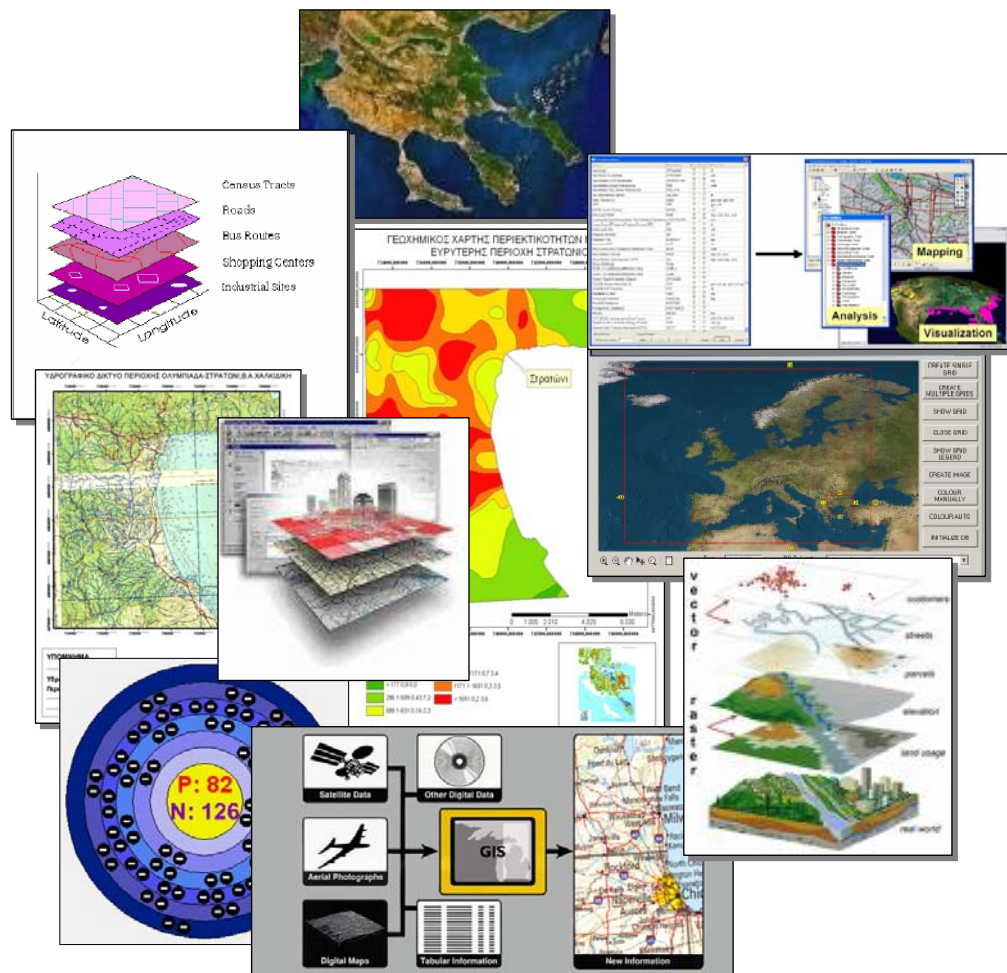


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΠΑΝΑΓΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ, Α.Ε.Μ. 3607

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΒΑ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ ΜΕ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΑΣΤΑΡΑΣ, Καθηγητής Α.Π.Θ.

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (Γ.Σ.Π.)	
2.1. Γενικά	5
2.2. Βασικές έννοιες στα Γ.Σ.Π.	6
2.3. Χρησιμότητα των Γ.Σ.Π.	6
2.4. Διάρθρωση ενός Γ.Σ.Π.	8
2.5. Λογισμικό	8
2.5.1. Γενικά	8
2.5.2. ArcGIS 9.0	9
2.6. Πλεονεκτήματα των Γ.Σ.Π.	11
2.7. Μειονεκτήματα των Γ.Σ.Π.	13
3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	
3.1. Γεωγραφική θέση	14
3.2. Ιστορικό	14
3.2.1. Αρχαίοι χρόνοι	14
3.2.2. Σύγχρονη ιστορία	14
3.3. Φυσική γεωγραφία	15
3.3.1. Γεωμορφολογία	15
3.3.1.1. Περιοχή Ολυμπιάδας	15
3.3.1.2. Περιοχή Στρατωνίου	15
3.3.2. Γεωλογία	16
3.3.2.1. Γενικά	16
3.3.2.2. Γεωλογικοί σχηματισμοί	17
3.3.2.3. Τεκτονική	19
3.3.2.4. Κοιτάσματα	20
3.3.3. Οικονομική - μεταλλευτική δραστηριότητα	21
3.3.3.1. Περιοχή Ολυμπιάδας	21
3.3.3.2. Περιοχή Στρατωνίου	22
3.3.4. Κλιματολογία	24
3.3.4.1. Γενικά	24
3.3.4.2. Βροχόπτωση	25
3.3.5. Υδρογεωλογικά - Υδρολογικά δεδομένα	26
3.3.5.1. Γενικά	26
3.3.5.2. Υπόγεια και επιφανειακά νερά	28
3.3.5.2.1. Περιοχή Ολυμπιάδας	28
3.3.5.2.2. Περιοχή Στρατωνίου	30
3.3.5.3. Συλλογή στοιχείων	33

3.3.6. Υδρογεωχημεία	34
3.3.6.1. Γενικά	34
3.3.6.2. Μεταλλεύματα και περιβάλλον	36
3.3.6.2.1. Γενικά	36
3.3.6.2.2. Όξινη απορροή μεταλλείων	37
3.3.6.2.3. Βαρέα Μέταλλα	38
4. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - ΥΛΙΚΑ	
4.1. Χάρτες	45
4.2. Λογισμικό	45
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	47
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
6.1. Λιθολογία - Υδρογραφικό δίκτυο - Κοιτάσματα	63
6.2. Λιθολογία - Περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία	63

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της Διπλωματικής Εργασίας του προπτυχιακού κύκλου σπουδών του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, στον τομέα «Φυσικής και Περιβαλλοντική Γεωγραφία».

Σκοπός είναι η παρουσίαση μιας συνολικής εικόνας της γεωχημείας, της υδρογεωγραφίας, της εξεταζόμενης περιοχής, καθώς και της σχέσης μεταξύ της γεωχημείας και υδρογραφικού δικτύου που διαυλακώνει τις διάφορες λιθολογικές ενότητες και διασκορπίζει προς τις κατάντη περιοχές βαρέα μέταλλα, με βάση τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Γίνεται αναφορά, κατά το δυνατό, σε όλες εκείνες τις γεωμορφολογικές και γεωλογικές παραμέτρους που συμμετέχουν και επηρεάζουν την περιοχή, καθώς και προσπάθεια εξαγωγής χρήσιμων συμπερασμάτων και εφαρμόσιμων προτάσεων.

Ευθύνη όλων αποτελεί η προστασία του περιβάλλοντος, με κάθε τρόπο, με κάθε μέσο και από κάθε θέση, αρμόδια και μη αρμόδια. Η σωστή και αποτελεσματική προστασία απορρέει από την κατανόηση της σπουδαιότητας και της αναγκαιότητας ενός υγιούς, κατά το δυνατό, περιβάλλοντος, ιδιαίτερα στη σημερινή εποχή.

Σε αυτό το σημείο, οφείλω να ευχαριστήσω τον κύριο Θ. Αστάρα, καθηγητή του τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με την παρούσα μελέτη, τον Δρ. Δ. Οικονομίδα για την αμέριστη υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειας αυτής, καθώς και όλους εκείνους που συνέβαλαν στη διαδικασία της πραγματοποίησής της.

2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (Γ.Σ.Π.)

2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η πρόοδος των αυτόματων τρόπων παραγωγής και γεωμετρικής ανάλυσης χαρτών έγινε ταυτόχρονα με την ανάπτυξη αυτόματων μεθόδων συλλογής, ανάλυσης και παρουσίασης της πληροφορίας σε πολλούς τομείς όπως γεωγραφία, εδαφολογία, φωτογραμμετρία, τηλεπισκόπηση, πολεοδομία, γεωδαισία. Όλοι αυτοί οι τομείς επιδιώκουν να καθιερωθεί ένα πλαίσιο λειτουργιών για συλλογή, επεξεργασία, ανάκτηση, αποθήκευση, μετασχηματισμό και ανάλυση της γεωγραφικής πληροφορίας, προκειμένου να εξυπηρετήσουν συγκεκριμένους σκοπούς. Αυτό το πλαίσιο επιδιώκει ένα **Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.)** :

Ένα Γ.Σ.Π. είναι μια οργανωμένη συλλογή εξοπλισμού λογισμικού, γεωγραφικών δεδομένων και προσωπικού, σχεδιασμένη έτσι ώστε να συγκεντρώνει, αποθηκεύει, ενημερώνει, επεξεργάζεται, αναλύει και παρουσιάζει όλους τους τύπους γεωγραφικών δεδομένων.
(www.marathondata.gr)



Σχήμα 2.1 : Συλλογή πληροφορίας.



Σχήμα 2.2 : Επεξεργασία πληροφορίας.

2.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΤΑ Γ.Σ.Π.

Υπάρχουν δυο τύποι γεωγραφικών πληροφοριών:

- Η χωρική πληροφορία
- Η περιγραφική πληροφορία

Χωρική (γραφική) πληροφορία είναι ο προσδιορισμός της θέσης των γεωγραφικών δεδομένων με βάση ένα σύστημα αναφοράς, καθώς επίσης τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των γεωγραφικών δεδομένων.

Περιγραφική πληροφορία είναι τα χαρακτηριστικά των γεωγραφικών δεδομένων που έχουν σχέση με τις ποιοτικές και τις ποσοτικές ιδιότητες του γεωγραφικού χώρου.

Η μεγάλη αλλαγή που έγινε με την δημιουργία των Γ.Σ.Π. εντοπίζεται:

1. Στη σύνδεση χωρικών-γραφικών πληροφοριών με μη-γραφικές πληροφορίες.
2. Στη δυνατότητα πράξεων (αριθμητικών και λογικών) μεταξύ χαρτών.

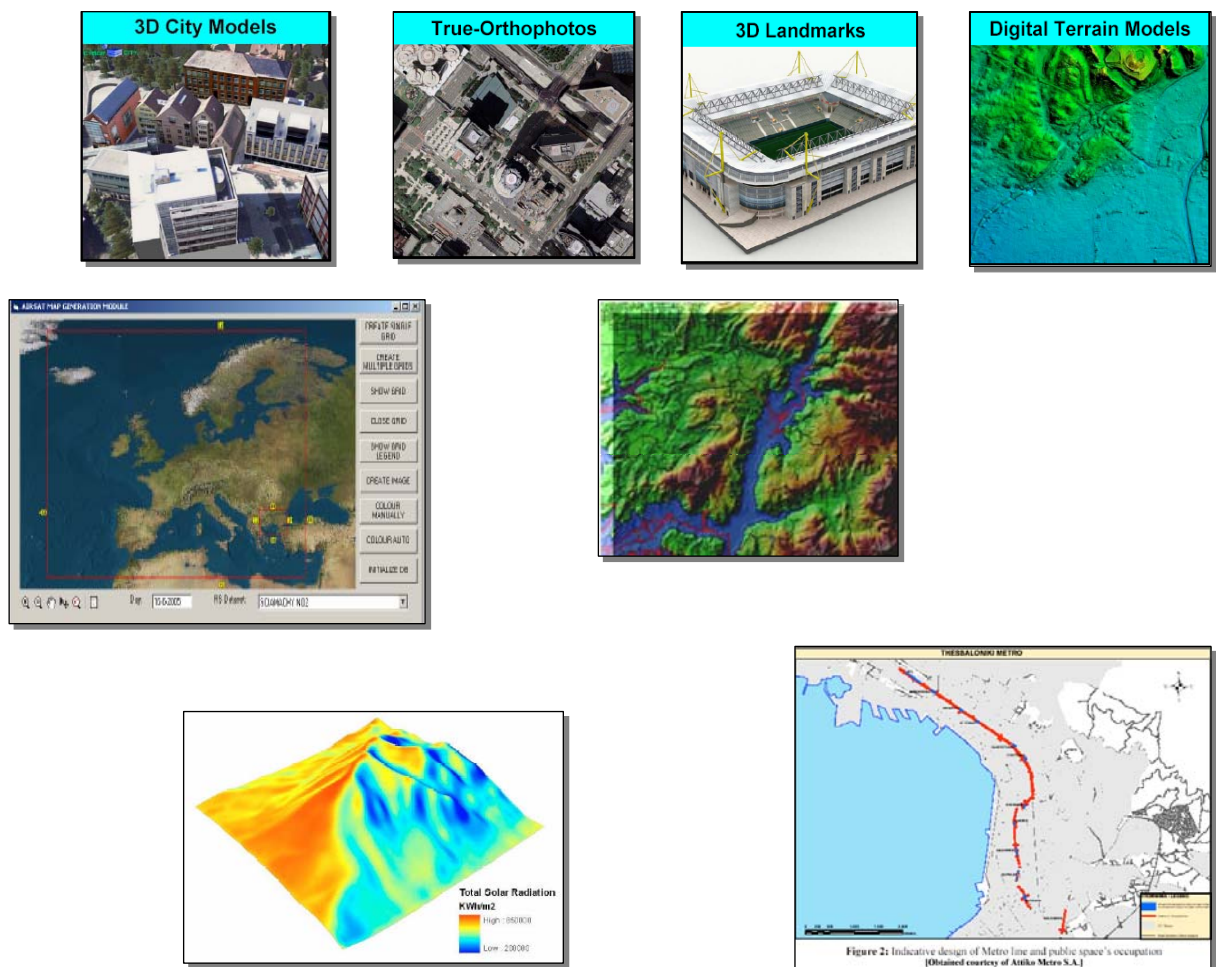
Συνεπώς, τα εν λόγω λογισμικά επιτρέπουν την καταχώρηση αφ' ενός χωρικής-γραφικής πληροφορίας, αφ' ετέρου μη-γραφικής πληροφορίας και επιπρόσθετα, τη δημιουργία σχέσεων μεταξύ των πληροφοριών αυτών. Καθιστούν δηλαδή τη δόμηση της εισαγόμενης πληροφορίας. (www.marathondata.gr)

2.3. ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ Γ.Σ.Π.

Βασική αρχή των Γ.Σ.Π. είναι ότι τα γεωμετρικά δεδομένα οργανώνονται με τοπολογικές σχέσεις αναφορικά με το γεωγραφικό χώρο. Έτσι, κάθε χάρτης είναι πλέον εφοδιασμένος με μια ισχυρή βάση δεδομένων και τα γεωγραφικά δεδομένα μπορούν να συνδυαστούν και να δώσουν το επιθυμητό αποτέλεσμα στη φάση ανάλυσης. Επίσης δίνεται η δυνατότητα χωρικών αλληλοσυσχετίσεων.

Το Γ.Σ.Π. διαθέτει ένα ενσωματωμένο σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων. Η έννοια της βάσης δεδομένων είναι ένα δυναμικό στοιχείο και αποτελεί την κυριότερη διαφορά ανάμεσα σε ένα Γ.Σ.Π. και σε ένα απλό σχεδιαστικό λογισμικό. Έτσι, η βάση δεδομένων αποτελεί ένα μέσο αποθήκευσης ενός πεδίου πληροφοριών και ενημερώνεται όποτε είναι αναγκαίο.

