περιοχή της Καβάλας έχει μεγάλη ιστορία, η οποία αποδεικνύεται από αρκετά αρχαιολογικά ευρήματα (π.χ. παλαιοί Φίλιπποι, οκτάγωνο των Φιλίππων, Βασιλικά Α και Β κ.α.). Η επίσκεψη του Αποστόλου Παύλου το 49-50 π.Χ. είναι ένα από τα πιο σημαντικά ιστορικά γεγονότα. Γενικά η ιστορία της περιοχής είναι αξιοσημείωτη κατά τη διάρκεια των αρχαίων, Ρωμαϊκών, Βυζαντινών και σύγχρονων χρόνων (Prefecture of Kavala, 2003).

Οι χρήσεις της γης στην περιοχή είναι κυρίως αγροτικές, βιομηχανικές και οικιστικές. Παράλληλα με την ακτογραμμή λαμβάνουν χώρα αρκετές δραστηριότητες αναψυχής και τουρισμού. Η Καβάλα υπήρξε σημαντικό εμπορικό κέντρο καπνού για τη Β. Ελλάδα. Ανατολικά της πόλης καλλιεργούνται ρύζι και πεπόνια, ενώ η μελισσοκομία και η οινοπαραγωγή είναι δυο επίσης σημαντικές δραστηριότητες (Prefecture of Kavala, 2003).

Η βιομηχανική περιοχή της Καβάλας βρίσκεται περίπου 10 χλμ. ανατολικά της πόλης. Οι κύριες βιομηχανικές δραστηριότητες της περιοχής είναι η Βιομηχανία Φωσφορικών Λιπασμάτων (Β.Φ.Λ.), οι εγκαταστάσεις της Kavala oil, τα ιχθυοτροφεία Ξιφίας και μερικές επιχειρήσεις μικρού μεγέθους που εμπορεύονται αδρανή υλικά. Ξεχωρίζει επίσης η εκμετάλλευση του υψηλής ποιότητας μαρμάρου της περιοχής το οποίο πωλείται σε όλο τον κόσμο, ήδη από την αρχαιότητα. Άλλες σημαντικές δραστηριότητες στην περιοχή είναι η κατασκευή της Εγνατίας οδού, καθώς και του νέου λιμανιού της πόλης, Φίλιππος Β.

Αυτές οι δραστηριότητες, αν και συνοδεύονται από σχέδια αποκατάστασης του περιβάλλοντος, παράγουν σημαντικούς όγκους στερεών αποβλήτων και αέριων ρύπων. Από τις δραστηριότητες της Β.Φ.Λ. για τη παραγωγή φωσφορικού οξέος και λιπασμάτων παράγεται ένα παραπροϊόν το οποίο ονομάζεται «φωσφογύψος» (Phosphogypsum). Αυτό το παραπροϊόν είναι μια μη καθαρή μορφή γύψου και απορρίπτεται σε μεγάλες ποσότητες σε εκτάσεις που βρίσκονται κοντά στη Β.Φ.Λ. και δίπλα στη θάλασσα (Εικ. 3.1.). Ο χημικός τύπος της φωσφογύψου είναι CaSO<sub>4</sub>•X(H<sub>2</sub>O), όπου X = 0 – 0,5 – 2, για ανυδρίτη, ημιένυδρα και διένυδρα άλατα, αντίστοιχα (Carbonell-Barrachina et al., 2002; USEPA, 2003c).



**Εικόνα 3.1.** Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης και θέσεις δειγματοληψίας (από ΙΓΜΕ, 1973a).

# <u>4. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</u>

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει:

- Ι. Δειγματοληψία.
- II. Προετοιμασία των δειγμάτων για τις χημικές αναλύσεις.

ΙΙΙ. Χημικό προσδιορισμό κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων, με ICP-OES και ICP-MS.

#### 4.1. Δειγματοληψία

Η διαδικασία της δειγματοληψίας δεν πρέπει να γίνεται τυχαία, αλλά απαιτεί την εφαρμογή ορισμένων κανόνων (Ramsey, 1997).

Για τον σχεδιασμό της δειγματοληψίας λήφθηκαν υπ' όψη τα παρακάτω:

1) Τι θα αντιπροσωπεύει το κάθε δείγμα (έδαφος, ίζημα, πέτρωμα). Στη περιοχή μελέτης συλλέχθηκαν 13 δείγματα επιφανειακών μη καλλιεργημένων εδαφών και 3 δείγματα περιβαλλόντων πετρωμάτων (μάρμαρο, γνεύσιος, γρανίτης) (Εικ. 3.1.). Η επιλογή αυτού του είδους εδαφών έγινε με βάση το κριτήριο ότι είναι πολύ ευαίσθητα στις ανθρωπογενείς επιρροές, καθώς επίσης είναι ιδανικά για τη λήψη πληροφοριών σχετικά με την επίδραση που έχει σε αυτά η μακροχρόνια συσσώρευση ιχνοστοιχείων (Kabata-Pendias and Pendias, 1992; Georgakopoulos et al., 1996; Γεωργακόπουλος κ.α., 2002; Gallego et al., 2002). Τα περιβάλλοντα πετρώματα λήφθηκαν με σκοπό την διευκρίνιση της συνεισφοράς αυτών στη γεωχημική ταυτότητα των εδαφών της περιοχής (Chen et al. 1999).

2) Η ποσότητα του δείγματος που χρειάζεται. Η λήψη δειγμάτων επιφανειακών εδαφών έγινε από βάθος 10 cm περίπου, ενώ η ποσότητα του δείγματος που συλλέχθηκε ήταν περίπου 1-2 Kg. Με αυτόν τον τρόπο επιλύονται προβλήματα όπως η ανομοιογένεια των φυσικών υλικών, τόσο σε μικρή, όσο και σε μεγάλη κλίμακα (Fernandez-Turiel et al., 2001; Self and Soltanpour, 2002).

3) Η χωρική κατανομή των θέσεων των δειγμάτων. Οι θέσεις των δειγμάτων επιλέχθηκαν με βάση κάποιες εμφανείς αλλαγές στην τοπική γεωλογία και τοπογραφία, τα μετεωρολογικά δεδομένα (κατεύθυνση επικρατούντος ανέμου από τα ΝΑ) και τη θέση των κύριων βιομηχανικών δραστηριοτήτων στη περιοχή. Η πυκνότητα αυξήθηκε κοντά σε (πιθανές) ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης για να αποκτηθούν πιο λεπτομερείς πληροφορίες των ανθρωπογενών διαδικασιών. (Εικ. 3.1.). Για τον ακριβή προσδιορισμό των θέσεων των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε GPS (Global Positioning System). Οι συντεταγμένες των θέσεων των δειγμάτων συλλέχθηκαν σε μοίρες γεωγραφικού πλάτους και μήκους (latitude/longitude) (Πιν. 3.1.).

4) Η διαδικασία δειγματοληψίας. Τα δείγματα των επιφανειακών εδαφών συλλέχθηκαν χρησιμοποιώντας ένα μικρό πλαστικό φτυαράκι. Όλα τα εργαλεία καθαρίζονταν μετά τη χρήση τους. Η χρήση γαλβανιζέ εργαλείων αποφεύχθηκε για να μη μολυνθούν τα δείγματα από αυτά (Ramsey, 1997; Gallego et al., 2002; Self and Soltanpour, 2002). Τα δείγματα των πετρωμάτων συλλέχθηκαν παίρνοντας υγιή τμήματα επιφανειακών εμφανίσεων.

Πίνακας 3.1. Γεωγραφικές συντεταγμένες των δειγμάτων που λήφθηκαν (όπου S: έδαφος, και R: πέτρωμα).

	Γεωγραφικές σ	υντεταγμένες		Γεωγραφικές συντεταγμένες		
Δείγμα	Βορράς	Ανατολή	Δείγμα	Βορράς	Ανατολή	
S1	40 57 17,3	24 27 20,5	S11	40 58 19,1	24 28 16,2	
S2	40 57 17,1	24 27 21,6	S12	40 57 35,0	24 28 05,0	
S3	40 57 00,7	24 27 24,5	S14	40 57 50,0	24 28 52,3	
S4	40 57 00,9	24 28 02,8	S59	40 57 30,9	24 28 09,1	
S5	40 56 44,9	24 28 08,8	S88	40 57 05,5	24 26 35,6	
S6	40 57 04,0	24 26 46,9	R9	40 58 05,2	24 28 28,3	
S7	40 57 20,8	24 26 27,3	R10	40 58 55,6	24 27 55,2	
S8	40 58 02,3	24 28 28,5	R41	40 57 30,7	24 24 40,3	

#### 4.2. Προετοιμασία των δειγμάτων

Η προκατεργασία των δειγμάτων έγινε στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, στο Τμήμα Γεωλογίας, στον Τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας.

Τα δείγματα επιφανειακών εδαφών εισήχθηκαν σε φούρνο ξηράνσεως στους 40 °C περίπου (USEPA, 1996a, 1998b; Fernandez-Turiel et al., 2001). Μετά τη ξήρανση, ότι απέμεινε μετά την πρώτη διαλογή από βλάστηση, θραύσματα πετρωμάτων, χαλίκια και σωματίδια που έχουν φυσικό μέγεθος μεγαλύτερο από 5mm, απομακρύνθηκε με το χέρι (Gallego et al., 2002).

Όλα τα δείγματα κοσκινίστηκαν και διαχωρίστηκαν σε τρία κλάσματα: α) > 1 cm, β) 1 cm – 0,2 mm και γ) < 0,2 mm (200  $\mu$ m). Εάν ήταν απαραίτητο, τα διάφορα συσσωματώματα που εμφανίζονταν θρυμματίζονταν, είτε με το χέρι, είτε σε αχάτινο γουδί (Navas and Machín, 2002). Τα κόσκινα και το αχάτινο γουδί καθαριζόταν μετά από κάθε χρήση τους.

Το κλάσμα < 200 μm χρησιμοποιείται συνήθως σε περιβαλλοντικές εργασίες λόγω του ότι η περιβαλλοντικά διαθέσιμη ποσότητα των ιχνοστοιχείων στα εδάφη και στα ιζήματα βρίσκεται σε αυτό το κλάσμα (Tobías et al., 1997; Ramsey, 1997; Fernandez-Turiel et al, 2001; Gallego et al., 2002). Όσον αφορά τα πετρώματα, αυτά πρώτα θρυμματίστηκαν στο μέγεθος χαλικών και στη συνέχεια κονιοποιήθηκαν.

Η νοοτροπία όσον αφορά τις χημικές αναλύσεις, ιδιαίτερα εδαφών αλλά και ιζημάτων, έχει αλλάξει τα τελευταία χρόνια. Οι «σκληρές» μέθοδοι όπου γινόταν πλήρης διαλυτοποίηση των δειγμάτων προς ανάλυση έχουν πια αντικατασταθεί από πρόσφατα εξελιγμένες «ήπιες» τεχνικές (διαδοχικές εκχυλίσεις), με σκοπό την αποφυγή χρονοβόρων διαδικασιών οι οποίες απαιτούν και μεγάλες ποσότητες οξέων ή αντιδραστηρίων. Επιπλέον, οι «ήπιες» μέθοδοι επεξεργασίας των δειγμάτων μειώνουν τις αναλυτικές παρεμβολές και μπορούν να σχεδιαστούν έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι μολύνσεις των δειγμάτων κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας τους (USEPA, 1996b, 1998a; De la Guardia and Garrigues, 1998).

Μία από τις πιο απλές μεθόδους κατεργασίας δειγμάτων για περιβαλλοντικούς σκοπούς είναι η εκχύλιση των στοιχείων που μας ενδιαφέρουν από το δείγμα με Νιτρικό οξύ (HNO<sub>3</sub>). Είναι μια διαδικασία εκχυλίσεως που βρίσκει ευρεία εφαρμογή σε προγράμματα περιβαλλοντικής παρακολούθησης, όπου το κύριο ενδιαφέρον είναι συγκεντρωμένο στους προσροφημένους ρυπαντές και όχι στο αδιάλυτο (αργιλο-πυριτικό) κλάσμα (Pickering, 1986; USEPA, 1996b, 1998a; Walsh et al., 1997; Quevauviller, 1998a, b, 2002). Η εκχύλιση με HNO<sub>3</sub> είναι μια διαδικασία διαλυτοποίησης (digestion) του δείγματος με ένα ισχυρό οξύ κατά τη διάρκεια της οποίας διαλύονται όλα τα στοιχεία που θα μπορούσαν να γίνουν «περιβαλλοντικά διαθέσιμα» (USEPA, 1996b).

Άλλη μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό συγκεντρώσεων στοιχείων σε εδάφη και ιζήματα είναι η «Aqua regia» (3:1, v/v, HCl προς HNO<sub>3</sub>, ISO standard 11466) (Quevauviller, 1998a; Chen and Ma, 2001). Είναι μια ικανοποιητική τεχνική για την ανάλυση βαρέων μετάλλων και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μέγιστης διαθεσιμότητας ορισμένων στοιχείων στα φυτά. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι «Aqua regia» [π.χ. θερμαινόμενης πλάκας (hotplate), μικροκυμάτων (microwave), μικροκυμάτων + HF] και κάθε μία από αυτές έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, καθώς και διαφορετικές στοιχειακές αποληψιμότητες, ανάλογα με το δείγμα που αναλύεται (π.χ. αμμώδη εδάφη) (Chen and Ma, 2001).

Και στις δύο περιπτώσεις είναι λογικό να υποθέσουμε ότι αν κάποια στοιχεία δεν διαλυθούν, δεν μπορούν να θεωρηθούν ως περιβαλλοντικά διαθέσιμα και είναι απίθανο να αποτελούν κίνδυνο για το περιβάλλον (Pickering, 1986; USEPA, 1996b, 1998a; Walsh et al., 1997; Chen and Ma, 2001).

Στην παρούσα διατριβή ειδίκευσης 0,1 g από κάθε δείγμα τοποθετήθηκαν σε πολυεθυλενικούς σωλήνες διαμέτρου 14 mm. Στη συνέχεια προστέθηκαν 2 ml HNO<sub>3.</sub> Από όσα δείγματα ήταν πλούσια σε οργανική ύλη και ανθρακικά απελευθερώθηκε αέριο, το οποίο αφέθηκε ελεύθερο και στη συνέχεια οι σωλήνες κλείστηκαν με ειδικό πώμα. Οι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε ειδική βάση και μετά σε ένα περιστροφικό δονητή (rotary shaker) για 24 ώρες.

11

Κατά τη διαδικασία εκχυλίσεως το διάλυμα περάστηκε από φίλτρα (Schleicher & Schmell, 589<sup>2</sup> white ribbon, ash-less, filter paper circles of 125mm diameter) και εισήχθη σε ογκομετρικές φιάλες των 100 ml. Οι ογκομετρικές φιάλες συμπληρώθηκαν έως τα 100 ml με ειδικά απεσταγμένο νερό 18,2 MΩ/cm τύπου Milli-Q. Το τελικό διάλυμα τοποθετήθηκε σε ειδικά πλαστικά φιαλίδια (HDPE) και αποθηκεύτηκε στους 4 °C έως την ανάλυσή τους (τέτοια διαλύματα μπορούν να διατηρήσουν τα ιχνοστοιχεία που περιέχουν για χρονική περίοδο αρκετών μηνών).

Υάλινα ή πλαστικά δοχεία που χρησιμοποιούνταν στο εργαστήριο, καθαρίζονταν πριν και μετά τη χρήση τους τρεις φορές με διάλυμα HNO<sub>3</sub> 10% και τρεις φορές με απιονισμένο νερό τύπου Milli-Q.

Η διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε αποτελεί παραλλαγή των διαδικασιών εκπλύσεως της USEPA (United States Environmental Protection Agency) όπως TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) και SGLP (Synthetic Groundwater Leaching Procedure), των διαδικασιών εκχυλίσεως (extraction) EP (Extraction Procedure), 3050b, 3051 και 3051a και της USGS (United States Geological Survey) SPLP (Synthetic Precipitation Leaching Procedure) (USEPA, 1994, 1996b, 1998a; Hasset, 1999; Hasset et al., 1999; Florida Tech, 2003; USGS, 2003a). Αυτές οι διαδικασίες χρησιμοποιούν όξινο νερό για να εξομοιώσουν περιβαλλοντικές συνθήκες. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε καθαρό HNO<sub>3</sub> έτσι ώστε το εργαστηριακό μέρος της διατριβής να πραγματοποιηθεί υπό έντονες συνθήκες, αλλά ταυτόχρονα να διατηρηθεί και η συμβατότητα του εκχυλίσματος με τα ICP-OES και ICP-MS (άμεση ανάλυση μετά την εκχύλιση).

#### 4.3. Μέθοδοι ανάλυσης

Στην παρούσα διατριβή ο γεωχημικός προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε μέσω του συνδυασμού των μεθόδων:

- I. ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry ) και
- II. ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry).

Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στην Σχολή Γεωλογίας του Πανεπιστημίου της Βαρκελώνης (Faculty of Geology of the University of Barcelona), στο εργαστήριο SCT – UB (Scientific Technical Services of the University of Barcelona), και στο ινστιτούτο IJA – CSIC (Institute of Earth sciences "Jaume Almera" – Spanish Council for Scientific Research), Barcelona (Spain).

#### 4.3.1. ICP-OES

Το ICP-OES χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό 11 στοιχείων (Ca, Mg, K, B, Sr, Fe, Na, Si, S, P και Al). Το μηχάνημα που χρησιμοποιήθηκε ήταν PERKIN ELMER OPTIMA 3200RL. Η εισαγωγή των δειγμάτων ελεγχόταν από έναν αυτόματο δειγματολήπτη PERKIN ELMER Autosampler AS-90plus. Στον Πίνακα 3.2. παρουσιάζονται τα μήκη κύματος που καταγράφηκαν, καθώς και τα όρια ανίχνευσης των παραπάνω στοιχείων για το ICP-OES.

#### 4.3.2. ICP-MS

Η τεχνική ICP-MS είναι μια από τις πιο ισχυρές αναλυτικές τεχνικές στις ανόργανες αναλύσεις (Jarvis et al, 1992; Jarvis, 1997; Fernandez-Turiel et al, 2000). Με τη χρήση του ICP-MS υπολογίστηκαν οι συγκεντρώσεις 30 στοιχείων (Mn, Zn, Cu, Ti, V, Cr, Rb, Ba, Th, La, Ce, As, Sn, Co, Se, Y, Zr, Mo, Cd, Cs, W, Sb, Li, U, Ag, Ni, Hg, Ga, Ge, και Pb).

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε ήταν PERKIN ELMER SCIEX ELAN 6000 με αντλία Gilson Miniplus 3. Η εισαγωγή των δειγμάτων ελεγχόταν από έναν αυτόματο δειγματολήπτη τύπου PERKIN ELMER AS-91. Ο Πίνακας 3.2. δείχνει τις μάζες των ισοτόπων των στοιχείων που ανιχνεύτηκαν, καθώς και τα όρια ανίχνευσης τους για το ICP-MS. Ως εσωτερικό standard χρησιμοποιήθηκε το Rh.

#### 4.3.3. Ποιοτικός έλεγχος (Quality control)

Για τον ποιοτικό έλεγχο της διαδικασίας που ακολουθήθηκε στην παρούσα διατριβή ετοιμάστηκαν τέσσερα «αντιδείγματα» (duplicates) ενός δείγματος επιφανειακού εδάφους (S8). Το δείγμα επελέγη τυχαία και τα τέσσερα «αντιδείγματα» που ετοιμάστηκαν, ονομάστηκαν 8-A, 8-B, 8-C και 8-D, αντίστοιχα (USEPA, 1996b; Gallego et al., 2002).