Τέλος, τα Γ.Σ.Π. απαντούν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών όπως χωροταξία, πολεοδομία, κτηματολόγιο, τοπική αυτοδιοίκηση, μεταφορές, αγροτικές καλλιέργειες, οδοποιΐα, ύδρευση, περιβάλλον, υγεία, τουρισμός, κοινωνική πρόνοια, εκπαίδευση, τηλεπικοινωνίες, γεωλογία, δάση, τρισδιάστατα μοντέλα, βάσεις δεδομένων, δορυφορικά δεδομένα, στατιστικά, GPS, internet, multimedia, marketing κ.α. (www.marathondata.gr), (Εικόνα 2.1)



Εικόνα 2.1 : 21ο Διεθνές συνέδριο ESRI, Αθήνα 2006.

2.4. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΕΝΟΣ Γ.Σ.Π.

Για να λειτουργήσει παραγωγικά ένα Γ.Σ.Π. απαιτούνται τα εξής:

- A) Το υπολογιστικό σύστημα και τα περιφερειακά του (hardware).
- B) Το λογισμικό (software) που θα καταστήσει ικανό το υπολογιστικό σύστημα να επεξεργαστεί το σύνολο των δεδομένων.
- Γ) Τα δεδομένα (data) που θα εισαχθούν στο ΓΣΠ.

2.5. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

2.5.1.Γενικά

Ένα λογισμικό ΓΣΠ. πρέπει να παρέχει τις εξής δυνατότητες:

I) Την ψηφιοποίηση δεδομένων: εισαγωγή σημείων, γραμμών πολυγώνων, χαρακτηριστικών ιδιοτήτων και στατιστικών.

II) Την αποθήκευση δεδομένων: αποθήκευση πολλαπλών χαρακτηριστικών ανά πολύγωνο, συσχετισμό αριθμητικών και γραφικών δεδομένων.

III) Την επεξεργασία δεδομένων: εντοπισμό σφαλμάτων, συνδυασμό και τακτοποίηση των δεδομένων μέσα στην αντίστοιχη βάση, συντήρηση και ενημέρωση με νέα δεδομένα, μετατροπή των x,y συντεταγμένων της ψηφιοποίησης σε πραγματικές (ανάλογα με την προβολή) συντεταγμένες, ένωση δύο ή περισσότερων χαρτών, επιλογή τμήματος μιας περιοχής και καταχώρηση σε ξεχωριστό αρχείο.

IV) Την ανάλυση δεδομένων: δημιουργία νέων πολυγώνων (π.χ. buffer zones) γύρω από σημεία ή γραμμές, εκτέλεση εντολών Boolean δηλαδή

ΚΑΙ, Ή και ΟΧΙ (AND, OR και NOT) πάνω στα διάφορα επίπεδα δεδομένων, μέτρηση μηκών και εκτάσεων, δυνατότητα εφαρμογής μοντέλων, στατιστική επεξεργασία κλπ.

V) Την εξαγωγή δεδομένων: στην οθόνη σε εκτυπωτές, σε αυτόματους σχεδιαστές, σε ψηφιακή μορφή, δυνατότητα έκθεσης διαγραμμάτων, πολυγώνων κλπ.

VI) Εκτός των παραπάνω απαραίτητων δυνατοτήτων χειρισμού γεωγραφικά προσανατολισμένων δεδομένων, τα ΓΣΠ πρέπει να περιλαμβάνουν ρουτίνες οι οποίες επιτρέπουν την επεξεργασία και ανάλυση δορυφορικών δεδομένων (Καρτέρης 1994, Βαϊόπουλος 2000).

2.5.2. ArcGIS 9.0

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS 9.0, της εταιρίας ESRI, το οποίο αποτελεί μια ολοκληρωμένη συλλογή προϊόντων λογισμικού Γ.Σ.Π. . Αποτελείται από τα εξής περιβάλλοντα εργασίας:

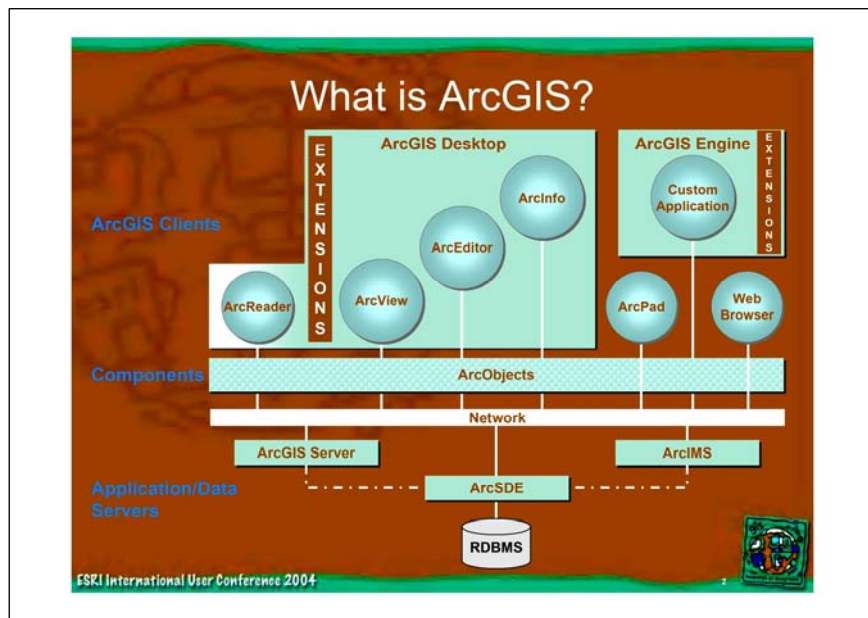
- ArcGIS Desktop : ένα πλήρες σύνολο επαγγελματικών εφαρμογών Γ.Σ.Π. .
- ArcGIS Engine : ενσωματωμένα συστατικά ανάπτυξης για παραμετροποιημένες εφαρμογές Γ.Σ.Π.
- Server GIS : ArcSDE, ArcIMS, ArcGIS Server.
- Mobile GIS : ArcPad, ArcGIS Desktop και Engine για υπολογισμούς Tablet PC.
-

Το ArcGIS βασίζεται σε μια αρθρωτή βιβλιοθήκη κατανεμημένων αντικειμένων λογισμικού Γ.Σ.Π. που ονομάζεται ArcObjects. Ακόμη, περιλαμβάνει επεκτάσεις (extensions), οι οποίες είναι κοινές για όλα τα επίπεδα Desktop (www.marathondata.gr).

Ενδεικτικά αναφέρονται κάποιες από αυτές: Spatial Analyst, 3D Analyst, Geostatistical Analyst, Survey Analyst, ArcScan, ArcPress, Maplex κ.α.

Συγκεκριμένα, η εκπόνηση των ψηφιοποιημένων χαρτών βασίστηκε κυρίως στο περιβάλλον εργασίας ArcGIS Desktop, του οποίου τα προϊόντα αποτελούνται από τις παρακάτω κλιμακούμενες επιλογές, (Εικόνα 2.2) :

- ArcView : Προσφέρει εργαλεία παρουσίασης, αναζήτησης και ανάλυσης των γεωγραφικών και περιγραφικών δεδομένων, καθώς δυνατότητες δημιουργίας και ενοποίησης τους.
- ArcEditor : Διαθέτει όλη τη λειτουργικότητα του ArcView και επιπρόσθετα τη δυνατότητα δημιουργίας και επεξεργασίας γεωγραφικών οντοτήτων, που είναι αποθηκευμένες στη γεωγραφική βάση δεδομένων, όπου έχουν πρόσβαση πολλοί χρήστες.
- ArcInfo : Συμπεριλαμβάνει όλες τις λειτουργίες του ArcEditor και επιπλέον παρέχει προηγμένες δυνατότητες γεωγραφικής επεξεργασίας και χωρικών αναλύσεων. Επίσης, σε αυτό το επίπεδο λογισμικού, υποστηρίζονται όλες οι εφαρμογές και εργαλεία περιβάλλοντος ArcInfo Workstation, όπως ο Arc, ο ArcPlot και ο ArcEditor. (www.marathondata.gr)



Εικόνα 2.2 : Διάγραμμα ροής της διάρθρωση του λογισμικού ArcGIS, 21ο Διεθνές συνέδριο ESRI, Αθήνα 2006.

2.6. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ Γ.Σ.Π.

Σύμφωνα με τους Καρτέρη,1994 και Βαΐόπουλο,2000 (από Αστάρια Θ. , Οικονομίδη Δ. 2004) , τα πλεονεκτήματα των Γ.Σ.Π. έχουν ως εξής:

1. Τα δεδομένα διατηρούνται σε ψηφιακή μορφή (π.χ. σε σκληρό δίσκο, δισκέτες κλπ.) με αποτέλεσμα αφενός μεν να καταλαμβάνουν μικρό χώρο, αφετέρου δε να είναι εύχρηστα.

2. Οι γεωγραφικές βάσεις δεδομένων είναι ποσοτικές πληροφορίες οι οποίες είναι δυνατόν να καταχωρούνται κατά οποιαδήποτε γεωγραφική μονάδα ή διάταξη π.χ. κατά νομό, κατά κοινοτική ή δημοτική περιφέρεια, κατά τοπογραφικό ή γεωλογικό φύλλο χάρτη, κατά συγκεκριμένο δίκτυο κανάβου κλπ. (Εικόνα 2.3).

3. Γεωγραφικές βάσεις δεδομένων είναι δυνατόν να δημιουργηθούν για οποιοδήποτε αντικείμενο, χαρακτηριστικό, ιδιότητα ή συνδυασμούς αυτών. Υπάρχοντα δεδομένα είναι δυνατόν να ενσωματωθούν, με ή χωρίς αλλαγές και επεξεργασία, στη βάση δεδομένων, εφόσον είναι κατά χώρο προσανατολισμένα.

4. Τα υπάρχοντα ηλεκτρονικά όργανα και λογισμικά, επιτρέπουν διάφορες μορφές επεξεργασίας, όπως μετρήσεις, χαρτογραφικές επικαλύψεις, μετατροπές κλπ.

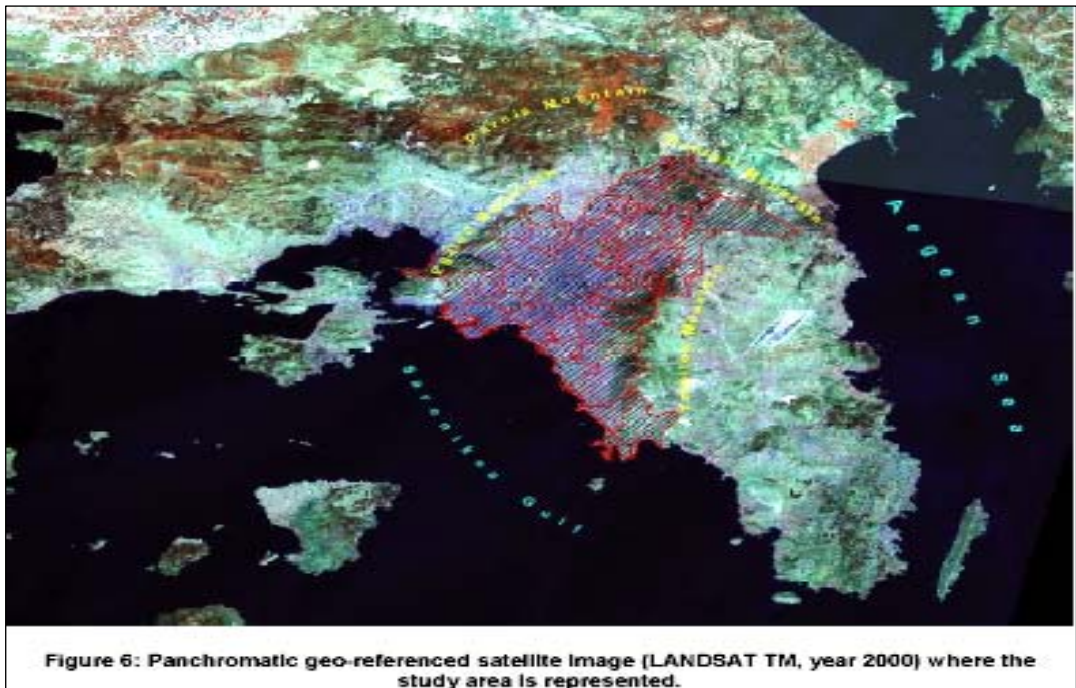
5. Γρήγορος και επαναλαμβανόμενος αναλυτικός έλεγχος ή εξέταση θεωρητικών μοντέλων για την εκτίμηση επιστημονικών κριτηρίων.

6. Οι διάφορες μορφές εξαγόμενων αποτελεσμάτων παράγονται πολύ γρήγορα, αποτελούνται από μεμονωμένα ή σύνθετα θέματα, για οποιαδήποτε γεωγραφική θέση της βάσης δεδομένων και σε οποιαδήποτε κλίμακα.

7. Εύκολη ενημέρωση της βάσης δεδομένων η οποία επιτρέπει τον αποτελεσματικό εντοπισμό και ανάλυση των αλλαγών που έγιναν σε δύο ή περισσότερες περιόδους.

8. Πολλές μορφές ανάλυσης πραγματοποιούνται με πολύ μικρότερο κόστος απ' ότι με τις κλασσικές μεθόδους. Παραδείγματος χάρη, στην περίπτωση συνδυασμού πολλών θεματικών χαρτών ή του υπολογισμού των εκθέσεων και κλίσεων από έναν τοπογραφικό χάρτη.

9. Όλες οι αναλύσεις γίνονται κατά αντικειμενικό τρόπο, τα δε αποτελέσματα παράγονται αυτόματα. (Αστάρης Θ. , Οικονομίδης Δ. , 2004)



Εικόνα 2.3 : Πανχρωματική γεωαναφερμένη δορυφορική εικόνα λεκανοπεδίου Αττικής, 21ο Διεθνές συνέδριο ESRI, Αθήνα 2006.

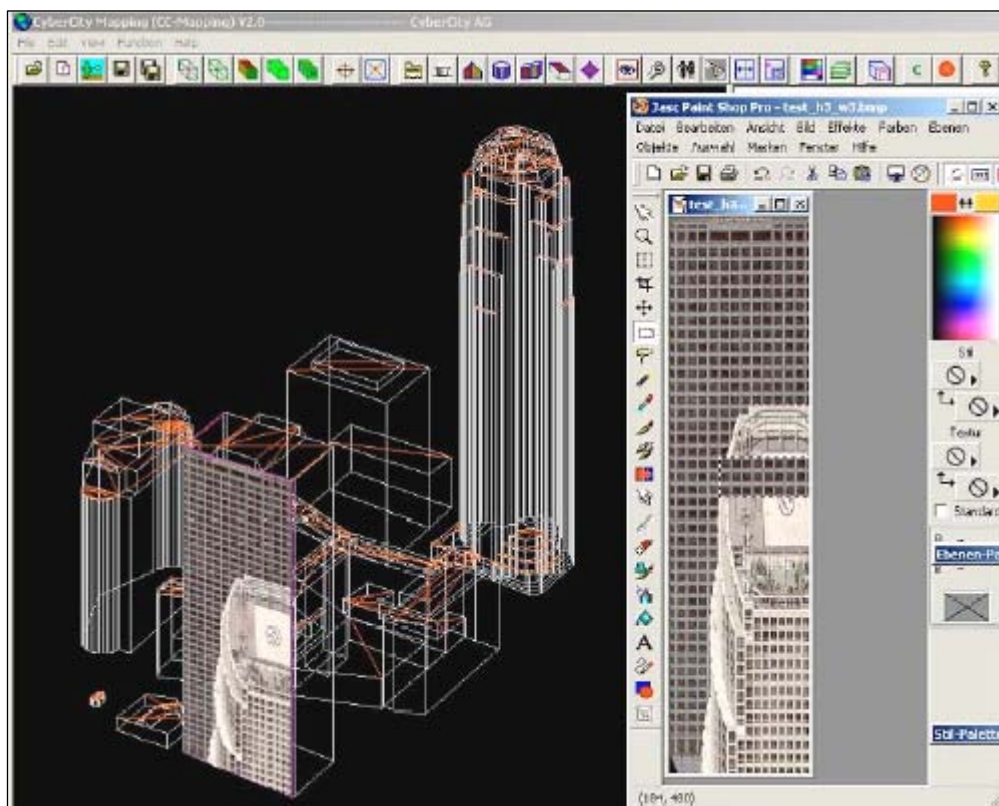
2.7. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΓΣΠ.

Σύμφωνα με τους Καρτέρη,1994 και Βαΐόπουλο,2000 (από Αστάρια Θ. , Οικονομίδη Δ. 2004) , τα μειονεκτήματα των Γ.Σ.Π. έχουν ως εξής:

1. Το αρχικό κόστος απόκτησης του συστήματος, του λογισμικού καθώς και της τεχνικής υποστήριξης και συντήρησης αυτού, είναι αρκετά υψηλό.

2. Η αποτελεσματική χρήση του συστήματος προϋποθέτει την άρτια εκπαίδευση του κατάλληλου προσωπικού,(Εικόνα 2.4).

3. Υπάρχουν προβλήματα κατά τη μετατροπή και καταχώρηση ορισμένων προϋπαρχόντων δεδομένων σε συγκεκριμένη βάση δεδομένων. (Αστάριας Θ. , Οικονομίδης Δ. , 2004)



Εικόνα 2.4 : Εφαρμογή του λογισμικού ArcGIS σε τεχνικές κατασκευές, 21ο Διεθνές συνέδριο ESRI, Αθήνα 2006

3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ

Η περιοχή μελέτης τοποθετείται στο Β.Α. τμήμα του νομού Χαλκιδικής και οριοθετείται από τις περιοχές Ολυμπιάδα-Στρατών-Ιερισσός, με εστίαση κυρίως στο χωριό Ολυμπιάδα. Η λεκάνη της Ολυμπιάδας βρίσκεται βόρεια των παρυφών του Στρατονικού όρους και δυτικά της ομώνυμης κοινότητας, η οποία απέχει 110km από τη Θεσσαλονίκη και γεινιάζει με τις κοινότητες Σταυρού (14 km ΒΔ), Στρατωνίου (10 km ΝΑ) και Βαρβάρας (10 km Δ).

3.2. ΙΣΤΟΡΙΚΟ

3.2.1. Αρχαίοι χρόνοι

Η ευρύτερη περιοχή είναι γνωστή για τη μεταλλευτική δραστηριότητα που αναπτύσσονταν από τους αρχαίους ακόμα χρόνους. Στην περιοχή έχουν διαπιστωθεί πολλές αρχαίες μεταλλευτικές δραστηριότητες εκμετάλλευσης μαγγανιούχων και θειούχων μεταλλευμάτων. Ο όγκος των αρχαίων σκωριών που απαντώνται είναι της τάξης των 300,000 m³ και υπολογίζεται ότι αντιστοιχούν σε 1,000,000 tn μεταλλεύματος. Η εκμετάλλευση συνεχίστηκε με περιόδους ακμής και παρακμής μέχρι και την αρχή του 20^{ου} αιώνα με την παραγωγή μαγγανιούχων μεταλλευμάτων (ECHMES-ENVECO, 1997).

3.2.2. Σύγχρονη Ιστορία

Σύμφωνα με τον Καραγεώργη (1998), *(Συμβολή στην Υδρογεωλογική μελέτη της ευρύτερης περιοχής της Ολυμπιάδας, Θεσσαλονίκη)*, το 1927 τα μεταλλεία Μαδέμ Λάκκου και Μαύρων Πετρών μεταβιβάστηκαν στην Α.Ε.Ε.Χ.Π.&Λ. (Ανώνυμος Ελληνική Εταιρία Χημικών Προϊόντων & Λιπασμάτων). Μετά από διάφορες αποτυχημένες προσπάθειες στις δεκαετίες του '30 και του '50, το κοίτασμα της περιοχής εντοπίστηκε στο μεγαλύτερο του μέρος την

δεκαετία του '60. Τα πρώτα έργα προσπέλασης ξεκίνησαν το 1970 ενώ η κατασκευή του Εργοστασίου Εμπλουτισμού και της Λίμνης Τελμάτων ολοκληρώθηκε το 1976. Η επέκταση του κοιτάσματος σε βάθος, οδήγησε στην κατασκευή του φρέατος το 1988.

Συνολικά κατά το διάστημα 1927-1995 από τα μεταλλεία Κασσάνδρας (Μαδέμ Λάκκου, Μαύρων Πετρών και Ολυμπιάδας) εξορύχτηκαν 8,000,000 tn σιδηροπυρίτη, 500,000 tn σιδηρομεταλλεύματος και 17,000,000 tn μεικτών θειούχων.

3.3. ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

3.3.1. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

3.3.1.1. Περιοχή Ολυμπιάδας

Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής καταλαμβάνεται από την αλλουβιακή λεκάνη (υψόμετρο 0-20m), που περιβάλλεται από ημιορεινό ανάγλυφο (20-600m) με έντονες κλίσεις. Η βλάστηση στο πεδινό τμήμα είναι αραιή και περιορίζεται κατά μήκος των υδρορεμάτων. Αντίστοιχα, το ημιορεινό τμήμα καλύπτεται από πυκνή βλάστηση (θάμνοι, δένδρα). Το υδρογραφικό δίκτυο είναι δενδριτικής μορφής.

Τα υδρορέματα που αναπτύσσονται έχουν διεύθυνση άξονα απορροής $\Delta \rightarrow A$, κατά πλειοψηφία, με κυριότερα τον Ξηρόλακκα, τον Μαυρόλακκα και τον Μπασδέκη Λάκκο. Ωστόσο, υπάρχουν και δευτερεύοντα υδρορέματα με ίδια διεύθυνση ή με διεύθυνση $N \rightarrow B$, που διασχίζουν την οικιστική περιοχή της Ολυμπιάδας. Σε πολλές περιπτώσεις, παρατηρείται ταύτιση μεταξύ των ρηγμάτων και των αξόνων των υδρορεμάτων. (Παπακωνσταντίνου Α. κ.α. ,1996)

3.3.1.2. Περιοχή Στρατωνίου

Η περιοχή στην πλειονότητα της καταλαμβάνεται από ημιορεινό ανάγλυφο (20-800m), όπου επικρατούν έντονες κλίσεις (25-60%). Ένα

μικρό σχετικά τμήμα αντιστοιχεί στη λεκάνη Στρατωνίου (0-40m), και στην κοιλάδα Κοκκινόλακκα (20-60m). Η βλάστηση στο ημιορεινό τμήμα είναι πυκνή και αποτελείται από δένδρα (πεύκα) και θάμνους, ενώ αντίστοιχα το πεδινό τμήμα καλύπτεται από αραιή βλάστηση (ελαιώνες).

Το μεγαλύτερο υδρόρεμα στην περιοχή είναι εκείνο στην περιοχή του Κοκκινόλακκα, όπου αποστραγγίζονται τα επιφανειακά νερά της λεκάνης απορροής Στρατωνίκης-Μαδεμ Λάκκου-Φισώκα-Στρεμπενίκου. Επίσης, στην περιοχή εκφορτίζονται το υπόγει νερά από τις παλιές στοές του μεταλλείου Μάδεμ Λάκκος-Μαύρες Πέτρες. Η διεύθυνση του άξονα απορροής του Κοκκινόλακκα είναι ΒΔ-ΝΑ στο αρχικό του τμήμα, ενώ στη συνέχεια ακολουθεί διεύθυνση Β-Ν, στη συμβολή του με τον Ασπρόλακκα. Ένα άλλο κύριο υδρόρεμα είναι εκείνο του Στρατωνίου, το οποίο αποστραγγίζει τη λεκάνη απορροής που βρίσκεται δυτικά της ομώνυμης κοινότητας. Ο κύριος άξονας του ΒΔ→ΝΑ. (Παπακωνσταντίνου Α. κ.α. , 1996)

3.3.2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

3.3.2.1. Γενικά

Σύμφωνα με τον Μουντράκη Δ. Μ. (1985) , η ΒΑ περιοχή του Νομού Χαλκιδικής αποτελείται κατά κύριο λόγο από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Σερβομακεδονικής Μάζας μέσα στην οποία συναντώνται νεότερες πυριγενείς διεισδύσεις του Τριτογενούς. Προς τα Α βρίσκεται η Μάζα της Ροδόπης, ενώ προς τα Δ η Περιροδοπική Ζώνη.

Η ευρύτερη περιοχή εντάσσεται στο σχηματισμό των Κερδυλλίων, που μαζί με το σχηματισμό του Βερτίσκου αποτελούν τη Σερβομακεδονική Μάζα. Η επαφή τους δεν είναι ευδιάκριτη ωστόσο πρόκειται κατά πάσα πιθανότητα για τεκτονική επαφή και μάλιστα για επώθηση (ρήγμα Στρατωνίου-Βαρβάρας).

Ο σχηματισμός των Κερδυλλίων συνίσταται από βιοτιτικό γνεύσιο με ενστρώσεις κερροσιλβικού γνεύσιου, αμφιβολιτών και μαρμάρων, ενώ ο υπερκείμενος σχηματισμός του Βερτίσκου αποτελείται κυρίως από διμαρμαρυγικό γνεύσιο με εναλλαγές από διμαρμαρυγικούς σχιστόλιθους και βιοτιτικούς γνεύσιους. Στον σχηματισμό του Βερτίσκου απαντώνται ακολουθίες μεταβασικών πετρωμάτων όπως γάββροι και διαβάσες καθώς και μετά-υπερβασικών πετρωμάτων, όπως δουνίτες, χαρτσβουργίτες και πυροξενίτες. Τα ανθρακικά πετρώματα Μεσοζωικής ηλικίας που συναντώνται στον σχηματισμό του Βερτίσκου, θεωρείται ότι προέρχονται από την Περιροδοπική Ζώνη και τοποθετήθηκαν τεκτονικά στη σημερινή τους θέση κατά την Αλπική ορογένεση της. (Μουντράκης Δ. Μ. ,1985)

Όσον αφορά τη μεταμορφική ηλικία της συνολικής κρυσταλλοσχιτώδους μάζας, σήμερα πιστεύεται ότι έχουν επιδράσει δύο (2) μεταμορφώσεις στα πετρώματά της (Μουντράκης Δ. Μ. , *Γεωλογία της Ελλάδας*, Θεσσαλονίκη ,1985):

- Μία πρώτη μεταμόρφωση σε συνθήκες αμφιβολιτικής φάσης που έλαβε χώρα στο Παλαιοζωικό (300 Ma), και
- Μία δεύτερη μεταμόρφωση σε συνθήκες πρασινοσχιστολιθικής φάσης που χρονολογήθηκε με ραδιοχρονολογήσεις στο Κάτω-Μέσο Κρητιδικό (130 Ma).

Στην ευρύτερη περιοχή της ΒΑ Χαλκιδικής υπάρχουν σημαντικές εμφανίσεις μεταλλευμάτων: Μεικτά θειούχα στο Μαδέμ Λάκκο και στις Μαύρες Πέτρες, χρυσοφόρα θειούχα μεταλλεύματα στην Ολυμπιάδα και χρυσοφόρου πορφυριτικού χαλκού στις Σκουριές.

3.3.2.2. Γεωλογικοί σχηματισμοί

Σύμφωνα με τα στοιχεία του ΙΓΜΕ (Τεύχος 6,1997), οι κυριότεροι πετρολογικοί τύποι που συναντώνται στην περιοχή μελέτης είναι:

- Βιοτιτικός γνεύσιος: Κύριο πέτρωμα του σχηματισμού Κερδυλλίων. Είναι λεπτό-μεσόκοκκος και αποτελείται από

πλαγιόκλαστο, χαλαζία, βιοτίτη, Κ-άστριο, μοσχοβίτη, αμφίβολο, χλωρίτη, επίδοτο κ.ά.

- Αμφιβολιτικός γνεύσιος: Συναντάται σε λεπτόκοκκες ενστρώσεις και συνίσταται από κεροσίλβη, πλαγιόκλαστο, χαλαζία, επίδοτο, χλωρίτη κ.ά.
- Μικροκλινικός γνεύσιος: Απαντάται κατά περιοχές στις θέσεις Ζέπκου και Ολυμπιάδας, τέμνεται από πηγματιτικές και απλιτικές φλέβες και χαρακτηριστική είναι η απουσία ενστρώσεων μαρμάρων.
- Μάρμαρο: Πρόκειται για δύο ορίζοντες μαρμάρων. Τον ανώτερο με πάχος 10-300 m και τον κατώτερο με πάχος 10-150 m. Ο κατώτερος ορίζοντας φιλοξενεί την μεταλλοφορία Pb, Zn, Fe ± Au, Ag στα μεταλλεία Μαδέμ Λάκκου και Ολυμπιάδας. Είναι λευκού χρώματος και αποτελούνται κυρίως από ασβεστίτη με παρουσία φλογοπίτη, γραφίτη και χλωρίτη. Κατά τόπους, είναι δολομιτωμένα ενώ κατά θέσεις υψηλού υψομέτρου παρουσιάζονται ελαφρώς καρστικοποιημένα.
- Διμαρμαρυγιακός γνεύσιος: Κύριο πέτρωμα του σχηματισμού Βερτίσκου. Είναι λεπτόκοκκος, κιτρινωπός και αποτελείται από χαλαζία, αστίους, πλαγιόκλαστα, μοσχοβίτη και βιοτίτη.
- Πυριγενείς διεισδύσεις: Πρόκειται για πορφυριτικές διεισδύσεις ηλικίας Τριτογενούς (29-18 Ma) που έχουν σύσταση διοριτική, συηνιτική, γρανοδιοριτική και μονζοδιοριτική. Συνοδεύονται από φαινόμενα έντονης υδροθερμικής αλλοίωσης όπως χλωριτίωση, σερικιτίωση, καολινίωση τόσο των ίδιων όσο και των γειτονικών πετρωμάτων.
- Πλειστοκαινικές αποθέσεις: Απαντώνται σε υψηλότερα μορφολογικά τμήματα (40-20 m), δηλαδή πλησιέστερα προς το μεταμορφωμένο υπόβαθρο, καταλαμβάνουν το δυτικό τμήμα της λεκάνης της Ολυμπιάδας και πρόκειται για αλλουβιακά ριπίδια, κώνους κωρημάτων και ποτάμιες αναβαθμίδες.
- Νεώτερες αποθέσεις: Τα ιζήματα αυτά απαντώνται στα χαμηλότερα μορφολογικά τμήματα της περιοχής και κυρίως προς την παράκτια ζώνη. Αυτές οι παράκτιες λεκάνες σχηματίστηκαν κατά την περίοδο Πλειστοκαίνου-Ολοκαίνου από κατακόρυφες κινήσεις της ξηράς

και πληρώθηκαν από ιζήματα κυρίως από μηχανική μεταφορά υλικού από τα γύρω μεταμορφωμένα πετρώματα. Πρόκειται για αποθέσεις Ολοκαινικής ηλικίας.

- Αλλουβιακά ιζήματα: Είναι χαλαρές αποθέσεις που αποτελούνται από αργίλλους, αμμοαργίλλους. Στο εσωτερικό τμήμα της λεκάνης Ολυμπιάδας και κατά μήκος των ρεμάτων επικρατούν τα κροκαλοπαγή. Οι κροκάλες και τα χαλίκια αποτελούνται από γνεύσιο, πηγματίτη, χαλαζία, μάρμαρο. Στο εσωτερικό της λεκάνης έχουν πάχος 70 m ή και περισσότερο και αποτελούνται από εναλλαγές άμμων, χαλίκων και αργίλλων.