Επίσης, για τον ίδιο λόγο (ποιοτικό έλεγχο), την ίδια διαδικασία που ακολούθησαν όλα τα δείγματα ακολούθησαν έξι «πρότυπα» δείγματα (standards) και ένα «τυφλό» (blank) (USEPA, 1994, 1996b, 1998a; Walsh et al., 1997). Τα «πρότυπα» που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα CANMET SO-1, SO-2, SO-3 και SO-4, το CANMET NRCC-MESS-2 και το NIST SRM 2704 (Bowman et al., 1979; NIST, 1990).

Για τον ποιοτικό έλεγχο των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν η «αναλυτική επαναληψιμότητα» (analytical repeatability), η «επαναληψιμότητα της διαδικασίας εκχυλίσεως» (extraction procedure repeatability) και η «απόδοση της διαδικασίας εκχυλίσεως» (extraction procedure recovery). Οι τιμές που λήφθηκαν και για τους τρεις παράγοντες ήταν πάρα πολύ ικανοποιητικές για τα περισσότερα στοιχεία. Ειδικότερα, η απόδοση της διαδικασίας εκχυλίσεως, συγκρίθηκε με άλλες μεθόδους όπως η 3051a της USEPA και η

aqua regia (Chen and Ma, 1998, 2001) και βρέθηκε ότι δίνει το ίδιο καλά αποτελέσματα με αυτές, αλλά επιπλέον είναι και πιο γρήγορη, πιο απλή και χαμηλότερου κόστους, ενώ είναι και άμεσα συμβατή με τις πιο ισχυρές τεχνικές ανόργανης ανάλυσης (ICP-OES και ICP-MS).

	Μήκος				Μήκος		
	κύμματος- Μάζα		Dava		κύμματος- Μάζα		Dava
Στοιγείο	νιαζα	Μονάδες	Οριο ανίχνευσης	Στοιγείο	νιαζα	Μονάδες	οριο ανίγνευσης
	$C_{2} 317 033$	a/ka	0.0020	<u></u>	202	malka	0.018
Ca Ma	Ca 317.933 Ma 270.077	g/Kg a/lra	0,0020	пg	120	mg/kg	0,018
Nig	Mg 2/9.0//	g/kg	0,0001		139	mg/kg	0,004
ĸ	K /66.490	g/kg	0,0022		/	mg/kg	0,022
Fe	Fe 259.939	g/kg	0,0005	Mn	55	mg/kg	0,096
Na	Na 330.237	g/kg	0,0030	Мо	98	mg/kg	0,016
Si	Si 288.158	g/kg	0,0053	Ni	60	mg/kg	0,126
S	S 181.975	g/kg	0,0076	Pb	208	mg/kg	0,024
Al	Al 308.215	g/kg	0,0044	Rb	85	mg/kg	0,019
Р	P 178.221	g/kg	0,007	Sb	121	mg/kg	0,012
Ag	107	mg/kg	0,042	Se	78	mg/kg	1,164
As	75	mg/kg	0,252	Sn	120	mg/kg	0,151
В	B 249.677	mg/kg	0,420	Sr	Sr 421.552	mg/kg	0,056
Ba	138	mg/kg	0,054	Th	232	mg/kg	0,004
Cd	111	mg/kg	0,018	Ti	49	mg/kg	0,168
Ce	140	mg/kg	0,003	U	238	mg/kg	0,005
Со	59	mg/kg	0,009	V	51	mg/kg	0,040
Cr	52	mg/kg	0,138	W	182	mg/kg	0,038
Cs	133	mg/kg	0,011	Y	89	mg/kg	0,003
Cu	65	mg/kg	0,102	Zn	66	mg/kg	1,146
Ga	71	mg/kg	0,007	Zr	90	mg/kg	0,005
Ge	74	mg/kg	0,008				

Πίνακας 4.2. Όρια ανίχνευσης των στοιχείων για το ICP-OES και το ICP-MS.

#### 4.4. Επεξεργασία των δεδομένων

Για την επεξεργασία των δεδομένων επιλέχτηκε να γίνουν οι παρακάτω εργασίες:

1) Σύγκριση των περιβαλλόντων πετρωμάτων με το φλοιό της γης.

2) Σύγκριση του μέσου όρου των επιφανειακών εδαφών με τιμές που υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα συγκρίθηκε ο μέσος όρος των δειγμάτων της παρούσας διατριβής με των μέσο όρο των εδαφών Fluvisols και Leptosols που δίνουν οι Kabata-Pendias και Pendias (1992), επειδή αυτοί είναι οι δύο τύποι εδαφών που συναντώνται στην περιοχή μελέτης.

3) Σύγκριση των δειγμάτων επιφανειακών εδαφών με τα τρία περιβάλλοντα πετρωμάτων που συλλέχθηκαν. Σκοπός αυτής της σύγκρισης ήταν να αποκαλυφθεί το κατά πόσο επηρεάστηκε η γεωχημική ταυτότητα των επιφανειακών εδαφών από τα περιβάλλοντα πετρώματα (Chen et al. 1999). Για να είναι πιο εύκολη η σύγκριση των συγκεντρώσεων των στοιχείων της παρούσας διατριβής ειδίκευσης με αυτή της βιβλιογραφίας υπολογίστηκαν κάποιοι συντελεστές, οι οποίοι καλούνται συντελεστές εμπλουτισμού (ή έλλειψης εμπλουτισμού). Αυτοί οι συντελεστές είναι ένα κλάσμα όπου αριθμητής μπαίνει η συγκέντρωση ενός στοιχείου, στη συγκεκριμένη περίπτωση, η τιμή της συγκέντρωσής του στην παρούσα διατριβή ειδίκευσης και παρανομαστής η περιεκτικότητά του σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (π.χ. μέση τιμή των Fluvisols και Leptosols) (Georgakopoulos, 2001).

Σε περίπτωση που δεν υπήρχε ικανοποιητική αντιστοιχία των συγκεντρώσεων των στοιχείων στα επιφανειακά εδάφη με αυτή των πετρωμάτων, αναζητήθηκαν άλλοι παράγοντες επηρεασμού της συγκέντρωσης αυτών (π.χ. ανθρωπογενείς διεργασίες).

### <u>5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ</u>

Αναλύθηκαν συνολικά 16 δείγματα για την περιεκτικότητά τους σε κύρια στοιχεία και 30 ιχνοστοιχεία. Οι περιεκτικότητες 11 στοιχείων (Ca, Mg, K, B, Sr, Fe, Na, Si, S, P, και Al) υπολογίστηκαν με τη μέθοδο ICP-OES και 30 (Mn, Zn, Cu, Ti, V, Cr, Rb, Ba, Th, La, Ce, As, Sn, Co, Se, Y, Zr, Mo, Cd, Cs, W, Sb, Li, U, Ag, Ni, Hg, Ga, Ge, και Pb) με τη μέθοδο ICP-MS. Οι περιεκτικότητες όλων των δειγμάτων καθώς και οι μέσοι όροι για τα δείγματα των επιφανειακών εδαφών παραθέτονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 5.1.

#### 5.1. Περιβάλλοντα πετρώματα

Τα περιβάλλοντα πετρώματα συγκρίθηκαν με το φλοιό της γης (Taylor and McLennan, 1985). Επειδή κατά την εκχύλιση με HNO<sub>3</sub> μπορεί να μη γίνει πλήρη απόληψη ορισμένων στοιχείων (pseudo total recovery), ενώ οι συγκεντρώσεις του φλοιού της γης αναφέρονται σε πλήρη απόληψη (total recovery) των στοιχείων, συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν μόνο για τα στοιχεία τα οποία φαίνεται να είναι εμπλουτισμένα στις συγκρίσεις.

Ο ασβεστόλιθος συγκρινόμενος με το φλοιό της γης φαίνεται να έχει υψηλότερες περιεκτικότητες για τα στοιχεία Ca (52,89 g/kg), As (5,16 mg/kg), Cd (0,42 mg/kg), Se (2,59 mg/kg) και W (3,60 mg/kg), κατά 7, 5, 4, 52 και 4 φορές περίπου, αντίστοιχα. Στο γνεύσιο το μόνο στοιχείο που εμφανίζεται με μεγαλύτερη περιεκτικότητα (2 φορές) είναι το B (20,1 mg/kg). Στο γρανίτη περιεκτικότητα μεγαλύτερη από το φλοιό φαίνεται να έχει μόνο ο Ag (0,31 mg/kg), περίπου κατά 4 φορές (Πιν. 5.2.-5.4.).

Τέλος, τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής ειδίκευσης για το δείγμα του γρανίτη συγκρίθηκαν και με αποτελέσματα που βρέθηκαν από άλλους ερευνητές (Kyriakopoulos et al., 1989; Neiva et al., 1996; Χριστοφίδης, 1997) για το γρανίτη της Καβάλας. Τα στοιχεία Cr, Cu, La, Li, U, V και Zn βρίσκονται ανάμεσα στις ελάχιστες και μέγιστες συγκεντρώσεις που δίνουν οι παραπάνω ερευνητές, ενώ τα στοιχεία Ba, Ce, Ni, Rb, Sr, Th, Y και Zr δεν βρίσκονται μέσα στα όρια που δίνουν οι προηγούμενοι συγγραφείς. Οι διαφορές μπορεί να οφείλονται είτε στις διαφορετικές αναλυτικές τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν (ICP-OES και ICP-MS στη παρούσα διατριβή, XRF από τους άλλους ερευνητές), είτε σε διαφορές στις διαδικασίες διαλυτοποιήσεως, είτε τέλος, σε γεωλογικά αίτια.

I					Εδάφη				
Στοιχείο	<b>S1</b>	S2	<b>S3</b>	<b>S4</b>	S5	<b>S6</b>	<b>S7</b>	<b>S8</b>	<b>S11</b>
Ca	5,84	28,2	32,1	62,6	128,8	2,82	16,4	131,4	86,1
Mg	3,57	5,86	5,31	6,20	2,16	0,95	2,52	1,81	1,71
ĸ	1,41	2,10	1,04	2,00	1,34	1,22	0,81	1,54	1,20
Fe	6,61	9,76	4,87	9,29	3,24	2,68	5,32	4,73	3,95
Na	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	0,28	0,26	0,38	0,25	0,17	0,44	0,26	0,31	0,48
S	0,22	0,21	0,36	0,34	0,30	0,15	0,16	0,51	0,40
Al	6,03	7,85	6,71	8,57	4,37	2,78	3,28	5,69	6,28
Р	0,61	0,82	0,77	0,96	0,97	0,46	0,58	1,11	0,72
Ag	8,33	0,31	0,31	9,30	0,22	0,11	1,98	1,94	0,61
As	9,26	1,56	48,4	7,34	28,6	6,85	1634,5	126,7	30,8
В	21,0	17,3	16,1	14,3	10,9	8,30	26,6	13,9	23,4
Ba	79,0	122,8	170,3	165,1	101,7	75,8	77,8	99,1	166,3
Cd	0,55	0,33	1,25	0,32	0,85	0,16	1,04	1,20	1,18
Ce	10,9	6,09	34,0	5,47	31,7	15,2	16,8	23,3	33,8
Со	4,79	9,96	11,0	9,56	9,72	4,36	5,75	5,29	7,18
Cr	5,04	15,0	11,6	13,2	11,2	2,20	11,3	9,24	10,9
Cs	1,89	2,29	0,57	2,56	0,49	1,23	0,54	0,34	0,44
Cu	10,1	9,33	97,7	13,2	17,5	11,7	112,4	22,1	22,0
Ga	3,28	4,41	1,70	4,58	1,29	1,19	1,30	1,20	1,40
Ge	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,02	0,03	0,03	0,05
Hg	0,09	0,05	0,54	0,07	0,09	0,07	0,25	0,13	0,07
La	5,42	2,40	18,4	2,69	17,0	7,35	8,32	12,8	17,5
Li	7,95	11,2	3,58	11,9	2,21	2,02	2,67	1,82	2,35
Mn	396,5	732,7	1391,6	591,4	549,1	278,1	669,6	481,4	636,4
Mo	0,41	0,17	0,23	0,19	0,18	0,24	0,17	0,15	0,09
Ni	3,31	8,64	15,2	9,62	26,8	2,90	14,9	13,1	14,9
PD	15,2	4,85	/3,2	12,0	33,8	14,8	481,5	68,1	38,8
KD Ch	19,0	29,2	6,33	1/,6	8,72	1/,3	6,20	6,54	6,11
SD So	0,08	0,24	0,95	0,20	0,24	0,20	1,8/	0,48	0,30
Se Sr	0,58	0,58	0,58	0,58	1,02	0,58	0,58	2,15	1,/1
Sii Sii	0,57	0,49	0,43	0,23	0,34	0,51	1,41	0,49	0,39
SI Th	3,74	0,15 2,00	2.91	19,1	50,0 1.01	10,0	19,5 5.04	45,9	24,0
	4,23	2,90	5,01 21.2	1,19	1,91	11,1	5,94 21.6	1,70	5,20 15.2
	0.40	0.25	0.42	072	0.32	1.22	21,0	0.36	0.28
U V	25.1	0,23 30.2	0,42 22.5	37.1	10,32	1,22	1,47	1/ 0	0,28
w	0.72	0.40	22,3 8.67	0.48	0.52	0.28	1 10,5	0.44	0.50
v	7.92	6 25	25 3	5 75	10.1	6 39	8 70	16 7	19.2
7n	973	62.2	34.1	54 5	30.1	16.8	91 7	35.5	25.0
Zr	0.77	0.22	2.74	0.35	1 85	0 34	3 21	3 12	3 62

**Πίνακας 5.1.** Οι περιεκτικότητες των στοιχείων που αναλύθηκαν (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

			Εδά	φη	Περιβάλ	λοντα πετρώμ	ιατα	
						Ασβεστό		
Στοιχείο	S12	S14	S59	<b>S88</b>	Μέσος όρος	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης
Ca	32,7	43,4	30,1	6,43	46,7	372,2	12,0	2,62
Mg	2,44	1,99	5,58	13,1	4,10	3,81	1,89	1,77
K	1,28	0,77	3,13	9,00	2,06	<lod< th=""><th>2,02</th><th>1,43</th></lod<>	2,02	1,43
Fe	6,91	5,11	8,12	24,5	7,31	0,34	6,54	5,13
Na	0,10	0,57	0,29	0,00	0,10	0,31	<lod< th=""><th>0,03</th></lod<>	0,03
Si	0,21	0,23	0,44	0,33	0,31	0,07	0,39	0,29
S	0,64	0,18	0,12	0,03	0,28	0,73	0,02	0,09
Al	8,36	6,25	6,24	16,0	6,81	0,01	3,66	3,18
Р	3,51	0,55	0,76	1,45	1,02	0,49	1,26	0,61
Ag	0,30	0,61	0,52	0,09	1,89	0,07	0,09	0,31
As	42,5	40,6	207,7	2,31	168	5,16	0,95	2,33
В	10,2	7,57	2,04	7,44	13,8	11,1	20,1	1,13
Ba	165,4	323,8	126,9	260,4	149	19,5	57,8	41,5
Cd	1,29	0,81	0,85	0,16	0,77	0,42	0,05	0,18
Ce	28,9	31,2	11,5	7,29	19,7	0,38	2,90	17,8
Со	9,82	7,13	9,46	13,0	8,24	4,54	2,77	3,54
Cr	22,2	9,85	31,9	7,05	12,4	0,58	5,80	7,77
Cs	0,98	0,81	1,75	11,57	1,96	0,02	0,91	1,48
Cu	52,0	19,6	43,2	26,6	35,2	2,29	11,1	5,95
Ga	2,58	1,78	2,93	7,44	2,70	0,01	2,41	1,74
Ge	0,04	0,05	0,02	0,06	0,04	0,01	0,02	0,03
Hg	0,14	0,19	0,02	0,04	0,14	0,23	0,03	0,02
La	15,9	16,4	5,62	3,20	10,2	1,00	1,44	8,44
Li	3,73	3,21	7,92	38,34	7,61	0,07	5,36	6,02
Mn	1041,4	847,5	686,0	720,3	694	24,9	230,3	207,7
Мо	0,16	0,83	0,08	0,10	0,23	0,08	0,43	0,04
Ni	19,8	12,9	28,8	7,85	13,7	17,2	2,57	7,41
Pb	60,6	37,1	119,9	10,1	74,6	3,11	2,47	13,7
Rb	16,6	9,16	26,8	133,8	23,3	0,06	20,9	17,5
Sb	0,40	0,22	0,42	0,04	0,49	0,13	0,06	0,06
Se	1,90	0,58	0,58	0,58	0,97	2,59	<lod< th=""><th><lod< th=""></lod<></th></lod<>	<lod< th=""></lod<>
Sn	0,88	0,40	0,17	0,18	0,50	0,36	1,02	0,17
Sr	32,3	19,8	15,0	32,7	22,3	151,9	11,1	6,10
Th	2,80	4,47	2,61	8,20	4,17	0,06	1,22	5,37
Ti	80,5	12,6	96,4	1114,7	184	0,69	150,2	108,9
U	0,38	0,29	0,24	0,89	0,56	0,04	0,51	1,34
V	20,3	22,8	26,1	82,6	28,1	0,54	14,8	12,8
W	0,92	1,36	0,30	0,25	1,23	3,60	0,13	0,08
Y	15,3	18,6	6,18	5,13	11,7	3,99	4,34	6,92
Zn	72,4	25,5	56,7	66,0	51,4	8,9	26,3	30,4
Zr	3,40	3,06	0,88	0,44	1,85	0,17	0,25	1,06

Πίνακας 5.1. Συνέχεια.

(Σημ. Για όρια ανιχνευσιμότητας βλ. Πιν. 4.2.).

**Πίνακας 5.2.** Σύγκριση των τιμών του περιβάλλοντος ασβεστολίθου με το φλοιό της γης (\* Taylor and McLennan, 1985, \*\* Mason and Moore, 1982), (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

_			Συντελεστές
Στοιχείο	Ασβεστόλιθος	Φλοιός της γης*	εμπλουτισμού
Ca	372,21	52,89	7,0
Mg	3,81	31,97	0,1
K	<lod< th=""><th>9,13</th><th>-</th></lod<>	9,13	-
Fe	0,34	70,76	0,0
Na	0,31	23,00	0,0
Si	0,07	267,82	0,0
S**	0,73	0,26	2,8
Al	0,01	84,16	0,0
P**	0,49	1,05	0,5
Ag	0,07	0,08	0,9
As	5,16	1,00	5,2
В	11,06	10,0	1,1
Ba	19,50	250	0,1
Cd	0,42	0,10	4,3
Ce	0,38	33,0	0,0
Со	4,54	29,0	0,2
Cr	0,58	185	0,0
Cs	0,02	1,00	0,0
Cu	2,29	75,0	0,0
Ga	0,01	18,0	0,0
Ge	0,01	1,60	0,0
Hg**	0,23	0,08	2,9
La	1,00	16,0	0,1
Li	0,07	13,0	0,0
Mn	24,94	1400	0,0
Mo	0,08	1,00	0,1
Ni	17,18	105	0,2
Pb	3,11	8,00	0,4
Rb	0,06	32,0	0,0
Sb	0,13	0,20	0,7
Se	2,59	0,05	51,7
Sn	0,36	2,50	0,1
Sr	151,94	260	0,6
Th	0,06	3,50	0,0
Ti	0,69	5400	0,0
U	0,04	0,91	0,0
V	0,54	230,0	0,0
W	3,60	1,00	3,6
Y	3,99	20,0	0,2
Zn	8,89	80,0	0,1
Zr	0,17	100	0,0

(Σημ. Για όρια ανιχνευσιμότητας βλ. Πιν. 4.2. LOD: όριο ανιχνευσιμότητας).