3.3.2.3. Τεκτονική

Σύμφωνα με τη μελέτη της ECHMES-ENVECO (1997) , συνολικά η όλη εξέλιξη της περιοχής συνοδεύτηκε από πέντε στάδια μεταμόρφωσης που ξεκινούν από το Παλαιοζωικό και φτάνουν μέχρι και Α. Κρητιδικό-Ολιγόκαινο. Μετά τις τελευταίες φάσεις της Αλπικής ορογένεσης ακολούθησε ρηξιγενής δράση η οποία συνεχίζεται μέχρι και σήμερα και χαρακτηρίζεται από συστήματα ρηγμάτων, διακλάσεων και επωθήσεων με κύριες διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ, ΒΔ-ΝΑ και σπανιότερα Β-Ν.

Η παρουσία ρηγμάτων και διακλάσεων είναι πολύ σημαντικός παράγοντας του υδρολογικού καθεστώτος που επικρατεί στην περιοχή και αξίζει να σημειωθεί ότι:

- Ρήγματα με διεύθυνση Α-Δ ή ΔΒΔ-ΑΝΑ σχετίζονται με μεταλλοφορία μαγγανίου και θειούχων μετάλλων. Σημαντικό είναι το ρήγμα Στρατωνίου - Σταγείρων – Πιάβιτσας – Βαρβάρας που αποτελεί και το όριο των σχηματισμών Κερδυλλίων – Βερτίσκου.
- Ρήγματα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ συμπίπτουν κυρίως με λιθολογικές επαφές στα μεταμορφωμένα πετρώματα.
- Ρήγματα ΒΑ-ΝΔ σχετίζονται με μαγματικές διεισδύσεις και μεταλλοφορίες μαγγανίου και θειούχων μετάλλων.

- Ρήγματα με διεύθυνση B-N απαντούν σπανιότερα, είναι μεγάλοι μήκους και σχετίζονται με μεταλλοφορία θειούχων βασικών μετάλλων, χρυσού και αργύρου. Τέτοια είναι του Κοκκινόλακκα, του Τσιαρκιά Λάκκου και του Μπαξίνα. Στα ρήγματα αυτά πρέπει να τονιστεί ότι παρατηρείται μια πολύ αυξημένη υδροφορία στα σημεία που αυτά τέμνουν τους ορίζοντες μαρμάρων του σχηματισμού των Κερδυλλίων.

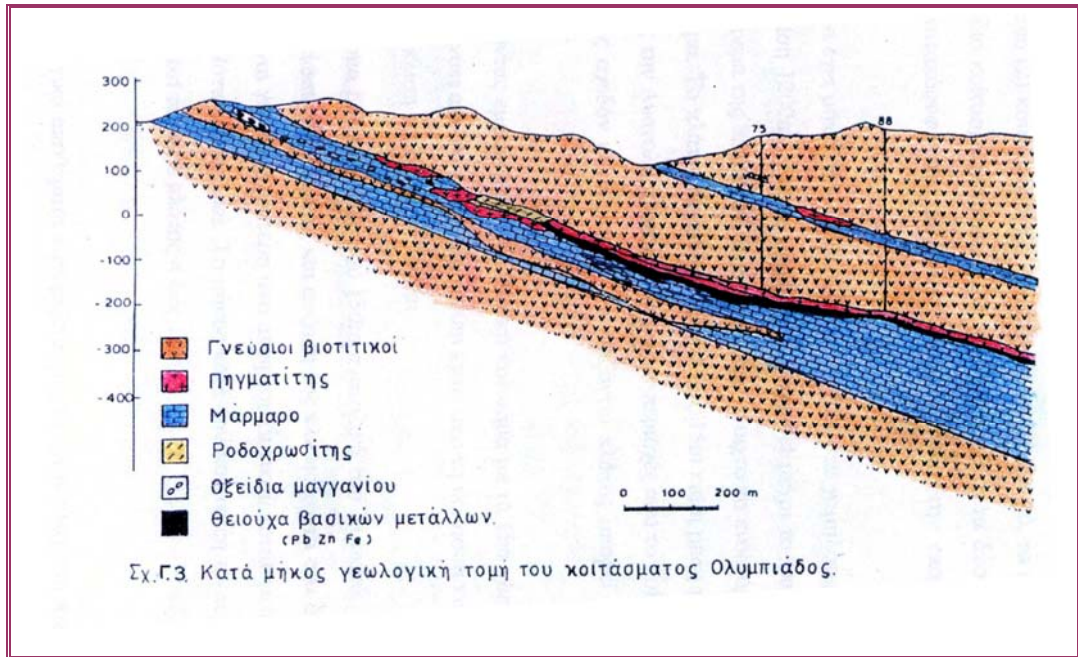
3.3.2.4. Κοιτάσματα

Από τη μελέτη της ECHMES-ENVECO (1997) , προκύπτει ότι γενικά το κοιτάσμα της Ολυμπιάδας εντοπίζεται στον κατώτερο ορίζοντα του μαρμάρου ο οποίος εμφανίζεται επιφανειακά περίπου 2,5 Km ΒΔ της κοινότητας της Ολυμπιάδας. Πρόκειται για μεικτή θειούχα χρυσοφόρα μεταλλοφορία που παρουσιάζεται σε συμπαγή κυρίως μορφή και με καλή ανάπτυξη. Το κοιτάσμα είναι υδροθερμικής προέλευσης, μέσης έως χαμηλής θερμοκρασίας και συνδέεται γενετικά με τις απλιτικές διεισδύσεις της περιοχής. Εκτός του συμπαγούς τύπου, η μεταλλοφορία εμφανίζεται σε διάσπαρτη μορφή ως πλήρωση ανοικτών εγκοίλων καθώς και ως breccia. Η εμφάνιση του τελευταίου τύπου αποδίδεται σε ρηξιγενή δράση καθώς και σε φαινόμενα καρστικοποίησης.

Τα συνολικά αποθέματα του κοιτάσματος της Ολυμπιάδας εκτιμώνται σε 11,500,000 tn. Ως δυνατά αποθέματα θεωρούνται περίπου 10,000,000 tn με μέση σύσταση που φαίνεται στον Πίνακα 3.1 .

Στοιχείο	Au	Ag	Zn	Pb	As	S
Περιεκτικότητα	6,7 gr/tn	133,9 gr/tn	5,4%	4,0%	3,3%	18,4%

Πίνακας 3.1 : Μέση σύσταση κοιτάσματος Ολυμπιάδας, Βεράνης, Ν. κ.α. (1994)



Σχήμα 3.1 : Τομή κοιτάσματος Ολυμπιάδας, Βεράνης, Ν. κ.α. (1994)

3.3.3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ-ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Στη ΒΑ Χαλκιδική απαντάται σημαντική μεταλλοφορία μεικτών θειούχων (Pb, Zn, Fe, Cu), τα οποία περιέχουν αξιόλογες ποσότητες πολύτιμων μετάλλων (Ag, Au) καθώς και οξείδια Mn. Σημαντικά κοιτάσματα των μεταλλοφοριών αυτών απαντούν στην περιοχή της Ολυμπιάδας (Pb, Zn, Fe, Au, Ag) και του Στρατωνίου (Pb, Zn, Fe, Au, Ag). (Βεράνης, Ν. (1994), Κοκκώνης, Δ. (1993), Περαντώνης, Γ. (1982)).

3.3.3.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑΣ

Στην περιοχή Ολυμπιάδας απαντάται το σημαντικότερο κοίτασμα μεικτών θειούχων και ευγενών μετάλλων, (Σχήμα 3.1). Η εκτεταμένη παρουσία παλαιών εκκαμινεύσεων (Μαυρόλακκας, Μπασδέκης Λάκκος) καθώς και μεταλλευτικών έργων (πηγάδια, στοές) , μαρτυρούν μια ευρείας κλίμακας μεταλλευτική δραστηριότητα.

Η μεταλλευτική αυτή δραστηριότητα χρονολογείται από τον 4 π.χ. αιώνα με βάση αρχαιομετρικά δεδομένα και παρουσίασε ιδιαίτερη ανάπτυξη στο διάστημα του 16^{ου}- 18^{ου} αιώνα (Sanguì, L. 1928). Το κοίτασμα εντοπίστηκε το 1969 με γεωτρίτικη έρευνα, ενώ το 1976 άρχισε η εκμετάλλευση του.

Από την ΑΕΕΧΠ (1993) δίνονται τα εξής στοιχεία για τα αποθέματα (σε 10³ tn).

Βέβαια	Πιθανά	Σύνολο	Pb%	Zn%	S%	Ag(ppm)	Au(ppm)	As%
9,793	4,140	13,933	3,63	4,83	16,0	117	6,38	3,3

Πίνακας 3.2 : Αποθέματα μεταλλείου Ολυμπιάδας, Βεράνης, Ν. κ.α. (1994).

3.3.3.2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΤΡΑΤΩΝΙΟΥ

Η περιοχή περιλαμβάνει τις τοποθεσίες Μαδέμ Λάκκου, Στρατονίκης, Κοκκινόλακκα καθώς και την ομώνυμη, όπου εντοπίζονται κοιτάσματα μεικτών θειούχων και χαλκού, (Πίνακας 3.3).

Η μεταλλευτική δραστηριότητα στην περιοχή Στρατωνίου χρονολογείται από τον 4 π.χ. αιώνα μέχρι σήμερα, όπως και στην περιοχή της Ολυμπιάδας. Η εταιρεία Χημικών Προϊόντων και Λιπασμάτων (ΑΕΕΧΠ κ. Λ) έχει εγκατασταθεί στην περιοχή από το 1912, και από το 1970 ως το 1990 πραγματοποίησε εξόρυξη περίπου 10 εκ. τόννων μεικτών θειούχων και 18 εκ. τόννων σιδηροπυρίτη.

Οι τύποι μεταλλοφορίας και η ορυκτολογική σύσταση του μεταλλεύματος είναι ίδια περίπου με την περίπτωση του κοιτάσματος της Ολυμπιάδας, με τη διαφορά ότι στο Μαδέμ Λάκκο εντοπίζεται επιπλέον μεταλλοφορία τύπου skarn (χαλκοπυρίτης, σιδηροπυρίτης, σφαλερίτης, γαληνίτης, αρσενοπυρίτης κ.α.) Ακόμη, το κοίτασμα Μαδέμ Λάκκου συγκριτικά με εκείνο της Ολυμπιάδας, είναι φτωχότερο σε As και Au.(Παπακωνσταντίνου Α. , Βεράνης Ν. , Πολυζώνης Ε. , 1996)

Περιοχή	Αποθέματα σε εκ. τόννους	Περιεκτικότητα			
Μαδέμ Λάκκος	1,3	6,0% Pb	5.8% Zn	130gr/tn Ag	1.5-2.0gr/tn Au
Χαλκούχοι σιδηροπυρίτες Μαδέμ Λάκκου	4,3	1,0% Cu			1.5gr/tn Au
Σιδηροπυρίτες Μαδέμ Λάκκου	11.0	0.47%Cu			1.5-2.0gr/tn Au
Πορφυρικός χαλκός Φισώκας	20.0	0.47%Cu			0.16gr/tn Au

Πίνακας 3.3 : Αποθέματα κοιτασμάτων περιοχής Στρατωνίου, Βεράνης, Ν. κ.α. (1994).



Εικόνα 3.2 : Εργασίες στα μεταλλεία της Ολυμπιάδας, Βεράνης, Ν. κ.α. (1994).

3.3.4. ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

3.3.4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Το κλίμα της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης χαρακτηρίζεται ως μεταβατικού τύπου. Πρόκειται για έναν τύπο ενδιάμεσα στο ηπειρωτικό κλίμα τύπου Κεντρικής Ευρώπης και στο Μεσογειακού τύπου. Παρόλα αυτά βρίσκεται πιο κοντά στο Μεσογειακού τύπου (Καραγεώργης, 1998).

Τα διαθέσιμα μετεωρολογικά στοιχεία προέρχονται από επτά μετεωρολογικούς σταθμούς. Η έλλειψη αντιπροσωπευτικών μετρήσεων στο εσωτερικό της λεκάνης οδήγησε την TVX Hellas στην εγκατάσταση ενός πλήρως αυτοματοποιημένου μετεωρολογικού σταθμού στα ΒΔ των εγκαταστάσεων του μεταλλείου τον Ιούνιο του 1996. Δυστυχώς, εξαιτίας της μικρής χρονικής περιόδου που καλύπτουν τα δεδομένα του παραπάνω σταθμού επιβάλλεται η χρήση των δεδομένων των παραπάνω επτά σταθμών (Πίνακας 3.4).

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ (km)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ
Αρναίας	565	25	1978-1997	Δ
Μίκρας	5	80	1959-1994	Δ
Χρυσούπολης	5	80	1984-1993	ΒΑ
Καβάλας	6	70	1956-1984	ΒΔ
Κασσάνδρας	50	80	1978-1993	ΝΔ
Πλανά	12	30	1976-1993	ΝΔ
Μ. Παναγία	440	35	1976-1993	ΝΔ

Πίνακας 3.4 : ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε, TVX Hellas, Καραβοκύρης κ.ά., 1997.

Ο μετεωρολογικός σταθμός της Αρναίας είναι ο κοντινότερος σταθμός στην περιοχή μελέτης, σε μία απόσταση περίπου 25 Km. Το μειονέκτημα του σταθμού είναι ότι βρίσκεται σε μεγάλο υψόμετρο (565 m) σε σχέση με την περιοχή μελέτης. (Καραγεώργης Τ. Γ. , 1998).

3.3.4.2. ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ή αλλιώς ο ετήσιος βροχομετρικός δείκτης κυμαίνεται από 354 mm στο σταθμό της Χρυσούπολης έως 650 mm στο σταθμό της Αρναίας. Στην Πλανά το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης είναι 501 mm, στην Καβάλα 575 mm, στη Μίκρα είναι 448 mm, στη Μ. Παναγία 603 mm και στην Κασσάνδρα 595 mm, (Πίνακας 3,5).

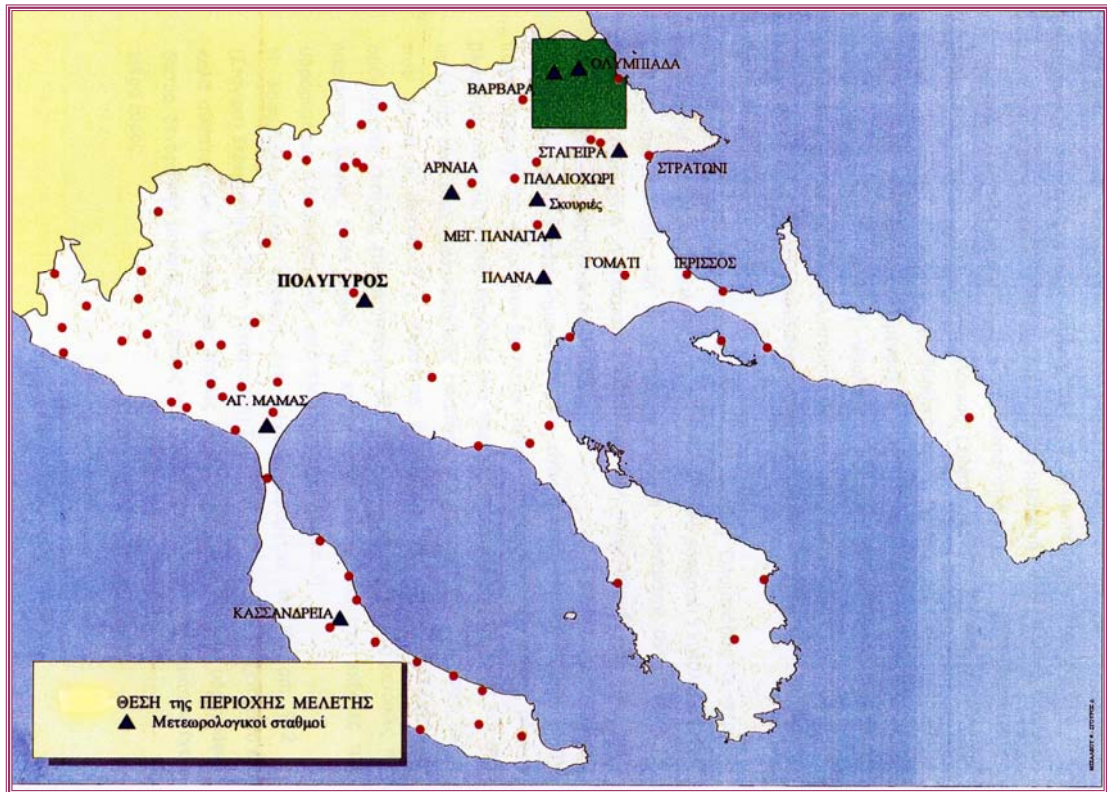
Οι μήνες με τη μεγαλύτερη βροχόπτωση είναι ο Νοέμβριος και ο Δεκέμβριος για όλους τους σταθμούς. Κατά τους δύο αυτούς μήνες, η μέση μηνιαία βροχόπτωση φτάνει περίπου στο 30% της μέσης ετήσιας. Οι μήνες με τη μικρότερη βροχόπτωση είναι ο Αύγουστος και ο Σεπτέμβριος.

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥ	ΙΟΥ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΗ(mm)
Μίκρα	34	37	42	38	45	31	24	20	27	40	57	53	448
Κασσάνδρα	49	67	56	42	31	23	20	17	24	74	97	95	595
Αρναία	38	55	52	52	54	47	54	33	32	58	88	87	650
Καβάλα	59	53	51	39	41	41	38	18	25	49	71	90	575
Χρυσούπολη	16	44	30	36	21	28	14	10	15	26	69	45	354
Πλανά	29	49	40	39	35	39	27	32	21	50	68	70	501
Μ.Παναγία	42	60	49	53	52	33	32	37	24	57	77	86	603

Πίνακας 3.5 : Μέση ετήσια βροχόπτωση, (Καραγεώργης Τ. Γ. 1998).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση των βροχομετρικών δεδομένων των σταθμών της Αρναίας και της Κασσάνδρας: Οι δύο σταθμοί αν και παρουσιάζουν μια διαφορά της τάξης μόνο του 10% στη μέση ετήσια βροχόπτωση, ωστόσο βρίσκονται σε τελείως διαφορετικά υψόμετρα (Αρναία 650 m – Κασσάνδρα 5 m). Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι οι χειμωνιάτικες παρατεταμένες βροχοπτώσεις της Αρναίας είμαι χαμηλότερης έντασης από τις καλοκαιρινές καταιγίδες της Κασσάνδρας. Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής του σταθμού του Πολυγύρου (281 mm), το οποίο είναι πάρα πολύ μικρό σε σχέση με το υψόμετρο του σταθμού (544 mm). Η μεγάλη απόκλιση σε

συνδυασμό με τις μη συνεχείς μετρήσεις του σταθμού οδήγησαν στην απόρριψη του σταθμού από την παρούσα μελέτη. (Εικόνα 3,3),(Καραγεώργης Τ. Γ. 1998).



Εικόνα 3.3 : Μετεωρολογικοί σταθμοί του Ν. Χαλκιδικής, (Καραγεώργης Τ. Γ. 1998).

3.3.5. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ-ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

3.3.5.1. ΓΕΝΙΚΑ

Όπως ήδη αναφέρθηκε οι περιοχές Ολυμπιάδας και Στρατωνίου δομούνται από δύο κυρίως ομάδες πετρωμάτων. Τα συμπαγή (μεταμορφωμένα) πετρώματα που καταλαμβάνουν τις γεωμορφολογικά υψηλότερες περιοχές και τα χαλαρά ιζήματα που απαντούν στα χαμηλότερα γεωμορφολογικά σημεία.

Η υδρογεωλογική συμπεριφορά των προαναφερθέντων πετρωμάτων διαφέρει αισθητά μεταξύ τους. Στα συμπαγή πετρώματα το υπόγειο νερό κινείται κυρίως μέσω των μικρορωγμών και ρηγμάτων

που πολλές φορές δεν συνδέονται υδραυλικά μεταξύ τους. Εξαίρεση αποτελούν οι ανθρακικοί σχηματισμοί όπου λόγω της έντονης ρηγματώσής τους και της καρστικοποίησης είναι δυνατό να σχηματιστούν ενιαίοι υδροφόροι ορίζοντες. Στα ιζήματα των λεκανών, το υπόγειο νερό κυκλοφορεί μέσα από τους χαλαρούς κόκκους, όπου λόγω ύπαρξης υδραυλικής επικοινωνίας, δημιουργούνται ενιαίοι υδροφόροι ορίζοντες.

Ειδικότερα, το κυριότερο φυσιογραφικό χαρακτηριστικό της περιοχής μελέτης είναι η κοιλάδα της Ολυμπιάδας που βρίσκεται ανάμεσα στα υψόμετρα 0-20 m και καταλαμβάνει έκταση 3,0 km². Η κοιλάδα περιβάλλεται από ημιορεινές εκτάσεις (20-600 m υψόμετρο) και διατέμνεται από ένα καλά ανεπτυγμένο δίκτυο δενδριτικής μορφής με γενική κατεύθυνση από Δ προς Α. Οι κύριοι και δευτερεύοντες κλάδοι του δικτύου συμπίπτουν συνήθως με άξονες ρηγμάτων τα οποία διασχίζουν τις περιοχές αυτές.

Από τα υδατορέματα που διασχίζουν την κοιλάδα, το κυριότερο είναι ο Μαυρόλακκας. Είναι το μόνο που παρουσιάζει συνεχή ροή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και η λεκάνη απορροής του, μέχρι τις εκβολές, είναι 18,0 km². Άλλα κύρια ρέματα είναι ο Μπακσίνας Λάκκος, ο Ξηρόλακκας και η Κηπουρίστρα με λεκάνες απορροής 17,0 km², 9,2 km², 7,2 km² και 7,3 km² αντίστοιχα. (Καραγεώργης Τ. Γ. ,1998).

Το ρέμα της Κηπουρίστρας, στο σημείο που κατέρχεται στην πεδινή περιοχή, εκβάλλει στον Μαυρόλακκα όπως και ο Ξηρόλακκας ανάντη των εκβολών του στη θάλασσα. Ο Μπακσίνας Λάκκος εκβάλλει στον Μπασδέκη Λάκκο στο μέσο περίπου της αλλουβιακής κοιλάδας. Όλα τα υδατορέματα πηγάζουν σε υψόμετρα γύρω στα 600 m και είναι περιοδικής ροής με εξαίρεση τον Μαυρόλακκα. Οι κοίτες τους, γύρω από τις οποίες αναπτύσσεται η μόνη αξιόλογη βλάστηση, αποτελούνται από πολύ αδρομερές υλικό, που φθάνει μέχρι κροκάλες διαμέτρου 0,30 - 0,50 m (ECHMES-ENVECO, 1997).

3.3.5.2. ΥΠΟΓΕΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ

3.3.5.2.1 Περιοχή Ολυμπιάδας

Σύμφωνα με τους Παπακωνσταντίνου Α. , Βεράνη Ν. και Πολυζώνη Ε. (1996) , τα υπόγεια και επιφανειακά νερά της περιοχής Ολυμπιάδας έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

▪ Υπόγεια νερά.

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες των πεδινών περιοχών της λεκάνης είναι οι ακόλουθες:

Στα γεωμορφολογικά χαμηλά τμήματα της περιοχής (κυρίως κοντά στις εκβολές των ρευμάτων), υπάρχει ένα αβαθές υδροφόρο σύστημα πάχους 10-30μ. που αποτελείται από εναλλαγές άμμων και χαλίκων. Το εν λόγω σύστημα είναι ελεύθερο και οι υδραυλικοί του παράμετροι εκτιμάται ότι είναι:

- **Συντελεστής** υδροπερατότητας ($K > 10^{-3}$ m/s).
- **Συντελεστής** μεταφορικότητας ($T > 10^{-3}$ m²/s).
- **Συντελεστής** εναποθήκευσης ($S > 10^{-3}$).

Ο υπολογισμός των συντελεστών K, T, S γίνεται από συγκριτικά στοιχεία, αλλά για ακριβέστερους υπολογισμούς πρέπει να γίνουν ανορύξεις υδρογεωτρήσεων και δοκιμές άντλησης. Οι στάθμες του υπόγειου νερού ποικίλουν από 3,0-7,5μ. (περίοδος μετρήσεων Σεπτεμβρίου 1994).

Σε πλημμυρικές καταστάσεις η στάθμη φτάνει σε ορισμένες θέσεις μέχρι την επιφάνεια του εδάφους. Από σταθμημετρήσεις κατά το μήνα Ιανουάριο προς το Μάιο παρατηρείται πτώση στάθμης από 0,6-3,0μ. Στον πίνακα 3.6 παρουσιάζεται η διακύμανση της στάθμης σε διαφορετικές γεωτρήσεις.

α/α	20/9/94	25/1/95	5/5/95
Γ-70	3,80	0,10	4,27
Γ-27			7,16
Γ-66			7,59
Γ-29	5,4	4,9	
Γ-37			7,2
Γ-45	6,85	3,3	
Γ-24	4,24	3,55	4,2
Γ-21			7,16
Γ-23	6,10	4,6	7,27
Γ-20	12,16	7,5	
Γ-47		3,72	5,40
Γ-48	3,40		
Γ-74A	6,00	4,7	6,75
Γ-26	6,1		
Γ-41	3,50		

Πίνακας 3.6 : Διακύμανση στάθμης νερού σε γεωτρήσεις λεκάνης Ολυμπιάδας, (Καραγεώργης Τ. Γ. 1998).

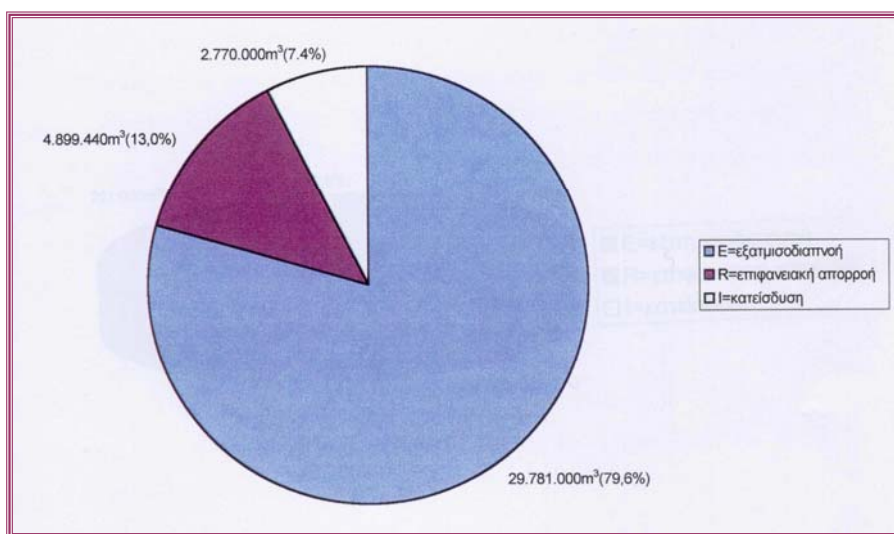
Παρόλο που κατά τη μελέτη αυτή, δεν έγινε δυνατό (λόγω έλλειψης στοιχείων), η κατάρτιση ενός ολοκληρωμένου ισοζυγίου ύδατος (σχήμα 3,4) , παραταύτα μπορούμε με βεβαιότητα να ισχυριστούμε, ότι η υπόγεια υδροοικονομία της λεκάνης είναι εξισορροπημένη και οφείλεται:

- Στο μεγάλο συντελεστή κατείσδυσης ο οποίος εκτιμάται ότι είναι μεγαλύτερος του 15% των ετήσιων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Το ύψος των ετήσιων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι 600 mm. Στον υψηλό συντελεστή εμπλουτισμού των υπογείων υδροφορέων από τα υδρορέματα (περίπτωση ρέματος Μαυρόλακκα). Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί, ότι σε όλη την έκταση της λεκάνης ακόμα και κοντά στις ακτές δεν υπάρχουν υφάλμυρα νερά, γεγονός που μαρτυρεί την ύπαρξη υδραυλικής ισορροπίας γλυκού-θαλασσινού νερού.

▪ **Επιφανειακά νερά.**

Στη λεκάνη της Ολυμπιάδας υπάρχουν έξι άξονες επιφανειακών και κατ' επέκταση υπόγειων ροών, οι οποίοι ταυτίζονται με ισάριθμα ρέματα, που δημιουργούν αντίστοιχες υδρολογικές-υδρογεωλογικές

ενότητες. Με βάση την έκταση της λεκάνης απορροής αυτών, διαχωρίστηκαν σε κύριες και δευτερεύουσες ενότητες. Οι κύριες, (κύριοι άξονες ροών) είναι τα υδρορέματα Ξηρόλακκα, Μαυρόλακκα και Μπασδέκι Λάκκος, ενώ τους δευτερεύοντες άξονες τους αποτελούν τρεις μικροί χείμαρροι που διασχίζουν τα ΝΔ τμήματα της λεκάνης της Ολυμπιάδας. Τα παραπάνω ρέματα στο σύνολο τους παρουσιάζουν χειμαρρώδη μορφή. (Παπακωνσταντίνου Α. , Βεράνης Ν. , Πολυζώνης Ε. , 1996)



Σχήμα 3.4 : Υδρολογικό ισοζύγιο της ευρύτερης περιοχής της Ολυμπιάδας, (Βεράνης Ν. , 2000)

3.3.5.2.2 Περιοχή Στρατωνίου

Με βάση τα μέχρι τώρα συγκεντρωθέντα στοιχεία οι υδρογεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής Στρατωνίου είναι σε γενικές γραμμές οι ακόλουθες:

- **Συμπαγείς Σχηματισμοί.**

Στους συμπαγείς σχηματισμούς όπως και στην περίπτωση της Ολυμπιάδας, έχουμε ένα ανώτερο υδροφόρο σύστημα (600-240μ.) που εμφανίζεται στις ανατολικές παρυφές του όρους Στρεμπενίκος. Από τις πηγές του υδροφόρου αυτού συστήματος υδρεύονται οι κοινότητες Στάγειρα, Στρατωνίκης, Στρατωνίου. Σε υψόμετρο 240-400μ. που

εκφορτίζεται μέσω πηγών και μικροαναβλύσεων στον άνω ρου του Κοκκινόλακκα ένα μέρος του υδροφόρου συστήματος. Η μεταλλευτική δραστηριότητα στο μεταλλείο Μαύρες Πέτρες έχει προκαλέσει καθιζήσεις του εδάφους και μετακίνηση πηγών. Οι ποσότητες νερού που κυκλοφορούν επιφανειακά ή υπόγεια στο ανώτερο υδροφόρο σύστημα είναι σημαντικές αλλά μέχρι τώρα δεν έχουν μελετηθεί συστηματικά.