**Πίνακας 5.3.** Σύγκριση των τιμών του περιβάλλοντος γνευσίου με το φλοιό της γης (\*Taylor and McLennan, 1985; \*\* Mason and Moore, 1982), (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

			Συντελεστές
Στοιχείο	Γνεύσιος	Φλοιός της γης*	εμπλουτισμού
Ca	12,00	52,89	0,2
Mg	1,89	31,97	0,1
K	2,02	9,13	0,2
Fe	6,54	70,76	0,1
Na	<lod< th=""><th>23,00</th><th>-</th></lod<>	23,00	-
Si	0,39	267,82	0,0
S**	0,02	0,26	0,1
Al	3,66	84,16	0,0
P**	1,26	1,05	1,2
Ag	0,09	0,08	1,1
As	0,95	1,00	0,9
В	20,12	10,0	2,0
Ba	57,79	250	0,2
Cd	0,05	0,10	0,6
Ce	2,90	33,0	0,1
Со	2,77	29,0	0,1
Cr	5,80	185	0,0
Cs	0,91	1,00	0,9
Cu	11,06	75,0	0,1
Ga	2,41	18,0	0,1
Ge	0,02	1,60	0,0
Hg**	0,03	0,08	0,4
La	1,44	16,0	0,1
Li	5,36	13,0	0,4
Mn	230,29	1400	0,2
Мо	0,43	1,00	0,4
Ni	2,57	105	0,0
Pb	2,47	8,00	0,3
Rb	20,85	32,0	0,7
Sb	0,06	0,20	0,3
Se	<lod< th=""><th>0,05</th><th>-</th></lod<>	0,05	-
Sn	1,02	2,50	0,4
Sr	11,14	260	0,0
Th	1,22	3,50	0,3
Ti	150,22	5400	0,0
U	0,51	0,91	0,6
V	14,81	230,0	0,1
W	0,13	1,00	0,1
Y	4,34	20,0	0,2
Zn	26,32	80,0	0,3
Zr	0,25	100	0,0

(Σημ. Για όρια ανιχνευσιμότητας βλ. Πιν. 4.2. LOD: όριο ανιχνευσιμότητας).

**Πίνακας 5.4.** Σύγκριση των τιμών του περιβάλλοντος γρανίτη με το φλοιό της γης (\*Taylor and McLennan, 1985; \*\* Mason and Moore, 1982), (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

F (	<b>F</b> (	<b>A</b> A (	Συντελεστές
Στοιχείο	Γρανίτης	Φλοιός της γης*	εμπλουτισμού
Ca	2,62	52,89	0,0
Mg	1,77	31,97	0,1
K	1,43	9,13	0,2
Fe	5,13	70,76	0,1
Na	0,04	23,00	0,0
Si	0,29	267,82	0,0
S**	0,09	0,26	0,4
Al	3,18	84,16	0,0
P**	0,61	1,05	0,6
Ag	0,32	0,08	3,9
As	2,33	1,00	2,3
В	1,13	10,0	0,1
Ba	41,46	250	0,2
Cd	0,18	0,10	1,8
Ce	17,79	33,0	0,5
Со	3,54	29,0	0,1
Cr	7,77	185	0,0
Cs	1,48	1,00	1,5
Cu	5,95	75,0	0,1
Ga	1,74	18,0	0,1
Ge	0,03	1,60	0,0
Hg**	0,02	0,08	0,2
La	8,44	16,0	0,5
Li	6,02	13,0	0,5
Mn	207,72	1400	0,1
Mo	0,04	1,00	0,0
Ni	7,41	105	0,1
Pb	13,73	8,00	1,7
Rb	17,49	32,0	0,5
Sb	0,06	0,20	0,3
Se	<lod< th=""><th>0,05</th><th>-</th></lod<>	0,05	-
Sn	0,17	2,50	0,1
Sr	6,10	260	0,0
Th	5,37	3,50	1,5
Ti	108,90	5400	0,0
U	1,34	0,91	1,5
V	12,82	230,0	0,1
W	0,08	1,00	0,1
Y	6,92	20,0	0,3
Zn	30,38	80,0	0,4
Zr	1,06	100	0,0

(Σημ. Για όρια ανιχνευσιμότητας βλ. Πιν. 4.2. LOD: όριο ανιχνευσιμότητας).

#### 5.2. Επιφανειακά εδάφη

Ο μέσος όρος της περιεκτικότητας κάθε στοιχείου της παρούσας διατριβής ειδίκευσης για τα δείγματα των επιφανειακών εδαφών (εξαιρούνται τα στοιχεία Ca, Mg, K, Fe, Na, Si, S, Al και P) συγκρίθηκε με την αντίστοιχη μέση περιεκτικότητα του για εδάφη τύπου Fluvisols και Leptosols (Πιν. 5.5) (Kabata-Pendias and Pendias, 1992).

Επίσης, κάθε δείγμα επιφανειακού εδάφους συγκρίθηκε με τα τρία δείγματα περιβαλλόντων πετρωμάτων που συλλέχθηκαν. Σκοπός αυτής της συγκρίσεως ήταν να βρεθεί κατά πόσο έχει επηρεαστεί η γεωχημική ταυτότητα των εδαφών από τα περιβάλλοντα πετρώματα. Η σύγκριση πραγματοποιήθηκε δημιουργώντας συντελεστές εμπλουτισμού όπου αριθμητής έμπαινε η περιεκτικότητα του στοιχείου για κάθε δείγμα επιφανειακού εδάφους και παρονομαστής η μέση περιεκτικότητα τους στοιχείου για τα τρία περιβάλλοντα πετρώματα (αλλά και για το κάθε πέτρωμα ξεχωριστά). Ως εμπλουτισμένες τιμές θεωρήθηκαν αυτές που είχαν συντελεστή εμπλουτισμού  $\geq 3$  (Πιν. 5.6. – 5.18.).

#### 5.2.1. Σύγκριση με τον παγκόσμιο μέσο όρο των Fluvisols και Leptosols

Τα στοιχεία που έχουν υψηλότερες περιεκτικότητες στα εδάφη της Καβάλας σε σχέση με το μέσο όρο των Fluvisols και Leptosols παγκοσμίως είναι ο Ag (1,89 mg/kg), το As (168,2 mg/kg) και ο Pb (74,6 mg/kg), με συντελεστές εμπλουτισμού 21, 15 και 3 περίπου, αντίστοιχα (Πιν. 5.5.). Ο εμπλουτισμός αυτός των στοιχείων οφείλεται πιθανότατα σε συνδυασμό γεωλογικών και ανθρωπογενών παραγόντων. Στην ευρύτερη περιογή του Ν. Καβάλας, αλλά και της Δράμας, υπάρχουν αρκετά κοιτάσματα μικτών θειούχων καθώς επίσης και μερικά κοιτάσματα As (IΓΜΕ, 1965, 1973β). Είναι πολύ πιθανό τα επιφανειακά εδάφη της περιογής να εμπλουτίστηκαν σε αυτά τα στοιχεία κατά το σχηματισμό των λεκανών της Δράμας και του Νέστου από το Τεταρτογενούς έως σήμερα (Ψιλοβίκος, 1990; Filippidis et al., 1996; Christanis et al., 1998). Επειδή όμως και τα τρία στοιχεία έχουν συνδεθεί με ανθρωπογενείς δραστηριότητες (π.χ., παραγωγή λιπασμάτων και παρασιτοκτόνων, χρήση υγρών καυσίμων για το Pb) καθώς επίσης και με ανθρωπογενή προϊόντα (λιπάσματα, παρασιτοκτόνα κλπ) η πιθανότητα εμπλουτισμού τους στα επιφανειακά εδάφη ως συνέπεια αυτών των παραγόντων δεν πρέπει να απορριφθεί.

Πίνακας 5.5. Σύγκριση του μέσου όρου των επιφανειακών εδαφών της παρούσας διατριβής με το μέσο όρο των εδαφών Flyvisols και Leptosols (\*Kabata-Pendias and Pendias, 1992), (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

		Παγκόσμιος	
	Μέσος όρος	μέσος όρος	5 4 4
Στοινείο	παρούσας διατοιβής	Fluvisols- Leptosols*	Συντελεστές εμπλουτισμού
	46.68	Leptosois	εμπλουτισμου
Ca Mg	40,08	-	-
Nig K	4,10	-	-
к Бо	7 31	-	-
re Na	0.10	_	_
Si	0.31	_	_
S	0.28	_	_
Al	6.81	-	_
P	1.02	-	-
Δσ	1.89	0.09	21.0
As	168 24	11.4	14 7
B	13 77	38.8	0.4
Ba	148.82	622.0	0.2
Cd	0.77	0.5	1.6
Ce	19 69	50.2	0.4
Co	8.24	12.6	0.7
Cr	12.37	70.9	0.2
Cs	1.96	13.0	0.2
Cu	35,19	28,2	1,2
Ga	2,70	28,0	0,1
Ge	0,04	1,3	0,0
Hg	0,14	0,1	1,2
La	10,23	33,4	0,3
Li	7,61	36,0	0,2
Mn	693,99	571,8	1,2
Mo	0,23	2,0	0,1
Ni	13,74	17,8	0,8
Pb	74,63	28,4	2,6
Rb	23,33	62,5	0,4
Sb	0,49	1,0	0,5
Se	0,97	0,5	2,0
Sn	0,50	1,1	0,4
Sr	22,31	172,1	0,1
Th	4,17	6,4	0,7
Ti	184,28	3600,0	0,1
U	0,56	2,0	0,3
V	28,07	68,2	0,4
W	1,23	1,5	0,8
Y	11,65	26,3	0,4
Zn	51,36	67,8	0,8
Zr	1,85	140,0	0,0

(Σημ. Για όρια ανιχνευσιμότητας βλ. Πιν. 4.2.).

#### 5.2.2. Σύγκριση με τα περιβάλλοντα πετρώματα

Η σύγκριση των επιφανειακών εδαφών με τα περιβάλλοντα πετρώματα της περιοχής μελέτης είναι η πιο σημαντική σύγκριση για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη γεωχημική ταυτότητα των επιφανειακών εδαφών της περιοχής μελέτης. Κάθε δείγμα επιφανειακού εδάφους συγκρίθηκε με τη μέση περιεκτικότητα των τριών περιβαλλόντων πετρωμάτων, καθώς και με το κάθε ένα πέτρωμα ξεχωριστά. Όταν οι συντελεστές εμπλουτισμού ήταν  $\geq$  3, τόσο για το μέσο όρο των πετρωμάτων, όσο και για κάθε πέτρωμα ξεχωριστά, θεωρήθηκε πως το στοιχείο είναι εμπλουτισμένο στα επιφανειακά εδάφη της περιοχής μελέτης και αναζητήθηκαν τα πιθανά αίτια εμπλουτισμού του σε αυτά.

Τα επιφανειακά εδάφη της περιοχής μελέτης φαίνεται να έχουν φυσιολογικές τιμές για τα στοιχεία Ca, Mg, K, Fe, Na, Si, S, Al και P (Πιν. 5.6. – 5.18.). Το Ca έχει συντελεστές εμπλουτισμού μικρότερους της μονάδας για τα περισσότερα δείγματα, ενώ τα δείγματα S5 και S8 που έχουν συντελεστές ίσους με τη μονάδα έχουν και τις υψηλότερες περιεκτικότητες σε Ca (επειδή και τα δύο βρίσκονται ακριβώς πάνω από ασβεστόλιθο) (Εικ. 3.1.). Το Mg έχει συντελεστές εμπλουτισμού για τα δώδεκα από τα δεκατρία δείγματα μικρότερους από 2,5. Εξαίρεση αποτελεί το δείγμα S88 το οποίο έχει συντελεστή εμπλουτισμού 5,3. Ο εμπλουτισμός του σε αυτό το δείγμα μπορεί να οφείλεται είτε στον ασβεστόλιθο (περιέχει 3,81 mg/kg Mg και έχει επιμέρους συντελεστή 3,4), θα μπορούσε όμως να οφείλεται και στη χρήση λιπασμάτων, αφού ορισμένοι τύποι λιπασμάτων που παράγονται στην περιοχή είναι εμπλουτισμένα σε αυτό το στοιχείο (Β.Φ.Λ., 2003).

Το K περιέχεται στα εδάφη από 0,77 έως 9,00 mg/kg, ενώ στο γνεύσιο και στο γρανίτη με 2,02 και 1,43 mg/kg, αντίστοιχα. Οι συντελεστές εμπλουτισμού του είναι όλοι μικρότεροι του 3 με εξαίρεση το δείγμα S88 (5,2). Οι περιεκτικότητες του στα πετρώματα δεν δικαιολογούν αυτή τη τιμή (9,00 mg/kg) η οποία πιθανόν να οφείλεται στην χρήση λιπασμάτων τα οποία είναι εμπλουτισμένα σε αυτό (ορισμένα λιπάσματα περιέχουν έως 20% κ.β. K) (Β.Φ.Λ., 2003).

Ο Fe έχει συντελεστές εμπλουτισμού μικρότερους του 3 για όλα τα δείγματα εκτός από το S88 (6,1). Πολύ κοντά στην περιοχή μελέτης, αλλά και γενικώς στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν κοιτάσματα Fe (IΓΜΕ, 1965, 1973β) τα οποία θα μπορούσαν να έχουν οδηγήσει σε αυτόν των εμπλουτισμό (Ψιλοβίκος, 1990; Filippidis et al., 1996; Christanis et al., 1998). Όμως επειδή ο Fe είναι ένα στοιχείο το οποίο υπάρχει στα λιπάσματα της περιοχής με υψηλή περιεκτικότητα (Β.Φ.Λ., 2003) θα μπορούσε να οφείλεται και σε αυτόν τον παράγοντα.

Το Si και το S έχουν συντελεστές εμπλουτισμού για όλα τα δείγματα μικρότερους του 3, ενώ το Na για τα περισσότερα δείγματα εμφανίζεται με περιεκτικότητες χαμηλότερες του ορίου ανιχνευσιμότητας του ICP-OES. Το Al κυμαίνεται στα επιφανειακά εδάφη από 2,78 έως 16,0 mg/kg, ενώ φαίνεται να είναι εμπλουτισμένο σε ένα από τα δεκατρία δείγματα (S88 με αντίστοιχο συντελεστή εμπλουτισμού 7,0). Η υψηλή περιεκτικότητα του Al σε αυτό το δείγμα μπορεί να οφείλεται στην έντονη παρουσία αργιλικών ορυκτών σε αυτό.

Τέλος, ο P έχει συντελεστές εμπλουτισμού για όλα τα δείγματα μικρότερους του 3. Εξαίρεση αποτελεί το δείγμα S12, που έχει συντελεστή 4,5. Ο γνεύσιος, που είναι ένα γειτονικό πέτρωμα του δείγματος S12 (Εικ. 3.1.) και που περιέχει 1,26 mg/kg P θα μπορούσε να τροφοδοτήσει το δείγμα με επιπλέον ποσότητα P. Όμως, ο εμπλουτισμός του στοιχείου λόγω της χρήσης λιπασμάτων εμπλουτισμένων σε αυτό, είναι μια πιθανότητα που δεν μπορεί να αποκλειστεί.

Σύμφωνα με τους Wilden et al. (2001) η συσσώρευση στοιχείων όπως ο Fe, το Mg, το Ca και το Al στα επιφανειακά εδάφη μπορεί να οφείλεται στη χρήση λιπασμάτων, αλλά αυτή είναι μόνο προσωρινή, λόγω της μετακίνησης αυτών προς βαθύτερους εδαφικούς ορίζοντες. Προσοχή χρειάζεται όταν οι συγκεντρώσεις του Fe και του Al είναι ιδιαίτερα υψηλές διότι ο μεν Fe μπορεί να οδηγήσει στην απελευθέρωση άλλων στοιχείων (π.χ. As) και το Al να αποβεί τοξικό για τα φυτά (Kabata-Pendias and Pendias, 1992; Chen et al., 2000). Στην παρούσα διατριβή ειδίκευσης όμως, η παραπάνω παρατήρηση δεν φαίνεται να ισχύει, αφού ο Fe φαίνεται να είναι αρνητικά συσχετισμένος με το As (Διάγρ. 5.1.). Στα δείγματα που ο Fe εμφανίζει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις του, το As εμφανίζεται με τις χαμηλότερες και αντίστροφα (Πιν. 5.6. – 5.18.).

Από τα υπόλοιπα στοιχεία (ιχνοστοιχεία) τα οποία έχουν αναλυθεί στη παρούσα διατριβή, κάποια παρουσιάζονται με φυσιολογικές τιμές ενώ κάποια με εμπλουτισμένες.

Τα δείγματα της παρούσας διατριβής ειδίκευσης χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Στην πρώτη ομάδα ανήκουν τα δείγματα S3, S4, S7, S8, S11, S12, S14, S59 και S88, ενώ στη δεύτερη τα υπόλοιπα (S1, S2, S5 και S6). Κριτήριο του διαχωρισμού ήταν το γεγονός ότι μια ομάδα στοιχείων (Ag, As, Ba, Cr, Cu, Mn, Pb, Sb, Zn, Zr) εμφανίζονται με υψηλούς συντελεστές εμπλουτισμού σχεδόν σε όλα τα δείγματα της πρώτης ομάδας, ενώ στη δεύτερη τα στοιχεία αυτά είτε έχουν συντελεστές μικρότερους του 3, είτε εμφανίζονται εμπλουτισμένα μόνο ένα ή δύο από αυτά.

Συγκεκριμένα, τα στοιχεία B, Ce, Co, Cs, Ga, Ge, Hg, La, Li, Mo, Ni, Rb, Se, Sn, Sr, Th, U και W στα δείγματα τόσο της πρώτης ομάδας, όσο και της δεύτερης βρίσκονται με περιεκτικότητες παρόμοιες με αυτές που περιέχονται στα μητρικά πετρώματα. Έχουν δηλαδή συντελεστές εμπλουτισμού μικρότερους του 3, είτε στη σύγκριση με το μέσο όρο των πετρωμάτων, είτε στις επιμέρους συγκρίσεις με κάθε ένα από τα περιβάλλοντα πετρώματα. Εξαίρεση αποτελούν τα στοιχεία Co, Cs, Li και Rb για το δείγμα S88. Και τα 4 στοιχεία έχουν τη τάση να παγιδεύονται από αργιλικά ορυκτά. Ο εμπλουτισμός τους πιθανόν να οφείλεται στην έντονη παρουσία αργιλικών ορυκτών σε αυτό το δείγμα, κάτι που ενισχύεται και από την υψηλή περιεκτικότητα του δείγματος σε Al.



**Διάγραμμα 5.1.** Διάγραμμα όπου φαίνεται η αρνητική συσχέτιση του Fe με το As για τα δείγματα της παρούσας διατριβής ειδίκευσης.

Τα υπόλοιπα στοιχεία που αναλύθηκαν (Ag, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Mn, Pb, Sb, Ti, Y, V, Zn και Zr) φαίνεται να είναι εμπλουτισμένα σχεδόν σε όλα τα δείγματα της πρώτης ομάδας. Έχουν δηλαδή συντελεστές εμπλουτισμού μεγαλύτερους του τρία και για τα δύο είδη σύγκρισης (Πιν. 5.6. – 5.18.).