Το κατώτερο υδροφόρο σύστημα (0-240μ.) περιορίζεται στο χώρο των υπογείων του μεταλλείου. Τα βρόχινα νερά κατεισδύουν στις στοές του μεταλλείου και ιδιαίτερα στα κενά που άφησαν οι προηγούμενες εκμεταλλεύσεις. Με την κατείσδυση των βρόχινων νερών στο μεταλλευτικό έργο διευρύνονται οι κοιλότητες του μαρμάρου λόγω της απόπλυσης των οξειδωμένων και θειούχων ορυκτών. Δημιουργείται το φαινόμενο της όξινης απορροής (PH 2,5-3,5) που αποτελεί και τον κυριότερο παράγοντα ρύπανσης του περιβάλλοντος με την αποδέσμευση βαρέων μετάλλων, τοξικών στοιχείων (Fe, Mn, Pb, Zn, Cd, As, Sb, Cu, Ni, Cr, B) και SO₄. Ένα μέρος των νερών αναβλύζει υπό μορφή πηγών που προέρχονται από τα παλαιά μεταλλευτικά έργα (50-100 m³/h κατά την ξηρά περίοδο). Τα νερά του μεταλλείου Μαύρες Πέτρες συλλέγονται και μεταφέρονται στο μεταλλείο Μαδέμ Λάκκος. Εκεί γίνεται η ανάμειξή τους με τα νερά του Μαδέμ Λάκκου και στη συνέχεια παροχετεύονται στη μονάδα επεξεργασίας νερού που βρίσκεται στο χώρο του εργοστασίου εμπλουτισμού. Η παροχή των νερών των μεταλλείων είναι 200 m³/h και σε πλημμυρικές καταστάσεις φτάνει τα 500-1000 m³/h. Η δυνατότητα επεξεργασίας του εργοστασίου εμπλουτισμού είναι 200 m³/h.

Κατά την υγρά περίοδο (υδρομέτρηση 9/5/1995, πηγή: ΙΓΜΕ) η παροχή στη θέση Κοκκινόλακκα φαίνεται στον πίνακα 3.7 :

Θέση1 Κάτω από την εθνική οδό	Θέση 1A Μετά την ένωση με μικρορέματα	Θέση 2 Πριν τη συμβολή με Ασπρόλακκα	Θέση 2A Ασπρόλακκας πριν τη συμβολή με Κοκκινόλακκα	Θέση 3 70μ. μετά τη συμβολή	Θέση 3^A Προ των εκβολών
95 m ³ /h	180 m ³ /h	90 m ³ /h	658 m ³ /h	707 m ³ /h	394 m ³ /h

Πίνακας 3.7 : Υδρομέτρηση 9/5/1995, ΙΓΜΕ.

Σε πλημμυρικές καταστάσεις η παροχή του Κοκκινόλακκα ξεπερνά τα 1000 m³/h. Στους αμφιβολίτες έγινε η υδρευτική γεώτρηση ΓΣΤ-3 που βρίσκεται σε απόσταση 80μ. από τον Κοκκινόλακκα. Η παροχή της γεώτρησης είναι 40 m³/h και έχει υδραυλική επικοινωνία με τα νερά του Κοκκινόλακκα.

- **Χαλαροί Σχηματισμοί**

Σε αντίθεση με τα προαναφερθέντα συμπαγή πετρώματα οι χαλαροί γεωλογικοί σχηματισμοί έχουν μικρή εξάπλωση και απαντούν κυρίως στην κοιλάδα του ρέματος Κοκκινόλακκα και λιγότερο στην κοιλάδα Στρατωνίου.

Στις όχθες του άνω ρου του Κοκκινόλακκα (περιοχή μεταλλείου) εντοπίζονται Πλειστοκαινικής ηλικίας συνεκτικά κροκαλοπαγή με χαμηλό συντελεστή διαπερατότητας. Στην κοιλάδα Κοκκινόλακκα το πάχος των ιζημάτων (ποταμοχειμάρριες αναβαθμίδες) είναι 10-15μ. στο βόρειο τμήμα και φτάνει μέχρι τα 60μ. περίπου στο μέσο της κοιλάδας. Τα ιζήματα αποτελούνται από βράχους, κροκάλες, άμμους, χαλίκια αργιλικό υλικό με κύριο υδρογεωλογικό χαρακτηριστικό το μεγάλο συντελεστή εναποθήκευσης ($S > 10^{-3}$). Πολύ υψηλές είναι και οι τιμές των υπολοίπων υδραυλικών παραμέτρων του υπεδάφους, δηλαδή του συντελεστή υδροπερατότητας ($K > 10^{-3}$ m/s) και του συντελεστή μεταφορικότητας ($T > 10^{-3}$ m²/s).

Το νερό που κυκλοφορεί υπογείως, δεν βρίσκεται υπό πίεση (ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας) και παρουσιάζει πολύ ευνοϊκές συνθήκες εμπλουτισμού, με αποτέλεσμα το νερό των στοών του μεταλλείου Μαντέμ Λάκκου που παροχετεύεται στον Κοκκινόλακκα (ύστερα από μια επιφανειακή διαδρομή 500-1000μ.) να κατεισδύει εξ' ολοκλήρου κατά την ξηρή περίοδο στους υπόγειους υδατοταμιευτήρες (περίοδος παρατηρήσεων Αύγουστος-Οκτώβριος 1994).

Κατά την υγρή περίοδο η επιφανειακή ροή φτάνει μέχρι την ακτή. Το υδρορέμα που βρίσκεται δυτικά του Στρατωνίου λειτουργεί σαν χείμαρρος. Σε πλημμυρικές καταστάσεις (27.1.95) η παροχή του ήταν 80 m³/h. Στη λεκάνη απορροής του ρέματος Στρατωνίου είναι

αποθηκευμένοι σωροί σιδηροπυρίτη και υπάρχουν διάσπαρτα μπάζα μεταλλοφορίας. Σε απόσταση 100-200μ. από την κοίτη του ρέματος αυτού βρίσκονται οι δύο υδρευτικές γεωτρήσεις Στρατωνίου (ΓΣΤ-1, ΓΣΤ-2). Οι γεωτρήσεις αυτές έχουν διατρήσει τους χαλαρούς σχηματισμούς (20-30μ.) και τους υποκείμενους αμφιβολίτες. Η παροχή κάθε γεώτρησης κυμαίνεται γύρω στα 20 m³/h.

Στο παράκτιο τμήμα της κοιλάδας Στρατωνίου, οι χαλαρές προσχώσεις, καταλαμβάνουν περιορισμένη έκταση και το πάχος τους είναι μικρό. (<20μ.), για το λόγο αυτό η υδροοικονομική τους σημασία είναι πολύ περιορισμένη. Η εκμετάλλευση του μικρού αυτού υδροφορέα, γίνεται μέσω φρεάτων και το νερό χρησιμοποιείται για άρδευση. Θα πρέπει ακόμα να αναφερθεί, ότι το μεγαλύτερο μέρος των χαλαρών αυτών προσχώσεων εκτείνεται μέσα στην κατοικημένη περιοχή της κοινότητας Στρατωνίου και για τον λόγο αυτό, υπάρχει πάντα ο κίνδυνος ρύπανσης του υπόγειου νερού και από οικιστικά απόβλητα. (Παπακωνσταντίνου Α. , Βεράνης Ν. , Πολυζώνης, *ΙΓΜΕ Θεσσαλονίκης*, 1996).

3.3.5.3. ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων νερών της ευρύτερης περιοχής υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία από δειγματοληψίες που πραγματοποίησε η TVX Hellas και το ΙΓΜΕ. Τα δείγματα προέρχονται από γεωτρήσεις, πηγές, ρέματα, μικροαναβλύσεις, υπόγειες στοές, γεωτρήσεις υπογείων κ.ά.

Το ΙΓΜΕ πραγματοποίησε μια συστηματική δειγματοληψία επιφανειακών και υπόγειων νερών κατά την περίοδο Αυγούστου 1994 - Μαΐου 1995. Η TVX Hellas διεξάγει συστηματική δειγματοληψία σε μηνιαία βάση για τον έλεγχο της ποιότητας των υγρών αποβλήτων του Μεταλλείου.

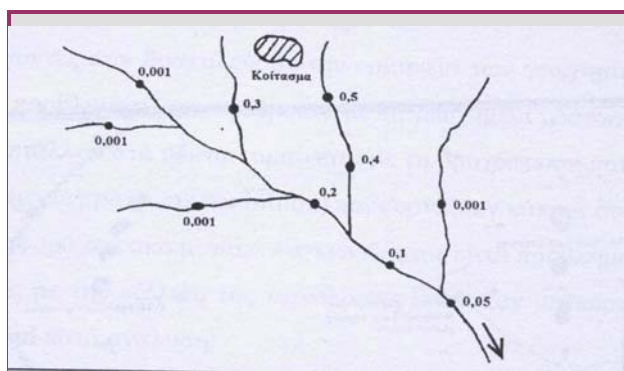
Οι χημικές αναλύσεις έχουν ως κύριο στόχο την ανίχνευση τοξικών στοιχείων όπως βαρέα μέταλλα (As, Mn, Pb, Cd, Fe, Zn) και κατ' επέκταση την εξασφάλιση της συνέχισης των μεταλλευτικών

δραστηριοτήτων εντός των θεσμοθετημένων περιβαλλοντικών κανονισμών.

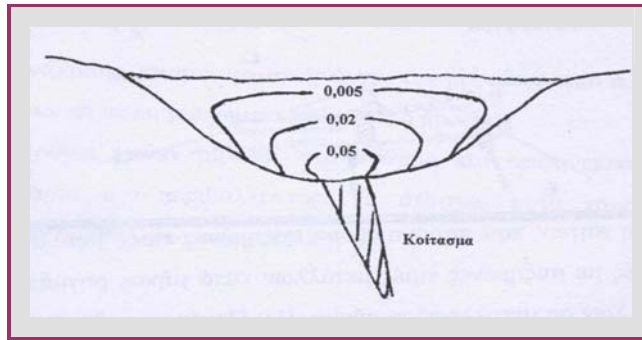
3.3.6. ΥΔΡΟΓΕΩΧΗΜΕΙΑ

3.3.6.1. ΓΕΝΙΚΑ

Στην παρούσα εργασία κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν κάποια γενικά περί γεωχημείας. Η γεωχημεία των υδάτων (υδρογεωχημεία) βασίζεται σε χημικές αναλύσεις υπόγειων και επιφανειακών υδάτων (ποτάμια, ρυάκια, λίμνες, έλη, πηγές, θάλασσα). Χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιοχές που είναι δύσκολη η δειγματοληψία ιζημάτων και εδαφών. Τα διαλυμένα χημικά στοιχεία δημιουργούν μια αλληλουχία (συρμό) στη διασπορά τους, με αυξημένες τιμές προς το κοίτασμα (Σχήμα 3.5), ή ακόμη κύκλους διασποράς με αυξημένες τιμές προς το κοίτασμα (Σχήμα 3.6). Όπως και σε άλλες γεωχημικές μέθοδοι, έτσι και στη γεωχημεία υδάτων, πρέπει να γνωρίζουμε τη γεωλογία, τεκτονική και υδρογεωλογία της περιοχής για τη σωστή ερμηνεία των γεωχημικών ανωμαλιών. Γεωχημική ανωμαλία καλείται η διασπορά στοιχείων ή συστατικών με περιεκτικότητα που ξεπερνά τις προβλεπόμενες τιμές. (Φιλιππίδης, Α. , 2005).



Σχήμα 3.5: Ιδανική περίπτωση διασποράς χημικών στοιχείων σε επιφανειακά ύδατα, (Φιλιππίδης, Α. , 2005).



Σχήμα 3.6: Ιδανικοί κύκλοι διασποράς χημικών στοιχείων σε ύδατα λίμνης, (Φιλιππίδης, Α. , 2005).

Στην υδρογεωχημεία πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η φυσικοχημική διαφορά μεταξύ υπόγειων και επιφανειακών υδάτων.

Τα υπόγεια ύδατα δείχνουν συνήθως υψηλότερες τιμές διαλυμένων χημικών στοιχείων απ' ότι τα επιφανειακά. Έτσι, υπόγεια ύδατα κοντά σε οξειδωμένο κοίτασμα σουλφιδίων έχουν όξινο pH και γι' αυτό έχουν μεγαλύτερη ικανότητα να διαλύουν και να μεταφέρουν μέταλλα απ' ότι τα επιφανειακά.

Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένοι παράγοντες που προβληματίζουν την έρευνα των γεωχημικών υδάτων, οι οποίοι είναι οι εξής:

- i. Η περιεκτικότητα μετάλλου στα ύδατα κυμαίνεται ανάλογα με τη βροχόπτωση και τις εποχές.
- ii. Οι χημικές αναλύσεις σε ppb παρουσιάζουν κάποια δυσκολία.
- iii. Σε πολλές περιπτώσεις τα ύδατα είναι μολυσμένα.

Παρόλα αυτά, η γεωχημεία των υδάτων τα τελευταία χρόνια εφαρμόζεται συχνότερα, ενώ χρησιμοποιούνται νέες μέθοδοι ανάλυσης και κινητά εργαστήρια που κάνουν τη γεωχημεία των υδάτων πιο προσιτή. Επίσης, τα τελευταία χρόνια έγιναν μελέτες σε επιφανειακά και υπόγεια νερά με βασικό κίνητρο την προστασία του περιβάλλοντος. (Φιλιππίδης Α. Α. , 2005)

3.3.6.2. ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

3.3.6.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η εξόρυξη των ορυκτών πόρων γίνεται τόσο επιφανειακά όσο και υπόγεια. Η εκμετάλλευση τους περιλαμβάνει, εκτός από το στάδιο της εξόρυξης, και τα στάδια μεταποίησης και παραγωγής προϊόντων προς χρήση. Τα δυο πρώτα στάδια μπορεί να έχουν επίδραση στο έδαφος, στα ύδατα και στην ατμόσφαιρα, καθώς και κοινωνικές επιδράσεις.

Η ζήτηση σε ορυκτό πλούτο αυξάνει συνεχώς (Σχήμα 3.7), ενώ οι αντίστοιχες αποθέσεις με υψηλές συγκεντρώσεις μειώνονται. Η ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης εξαιτίας της εξόρυξης και μεταποίησης των ορυκτών πόρων είναι υποχρέωση των πετρολόγων. Άμεσα ή έμμεσα η επίδραση του εδάφους, του νερού και της ατμόσφαιρας επηρεάζει το βιολογικό περιβάλλον.

Οι υδατικοί πόροι είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς στην υποβάθμιση, γι' αυτό πρέπει η αποστράγγιση να ελέγχεται. Μέταλλα και ορυκτά μπορούν να συγκεντρωθούν στο νερό και όντας τοξικά να προκαλέσουν προβλήματα. (Φιλιππίδης Α. Α. , 2005)

Στοιχείο	Τόνους	Στοιχείο	Τόνους	Στοιχείο	Τόνους
Fe	1.000.000.000	Sn	300.000	Cd	20.000
Al	60.000.000	U	250.000	Be	15.000
Mn	18.000.000	Mo	130.000	Hg	14.000
Cu	12.000.000	Sr	120.000	Ag	12.000
Zn	11.000.000	Sb	100.000	Bi	6.000
Pb	5.000.000	As	51.000	Au	2.000
Ba	5.000.000	W	47.000	Se	2.000
Cr	3.750.000	V	35.000	Te	250
F	3.500.000	Br	35.000	Ge	200
Ti	1.800.000	Li	33.000	Cs	30
Ni	1.500.000	Ta	32.000	Re	14
Zr	500.000	Co	30.000	Rb	3

Σχήμα 3.7: Πρόβλεψη ετήσιας παγκόσμιας ζήτησης μετάλλων το έτος 2000., (σύμφωνα με τους Kabata-Pendias & Pendias, 1992, από Φιλιππίδη Α. Α. , 2005).

3.3.6.2.2 ΟΞΙΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ (ΟΑΜ)

Επειδή στην περιοχή απαντάται σημαντικός αριθμός μεταλλείων, κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί η περιβαλλοντική επιρροή των εξορύξιμων στοιχείων. Ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η εξόρυξη μετάλλων είναι η Όξινη Απορροή Μεταλλείων (ΟΑΜ), που οφείλεται στην οξειδωση των μεταλλικών ορυκτών, η οποία είναι εντονότερη στα θειούχα ορυκτά. Τα μεταλλικά ορυκτά με την παρουσία αέρα, νερού και οξειδωτικών βακτηρίων, οξειδώνονται με εξώθερμες αντιδράσεις και ανάλογα με την ομάδα των ορυκτών παράγεται θειικό οξύ και κατιόντα μετάλλων (Πίνακας 3.8). Η ταχύτητα οξειδωσης των ορυκτών εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από το pH και την κοκκομετρία τους.