Ο Ag σε σύγκριση με τη μέση περιεκτικότητα των πετρωμάτων βρίσκεται εμπλουτισμένος σε έξι από τα εννέα δείγματα τις πρώτης ομάδας (S4 S7 S8 S11 S14 S59) και σε ένα της δεύτερης (S1), με συντελεστές εμπλουτισμού που κυμαίνονται από 3,3 (S59), έως και 59,0 (S4). Στην ευρύτερη περιοχή του Ν. Καβάλας, αλλά και της Δράμας (όρη Φαλακρό και Λεκάνη) υπάρχουν αρκετά κοιτάσματα μεικτών θειούχων (IΓΜΕ, 1965, 1973β) τα οποία έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε Ag (έως 168 mg/kg) (Filippidis et al., 1996; Christanis et al., 1998) και τα οποία θα μπορούσαν να έχουν τροφοδοτήσει τη περιοχή με το στοιχείο, κατά τη διάρκεια σχηματισμού των λεκανών της Δράμας και του Νέστου από το Τεταρτογενές έως σήμερα (Ψιλοβίκος, 1990; Filippidis et al., 1996). Σύμφωνα με τους Davies and Ginnever (1979) και Jones et al. (1986) ο Ag σε μολυσμένα εδάφη γύρω από ορυχεία εκμετάλλευσης του μπορεί να έχει τιμές 9 – 44 mg/kg. Ο Ag συναντάται στα επιφανειακά εδάφη της περιοχής της Καβάλας με περιεκτικότητες από 0,09 - 9,30 mg/kg, περιεκτικότητες που δικαιολογούν την παραπάνω σκέψη, εάν ληφθεί υπ' όψη και η απόσταση ανάμεσα στις θέσεις δειγματοληψίας και τα κοιτάσματα μεικτών θειούχων.

Το As είναι το στοιχείο με την πιο έντονη παρουσία στην περιοχή. Έχει συντελεστές μεγαλύτερους του τρία για επτά δείγματα της πρώτης ομάδας (S3, S7, S8, S11, S12, S14 και

S59) και για δύο της δεύτερης (S1 και S5). Οι συντελεστές εμπλουτισμού του κυμαίνονται από 3,3 (S1) έως 580,9 (S7). Ο εμπλουτισμός του στοιχείου στα επιφανειακά εδάφη της Καβάλας πιθανότατα οφείλεται στα κοιτάσματα που υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή, τα οποία μπορεί να περιέχουν έως και 12% As (IΓΜΕ, 1965, 1973β; Filippidis et al., 1996 Christanis et al., 1998). Επειδή όμως το As έχει συνδεθεί με αρκετές ουσίες οι οποίες προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως λιπάσματα, παρασιτοκτόνα και ζιζανιοκτόνα (Kabata-Pendias and Pendias, 1992; Hesterberg, 1998; Chen et al., 2000; Chen, 2001; Cappuyns, et al., 2002; Chirenje et al., 2002; Guvenc et al., 2003) ο εμπλουτισμός του θα μπορούσε να οφείλεται και στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή.

Τα ανεκτά όρια περιεκτικότητας του As στα εδάφη ποικίλουν ανάλογα με τη χώρα (25 – 50 mg/kg για το Καναδά, 10 – 40 mg/kg για το Ηνωμένο Βασίλειο και 0,8 – 20 mg/kg για διάφορες πολιτείες των Η.Π.Α.) (Chen, 2001). Επειδή περιέχεται στα επιφανειακά εδάφη της περιοχής με αρκετά υψηλές περιεκτικότητες (π.χ. 1634 mg/kg για το δείγμα S7) και επειδή θεωρείται ως ένα καρκινογενές στοιχείο κλάσης A (Class A human carcinogen) (USEPA, 1998b; Chen et al., 2000) η περίπτωση του απαιτεί ιδιαίτερη περιβαλλοντική φροντίδα και προσοχή.

Το Mn είναι εμπλουτισμένο σε όλα τα δείγματα της πρώτης ομάδας και σε δύο της δεύτερης (S2 και S5), με συντελεστές που κυμαίνονται από 3,1 έως 9,0. Η έντονη αυτή παρουσία του Mn πιθανότατα οφείλεται στις πάρα πολλές μεταλλοφορίες του στοιχείου στην ευρύτερη περιοχή της Καβάλας και της Δράμας (IΓΜΕ, 1965, 1973β). Όπως και με τον Ag και το As, ο εμπλουτισμός του πρέπει να έγινε κατά τη διάρκεια σχηματισμού των λεκανών της Δράμας και του Νέστου από το Τεταρτογενές έως σήμερα (Ψιλοβίκος, 1990; Filippidis et al., 1996; Christanis et al., 1998). Επειδή όμως το Mn είναι ένα στοιχείο το οποίο έχει συνδεθεί και με ανθρώπινες δραστηριότητες όπως είναι η χρήση λιπασμάτων, ζιζανιοκτόνων και παρασιτοκτόνων καθώς και με τις βιομηχανίες παραγωγής αυτών των προϊόντων (Hesteberg, 1998; Li et al., 2001; Abrahim and Parker, 2002; Manta et al., 2002; Carbonell-Barrachina et al., 2002; USEPA, 2003d, 2003e) και επειδή είναι ένα από τα στοιχεία από τα οποία βρίσκονται εμπλουτισμένα στα προϊόντα (λιπάσματα) που παράγονται στην περιοχή (Β.Φ.Λ., 2003), η πιθανότητα ένα τμήμα του εμπλουτισμού του να οφείλεται και σε αυτές τις δραστηριότητες.

Ο Pb είναι επίσης ένα από τα στοιχεία με έντονη τη παρουσία στα επιφανειακά εδάφη της περιοχής. Βρίσκεται εμπλουτισμένος σε επτά από τα δείγματα της πρώτης ομάδας (S3, S7, S8, S11, S12, S14 και S59) και σε ένα στη δεύτερη ομάδα (S5). Οι συντελεστές

εμπλουτισμού του κυμαίνονται από 5,3 (S5) έως 74,8 (S7). Ο εμπλουτισμός του στοιχείου πιθανότατα οφείλεται στην παρουσία αρκετών κοιτασμάτων μικτών θειούχων στην περιοχή. Επειδή όμως είναι ένα στοιχείο το οποίο έχει συνδεθεί με ανθρώπινες δραστηριότητες και προϊόντα, όπως χρήση υγρών καυσίμων, λιπάσματα κ.α. (Vernet, 1991; Kabata-Pendias and Pendias, 1992; Abrahim and Parker, 2002, Manta et al., 2002; Zhang and Frost, 2002) ένα μέρος του εμπλουτισμού του μπορεί να οφείλεται σε αυτά. Ιδιαίτερα για τα δείγματα S11, S12, S14 και S59 τα οποία βρίσκονται κοντά στις εθνικές οδούς που διέρχονται από την περιοχή μελέτης, η πιθανότητα της ανθρωπογενής επιρροής είναι ακόμα πιο μεγάλη.

Ο Pb θεωρείται ως HAP (Hazardous Air Pollutant), ενώ ταυτόχρονα είναι το νούμερο ένα στοιχείο στη "National Priority List" της USEPA (Cappuyns, et al., 2002; USEPA, 2003d) και επειδή είναι τοξικός για τα φυτά για συγκεντρώσεις από 100 – 500 mg/kg (Kabata-Pendias and Pendias, 1992), συγκεντρώσεις που υπάρχουν στα επιφανειακά εδάφη της περιοχής (4,85 – 482 mg/kg) η περίπτωσή του πρέπει να εξετασθεί με ιδιαίτερη προσοχή. Επιπλέον, για τα δείγματα της παρούσας διατριβής ειδίκευσης, ο Pb παρουσιάζει ισχυρή συγγένεια με το As (Διαγρ. 5.2.).





Τα στοιχεία Cd, Cu, Zn και Sb βρίσκονται επίσης εμπλουτισμένα στα επιφανειακά εδάφη της περιοχής μελέτης. Ο εμπλουτισμός τους, ιδιαίτερα για το Sb, οφείλεται πιθανότατα στις πολυάριθμες εμφανίσεις κοιτασμάτων μεικτών θειούχων που υπάρχουν στη ευρύτερη περιοχή (IΓΜΕ, 1965, 1973β). Ο εμπλουτισμός αυτός πρέπει να έλαβε χώρα κατά τη δημιουργία των λεκανών της Δράμας και του Νέστου από το Τεταρτογενές έως σήμερα (Ψιλοβίκος, 1990; Filippidis et al., 1996; Christanis et al., 1998).

Όμως, για τα στοιχεία Cd, Cu, και Zn ο εμπλουτισμός τους μπορεί να οφείλεται και σε ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η παραγωγή λιπασμάτων και παρασιτοκτόνων, καθώς και με τη χρήση αυτών. Τα στοιχεία αυτά υπάρχουν είτε στις πρώτες ύλες είτε στα παραπροϊόντα αυτών των βιομηχανιών (π.χ. φωσφογύψος) (Kabata-Pendias and Pendias, 1992; Hesteberg, 1998; Carbonell-Barrachina et al., 2002; USEPA, 2003d, 2003e). Και τα τρία αυτά στοιχεία βρίσκονται εμπλουτισμένα σε διάφορους τύπου λιπασμάτων που παράγονται στην περιοχή (B.Φ.Λ., 2003).

Σύμφωνα με τους Manta et al. (2002) μη μολυσμένα εδάφη περιέχουν έως και 34 mg/kg Cu ενώ μολυσμένα έως και 63 mg/kg Cu. Στα εδάφη της Καβάλας ο Cu βρίσκεται με τιμές από 9,33 έως 112,4 mg/kg, τιμές που υποδεικνύουν πως υπάρχει κάποια επιβάρυνση.

Το Ba συναντάται εμπλουτισμένο σε επτά δείγματα της πρώτης ομάδας (S3, S4, S11, S12, S14, S59 S88) και ένα της δεύτερης (S2). Οι περιεκτικότητές του στα δείγματα S2 και S59 δικαιολογούνται από την περιεκτικότητα του στοιχείου στο γνεύσιο (επιμέρους συντελεστές εμπλουτισμού 2,1 και 2,2, αντίστοιχα). Ο εμπλουτισμός στα υπόλοιπα δείγματα οφείλετε πιθανότατα στη χρήση φωσφορούχων λιπασμάτων (Kabata-Pendias and Pendias, 1992).

Το Cr βρίσκεται εμπλουτισμένο συνολικά σε τρία δείγματα, δύο της πρώτης ομάδας (S12 και S59) και ένα της πρώτης (S2). Ο εμπλουτισμός του πιθανότατα σε αυτά τα δείγματα να οφείλεται σε γεωλογικά αίτια (παρουσία στο γρανίτη, παρουσία κοιτασμάτων χρωμίτη στην ευρύτερη περιοχή). Σύμφωνα με τους Abrahim and Parker (2002) μη μολυσμένα εδάφη περιέχουν λιγότερο από 0,1 mg/kg, ενώ το Cr βρίσκεται στα εδάφη της περιοχής μελέτης με μέση περιεκτικότητα 12,4 mg/kg, περιεκτικότητα πολύ μεγαλύτερη από αυτή που προτείνουν οι δύο συγγραφείς.

Το Υ είναι εμπλουτισμένο για τέσσερα δείγματα της πρώτης ομάδας, αλλά ο εμπλουτισμός του αυτός οφείλεται πιθανότατα στη παρουσία του στοιχείου στο γρανίτη (6,92 mg/kg). Το V είναι εμπλουτισμένο στα δείγματα S4 και S88 της πρώτης ομάδας και S2 της δεύτερης. Το δείγμα S2 βρίσκεται πολύ κοντά στα περιβάλλοντα πετρώματα γρανίτη και γνεύσιο, τα οποία θα μπορούσαν να οφείλονται για τις περιεκτικότητες του στοιχείου σε αυτό το δείγμα. Οι υψηλές του περιεκτικότητες στα άλλα δύο δείγματα μπορεί να οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες, αφού το στοιχείο έχει συνδεθεί με τη λειτουργία εργοστασίων φωσφορικών λιπασμάτων (Kabata-Pendias and Pendias, 1992).

Το Τι είναι εμπλουτισμένο στα ίδια δείγματα με το V. Οι περιεκτικότητα του στο γρανίτη και στο γνεύσιο δικαιολογεί τις τιμές των δειγμάτων S2 και S4, αλλά όχι και του δείγματος S88. Το Τι συνήθως δεν δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα, ενώ ανθρωπογενείς πηγές που μπορεί να ανεβάσουν την περιεκτικότητά του στα εδάφη, όπως κάποια κράματα και ελαιοχρώματα που το περιέχουν, δεν υπάρχουν στην περιοχή (Kabata-Pendias and Pendias, 1992). Πιθανότατα ο εμπλουτισμός του σε αυτά τα δείγματα να οφείλεται σε γεωλογικά αίτια.

Το Zr φαίνεται να είναι εμπλουτισμένο σε έξι δείγματα της πρώτης ομάδας (S3, S7, S8, S11, S12 και S14) και ένα της δεύτερης (S5). Ο εμπλουτισμός του στα δείγματα S3, S5 και S7 πιθανότατα οφείλεται στο γρανίτη, αφού το στοιχείο περιέχεται σε αυτόν με παραπλήσια περιεκτικότητα (επιμέρους συντελεστής εμπλουτισμού 1,7), ενώ και τα δείγματα βρίσκονται πάνω από αυτόν. Ο εμπλουτισμός του στα υπόλοιπα δείγματα πιθανόν να οφείλεται στο ότι το Zr γενικώς, δεν είναι ένα κινητικό στοιχείο στα εδάφη (Kabata-Pendias and Pendias, 1992), με αποτέλεσμα να συσσωρεύεται σε αυτά.

						Συντελεστές εμπλουτισμού			
		Αβεστό				Αβεστό			
Στοιχείο	S1	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>
Ca	5,84	372,21	12,00	2,62	128,94	0,0	0,5	2,2	0,0
Mg	3,57	3,81	1,89	1,77	2,49	0,9	1,9	2,0	1,4
Κ	1,41	<lod< td=""><td>2,02</td><td>1,43</td><td>1,73</td><td>na</td><td>0,7</td><td>1,0</td><td>0,8</td></lod<>	2,02	1,43	1,73	na	0,7	1,0	0,8
Fe	6,61	0,34	6,54	5,13	4,00	19,7	1,0	1,3	1,7
Na	0,27	0,31	<lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>0,8</td><td>-</td><td>7,7</td><td>1,5</td></lod<>	0,03	0,17	0,8	-	7,7	1,5
Si	0,28	0,07	0,39	0,29	0,25	3,8	0,7	1,0	1,1
S	0,22	0,73	0,02	0,09	0,28	0,3	13,4	2,3	0,8
Al	6,03	0,01	3,66	3,18	2,28	944,2	1,6	1,9	2,6
Р	0,61	0,49	1,26	0,61	0,79	1,2	0,5	1,0	0,8
Ag	8,33	0,07	0,09	0,31	0,16	120,0	94,6	26,4	52,9
As	9,26	5,16	0,95	2,33	2,81	1,8	9,8	4,0	3,3
В	21,02	11,06	20,12	1,13	10,77	1,9	1,0	18,6	2,0
Ba	79,01	19,50	57,79	41,5	39,58	4,1	1,4	1,9	2,0
Cd	0,55	0,42	0,05	0,18	0,22	1,3	10,2	3,1	2,6
Ce	10,87	0,38	2,90	17,8	7,02	28,6	3,7	0,6	1,5
Со	4,79	4,54	2,77	3,54	3,62	1,1	1,7	1,4	1,3
Cr	5,04	0,58	5,80	7,77	4,72	8,7	0,9	0,6	1,1
Cs	1,89	0,02	0,91	1,48	0,80	113,8	2,1	1,3	2,4
Cu	10,10	2,29	11,06	5,95	6,43	4,4	0,9	1,7	1,6
Ga	3,28	0,01	2,41	1,74	1,39	275,1	1,4	1,9	2,4
Ge	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	1,8	1,2	0,7	1,0
Hg	0,09	0,23	0,03	0,02	0,09	0,4	2,8	4,7	0,9
La	5,42	1,00	1,44	8,44	3,63	5,4	3,8	0,6	1,5
Li	7,95	0,07	5,36	6,02	3,82	117,4	1,5	1,3	2,1
Mn	396,50	24,94	230,29	207,72	154,32	15,9	1,7	1,9	2,6
Мо	0,41	0,08	0,43	0,04	0,18	5,3	1,0	10,1	2,3
Ni	3,31	17,2	2,57	7,41	9,05	0,2	1,3	0,4	0,4
Pb	15,24	3,11	2,47	13,73	6,44	4,9	6,2	1,1	2,4
Rb	19,03	0,06	20,85	17,49	12,80	308,5	0,9	1,1	1,5
Sb	0,68	0,13	0,06	0,06	0,08	5,2	11,1	11,7	8,2
Se	<lod< td=""><td>2,59</td><td><lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<></td></lod<>	2,59	<lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<>	<lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	2,59	-	-	-	-
Sn	0,37	0,36	1,02	0,17	0,52	1,0	0,4	2,1	0,7
Sr	5,74	151,94	11,14	6,10	56,39	0,0	0,5	0,9	0,1
Th	4,25	0,06	1,22	5,37	2,22	71,3	3,5	0,8	1,9
Ti	224,72	0,69	150,22	108,90	86,60	327,5	1,5	2,1	2,6
U	0,40	0,04	0,51	1,34	0,63	10,1	0,8	0,3	0,6
V	25,13	0,54	14,81	12,82	9,39	46,6	1,7	2,0	2,7
W	0,72	3,60	0,13	0,08	1,27	0,2	5,4	8,6	0,6
Y	7,92	3,99	4,34	6,92	5,08	2,0	1,8	1,1	1,6
Zn	97,30	8,9	26,32	30,38	21,86	10,9	3,7	3,2	4,5
Zr	0,77	0,17	0,25	1,06	0,49	4,6	3,0	0,7	1,5

**Πίνακας 5.6.** Σύγκριση του δείγματος επιφανειακού εδάφους S1 με τα περιβάλλοντα πετρώματα (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