ΟΡΥΚΤΟ	ΧΗΜ. ΤΥΠΟΣ	ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ
Χαλκοπυρίτης	CuFeS ₂	Cu ²⁺ , Fe ³⁺ , SO ₄ ²⁻ , H ⁺
Σφαλερίτης	ZnS	Zn ²⁺ , SO ₄ ²⁻ , H ⁺
Γαληνίτης	PbS	Pb ²⁺ , SO ₄ ²⁻ , H ⁺
Σιδηροπυρίτης	FeS ₂	Fe ³⁺ , SO ₄ ²⁻ , H ⁺

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8 : Προϊόντα υδατικών διαλυμάτων με πλήρη οξειδωση των σουλφιδίων, (σύμφωνα με Sengupta 1993, από Φιλιππίδη Α. Α. , 2005).

Σχεδόν πάντα στα κοιτάσματα μεταλλικών ορυκτών συνυπάρχουν και σύνδρομα ορυκτά (ανθρακικά, αργιλικά, πυριτικά κ.α.). Κατά την οξειδωση των μεταλλικών ορυκτών, με τη συμμετοχή των σύνδρομων, ανάλογα με την αρχική ορυκτολογική σύσταση και τις συνθήκες οξειδωσης, μπορεί να σχηματιστεί μια σειρά δευτερογενών ορυκτών, τα οποία συμμετέχουν στην δημιουργία όξινων διαλυμάτων. Ορισμένα δευτερογενή ορυκτά παρουσιάζονται στον πίνακα 3.9. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός όξινων διαλυμάτων με σημαντικές περιεκτικότητες σε μέταλλα (Fe, As, Mn, Pb, Zn, Cu, Cd κ.α.).

Οι πηγές σχηματισμού της ΟΑΜ απαντούν στις επιφανειακές και υπόγειες εκμεταλλεύσεις, στις θέσεις απόθεσης μεταλλευτικών στερεών αποβλήτων, αλλά και στις θέσεις απόθεσης μεταλλευτικών προϊόντων, όπως εμπλουτίσματα ορυκτών. Η μη αντιμετώπιση της ΟΑΜ οδηγεί στη μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, όχι μόνο στο χώρο του μεταλλείου αλλά και στην ευρύτερη περιοχή. (Φιλιππίδης Α. Α., 2005).

ΟΡΥΚΤΟ	ΧΗΜ. ΤΥΠΟΣ
Αγγλεσίτης	PbSO ₄
Μαλαχίτης	Cu(CO ₃)(OH) ₂
Υδροζινκίτης	Zn ₅ (CO ₃)(OH) ₆
Γκαιίτης	α-FeOOH

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9 : Ορισμένα δευτερογενή ορυκτά που εντοπίστηκαν σε αποθέσεις εκμετάλλευσης σουλφιδίων (σύμφωνα με Jambor & Blowes, 1994 από Φιλιππίδη Α. Α., 2005).

3.3.6.2.3. ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Βαρέα μέταλλα ονομάζονται τα στοιχεία με υψηλό ατομικό βάρος, τα οποία έχουν ιδιότητες μεταλλικής ουσίας. Τα στοιχεία αυτά βρίσκονται στον Περιοδικό Πίνακα των χημικών στοιχείων μεταξύ χαλκού και βισμούθιου και έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο του 5.0. Αυστηρότερα, θα μπορούσε να ειπωθεί πως είναι στοιχεία βαρύτερα από τις σπάνιες γαίες και τοποθετούνται στο κάτω μέρος του Περιοδικού Πίνακα. Επίσης, κανένα από αυτά δεν θεωρείται απαραίτητο στα βιολογικά συστήματα, ενώ πολλά από αυτά θεωρούνται τοξικά και συχνά αναφέρονται ως ραδιενεργά, όπως το ουράνιο.

Εικόνα 3.8: http://en.wikipedia.org/wiki/Heavy_metals, www.chemicalelements.com

Παρακάτω κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν κάποιες γενικές χημικές πληροφορίες για τα τέσσερα στοιχεία που εξετάζονται στην παρούσα εργασία. (Cu, Mn, Pb, Zn).

ΧΑΛΚΟΣ

Σύμβολο: Cu

Ατομικός αριθμός: 29

Ατομική μάζα: 63.546 amu

Σημείο τήξης: 1083.0 °C (1356.15 K, 1981.4°F)

Σημείο βρασμού: 2567.0 °C (2840.15 K, 4652.6 °F)

Αριθμός πρωτονίων/ηλεκτρονίων: 29

Αριθμός νετρονίων: 35

Ταξινόμηση: Μεταβατικό μέταλλο

Δομή κρυστάλλου: Κυβικός

Πυκνότητα @ 293 K: 8,96 g/cm³

Χρώμα: κόκκινο/πορτοκάλι

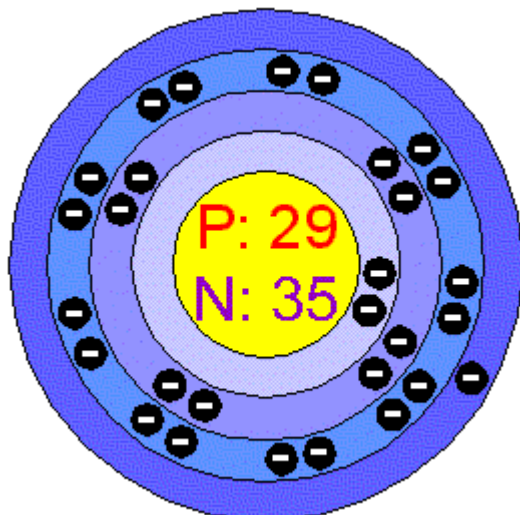
Ημερομηνία της ανακάλυψης: Γνωστό από τους αρχαίους χρόνους.

Προέλευση ονόματος: Από τη λατινική λέξη *cyprium*.

Χρήσεις: ηλεκτρικοί αγωγοί, κοσμήματα, νομίσματα, υδραυλικές εγκαταστάσεις

Αποκτηθέν από: χαλκοπυρίτη, κοβελίνη, χαλκοσίνη .

Ατομική δομή:



Αριθμός ενεργειακών
επιπέδων: 4

Πρώτο ενεργειακό επίπεδο:
2

Δεύτερο ενεργειακό
επίπεδο: 8

Τρίτο ενεργειακό επίπεδο:
18

Τέταρτο ενεργειακό
επίπεδο: 1

Ισότοπα:

Ισότοπα	Χρόνος Ημιζωής
Cu-61	3.4 hours
Cu-62	9.7 minutes
Cu-63	σταθερό
Cu-64	12.7 hours
Cu-65	σταθερό
Cu-67	2.6 days

ΜΑΓΓΑΝΙΟ

Όνομα: Μαγγάνιο

Σύμβολο: Mn

Ατομικός αριθμός: 25

Ατομική μάζα: 54.93805 amu

Σημείο τήξης: 1245.0 °C (1518.15 K, 2273.0 °F)

Σημείο βρασμού: 1962.0 °C (2235.15 K, 3563.6 °F)

Αριθμός πρωτονίων/ηλεκτρονίων: 25

Αριθμός νετρονίων: 30

Ταξινόμηση:

Δομή κρυστάλλου: Κυβικός

Πυκνότητα @ 293 K: 7,43 g/cm³

Χρώμα: ασημί/γκρι

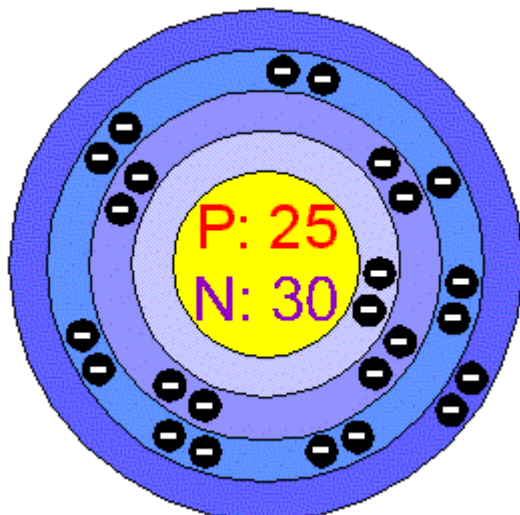
Ημερομηνία της ανακάλυψης: Johann Gahn, 1774

Προέλευση ονόματος: Από τη λατινική λέξη *magnes* (μαγνήτης)

Χρήσεις: χάλυβας, μπαταρίες, κεραμική

Αποκτηθεν από: πυρολουσίτη, ψιλομέλα, ροδοχρωσίτη

Ατομική δομή:



Αριθμός ενεργειακών
επιπέδων: 4

Πρώτο ενεργειακό επίπεδο:
2

Δεύτερο ενεργειακό
επίπεδο: 8

Τρίτο ενεργειακό επίπεδο:
13

Τέταρτο ενεργειακό
επίπεδο: 2

Ισότοπα:

Ισότοπα	Χρόνος Ημιζωής
Mn-52	5.59 days
Mn-52m	21.1 minutes
Mn-53	3700000.0 years
Mn-54	312.2 days
Mn-55	σταθερό
Mn-56	2.57 hours
Mn-57	1.45 minutes

ΜΟΛΥΒΔΟΣ

Σύμβολο: Pb

Ατομικός αριθμός: 82

Ατομική μάζα: 207.2 amu

Σημείο τήξης: 327.5 °C (600.65 K, 621,5 °F)

Σημείο βρασμού: 1740.0 °C (2013.15 K, 3164.0 °F)

Αριθμός πρωτονίων/ηλεκτρονίων: 82

Αριθμός νετρονίων: 125

Δομή κρυστάλλου: Κυβικός

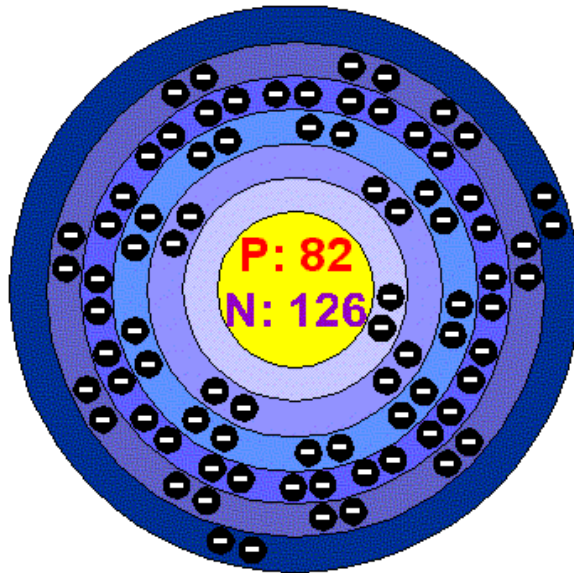
Πυκνότητα @ 293 K: 11,34 g/cm³

Χρώμα: γαλαζωπός

Ημερομηνία ανακάλυψης: Γνωστό από τους αρχαίους χρόνους

Προέλευση ονόματος: Από την ελληνική λέξη «πρώτος»

Προέλευση συμβόλων: Από την λατινική λέξη *plumbum* (μόλυβδος)
Χρήσεις: ύλη συγκολλήσεως ,προστατευτικά καλύμματα ενάντια στην ακτινοβολία, μπαταρίες
Αποκτηθείς από: galena
Ατομική δομή:



Αριθμός ενεργειακών επιπέδων: 6
Πρώτο ενεργειακό επίπεδο: 2
Δεύτερο ενεργειακό επίπεδο: 8
Τρίτο ενεργειακό επίπεδο: 18
Τέταρτο ενεργειακό επίπεδο: 32
Πέμπτο ενεργειακό επίπεδο: 18
Έκτο ενεργειακό επίπεδο: 4

Ισότοπα:

Ισότοπα	Χρόνος Ημιζωής
Pb-202	53000.0 years
Pb-203	2.16 days
Pb-204	σταθερό
Pb-204m	1.12 hours
Pb-205	1.5E7 years
Pb-206	σταθερό
Pb-207	σταθερό
Pb-208	σταθερό
Pb-209	3.25 hours
Pb-210	22.3 years
Pb-211	36.1

	minutes
Pb-212	10.64 hours
Pb-214	27.0 minutes

ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ

Σύμβολο: Zn

Ατομικός αριθμός: 30

Ατομική μάζα: 65.39 amu

Σημείο τήξης: 419.58 °C (692.73 K, 787.24396 °F)

Σημείο βρασμού: 907.0 °C (1180.15 K, 1664.6 °F)

Αριθμός πρωτονίων/ηλεκτρονίων: 30

Αριθμός νετρονίων: 35

Ταξινόμηση: Μεταβατικό μέταλλο

Δομή κρυστάλλου: Εξαγωνικός

Πυκνότητα @ 293 K: 7.133 g/cm³

Χρώμα: γαλαζωπός

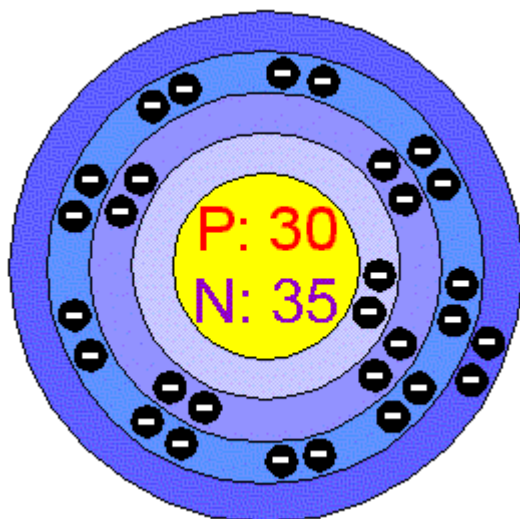
Ημερομηνία της ανακάλυψης: Andreas Marggraf, 1746

Προέλευση ονόματος: Από τη γερμανική λέξη *zin* (κασσίτερος)

Χρήσεις: επίστρωμα μετάλλων, προστασία από σκουριάς, ορείχαλκος, χαλκός, νικέλιο

Αποκτηθέν από: ψευδάργυρο, καλαμίνα

Ατομική δομή:



Αριθμός ενεργειακών
επιπέδων: 4

Πρώτο ενεργειακό επίπεδο:
2

Δεύτερο ενεργειακό
επίπεδο: 8

Τρίτο ενεργειακό επίπεδο:
18

Τέταρτο ενεργειακό
επίπεδο: 2

Ισότοπα:

Ισότοπα	Χρόνος Ημιζωής	Ισότοπα	Χρόνος Ημιζωής
Zn-62	9.26 hours	Zn-68	σταθερό
Zn-63	38.5 minutes	Zn-69	13.76 hours
Zn-64	σταθερό	Zn-70	σταθερό
Zn-65	243.8 days	Zn-72	46.5 hours
Zn-66	σταθερό		
Zn-67	σταθερό		

4. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ-ΥΛΙΚΑ

4.1. ΧΑΡΤΕΣ

Η εκπόνηση των ψηφιοποιημένων αποτελεσμάτων της εργασίας βασίστηκε στα παρακάτω δεδομένα και στους χάρτες του παρακάτω πίνακα:

Είδος Χάρτη	Περιοχή	Φύλλο	Στοιχείο	Έκδοση	Κλίμακα
Τοπογραφικός	Χαλκιδική	Ιερισσός	-	Γ.Υ.Σ.	1:50.000
Τοπογραφικός	Χαλκιδική	Στρατονίκη	-	Γ.Υ.Σ.	1:50.000
Γεωλογικός	Χαλκιδική	Ολυμπιάδα Στρατώνι Μ.Παναγιά Παλαιοχώρι	-	Ι.Γ.Μ.Ε.	1:25.000
Γεωχημικός	Χαλκιδική	-	Χαλκός	Ι.Γ.Μ.Ε.	1:200.000
Γεωχημικός	Χαλκιδική	-	Μαγγάνιο	Ι.Γ.Μ.Ε.	1:200.000
Γεωχημικός	Χαλκιδική	-	Μόλυβδος	Ι.Γ.Μ.Ε.	1:200.000
Γεωχημικός	Χαλκιδική	-	Ψευδάργυρος	Ι.Γ.Μ.Ε.	1:200.000