						Συ	Συντελεστές εμπλουτισμού			
		Αβεστό				Αβεστό				
Στοιχείο	S2	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	
Ca	28,25	372,21	12,0	2,62	128,94	0,1	2,4	10,8	0,2	
Mg	5,86	3,81	1,89	1,77	2,49	1,5	3,1	3,3	2,4	
K	2,10	<lod< td=""><td>2,02</td><td>1,43</td><td>1,73</td><td>-</td><td>1,0</td><td>1,5</td><td>1,2</td></lod<>	2,02	1,43	1,73	-	1,0	1,5	1,2	
Fe	9,76	0,34	6,54	5,13	4,00	29,1	1,5	1,9	2,4	
Na	<lod< td=""><td>0,31</td><td><lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<>	0,31	<lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	0,03	0,17	-	-	-	-	
Si	0,26	0,07	0,39	0,29	0,25	3,6	0,7	0,9	1,1	
S	0,21	0,73	0,02	0,09	0,28	0,3	12,8	2,2	0,7	
Al	7,85	0,01	3,66	3,18	2,28	1229,1	2,1	2,5	3,4	
Р	0,82	0,49	1,26	0,61	0,79	1,7	0,7	1,3	1,0	
Ag	0,31	0,07	0,09	0,31	0,16	4,5	3,6	1,0	2,0	
As	1,56	5,16	0,95	2,33	2,81	0,3	1,6	0,7	0,6	
В	17,27	11,06	20,12	1,13	10,77	1,6	0,9	15,3	1,6	
Ва	122,84	19,50	57,79	41,46	39,58	6,3	2,1	3,0	3,1	
Cd	0,33	0,42	0,05	0,18	0,22	0,8	6,1	1,9	1,5	
Ce	6,09	0,38	2,90	17,79	7,02	16,0	2,1	0,3	0,9	
Со	9,96	4,54	2,77	3,54	3,62	2,2	3,6	2,8	2,8	
Cr	15,04	0,58	5,80	7,77	4,72	26,0	2,6	1,9	3,2	
Cs	2,29	0,02	0,91	1,48	0,80	138,1	2,5	1,6	2,9	
Cu	9,33	2,29	11,06	5,95	6,43	4,1	0,8	1,6	1,5	
Ga	4,41	0,01	2,41	1,74	1,39	369,5	1,8	2,5	3,2	
Ge	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	2,3	1,5	0,9	1,4	
Hg	0,05	0,23	0,03	0,02	0,09	0,2	1,6	2,8	0,6	
La	2,40	1,00	1,44	8,44	3,63	2,4	1,7	0,3	0,7	
Li	11,2	0,07	5,36	6,02	3,82	165,5	2,1	1,9	2,9	
Mn	732,75	24,94	230,29	207,72	154,32	29,4	3,2	3,5	4,7	
Мо	0,17	0,08	0,43	0,04	0,18	2,2	0,4	4,2	0,9	
Ni	8,64	17,18	2,57	7,41	9,05	0,5	3,4	1,2	1,0	
Pb	4,85	3,11	2,47	13,73	6,44	1,6	2,0	0,4	0,8	
Rb	29,18	0,06	20,85	17,49	12,80	473,1	1,4	1,7	2,3	
Sb	0,24	0,13	0,06	0,06	0,08	1,8	3,8	4,0	2,8	
Se	<lod< td=""><td>2,59</td><td><lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<></td></lod<>	2,59	<lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<>	<lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	2,59	-	-	-	-	
Sn	0,49	0,36	1,02	0,17	0,52	1,3	0,5	2,8	0,9	
Sr	8,13	151,94	11,1	6,10	56,39	0,1	0,7	1,3	0,1	
Th	2,90	0,06	1,22	5,37	2,22	48,6	2,4	0,5	1,3	
Ti	335,44	0,69	150,22	108,90	86,60	488,9	2,2	3,1	3,9	
U	0,25	0,04	0,51	1,34	0,63	6,3	0,5	0,2	0,4	
V	39,2	0,54	14,8	12,8	9,39	72,5	2,6	3,1	4,2	
W	0,40	3,60	0,13	0,08	1,27	0,1	3,0	4,7	0,3	
Y	6,25	3,99	4,34	6,92	5,08	1,6	1,4	0,9	1,2	
Zn	62,17	8,9	26,32	30,38	21,86	7,0	2,4	2,0	2,8	
Zr	0.22	0.17	0.25	1.06	0.49	1.3	0.9	0.2	0.4	

**Πίνακας 5.7.** Σύγκριση του δείγματος επιφανειακού εδάφους S2 με τα περιβάλλοντα πετρώματα (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

						Συντελεστές εμπλουτισμού			
		Αβεστό				Αβεστό			
Στοιχείο	<b>S3</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>
Са	32,05	372,21	12,00	2,62	128,94	0,1	2,7	12,2	0,2
Mg	5,31	3,81	1,89	1,77	2,49	1,4	2,8	3,0	2,1
Κ	1,04	<lod< td=""><td>2,02</td><td>1,43</td><td>1,73</td><td>-</td><td>0,5</td><td>0,7</td><td>0,6</td></lod<>	2,02	1,43	1,73	-	0,5	0,7	0,6
Fe	4,87	0,34	6,54	5,13	4,00	14,5	0,7	1,0	1,2
Na	<lod< td=""><td>0,31</td><td><lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td></td></lod<></td></lod<>	0,31	<lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td></td></lod<>	0,03	0,17	-	-	-	
Si	0,38	0,07	0,39	0,29	0,25	5,2	1,0	1,3	1,5
S	0,36	0,73	0,02	0,09	0,28	0,5	22,4	3,9	1,3
Al	6,71	0,01	3,66	3,18	2,28	1050,1	1,8	2,1	2,9
Р	0,77	0,49	1,26	0,61	0,79	1,6	0,6	1,3	1,0
Ag	0,31	0,07	0,09	0,31	0,16	4,5	3,5	1,0	2,0
As	48,39	5,16	0,95	2,33	2,81	9,4	51,0	20,7	17,2
В	16,09	11,06	20,12	1,13	10,77	1,5	0,8	14,3	1,5
Ва	170,35	19,50	57,79	41,5	39,58	8,7	2,9	4,1	4,3
Cd	1,25	0,42	0,05	0,18	0,22	3,0	23,1	7,1	5,8
Ce	33,99	0,38	2,90	17,8	7,02	89,4	11,7	1,9	4,8
Со	11,05	4,54	2,77	3,54	3,62	2,4	4,0	3,1	3,1
Cr	11,64	0,58	5,80	7,77	4,72	20,1	2,0	1,5	2,5
Cs	0,57	0,02	0,91	1,48	0,80	34,6	0,6	0,4	0,7
Cu	97,71	2,29	11,06	5,95	6,43	42,7	8,8	16,4	15,2
Ga	1,70	0,01	2,41	1,74	1,39	142,9	0,7	1,0	1,2
Ge	0,04	0,01	0,02	0,03	0,02	3,5	2,3	1,3	2,0
Hg	0,54	0,23	0,03	0,02	0,09	2,3	17,0	28,7	5,8
La	18,37	1,00	1,44	8,44	3,63	18,4	12,8	2,2	5,1
Li	3,58	0,07	5,36	6,02	3,82	52,8	0,7	0,6	0,9
Mn	1391,63	24,94	230,29	207,7	154,32	55,8	6,0	6,7	9,0
Мо	0,23	0,08	0,43	0,04	0,18	3,0	0,5	5,7	1,3
Ni	15,22	17,18	2,57	7,41	9,05	0,9	5,9	2,1	1,7
Pb	73,16	3,11	2,47	13,7	6,44	23,5	29,6	5,3	11,4
Rb	6,33	0,06	20,85	17,5	12,80	102,7	0,3	0,4	0,5
Sb	0,95	0,13	0,06	0,06	0,08	7,3	15,6	16,3	11,4
Se	<lod< td=""><td>2,59</td><td><lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<></td></lod<>	2,59	<lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<>	<lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	2,59	-	-	-	-
Sn	0,45	0,36	1,02	0,17	0,52	1,2	0,4	2,6	0,9
Sr	16,66	151,94	11,14	6,10	56,39	0,1	1,5	2,7	0,3
Th	3,81	0,06	1,22	5,37	2,22	63,9	3,1	0,7	1,7
Ti	21,19	0,69	150,22	108,9	86,60	30,9	0,1	0,2	0,2
U	0,42	0,04	0,51	1,34	0,63	10,5	0,8	0,3	0,7
V	22,51	0,54	14,81	12,8	9,39	41,7	1,5	1,8	2,4
W	8,67	3,60	0,13	0,08	1,27	2,4	65,4	103,0	6,8
Y	25,34	3,99	4,34	6,92	5,08	6,3	5,8	3,7	5,0
Zn	34,11	8,89	26,32	30,4	21,86	3,8	1,3	1,1	1,6
Zr	2.74	0.17	0.25	1,06	0,49	16,5	10,8	2,6	5,5

**Πίνακας 5.8.** Σύγκριση του δείγματος επιφανειακού εδάφους S3 με τα περιβάλλοντα πετρώματα (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

						Συντελεστές εμπλουτισμού				
		Αβεστό				Αβεστό				
Στοιχείο	<b>S4</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O</b> .	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	
Ca	62,57	372,21	12,00	2,62	128,94	0,2	5,2	23,9	0,5	
Mg	6,20	3,81	1,89	1,77	2,49	1,6	3,3	3,5	2,5	
K	2,00	<lod< td=""><td>2,02</td><td>1,43</td><td>1,73</td><td>-</td><td>1,0</td><td>1,4</td><td>1,2</td></lod<>	2,02	1,43	1,73	-	1,0	1,4	1,2	
Fe	9,29	0,34	6,54	5,13	4,00	27,7	1,4	1,8	2,3	
Na	<lod< td=""><td>0,31</td><td><lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<>	0,31	<lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	0,03	0,17	-	-	-	-	
Si	0,25	0,07	0,39	0,29	0,25	3,4	0,7	0,9	1,0	
S	0,34	0,73	0,02	0,09	0,28	0,5	21,2	3,7	1,2	
Al	8,57	0,01	3,66	3,18	2,28	1342,1	2,3	2,7	3,8	
Р	0,96	0,49	1,26	0,61	0,79	1,9	0,8	1,6	1,2	
Ag	9,30	0,07	0,09	0,31	0,16	134,0	105,6	29,5	59,0	
As	7,34	5,16	0,95	2,33	2,81	1,4	7,7	3,1	2,6	
В	14,28	11,06	20,12	1,13	10,77	1,3	0,7	12,7	1,3	
Ba	165,12	19,50	57,79	41,46	39,58	8,5	2,9	4,0	4,2	
Cd	0,32	0,42	0,05	0,18	0,22	0,8	5,9	1,8	1,5	
Ce	5,47	0,38	2,90	17,79	7,02	14,4	1,9	0,3	0,8	
Со	9,56	4,54	2,77	3,54	3,62	2,1	3,5	2,7	2,6	
Cr	13,20	0,58	5,80	7,77	4,72	22,8	2,3	1,7	2,8	
Cs	2,56	0,02	0,91	1,48	0,80	154,0	2,8	1,7	3,2	
Cu	13,17	2,29	11,06	5,95	6,43	5,8	1,2	2,2	2,0	
Ga	4,58	0,01	2,41	1,74	1,39	384,1	1,9	2,6	3,3	
Ge	0,04	0,01	0,02	0,03	0,02	3,2	2,2	1,2	1,9	
Hg	0,07	0,23	0,03	0,02	0,09	0,3	2,2	3,8	0,8	
La	2,69	1,00	1,44	8,44	3,63	2,7	1,9	0,3	0,7	
Li	11,88	0,07	5,36	6,02	3,82	175,4	2,2	2,0	3,1	
Mn	591,38	24,94	230,29	207,72	154,32	23,7	2,6	2,8	3,8	
Mo	0,19	0,08	0,43	0,04	0,18	2,4	0,4	4,6	1,0	
Ni	9,62	17,18	2,57	7,41	9,05	0,6	3,7	1,3	1,1	
Pb	12,03	3,11	2,47	13,73	6,44	3,9	4,9	0,9	1,9	
Rb	17,55	0,06	20,85	17,49	12,80	284,5	0,8	1,0	1,4	
Sb	0,26	0,13	0,06	0,06	0,08	2,0	4,3	4,5	3,1	
Se	<lod< td=""><td>2,59</td><td><lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<></td></lod<>	2,59	<lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<>	<lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	2,59	-	-	-	-	
Sn	0,25	0,36	1,02	0,17	0,52	0,7	0,2	1,5	0,5	
Sr	19,10	151,94	11,14	6,10	56,39	0,1	1,7	3,1	0,3	
Th	1,19	0,06	1,22	5,37	2,22	19,9	1,0	0,2	0,5	
Ti	382,75	0,69	150,22	108,90	86,60	557,9	2,5	3,5	4,4	
U	0,72	0,04	0,51	1,34	0,63	18,2	1,4	0,5	1,2	
V	37,14	0,54	14,81	12,82	9,39	68,8	2,5	2,9	4,0	
W	0,48	3,60	0,13	0,08	1,27	0,1	3,6	5,7	0,4	
Y	5,75	3,99	4,34	6,92	5,08	1,4	1,3	0,8	1,1	
Zn	54,45	8,89	26,32	30,38	21,86	6,1	2,1	1,8	2,5	
Zr	0,35	0,17	0,25	1,06	0,49	2,1	1,4	0,3	0,7	

Πίνακας 5.9. Σύγκριση του δείγματος επιφανειακού εδάφους S4 με τα περιβάλλοντα πετρώματα (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

						Συντ	ελεστές εμπ	Συντελεστές εμπλουτισμού			
	Í	Αβεστό				Αβεστό					
Στοιχείο	<b>S</b> 5	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>		
Ca	128,82	372,21	12,00	2,62	128,94	0,3	10,7	49,1	1,0		
Mg	2,16	3,81	1,89	1,77	2,49	0,6	1,1	1,2	0,9		
K	1,34	<lod< td=""><td>2,02</td><td>1,43</td><td>1,73</td><td>-</td><td>0,7</td><td>0,9</td><td>0,8</td></lod<>	2,02	1,43	1,73	-	0,7	0,9	0,8		
Fe	3,24	0,34	6,54	5,13	4,00	9,7	0,5	0,6	0,8		
Na	<lod< td=""><td>0,31</td><td><lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<>	0,31	<lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	0,03	0,17	-	-	-	-		
Si	0,17	0,07	0,39	0,29	0,25	2,4	0,5	0,6	0,7		
S	0,30	0,73	0,02	0,09	0,28	0,4	18,6	3,2	1,1		
Al	4,37	0,01	3,66	3,18	2,28	684,8	1,2	1,4	1,9		
Р	0,97	0,49	1,26	0,61	0,79	2,0	0,8	1,6	1,2		
Ag	0,22	0,07	0,09	0,31	0,16	3,2	2,5	0,7	1,4		
As	28,61	5,16	0,95	2,33	2,81	5,5	30,1	12,3	10,2		
В	10,90	11,06	20,12	1,13	10,77	1,0	0,5	9,7	1,0		
Ва	101,75	19,50	57,79	41,46	39,58	5,2	1,8	2,5	2,6		
Cd	0,85	0,42	0,05	0,18	0,22	2,0	15,7	4,8	3,9		
Ce	31,69	0,38	2,90	17,79	7,02	83,3	10,9	1,8	4,5		
Со	9,72	4,54	2,77	3,54	3,62	2,1	3,5	2,7	2,7		
Cr	11,21	0,58	5,80	7,77	4,72	19,4	1,9	1,4	2,4		
Cs	0,49	0,02	0,91	1,48	0,80	29,5	0,5	0,3	0,6		
Cu	17,53	2,29	11,1	5,95	6,43	7,7	1,6	2,9	2,7		
Ga	1,29	0,01	2,41	1,74	1,39	108,6	0,5	0,7	0,9		
Ge	0,05	0,01	0,02	0,03	0,02	3,9	2,6	1,5	2,3		
Hg	0,09	0,23	0,03	0,02	0,09	0,4	2,9	4,9	1,0		
La	17,02	1,00	1,44	8,44	3,63	17,0	11,8	2,0	4,7		
Li	2,21	0,07	5,36	6,02	3,82	32,6	0,4	0,4	0,6		
Mn	549,12	24,94	230,29	207,72	154,32	22,0	2,4	2,6	3,6		
Мо	0,18	0,08	0,43	0,04	0,18	2,3	0,4	4,3	1,0		
Ni	26,76	17,18	2,57	7,41	9,05	1,6	10,4	3,6	3,0		
Pb	33,85	3,11	2,47	13,73	6,44	10,9	13,7	2,5	5,3		
Rb	8,72	0,06	20,9	17,49	12,80	141,4	0,4	0,5	0,7		
Sb	0,24	0,13	0,06	0,06	0,08	1,9	4,0	4,2	2,9		
Se	1,62	2,59	<lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>0,6</td><td>-</td><td>-</td><td>0,6</td></lod<></td></lod<>	<lod< td=""><td>2,59</td><td>0,6</td><td>-</td><td>-</td><td>0,6</td></lod<>	2,59	0,6	-	-	0,6		
Sn	0,54	0,36	1,02	0,17	0,52	1,5	0,5	3,1	1,0		
Sr	36,62	151,94	11,14	6,10	56,39	0,2	3,3	6,0	0,6		
Th	1,91	0,06	1,22	5,37	2,22	32,1	1,6	0,4	0,9		
Ti	18,61	0,69	150,22	108,90	86,60	27,1	0,1	0,2	0,2		
U	0,32	0,04	0,51	1,34	0,63	8,0	0,6	0,2	0,5		
V	19,44	0,54	14,81	12,82	9,39	36,0	1,3	1,5	2,1		
W	0,52	3,60	0,13	0,08	1,27	0,1	3,9	6,2	0,4		
Y	10,10	3,99	4,34	6,92	5,08	2,5	2,3	1,5	2,0		
Zn	30,06	8,9	26,32	30,38	21,86	3,4	1,1	1,0	1,4		
Zr	1.85	0.17	0.25	1.06	0.49	11.2	73	1.7	3.7		

Πίνακας 5.10. Σύγκριση του δείγματος επιφανειακού εδάφους S5 με τα περιβάλλοντα πετρώματα (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

						Συντε	ελεστές εμπ	λουτισμού	
		Αβεστό				Αβεστό			
Στοιχείο	<b>S6</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>
Ca	2,82	372,21	12,00	2,62	128,94	0,0	0,2	1,1	0,0
Mg	0,95	3,81	1,89	1,77	2,49	0,2	0,5	0,5	0,4
Κ	1,22	<lod< td=""><td>2,02</td><td>1,43</td><td>1,73</td><td>-</td><td>0,6</td><td>0,9</td><td>0,7</td></lod<>	2,02	1,43	1,73	-	0,6	0,9	0,7
Fe	2,68	0,34	6,54	5,13	4,00	8,0	0,4	0,5	0,7
Na	<lod< td=""><td>0,31</td><td><lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>- 1</td></lod<></td></lod<>	0,31	<lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>- 1</td></lod<>	0,03	0,17	-	-	-	- 1
Si	0,44	0,07	0,39	0,29	0,25	6,0	1,1	1,5	1,8
S	0,15	0,73	0,02	0,09	0,28	0,2	9,4	1,6	0,5
Al	2,78	0,01	3,66	3,18	2,28	435,3	0,8	0,9	1,2
Р	0,46	0,49	1,26	0,61	0,79	0,9	0,4	0,8	0,6
Ag	0,11	0,07	0,09	0,31	0,16	1,6	1,3	0,4	0,7
As	6,85	5,16	0,95	2,33	2,81	1,3	7,2	2,9	2,4
В	8,30	11,1	20,12	1,13	10,77	0,8	0,4	7,4	0,8
Ва	75,83	19,5	57,79	41,46	39,58	3,9	1,3	1,8	1,9
Cd	0,16	0,42	0,05	0,18	0,22	0,4	2,9	0,9	0,7
Ce	15,19	0,38	2,90	17,79	7,02	39,9	5,2	0,9	2,2
Co	4,36	4,54	2,77	3,54	3,62	1,0	1,6	1,2	1,2
Cr	2,20	0,58	5,80	7,77	4,72	3,8	0,4	0,3	0,5
Cs	1,23	0,02	0,91	1,48	0,80	73,9	1,3	0,8	1,5
Cu	11,7	2,29	11,06	5,95	6,43	5,1	1,1	2,0	1,8
Ga	1,19	0,01	2,41	1,74	1,39	100,2	0,5	0,7	0,9
Ge	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	1,7	1,1	0,6	1,0
Hg	0,07	0,23	0,03	0,02	0,09	0,3	2,2	3,7	0,7
La	7,35	1,00	1,44	8,44	3,63	7,3	5,1	0,9	2,0
Li	2,02	0,07	5,36	6,02	3,82	29,8	0,4	0,3	0,5
Mn	278,13	24,9	230,29	207,72	154,32	11,1	1,2	1,3	1,8
Мо	0,24	0,08	0,43	0,04	0,18	3,1	0,6	5,9	1,3
Ni	2,90	17,2	2,57	7,41	9,05	0,2	1,1	0,4	0,3
Pb	14,83	3,11	2,47	13,73	6,44	4,8	6,0	1,1	2,3
Rb	17,32	0,06	20,85	17,5	12,80	280,8	0,8	1,0	1,4
Sb	0,20	0,13	0,06	0,06	0,08	1,5	3,2	3,4	2,4
Se	<lod< td=""><td>2,59</td><td><lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>- 1</td></lod<></td></lod<></td></lod<>	2,59	<lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>- 1</td></lod<></td></lod<>	<lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>- 1</td></lod<>	2,59	-	-	-	- 1
Sn	0,51	0,36	1,02	0,17	0,52	1,4	0,5	3,0	1,0
Sr	16,62	151,94	11,14	6,10	56,39	0,1	1,5	2,7	0,3
Th	11,06	0,06	1,22	5,37	2,22	185,5	9,1	2,1	5,0
Ti	44,74	0,69	150,22	108,90	86,60	65,2	0,3	0,4	0,5
U	1,22	0,04	0,51	1,34	0,63	30,8	2,4	0,9	1,9
V	14,78	0,54	14,8	12,8	9,39	27,4	1,0	1,2	1,6
W	0,28	3,60	0,13	0,08	1,27	0,1	2,1	3,3	0,2
Y	6,39	3,99	4,34	6,92	5,08	1,6	1,5	0,9	1,3
Zn	16,77	8,89	26,32	30,38	21,86	1,9	0,6	0,6	0,8
Zr	0.34	0.17	0.25	1.06	0 4 9	2.0	13	03	07

Πίνακας 5.11. Σύγκριση του δείγματος επιφανειακού εδάφους S6 με τα περιβάλλοντα πετρώματα (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

						Συντ	ελεστές εμπ	λουτισμού	
		Αβεστό				Αβεστό			
Στοιχείο	<b>S7</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>
Ca	16,39	372,21	12,00	2,62	128,94	0,0	1,4	6,2	0,1
Mg	2,52	3,81	1,89	1,77	2,49	0,7	1,3	1,4	1,0
Κ	0,81	<lod< td=""><td>2,02</td><td>1,43</td><td>1,73</td><td>-</td><td>0,4</td><td>0,6</td><td>0,5</td></lod<>	2,02	1,43	1,73	-	0,4	0,6	0,5
Fe	5,32	0,34	6,54	5,13	4,00	15,9	0,8	1,0	1,3
Na	<lod< td=""><td>0,31</td><td><lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<>	0,31	<lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	0,03	0,17	-	-	-	-
Si	0,26	0,07	0,39	0,29	0,25	3,6	0,7	0,9	1,0
S	0,16	0,73	0,02	0,09	0,28	0,2	10,0	1,7	0,6
Al	3,28	0,01	3,66	3,18	2,28	513,9	0,9	1,0	1,4
Р	0,58	0,49	1,26	0,61	0,79	1,2	0,5	0,9	0,7
Ag	1,98	0,07	0,09	0,31	0,16	28,5	22,4	6,3	12,5
As	1634,46	5,16	0,95	2,33	2,81	316,9	1721,4	700,6	580,9
В	26,62	11,06	20,12	1,13	10,77	2,4	1,3	23,6	2,5
Ва	77,77	19,50	57,79	41,46	39,58	4,0	1,3	1,9	2,0
Cd	1,04	0,42	0,05	0,18	0,22	2,5	19,2	5,9	4,8
Ce	16,83	0,38	2,90	17,79	7,02	44,2	5,8	0,9	2,4
Со	5,75	4,54	2,77	3,54	3,62	1,3	2,1	1,6	1,6
Cr	11,27	0,58	5,80	7,77	4,72	19,4	1,9	1,5	2,4
Cs	0,54	0,02	0,91	1,48	0,80	32,5	0,6	0,4	0,7
Cu	112,44	2,29	11,06	5,95	6,43	49,1	10,2	18,9	17,5
Ga	1,30	0,01	2,41	1,74	1,39	108,6	0,5	0,7	0,9
Ge	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	2,4	1,6	0,9	1,4
Hg	0,25	0,23	0,03	0,02	0,09	1,1	8,0	13,5	2,7
La	8,32	1,00	1,44	8,44	3,63	8,3	5,8	1,0	2,3
Li	2,67	0,07	5,36	6,02	3,82	39,4	0,5	0,4	0,7
Mn	669,55	24,94	230,29	207,72	154,32	26,8	2,9	3,2	4,3
Mo	0,17	0,08	0,43	0,04	0,18	2,2	0,4	4,1	0,9
Ni	14,91	17,18	2,57	7,41	9,05	0,9	5,8	2,0	1,6
Pb	481,51	3,11	2,47	13,73	6,44	154,8	194,6	35,1	74,8
Rb	6,20	0,06	20,85	17,49	12,80	100,5	0,3	0,4	0,5
Sb	1,87	0,13	0,06	0,06	0,08	14,4	30,6	32,1	22,5
Se	<lod< td=""><td>2,59</td><td><lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<></td></lod<>	2,59	<lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<>	<lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	2,59	-	-	-	-
Sn	1,41	0,36	1,02	0,17	0,52	3,9	1,4	8,1	2,7
Sr	19,49	151,94	11,14	6,10	56,39	0,1	1,7	3,2	0,3
Th	5,94	0,06	1,22	5,37	2,22	99,6	4,9	1,1	2,7
Ti	21,60	0,69	150,22	108,90	86,60	31,5	0,1	0,2	0,2
U	1,47	0,04	0,51	1,34	0,63	37,1	2,9	1,1	2,3
V	18,52	0,54	14,81	12,82	9,39	34,3	1,3	1,4	2,0
W	1,19	3,60	0,13	0,08	1,27	0,3	9,0	14,2	0,9
Y	8,70	3,99	4,34	6,92	5,08	2,2	2,0	1,3	1,7
Zn	91,72	8,89	26,32	30,38	21,86	10,3	3,5	3,0	4,2
Zr	3.21	017	0.25	1 1 06	049	194	126	30	6.5

Πίνακας 5.12. Σύγκριση του δείγματος επιφανειακού εδάφους S7 με τα περιβάλλοντα πετρώματα (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

						Συντε	ελεστές εμπ	λουτισμού	
		Αβεστό				Αβεστό			
Στοιχείο	<b>S8</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>
Ca	131,36	372,21	12,00	2,62	128,94	0,4	10,9	50,1	1,0
Mg	1,81	3,81	1,89	1,77	2,49	0,5	1,0	1,0	0,7
K	1,54	<lod< td=""><td>2,02</td><td>1,43</td><td>1,73</td><td>-</td><td>0,8</td><td>1,1</td><td>0,9</td></lod<>	2,02	1,43	1,73	-	0,8	1,1	0,9
Fe	4,73	0,34	6,54	5,13	4,00	14,1	0,7	0,9	1,2
Na	<lod< td=""><td>0,31</td><td><lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>- 1</td></lod<></td></lod<>	0,31	<lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>- 1</td></lod<>	0,03	0,17	-	-	-	- 1
Si	0,31	0,07	0,39	0,29	0,25	4,3	0,8	1,1	1,3
S	0,51	0,73	0,02	0,09	0,28	0,7	31,8	5,5	1,8
Al	5,69	0,01	3,66	3,18	2,28	890,8	1,6	1,8	2,5
Р	1,11	0,49	1,26	0,61	0,79	2,3	0,9	1,8	1,4
Ag	1,94	0,07	0,09	0,31	0,16	27,9	22,0	6,2	12,3
As	126,70	5,16	0,95	2,33	2,81	24,6	133,4	54,3	45,0
В	13,93	11,06	20,12	1,13	10,77	1,3	0,7	12,3	1,3
Ba	99,12	19,50	57,79	41,46	39,58	5,1	1,7	2,4	2,5
Cd	1,20	0,42	0,05	0,18	0,22	2,9	22,0	6,8	5,5
Ce	23,25	0,38	2,90	17,79	7,02	61,1	8,0	1,3	3,3
Со	5,29	4,54	2,77	3,54	3,62	1,2	1,9	1,5	1,5
Cr	9,24	0,58	5,80	7,77	4,72	15,9	1,6	1,2	2,0
Cs	0,34	0,02	0,91	1,48	0,80	20,2	0,4	0,2	0,4
Cu	22,14	2,29	11,06	5,95	6,43	9,7	2,0	3,7	3,4
Ga	1,20	0,01	2,41	1,74	1,39	100,4	0,5	0,7	0,9
Ge	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	2,5	1,7	1,0	1,5
Hg	0,13	0,23	0,03	0,02	0,09	0,5	4,0	6,7	1,4
La	12,77	1,00	1,44	8,44	3,63	12,8	8,9	1,5	3,5
Li	1,82	0,07	5,36	6,02	3,82	26,9	0,3	0,3	0,5
Mn	481,39	24,94	230,29	207,72	154,32	19,3	2,1	2,3	3,1
Mo	0,15	0,08	0,43	0,04	0,18	1,9	0,3	3,6	0,8
Ni	13,07	17,18	2,57	7,41	9,05	0,8	5,1	1,8	1,4
Pb	68,08	3,11	2,47	13,73	6,44	21,9	27,5	5,0	10,6
Rb	6,54	0,06	20,85	17,49	12,80	106,0	0,3	0,4	0,5
Sb	0,48	0,13	0,06	0,06	0,08	3,7	7,9	8,3	5,8
Se	2,13	2,59	<lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>0,8</td><td>-</td><td>-</td><td>0,8</td></lod<></td></lod<>	<lod< td=""><td>2,59</td><td>0,8</td><td>-</td><td>-</td><td>0,8</td></lod<>	2,59	0,8	-	-	0,8
Sn	0,49	0,36	1,02	0,17	0,52	1,4	0,5	2,8	1,0
Sr	43,94	151,94	11,14	6,10	56,39	0,3	3,9	7,2	0,8
Th	1,76	0,06	1,22	5,37	2,22	29,6	1,4	0,3	0,8
Ti	27,13	0,69	150,22	108,90	86,60	39,5	0,2	0,2	0,3
U	0,36	0,04	0,51	1,34	0,63	9,0	0,7	0,3	0,6
V	14,94	0,54	14,81	12,82	9,39	27,7	1,0	1,2	1,6
W	0,44	3,60	0,13	0,08	1,27	0,1	3,3	5,2	0,3
Y	16,68	3,99	4,34	6,92	5,08	4,2	3,8	2,4	3,3
Zn	35,49	8,89	26,32	30,38	21,86	4,0	1,3	1,2	1,6
Zr	3 1 2	0.17	0.25	1.06	0 49	18.8	12.3	29	63

Πίνακας 5.13. Σύγκριση του δείγματος επιφανειακού εδάφους S8 με τα περιβάλλοντα πετρώματα (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

						Συντελεστές εμπλουτισμού				
		Αβεστό				Αβεστό				
Στοιχείο	S11	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	
Ca	86,06	372,21	12,00	2,62	128,94	0,2	7,2	32,8	0,7	
Mg	1,71	3,81	1,89	1,77	2,49	0,4	0,9	1,0	0,7	
K	1,20	<lod< td=""><td>2,02</td><td>1,43</td><td>1,73</td><td>-</td><td>0,6</td><td>0,8</td><td>0,7</td></lod<>	2,02	1,43	1,73	-	0,6	0,8	0,7	
Fe	3,95	0,34	6,54	5,13	4,00	11,8	0,6	0,8	1,0	
Na	<lod< td=""><td>0,31</td><td><lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<>	0,31	<lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	0,03	0,17	-	-	-	-	
Si	0,48	0,07	0,39	0,29	0,25	6,6	1,3	1,7	1,9	
S	0,40	0,73	0,02	0,09	0,28	0,5	24,5	4,3	1,4	
Al	6,28	0,01	3,66	3,18	2,28	982,5	1,7	2,0	2,7	
Р	0,72	0,49	1,26	0,61	0,79	1,5	0,6	1,2	0,9	
Ag	0,61	0,07	0,09	0,31	0,16	8,7	6,9	1,9	3,8	
As	30,77	5,16	0,95	2,33	2,81	6,0	32,4	13,2	10,9	
В	23,40	11,06	20,12	1,13	10,77	2,1	1,2	20,7	2,2	
Ва	166,33	19,50	57,79	41,46	39,58	8,5	2,9	4,0	4,2	
Cd	1,18	0,42	0,05	0,18	0,22	2,8	21,7	6,7	5,5	
Ce	33,76	0,38	2,90	17,79	7,02	88,8	11,6	1,9	4,8	
Со	7,18	4,54	2,77	3,54	3,62	1,6	2,6	2,0	2,0	
Cr	10,93	0,58	5,80	7,77	4,72	18,9	1,9	1,4	2,3	
Cs	0,44	0,02	0,91	1,48	0,80	26,6	0,5	0,3	0,6	
Cu	22,01	2,29	11,06	5,95	6,43	9,6	2,0	3,7	3,4	
Ga	1,40	0,01	2,41	1,74	1,39	117,5	0,6	0,8	1,0	
Ge	0,05	0,01	0,02	0,03	0,02	4,3	2,9	1,7	2,5	
Hg	0,07	0,23	0,03	0,02	0,09	0,3	2,4	4,0	0,8	
La	17,51	1,00	1,44	8,44	3,63	17,5	12,2	2,1	4,8	
Li	2,35	0,07	5,36	6,02	3,82	34,7	0,4	0,4	0,6	
Mn	636,37	24,94	230,29	207,72	154,32	25,5	2,8	3,1	4,1	
Мо	0,09	0,08	0,43	0,04	0,18	1,2	0,2	2,3	0,5	
Ni	14,91	17,18	2,57	7,41	9,05	0,9	5,8	2,0	1,6	
Pb	38,83	3,11	2,47	13,73	6,44	12,5	15,7	2,8	6,0	
Rb	6,11	0,06	20,85	17,49	12,80	99,1	0,3	0,3	0,5	
Sb	0,30	0,13	0,06	0,06	0,08	2,3	4,8	5,1	3,6	
Se	1,71	2,59	<lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>0,7</td><td>-</td><td>-</td><td>0,7</td></lod<></td></lod<>	<lod< td=""><td>2,59</td><td>0,7</td><td>-</td><td>-</td><td>0,7</td></lod<>	2,59	0,7	-	-	0,7	
Sn	0,39	0,36	1,02	0,17	0,52	1,1	0,4	2,2	0,8	
Sr	23,97	151,94	11,14	6,10	56,39	0,2	2,2	3,9	0,4	
Th	3,26	0,06	1,22	5,37	2,22	54,6	2,7	0,6	1,5	
Ti	15,23	0,69	150,22	108,90	86,60	22,2	0,1	0,1	0,2	
U	0,28	0,04	0,51	1,34	0,63	7,2	0,6	0,2	0,5	
V	21,63	0,54	14,81	12,82	9,39	40,1	1,5	1,7	2,3	
W	0,50	3,60	0,13	0,08	1,27	0,1	3,8	6,0	0,4	
Y	19,22	3,99	4,34	6,92	5,08	4,8	4,4	2,8	3,8	
Zn	25,00	8,89	26,32	30,38	21,86	2,8	0,9	0,8	1,1	
Zr	3,62	0,17	0,25	1,06	0,49	21,8	14,2	3,4	7,3	

Πίνακας 5.14. Σύγκριση του δείγματος επιφανειακού εδάφους S11 με τα περιβάλλοντα πετρώματα (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

						Συντελεστές εμπλουτισμού				
		Αβεστό				Αβεστό				
Στοιχείο	S12	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	
Ca	32,72	372,21	12,00	2,62	128,94	0,1	2,7	12,5	0,3	
Mg	2,44	3,81	1,89	1,77	2,49	0,6	1,3	1,4	1,0	
K	1,28	<lod< td=""><td>2,02</td><td>1,43</td><td>1,73</td><td>-</td><td>0,6</td><td>0,9</td><td>0,7</td></lod<>	2,02	1,43	1,73	-	0,6	0,9	0,7	
Fe	6,91	0,34	6,54	5,13	4,00	20,6	1,1	1,3	1,7	
Na	0,10	0,31	<lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>0,3</td><td>-</td><td>2,8</td><td>0,6</td></lod<>	0,03	0,17	0,3	-	2,8	0,6	
Si	0,21	0,07	0,39	0,29	0,25	2,8	0,5	0,7	0,8	
S	0,64	0,73	0,02	0,09	0,28	0,9	39,7	6,9	2,3	
Al	8,36	0,01	3,66	3,18	2,28	1309,1	2,3	2,6	3,7	
Р	3,51	0,49	1,26	0,61	0,79	7,1	2,8	5,7	4,5	
Ag	0,30	0,07	0,09	0,31	0,16	4,3	3,4	1,0	1,9	
As	42,55	5,16	0,95	2,33	2,81	8,2	44,8	18,2	15,1	
В	10,16	11,06	20,12	1,13	10,77	0,9	0,5	9,0	0,9	
Ва	165,39	19,50	57,79	41,46	39,58	8,5	2,9	4,0	4,2	
Cd	1,29	0,42	0,05	0,18	0,22	3,1	23,7	7,3	5,9	
Ce	28,87	0,38	2,90	17,79	7,02	75,9	10,0	1,6	4,1	
Со	9,82	4,54	2,77	3,54	3,62	2,2	3,6	2,8	2,7	
Cr	22,23	0,58	5,80	7,77	4,72	38,4	3,8	2,9	4,7	
Cs	0,98	0,02	0,91	1,48	0,80	58,8	1,1	0,7	1,2	
Cu	52,02	2,29	11,06	5,95	6,43	22,7	4,7	8,7	8,1	
Ga	2,58	0,01	2,41	1,74	1,39	215,9	1,1	1,5	1,9	
Ge	0,04	0,01	0,02	0,03	0,02	3,7	2,5	1,4	2,2	
Hg	0,14	0,23	0,03	0,02	0,09	0,6	4,6	7,7	1,6	
La	15,86	1,00	1,44	8,44	3,63	15,8	11,0	1,9	4,4	
Li	3,73	0,07	5,36	6,02	3,82	55,1	0,7	0,6	1,0	
Mn	1041,35	24,94	230,29	207,72	154,32	41,7	4,5	5,0	6,7	
Мо	0,16	0,08	0,43	0,04	0,18	2,0	0,4	3,9	0,9	
Ni	19,76	17,18	2,57	7,41	9,05	1,2	7,7	2,7	2,2	
Pb	60,65	3,11	2,47	13,73	6,44	19,5	24,5	4,4	9,4	
Rb	16,58	0,06	20,85	17,49	12,80	268,7	0,8	0,9	1,3	
Sb	0,40	0,13	0,06	0,06	0,08	3,0	6,5	6,8	4,8	
Se	1,90	2,59	<lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>0,7</td><td>-</td><td>-</td><td>0,7</td></lod<></td></lod<>	<lod< td=""><td>2,59</td><td>0,7</td><td>-</td><td>-</td><td>0,7</td></lod<>	2,59	0,7	-	-	0,7	
Sn	0,88	0,36	1,02	0,17	0,52	2,4	0,9	5,1	1,7	
Sr	32,27	151,94	11,14	6,10	56,39	0,2	2,9	5,3	0,6	
Th	2,80	0,06	1,22	5,37	2,22	46,9	2,3	0,5	1,3	
Ti	80,48	0,69	150,22	108,90	86,60	117,3	0,5	0,7	0,9	
U	0,38	0,04	0,51	1,34	0,63	9,7	0,8	0,3	0,6	
V	20,26	0,54	14,81	12,82	9,39	37,5	1,4	1,6	2,2	
W	0,92	3,60	0,13	0,08	1,27	0,3	6,9	10,9	0,7	
Y	15,26	3,99	4,34	6,92	5,08	3,8	3,5	2,2	3,0	
Zn	72,39	8,89	26,32	30,38	21,86	8,1	2,8	2,4	3,3	
Zr	3,40	0,17	0,25	1,06	0,49	20,5	13,4	3,2	6,9	

Πίνακας 5.15. Σύγκριση του δείγματος επιφανειακού εδάφους S12 με τα περιβάλλοντα πετρώματα (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

						Συντελ	εστές εμπλου	τισμού	
Στοιχείο	S14	Αβεστό	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	Αβεστό	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>
		λιθος				λιθος			
Ca	43,40	372,21	12,00	2,62	128,94	0,1	3,6	16,5	0,3
Mg	1,99	3,81	1,89	1,77	2,49	0,5	1,1	1,1	0,8
K	0,77	<lod< td=""><td>2,02</td><td>1,43</td><td>1,73</td><td>-</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,4</td></lod<>	2,02	1,43	1,73	-	0,4	0,5	0,4
Fe	5,11	0,34	6,54	5,13	4,00	15,2	0,8	1,0	1,3
Na	0,57	0,31	<lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>1,8</td><td>-</td><td>16,5</td><td>3,3</td></lod<>	0,03	0,17	1,8	-	16,5	3,3
Si	0,23	0,07	0,39	0,29	0,25	3,2	0,6	0,8	0,9
S	0,18	0,73	0,02	0,09	0,28	0,2	10,9	1,9	0,6
Al	6,25	0,01	3,66	3,18	2,28	978,9	1,7	2,0	2,7
Р	0,55	0,49	1,26	0,61	0,79	1,1	0,4	0,9	0,7
Ag	0,61	0,07	0,09	0,31	0,16	8,8	7,0	1,9	3,9
As	40,55	5,16	0,95	2,33	2,81	7,9	42,7	17,4	14,4
В	7,57	11,06	20,12	1,13	10,77	0,7	0,4	6,7	0,7
Ba	323,81	19,50	57,79	41,46	39,58	16,6	5,6	7,8	8,2
Cd	0,81	0,42	0,05	0,18	0,22	1,9	15,0	4,6	3,8
Ce	31,17	0,38	2,90	17,79	7,02	82,0	10,7	1,8	4,4
Со	7,13	4,54	2,77	3,54	3,62	1,6	2,6	2,0	2,0
Cr	9,85	0,58	5,80	7,77	4,72	17,0	1,7	1,3	2,1
Cs	0,81	0,02	0,91	1,48	0,80	48,9	0,9	0,5	1,0
Cu	19,59	2,29	11,06	5,95	6,43	8,6	1,8	3,3	3,0
Ga	1,78	0,01	2,41	1,74	1,39	149,6	0,7	1,0	1,3
Ge	0,05	0,01	0,02	0,03	0,02	4,0	2,7	1,5	2,4
Hg	0,19	0,23	0,03	0,02	0,09	0,8	6,0	10,1	2,0
La	16,42	1,00	1,44	8,44	3,63	16,4	11,4	1,9	4,5
Li	3,21	0,07	5,36	6,02	3,82	47,4	0,6	0,5	0,8
Mn	847,54	24,94	230,29	207,72	154,32	34,0	3,7	4,1	5,5
Мо	0,83	0,08	0,43	0,04	0,18	10,6	1,9	20,3	4,5
Ni	12,92	17,18	2,57	7,41	9,05	0,8	5,0	1,7	1,4
Pb	37,15	3,11	2,47	13,73	6,44	11,9	15,0	2,7	5,8
Rb	9,16	0,06	20,85	17,49	12,80	148,5	0,4	0,5	0,7
Sb	0,22	0,13	0,06	0,06	0,08	1,7	3,7	3,9	2,7
Se	<lod< td=""><td>2,59</td><td><lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<></td></lod<>	2,59	<lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<>	<lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	2,59	-	-	-	-
Sn	0,40	0,36	1,02	0,17	0,52	1,1	0,4	2,3	0,8
Sr	19,83	151,94	11,14	6,10	56,39	0,1	1,8	3,3	0,4
Th	4,47	0,06	1,22	5,37	2,22	75,0	3,7	0,8	2,0
Ti	12,62	0,69	150,22	108,90	86,60	18,4	0,1	0,1	0,1
U	0,29	0,04	0,51	1,34	0,63	7,3	0,6	0,2	0,5
V	22,80	0,54	14,81	12,82	9,39	42,2	1,5	1,8	2,4
W	1,36	3,60	0,13	0,08	1,27	0,4	10,2	16,1	1,1
Y	18,60	3,99	4,34	6,92	5,08	4,7	4,3	2,7	3,7
Zn	25,51	8,89	26,32	30,38	21,86	2,9	1,0	0,8	1,2
Zr	3,06	0,17	0,25	1,06	0,49	18,5	12,0	2,9	6,2

Πίνακας 5.16. Σύγκριση του δείγματος επιφανειακού εδάφους S14 με τα περιβάλλοντα πετρώματα (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

						Συντε	ελεστές εμπ	λουτισμού	
		Αβεστό				Αβεστό		· · · ·	
Στοιχείο	S59	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>
Ca	30,12	372,21	12,00	2,62	128,94	0,1	2,5	11,5	0,2
Mg	5,58	3,81	1,89	1,77	2,49	1,5	2,9	3,1	2,2
Κ	3,13	<lod< td=""><td>2,02</td><td>1,43</td><td>1,73</td><td>-</td><td>1,5</td><td>2,2</td><td>1,8</td></lod<>	2,02	1,43	1,73	-	1,5	2,2	1,8
Fe	8,12	0,34	6,54	5,13	4,00	24,2	1,2	1,6	2,0
Na	0,29	0,31	<lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>0,9</td><td>-</td><td>8,4</td><td>1,7</td></lod<>	0,03	0,17	0,9	-	8,4	1,7
Si	0,44	0,07	0,39	0,29	0,25	6,0	1,1	1,5	1,8
S	0,12	0,73	0,02	0,09	0,28	0,2	7,2	1,3	0,4
Al	6,24	0,01	3,66	3,18	2,28	976,8	1,7	2,0	2,7
Р	0,76	0,49	1,26	0,61	0,79	1,5	0,6	1,2	1,0
Ag	0,52	0,07	0,09	0,31	0,16	7,5	5,9	1,6	3,3
As	207,71	5,16	0,95	2,33	2,81	40,3	218,8	89,0	73,8
В	2,04	11,06	20,12	1,13	10,77	0,2	0,1	1,8	0,2
Ba	126,95	19,50	57,79	41,46	39,58	6,5	2,2	3,1	3,2
Cd	0,85	0,42	0,05	0,18	0,22	2,0	15,6	4,8	3,9
Ce	11,52	0,38	2,90	17,79	7,02	30,3	4,0	0,6	1,6
Со	9,46	4,54	2,77	3,54	3,62	2,1	3,4	2,7	2,6
Cr	31,87	0,58	5,80	7,77	4,72	55,0	5,5	4,1	6,8
Cs	1,75	0,02	0,91	1,48	0,80	105,5	1,9	1,2	2,2
Cu	43,20	2,29	11,06	5,95	6,43	18,9	3,9	7,3	6,7
Ga	2,93	0,01	2,41	1,74	1,39	246,0	1,2	1,7	2,1
Ge	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	1,9	1,3	0,7	1,1
Hg	0,02	0,23	0,03	0,02	0,09	0,1	0,8	1,3	0,3
La	5,62	1,00	1,44	8,44	3,63	5,6	3,9	0,7	1,5
Li	7,92	0,07	5,36	6,02	3,82	116,9	1,5	1,3	2,1
Mn	685,96	24,94	230,29	207,72	154,32	27,5	3,0	3,3	4,4
Mo	<lod< td=""><td>0,08</td><td>0,43</td><td>0,04</td><td>0,18</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	0,08	0,43	0,04	0,18	-	-	-	-
Ni	28,78	17,18	2,57	7,41	9,05	1,7	11,2	3,9	3,2
Pb	119,93	3,11	2,47	13,73	6,44	38,6	48,5	8,7	18,6
Rb	26,80	0,06	20,85	17,49	12,80	434,5	1,3	1,5	2,1
Sb	0,42	0,13	0,06	0,06	0,08	3,2	6,8	7,2	5,0
Se	<lod< td=""><td>2,59</td><td><lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<></td></lod<>	2,59	<lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<>	<lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	2,59	-	-	-	-
Sn	0,17	0,36	1,02	0,17	0,52	0,5	0,2	1,0	0,3
Sr	14,96	151,94	11,14	6,10	56,39	0,1	1,3	2,5	0,3
Th	2,61	0,06	1,22	5,37	2,22	43,7	2,1	0,5	1,2
Ti	96,37	0,69	150,22	108,90	86,60	140,5	0,6	0,9	1,1
U	0,24	0,04	0,51	1,34	0,63	6,0	0,5	0,2	0,4
V	26,05	0,54	14,81	12,82	9,39	48,3	1,8	2,0	2,8
W	0,30	3,60	0,13	0,08	1,27	0,1	2,3	3,6	0,2
Y	6,18	3,99	4,34	6,92	5,08	1,5	1,4	0,9	1,2
Zn	56,70	8,89	26,32	30,38	21,86	6,4	2,2	1,9	2,6
Zr	0,88	0,17	0.25	1,06	0,49	5,3	3,5	0,8	1.8

Πίνακας 5.17. Σύγκριση του δείγματος επιφανειακού εδάφους S59 με τα περιβάλλοντα πετρώματα (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

						Συντελεστές εμπλουτισμού			
		Αβεστό				Αβεστό			
Στοιχείο	<b>S88</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>	λιθος	Γνεύσιος	Γρανίτης	<b>M.O.</b>
Ca	6,43	372,21	12,00	2,62	128,94	0,0	0,5	2,5	0,0
Mg	13,14	3,81	1,89	1,77	2,49	3,4	6,9	7,4	5,3
K	9,00	<lod< td=""><td>2,02</td><td>1,43</td><td>1,73</td><td>-</td><td>4,5</td><td>6,3</td><td>5,2</td></lod<>	2,02	1,43	1,73	-	4,5	6,3	5,2
Fe	24,45	0,34	6,54	5,13	4,00	73,0	3,7	4,8	6,1
Na	<lod< td=""><td>0,31</td><td><lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<>	0,31	<lod< td=""><td>0,03</td><td>0,17</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	0,03	0,17	-	-	-	-
Si	0,33	0,07	0,39	0,29	0,25	4,5	0,8	1,1	1,3
S	0,03	0,73	0,02	0,09	0,28	0,0	1,6	0,3	0,1
Al	16,05	0,01	3,66	3,18	2,28	2511,8	4,4	5,0	7,0
Р	1,45	0,49	1,26	0,61	0,79	2,9	1,1	2,4	1,8
Ag	<lod< td=""><td>0,07</td><td>0,09</td><td>0,31</td><td>0,16</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	0,07	0,09	0,31	0,16	-	-	-	-
As	2,31	5,16	0,95	2,33	2,81	0,4	2,4	1,0	0,8
В	7,44	11,06	20,12	1,13	10,77	0,7	0,4	6,6	0,7
Ва	260,41	19,50	57,79	41,46	39,58	13,4	4,5	6,3	6,6
Cd	0,16	0,42	0,05	0,18	0,22	0,4	2,9	0,9	0,7
Ce	7,29	0,38	2,90	17,79	7,02	19,2	2,5	0,4	1,0
Со	13,05	4,54	2,77	3,54	3,62	2,9	4,7	3,7	3,6
Cr	7,05	0,58	5,80	7,77	4,72	12,2	1,2	0,9	1,5
Cs	11,57	0,02	0,91	1,48	0,80	696,5	12,7	7,8	14,4
Cu	26,58	2,29	11,06	5,95	6,43	11,6	2,4	4,5	4,1
Ga	7,44	0,01	2,41	1,74	1,39	623,6	3,1	4,3	5,4
Ge	0,06	0,01	0,02	0,03	0,02	4,9	3,3	1,9	2,9
Hg	0,04	0,23	0,03	0,02	0,09	0,2	1,3	2,2	0,5
La	3,20	1,00	1,44	8,44	3,63	3,2	2,2	0,4	0,9
Li	38,34	0,07	5,36	6,02	3,82	565,9	7,1	6,4	10,0
Mn	720,27	24,94	230,29	207,72	154,32	28,9	3,1	3,5	4,7
Мо	0,10	0,08	0,43	0,04	0,18	1,2	0,2	2,3	0,5
Ni	7,85	17,18	2,57	7,41	9,05	0,5	3,1	1,1	0,9
Pb	10,10	3,11	2,47	13,73	6,44	3,2	4,1	0,7	1,6
Rb	133,77	0,06	20,85	17,49	12,80	2168,8	6,4	7,6	10,5
Sb	0,04	0,13	0,06	0,06	0,08	0,3	0,7	0,7	0,5
Se	<lod< td=""><td>2,59</td><td><lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<></td></lod<>	2,59	<lod< td=""><td><lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<></td></lod<>	<lod< td=""><td>2,59</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></lod<>	2,59	-	-	-	-
Sn	0,18	0,36	1,02	0,17	0,52	0,5	0,2	1,0	0,3
Sr	32,70	151,94	11,14	6,10	56,39	0,2	2,9	5,4	0,6
Th	8,20	0,06	1,22	5,37	2,22	137,5	6,7	1,5	3,7
Ti	1114,71	0,69	150,22	108,90	86,60	1624,7	7,4	10,2	12,9
U	0,89	0,04	0,51	1,34	0,63	22,5	1,8	0,7	1,4
V	82,59	0,54	14,81	12,82	9,39	153,0	5,6	6,4	8,8
W	0,25	3,60	0,13	0,08	1,27	0,1	1,9	3,0	0,2
Y	5,13	3,99	4,34	6,92	5,08	1,3	1,2	0,7	1,0
Zn	65,99	8,89	26,32	30,38	21,86	7,4	2,5	2,2	3,0
Zr	0,44	0,17	0,25	1,06	0,49	2,7	1,7	0,4	0,9

Πίνακας 5.18. Σύγκριση του δείγματος επιφανειακού εδάφους S88 με τα περιβάλλοντα πετρώματα (κύρια στοιχεία σε g/kg και ιχνοστοιχεία σε mg/kg).

# <u>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u>

Από τη σύγκριση των επιφανειακών εδαφών με τα περιβάλλοντα πετρώματα μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Από τα στοιχεία που αναλύθηκαν στην παρούσα διατριβή ειδίκευσης ορισμένα βρίσκονται στα επιφανειακά εδάφη με συγκεντρώσεις παρόμοιες με αυτές των περιβαλλόντων πετρωμάτων, ενώ κάποια βρίσκονται με εμπλουτισμένες τιμές.
- Τα στοιχεία τα οποία εμφανίζονται με περιεκτικότητες παρόμοιες με αυτές των περιβαλλόντων πετρωμάτων, δηλαδή έχουν συντελεστές εμπλουτισμού μικρότερους του 3, είναι τα: Ca, Mg, K, Fe, Si, S, Al, P Na, Co, Cs,B, Ce, Ga, Ge, Hg, La, Li, Mo, Ni, Rb, Se, Sn, Sr, Th, U και W. Οι περιεκτικότητες αυτών των στοιχείων στα επιφανειακά εδάφη επηρεάστηκαν κυρίως από τα περιβάλλοντα πετρώματα.
- Τα υπόλοιπα στοιχεία (Ag, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Mn, Pb, Sb, Ti, Y, V, Zn και Zr) έχουν συντελεστές εμπλουτισμού μεγαλύτερους του 3. Βρίσκονται δηλαδή στα επιφανειακά εδάφη της περιοχής με αυξημένες τιμές.
- Τα στοιχεία Ti, Y, και Zr εμφανίζονται εμπλουτισμένα σε λίγα μόνο δείγματα και με τιμές όχι τόσο υψηλές όσο τα υπόλοιπα στοιχεία. Ο εμπλουτισμός τους πιθανότατα οφείλεται στις συνθήκες σχηματισμού των εδαφών που οδήγησαν σε τοπική συσσώρευση των στοιχείων αυτών στα δείγματα που ανιχνεύτηκαν.
- Ο εμπλουτισμός των στοιχείων Ag, As, Cd, Cr, Cu, Mn, Pb, Sb και Zn πιθανότατα οφείλεται στην έντονη παρουσία κοιτασμάτων μεικτών θειούχων, Mn, Cd, και As στην ευρύτερη περιοχή των Ν. Καβάλας και Δράμας. Ο εμπλουτισμός σε αυτά τα στοιχεία πιθανότατα δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια δημιουργίας των λεκανών Δράμας και Νέστου, κατά το Τεταρτογενές αλλά πιθανότατα συνεχίζεται μέχρι και σήμερα.
- Από τα παραπάνω στοιχεία αυτά που εμφανίζουν τους υψηλότερους συντελεστές εμπλουτισμού στα δείγματα των επιφανειακών εδαφών είναι το As και ο Pb. Μεταξύ των δύο στοιχείων φαίνεται πως υπάρχει κάποια θετική συσχέτιση.
- Ο εμπλουτισμός του Βα και του V πιθανόν να οφείλεται στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή. Και τα δύο στοιχεία έχουν συνδεθεί με την παραγωγή και χρήση λιπασμάτων.
- Ο εμπλουτισμός των στοιχείων Mg, K και Fe στο δείγμα S88 πιθανότατα οφείλεται στη χρήση λιπασμάτων, αφού και τα τρία στοιχεία βρίσκονται εμπλουτισμένα στα

λιπάσματα που παράγονται στην περιοχή. Στον ίδιο λόγο πρέπει να οφείλεται και ο εμπλουτισμός του P στο δείγμα S12.

 Ο εμπλουτισμός του Al στο δείγμα S88 είναι πιθανόν να οφείλεται στην έντονη παρουσία αργιλικών ορυκτών (ιλλίτη, μοντομοριλλονίτη). Τη σκέψη αυτή ενισχύει και το γεγονός ότι στο ίδιο δείγμα είναι εμπλουτισμένα και τα στοιχεία Co, Cs, Li και Rb. Και τα 4 στοιχεία έχουν τη τάση να απορροφούνται από αργιλικά ορυκτά ενώ το Co επιπλέον, μπορεί να βρίσκεται «κρυμμένο» και σε Fe-Mn-ουχα ορυκτά.

Επειδή, κάποια από αυτά τα στοιχεία (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Pb και Zn) βρίσκονται με αρκετά υψηλές τιμές στα επιφανειακά εδάφη της περιοχή και έχουν συνδεθεί με ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως η παραγωγή και χρήση λιπασμάτων και παρασιτοκτόνων και η καύση υγρών καυσίμων (Pb), δεν πρέπει να αποκλειστεί η πιθανότητα, ένα μέρος του εμπλουτισμού αυτών των στοιχείων να οφείλεται σε αυτούς τους ανθρωπογενείς παράγοντες. Η πιθανότητα αυτή ενισχύεται και από το γεγονός ότι κάποια από αυτά τα στοιχεία (As, Cd, Cu, Mn και Zn) βρίσκονται εμπλουτισμένα στα προϊόντα (λιπάσματα και παρασιτοκτόνα) που παράγονται στην περιοχή της Καβάλας, καθώς και από ότι από την περιοχή μελέτης διέρχεται το εθνικό δίκτυο (εμπλουτισμός Pb στα εδάφη γύρω από τους δρόμους).

Από τα δείγματα που εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές (πρώτη ομάδα), η πλειοψηφία αυτών (S4, S8, S11, S12, S14 και S59) βρίσκεται γύρω από τη Β.Φ.Λ.. Στοιχεία όπως το As, το Cd και το Mn μπορεί να βρίσκονται στα αιωρούμενα σωματίδια που απελευθερώνονται από τις καμινάδες (stacks) βιομηχανιών παραγωγής φωσφορικών λιπασμάτων. Επίσης τα πιο πτητικά από αυτά (As, Cd) μπορεί να διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα ως αέρια, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών (περίπου 1500 F) που επικρατούν κατά την επεξεργασία των πρώτων υλών στις ίδιες βιομηχανίες. Η μεταφορά των στοιχείων αυτών από τον άνεμο και η ατμοσφαιρική καθίζησή τους στα επιφανειακά εδάφη της περιοχής μελέτης είναι μια πιθανότητα που δεν μπορεί να αποκλειστεί, διότι η κατεύθυνση του επικρατούντος ανέμου (από ΝΑ προς ΒΔ) στην περιοχή είναι προς την μεριά αυτών των δειγμάτων.

Η έκπλυση των παραπάνω στοιχείων από λιπάσματα και παρασιτοκτόνα που χρησιμοποιούνται στις αγροκαλλιέργειες της περιοχής ή από χώρους απόρριψης λυμάτων (φωσφογύψος) και ο εμπλουτισμός τους στις τοπικές λεκάνες απορροής, είναι ένας άλλος πιθανός τρόπος επηρεασμού των επιφανειακών εδαφών της περιοχής μελέτης από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα εκεί.

### ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Β.Φ.Λ. (Βιομηχανία Φωσφορικών Λιπασμάτων), (2003): Βιομηχανία Φωσφορικών Λιπασμάτων, Internet link: www.pfi.gr, [Ερευνα: (6/2003)].
- Γεωργακόπουλος, Α., Φιλιππίδης, Α., Fernández-Turiel, J.L, Κασώλη-Φουρναράκη, Α., και Ιορδανίδης, Α., (2002): Λιθογενής και ανθρωπογενής προέλευση των ιχνοστοιχείων σε επιφανειακά εδάφη της λιγνιτοφόρου λεκάνης Αμυνταίου-Πτολεμαϊδας-Κοζάνης, Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρίας, Τόμος ΙΙ, 335-342, 3-6/10/2002, Θεσσαλονίκη.
- Ε.Μ.Υ. (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία), 1978: Κλιματικά στοιχεία του Ελληνικού δικτύου, περίοδος 1930 – 1975, 100σελ.
- ΙΓΜΕ, (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών), (1965): Μεταλλογενετικός Χάρτης της Ελλάδος, Κλίμακα: 1:1.000.000, Αθήνα.
- ΙΓΜΕ, (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών), (1973α): Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, Φύλλο Καβάλα, Κλίμακα 1:50.000, Αθήνα.
- ΙΓΜΕ, (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών), (1973β): Επεξηγηματικό Τεύχος του Μεταλλογενετικού Χάρτη της Ελλάδος Κλίμακα 1:1.000.000, 253 σελ, Αθήνα.
- Χριστοφίδης, Γ. (1997): Μαγματισμός, μεταλλογένεση και δυνατότητα αξιοποιήσεως ορυκτών πρώτων υλών στην περιοχή Καβάλας – Παγγαίου στην Ανατολική Μακεδονία, Τελική έκθεση ερευνητικού έργου Νο 91 ΕΔ 243 της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας, Θεσσαλονίκη, 100 σελ.
- Ψιλοβίκος, Α., (1990): Η επίδραση της νεοτεκτονικής στη διαμόρφωση των υδρογραφικών δικτύων της νοτιοδυτικής Ροδόπης, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, τόμος 22, 171-182.

## <u>ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>

Abrahim, G., and Parker R. (2002): Heavy metal contaminants in Tamaki Estuary: impact of city development and grouth, Auckland, New Zealand, Environmental Geology, 42: 883-890.

- Adriano, D.C., (1986): Trace Elements in the Terrestrial Environment, Springer Verlag, New York, 533pp.
- Bowman, W.S., Faye, G.H., Sutarno, R., McKeague, J.A. & Kodama, H., (1979): Soil Samples SO-1, SO-2, SO-3 & SO-4 - Certified Reference Materials CANMET, Report 79-3, 32pp.
- Cappuyns, V., Herreweghe, S.V., Swennen, R., Ottenburgs, R., and Deckers, J. (2002): Arsenic pollution at the industrial site of Reppel-Bocholt (north Belgium), The Science of The Total Environment, 1-3: 217-240.
- Carbonell-Barrachina, A., DeLaune, R.D., and Jugsujinda, A., (2002): Phosphogypsum chemistry under highly anoxic conditions, Waste Management 22: 657-665.
- CEC, (Commission of the European Communities), (2002): Communication to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the regions, Towards a Thematic Strategy for Soil Protection, 33pp.
- Chen, M. (2001): Arsenic Background Concentrations in Florida, U.S.A. Surface Soils: Determination and Interpretation, Environmental Forensics, 2: 117-126.
- Chen, M. & Ma, Q.L., (1998): Comparison of Four USEPA Digestion Methods for Trace Metal Analysis Using Certified and Florida Soils, J. Environ. Qual. 26: 1294-1300.
- Chen, M., Ma, Q.L. & Harris, W.G., (1999): Baseline Concentrations in Florida Surface Soils, J. Environ. Qual. 28: 1173-1181.
- Chen, M., Ma, L.Q. & Li, Y., C., (2000): Concentrations of P, K, Al, Fe, Mn, Cu, and As in Marl Soils from South Florida, Soil Crop Sci. Soc. Florida Proc. 59: 124-129
- Chen, M. & Ma, Q.L., (2001): Comparison of Three Aqua Regia Digestion Methods for Twenty Florida Soils, Soil. Soc. Am. J. 65: 491-499.
- Chirenje, T., Ma, L.Q., and Zillioux, E.J. (2002): Determining Arsenic Distribution in Urban Soils: A Comparison with Nonurban Soils, The Scientific World Journal, 2: 1404-1417.
- Christanis, K., Georgakopoulos, A., Fernandez-Turiel, J.L., Bouzinos, A., (1998): Geological factors influencing the concentration of trace elements in the Philippi peatland, eastern Macedonia, Greece, International Journal of Coal Geology, 36: 295-313.
- Christofides, G., Koroneos, A., Soldatos, T., Eleftheriadis, G. and Kilias, A., (2001): Eocene magmatism (Sithonia and Elatia plutons) in the Internal Hellenides and implications for Eocene-Miocene geological evolution of the Rhodope Massif (Northern Greece), Acta Vulcanologica, vol. 13(1-2): 73-89.

- Davies, B.E., and Ginnever, R.C., (1979): Trace metal contamination of soils and vegetables in Shipham, Somerset, J. Agric. Sci., Camb., 93: 753-764.
- De la Guardia, M., & Garrigues, S., (1998): Strategies for the rapid characterization of metals and organic pollutants in solid wastes and contaminated soils by using mass spectrometry, Trends Anal. Chem., vol. 17(no5): 263-272.
- DEPA, (Department of Environmental Protection of Australia), (2001): Contaminated Sites Management Series, Assessment Levels for Soil, Sediment and Water, (amended "Contaminated Site Assessment Criteria" guideline), Version 2, Draft for Comment, 40pp, Internet link http://www.environ.wa.gov.au/downloads/1056\_CSMS\_ALSSW02.pdf, [Search: 3/2003].
- EEA (European, Environment, Agency), (2003): Soil, Internet link: http://themes.eea.eu.int/Specific\_media/soil/indicators, [Search: 3/2003].
- EEB, (European, Environmental, Bureau), (2002): Initial EEB Position on the Commission Communication "Towards a Thematic Strategy for Soil Protection", Presented at the Informal Council of Environment Ministers, Mallorca 24-05-02, 12pp, Internet link: http://www.eeb.org/publication/20020524-EEB-Soil-Position-for-Mallorca-Informal-Envi-Mini.pdf, [Search: 3/2003].
- EFMA, (European Fertilizer Manufacturers Association), (2003): Environmental Impact of Fertilizer Use, Internet link: http://www.efma.org/environment/use/impact/index.asp, [Search: 3/2003].
- FAO, (Food and Agriculture Organisation of the United Nations), (1974): Legend of the Soil
  Map of the World, Internet link: Key to the FAO Soil Units in the FAO/Unesco Soil
  Map of the World, http://www.fao.org/ag/agl/agll/key2soil.stm, [Search: 4/2003].
- Fernández-Turiel, J.L., Llorens J.F., López-Vera, F., Gómez-Artola, C., Morell I., Gimeno, D., (2000): Strategy for water analysis using ICP-MS, J Anal Chem 368 :601–606.
- Fernández-Turiel, J.L., Aceñolaza, P., Medina, M.E., Llorens J.F., & Sardi, F. (2001): Assessment of a smelter impact area using surface soils and plants, Environ. Geochem. Health, 23: 65-78.
- Filippidis, A., Georgakopoulos, A., Kassoli-Fournaraki, A., Misaelides, P., Yiakkoupis, P. and Broussoulis, J. (1996): Trace element contents in composited samples of three lignite seams from the central part of the Drama lignite deposit, Macedonia, Greece, International Journal of Coal Geology, 29: 219-234.

- Florida Tech (2003): Proposal, Criteria of selecting toxicity characteristic leaching procedure (TCLP) and synthetic precipitation leaching procedure (SPLP) tests to characterise special wastes, Internet link: http://www.fit.edu/rcwu/proposal1.htm, [Search: 3/2003].
- Gallego, J.L.R., Ordóñez, A., & Loredo, J., (2002): Investigation of trace element sources from an industrialised area (Avilés, Northern Spain) using multivariate statistical methods, Environmental International, 27: 589-596.
- Georgakopoulos, A., Filippidis, A., Kassoli-Fournaraki, A., Fernández-Turiel, J.L. and Llorens, J.F., (1996): The content of some trace elements in surface soils and fly ash of Ptolemais lignite basin, Macedonia, Greece, In: Anagnostopoulos, A. (Ed.), Proceedings of the Third International Conference on Environmental Pollution, pp.114-118.
- Georgakopoulos, A., (2001): Trace Elements in the Lava Xylite/Lignite Deposit, Servia Basin, Northern Greece, Energy Sources, 23, 143-156.
- Georgakopoulos, A., Fernández-Turiel, J.L., Christanis, K., Kalaitzidis, S., Kassoli-Fournaraki, A., Llorens, J.F., Filippidis, A., and Gimeno, D., (2001): The drama basin water: quality and peat/lignite interaction, Environ. Geol., 41:121-127.
- Gleyzes, C., Tellier, S., & Astruc, M., (2002): Fractionation studies of trace elements in contaminated soils and sediments: a review of sequential extraction procedures, Trends Anal. Chem., vol.21, no6+7: 451-467.
- Guvenç, N., Alagha, O., and Tuncel, G. (2003):Investigation of soil multi-element composition in Antalya, Turkey, Environment International, 5: 631-640.
- Hassett, D.J., (1999): A generic leaching procedure to predict environmental impact of reactive materials such as Coal Combustion By-products, Proceedings of The 15<sup>th</sup> Annual Waste Testing and Quality Assurance Symposium, July, 18-22, 1999, pp: 66-71, Arlington, VA.
- Hassett, D.J., Mann, M.D., Pflughoeft-Hassett, D.F., and Henderson A.K., (1999): Characterisation of a fluidised-bed combustion ash to determine potential for environmental impact, Proceedings of the 15th International Conference on Fluidised Bed Combustion, May 16 - 19, 1999, pp: 58-72, Savannah, Georgia.
- Hesterberg, D., (1998): Biochemical cycles and processes leading to changes in mobility of chemicals in soils, Agric., Ecosys., Environ., 67: 121-133.
- IGME (Institute of Geology and Mineral Exploration), (2001): Geochemical atlas of the Laurion urban area for environmental protection and planning, 370p.

- Jarvis, K.E., Gray, A.L., & Houk, R.S., (1992): Handbook of Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, Chapman and Hall, New York, 380pp.
- Jarvis, K.E., (1997): Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), in: Gill, R., (Editor), Modern Analytical Geochemistry, An introduction to Quantitative Chemical Analysis Techniques for Earth, Environmental and Materials Scientists, Pearson Education Limited, England, 329pp.
- Jones, K.C., Davies, B.A., and Timm, B., (1986): Silver in Welch Soils: physical and chemical distribution studies, Geoderma, 37:157-167.
- Kabata-Pendias, A., & Pendias, H., (1992): Trace Elements in Soils and Plants, 2<sup>nd</sup> Edition, CRC Press, Boca Ratón, Florida, 315pp.
- Kilias, A.A. and Mountrakis, D.M., (1998): Tertiary extension of the Rhodope massif associated with granite emplacement (Northern Greece), Acta Vulcanologica, vol. 10(2): 331-337.
- Kilias, A.A., Falalakis, G.and Mountrakis, D.M., (1999): Cretaceous Tertiary structures and kinematics of the Serbomacedonian metamorphic rocks and their relation to the exhumation of the Hellenic hinterland (Macedonia, Greece), Int. Journ. Earth Sciences, 88: 513-531.
- Kyriakopoulos, K., Pezzino, A. and Del Moro, A. (1989): Rb-Sr Geochronological, Petrological and Structural Study of the Kavala Plutonic Complex (N. Greece), Bulletin of the Geological Society of Greece. 25-27 May 1988, 2: 545-559.
- Li, X., Poon, C. and Liu, P.S., (2001): Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong, Applied Geochemistry, 11-12: 1361-1368.
- Manta, D.S., Angelone, M., Bellanca, A., Neri, R., and Sprovieri, M. (2002): Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy, The Science of The Total Environment, 1-3: 229-243.
- Mason, B. and Moore, C.B., (1982): Principles of Geochemistry, 4<sup>th</sup> edition, John Wiley and Sons, N. York, 344p.
- Mayer, R., (1991): The impact of atmospheric acid deposition on soil and vegetation, in: J P Vernet (editor), Heavy Metals in the Environment, Elsevier, Amsterdam, 405pp.
- Navas, A., & Machín, J., (2002): Spatial distribution of heavy metals and arsenic in soils of Aragón (northeast Spain): controlling factors and environmental implications, Applied Geochemistry 17: 961–973.

- Neiva, A., M., R., Christofides, G., Eleutheriadis, G. and Soldatow, T. (1996): Geochemistry of Granitic Rocks and Their Minerals from the Kavala Pluton, Northern Greece, Chem. Erde, 56: 117-142.
- NIST (National Institute of Standards & Technology), (1990): Certificate of Analysis, Standard Reference Material 2704, Buffalo River Sediment, 3pp.
- Orlov, M.M., Mladinic, N.M., Kulic, P.I., Dolinac, D.Z., Dubravcic, M.N. & Kuraijca, L.B., (1991): Health effects of the workers exposed to airborne lead, in: J P Vernet (editor), Heavy Metals in the Environment, Elsevier, Amsterdam, 405pp.
- Pacyna, J.M., Münch, J., & Axenfeld (1991): European inventory of trace metal emissions to the atmosphere, , in: J – P Vernet (editor), Heavy Metals in the Environment, Elsevier, Amsterdam, 405pp.
- Prefecture of Kavala, (2003): Helenic Republic, Prefecture of Kavala, Internet link: http://www.kavala.gr/defaulte.htm, [Search: 3/2003].
- Pickering, W.F., (1986): Metal ion speciation Soils and sediments (a review), Ore Geology Reviews 1, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, pp. 83-146.
- Quevauviller, Ph., (1998a): Operationally defined extraction procedures for soil and sediment analysis, I. Standardisation, Trends Anal. Chem., vol. 17, no5: 289-298.
- Quevauviller, Ph., (1998b): Operationally defined extraction procedures for soil and sediment analysis, II. Certified reference materials, Trends Anal. Chem., vol. 17, no10: 632-642.
- Quevauviller, Ph., (2002): Operationally defined extraction procedures for soil and sediment analysis. Part 3: New CRMs for trace-element extractable contents, Trends Anal. Chem., vol. 21, no11: 774-785.
- Ramsey, M.H., (1997): Sampling and sampling preparation, in: Gill, R., (Editor), Modern Analytical Geochemistry, An introduction to Quantitative Chemical Analysis Techniques for Earth, Environmental and Materials Scientists, Pearson Education Limited, England, 329pp.
- Self, J.R., & Soltanpour P.N., (2002): Colorado State University, Cooperative Extension, Soil Sampling, 3p, Internet link: http/www.ext.colostate.edu/pubs/crops/00500.html, [Search:12/2002].
- Taylor, S., R., and McLennan, S., M., (1985): The Continental Crust: its Composition and Evolution, Blackwell Scientific Publications, London, 312p.
- Tobías, F.J., Bech, J., & Sánchez, Algarra, P., (1997): Statistical approach to discriminate background and anthropogenic input of trace elements in soils of Catalonia, Spain, Water, Air, Soil Pollut., 100: 63-78.

- UN (United Nations), (2002): Johannesburg Summit, Report of the World Summit on Sustainable Development, Johannesburg, South Africa, 173pp, Internet link: http://www.johannesburgsummit.org/html/documents/documents.html, [Search: 3/2003].
- USEPA, (United States Environmental Protection Agency), (1994): Method 3051, Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils, 14pp.
- USEPA, (United States Environmental Protection Agency), (1996a): Soil screening guidance: User's guidance, USEPA 540/R-96/018, USEPA, Washington DC.
- USEPA, (United States Environmental Protection Agency), (1996b): Method 3050B, acid digestion of sediments, sludges and soils, 12pp.
- USEPA, (United States Environmental Protection Agency), (1998a): Method 3051a, Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils, 24pp.
- USEPA, (United States Environmental Protection Agency), (1998b): Integrated risk information system (IRIS): arsenic, inorganic, CASRN 7440-38-2, Cincinati, OH.
- USEPA, (United States Environmental Protection Agency), (2003a): Soil Contaminants, Internet link: http://www.epa.gov/ebtpages/pollsoilcontaminants.html, 3/2003.
- USEPA, (United States Environmental Protection Agency), (2003b): Soil Screening Guidance, Internet link: http://www.epa.gov/superfund/resources/soil/index.htm, [Search: 3/2003].
- USEPA, (United States Environmental Protection Agency) (2003c): About Phosphogypsum, Internet link: http://www.epa.gov/radiation/neshaps/subpartr/more.htm, [Search: 3/2003].
- USEPA, (United States Environmental Protection Agency) (2003d): National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants Phosphoric Acid Manufacturing and Phosphate Fertilizers Production, Internet link: http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/1999/June/Day-10/a10412.htm, [Search: 5/2003].
- USGS, (United States Geological Survey), (2003a): Evaluation of World Trade Center dusts and girder coatings using a simulated precipitation leaching procedure, Internet link: http://pubs.usgs.gov/of/2001/ofr-01-0429/leach1/index.html, [Search: 3/2003].
- USGS, (United States Geological Survey), (2003b): Analytical results for forty-two fluvial tailings cores and seven stream sediment samples from High Ore Creek, Northern Jefferson County, Montana, Internet link: http://pubs.usgs.gov/of/1998/ofr-98-0215/ofr-98-0215.pdf, [Search: 4/2003].

- Venkatesh I.G., & Padmanabhan P.N. (2000): Global outlook on nutrition and the environment: meeting the challenges of the next millennium, Sci. Total Environ., Vol.249: 331-346.
- Vernet, J.P. (1991): Heavy metals in the environment, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 316p.
- Walsh, J.N., Gill, R., & Thirwall, M.F., (1997): Dissolution procedures for geochemical and environmental samples, in: Gill, R., (Editor), Modern Analytical Geochemistry, An introduction to Quantitative Chemical Analysis Techniques for Earth, Environmental and Materials Scientists, Pearson Education Limited, England, 329pp.
- Wilden, Schaaf , W., and Hüttl, R.F., (2001):Element budgets of two afforested mine sites after application of fertilizer and organic residues, Ecological Engineering, 2-3: 253-273.
- Zhang, Y., and Frost, K.J., (2002): Regional Distribution of some elements in Illinois Soils, Environmental Geology, 154, 41pp.