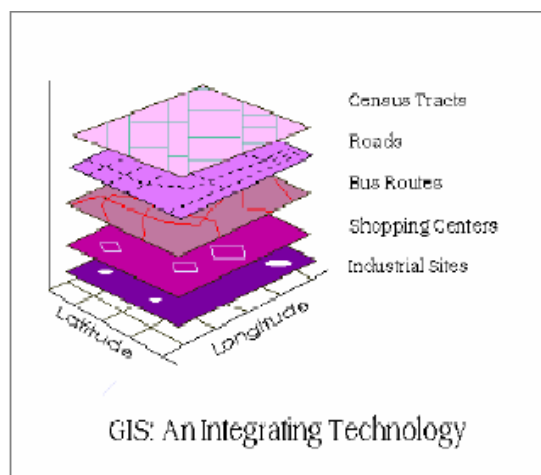
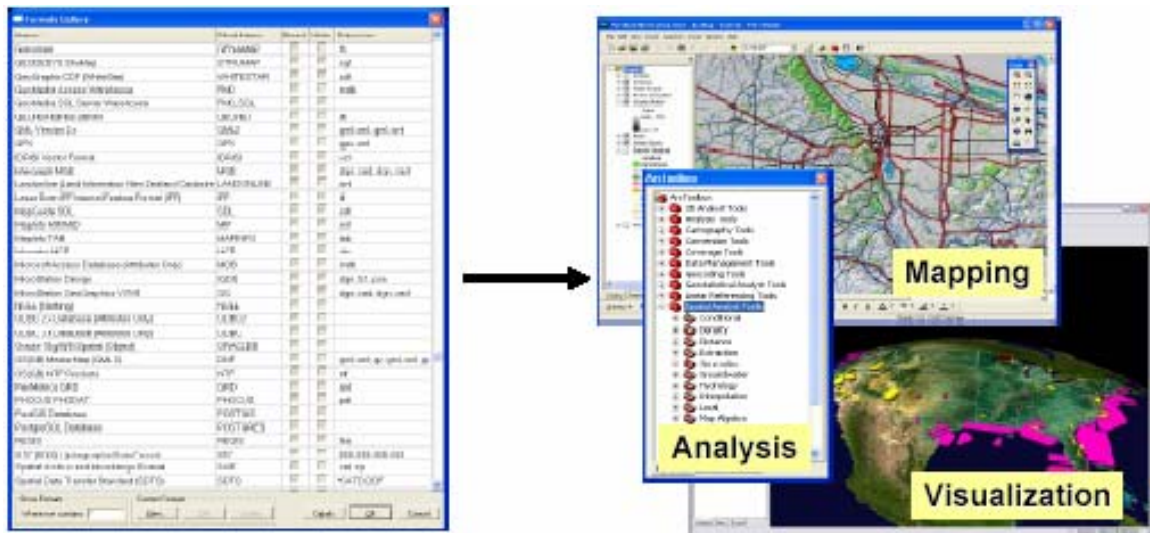
Πίνακας 4.1 : Χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν.

Η επεξεργασία των χαρτών έγινε βάσει του προβολικού συστήματος WGS 1984 , UTM Zone 34N.

4.2. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS, έκδοσης 9.0, και κυρίως το προϊόν ArcInfo, το οποίο περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες του ArcEditor, ενώ παράλληλα παρέχει δυνατότητες γεωγραφικής

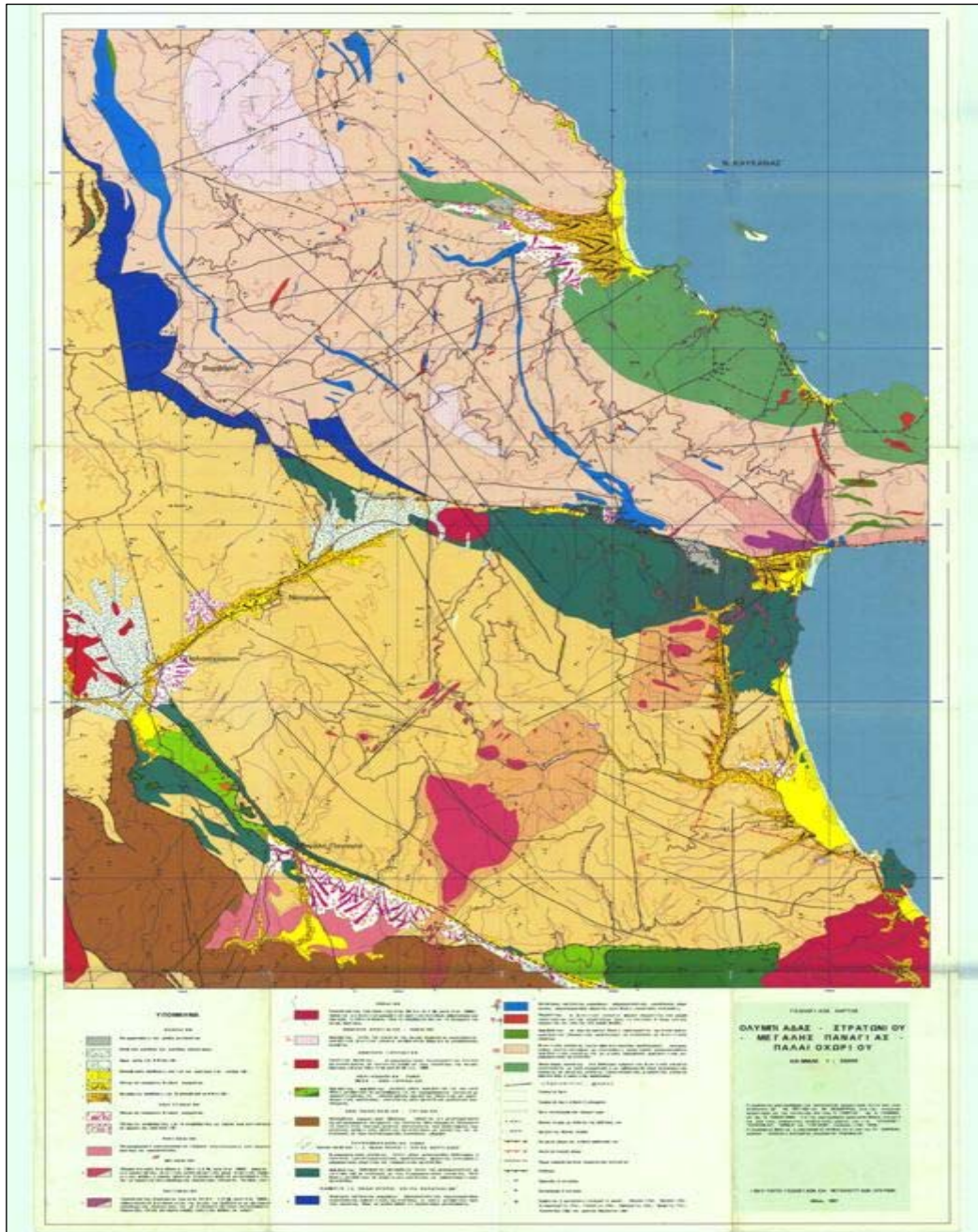
επεξεργασίας και χωρικών αναλύσεων (Εικόνα 4,1). Επιπλέον, σε αυτό το επίπεδο λογισμικού υποστηρίζονται όλες οι εφαρμογές και τα εργαλεία περιβάλλοντος ArcInfo Workstation. Περισσότερες πληροφορίες καταγράφονται στο κεφάλαιο 2.



Εικόνα 4.1 : 21, Διεθνές συνέδριο ESRI, Αθήνα 2006.

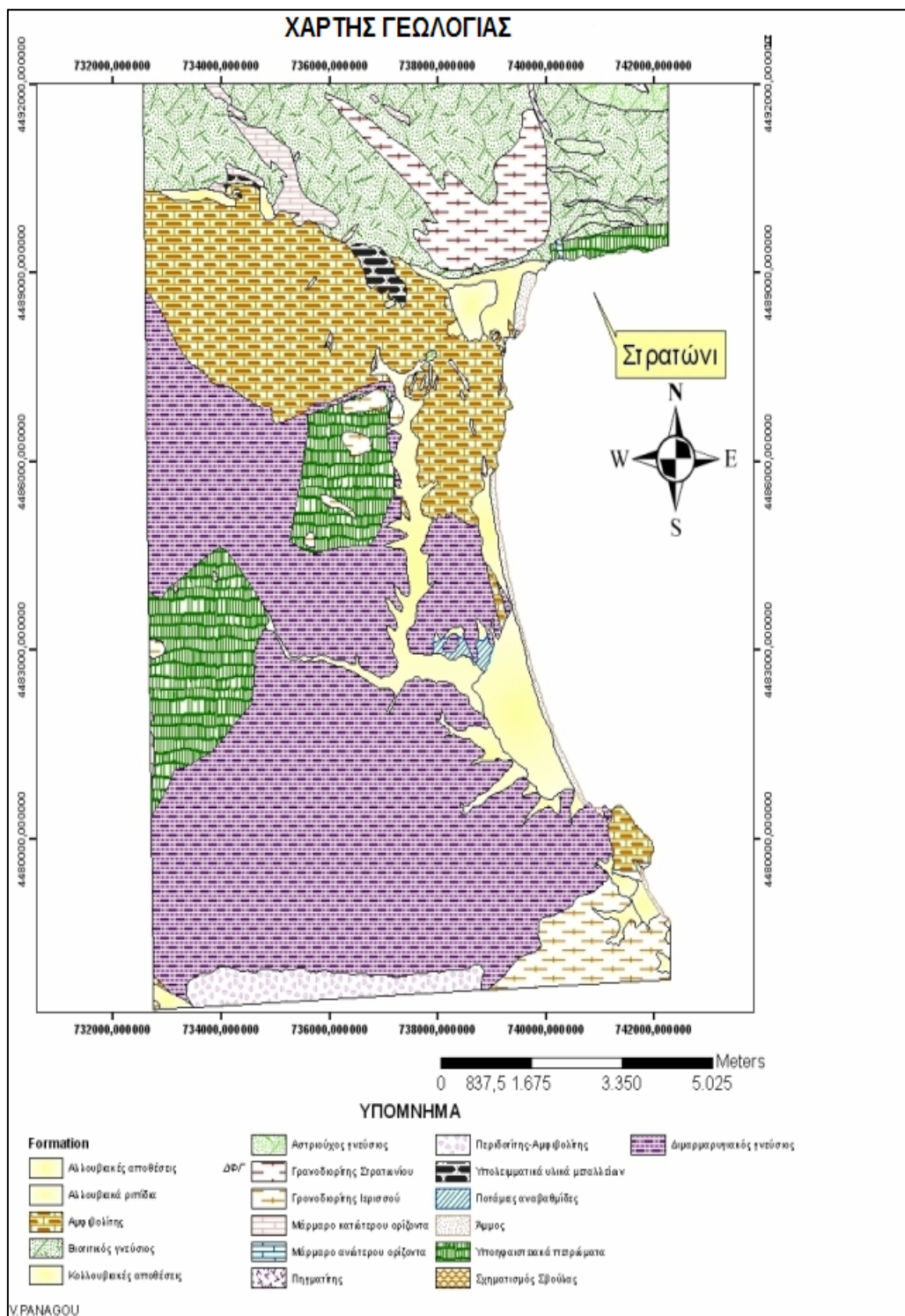
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται οι χάρτες που προέκυψαν μετά από χρήση του λογισμικού ArcGIS. (Σε ορισμένους χάρτες με κόκκινο πλαίσιο σηματοδοτείται η περιοχή μελέτης).

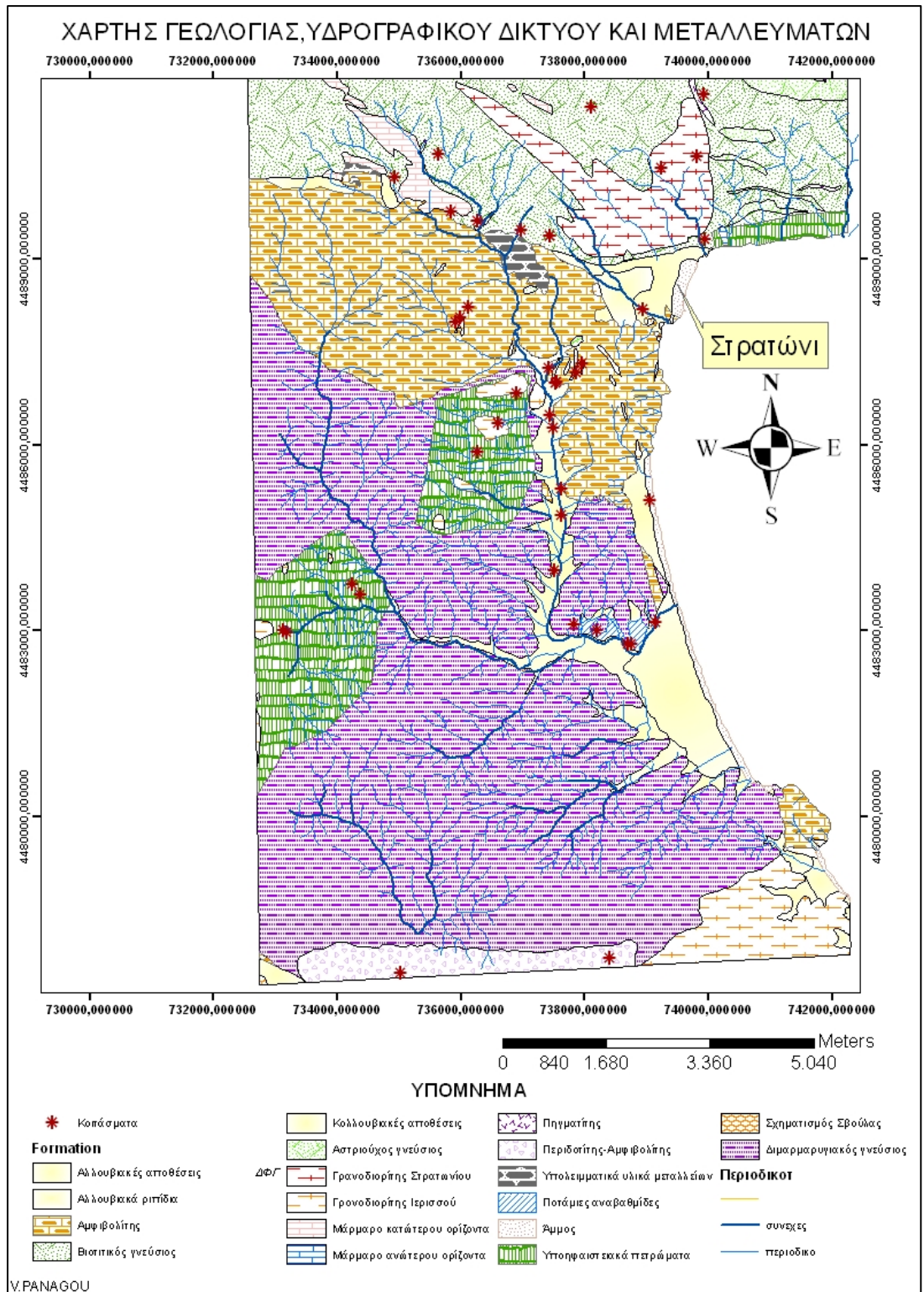


Χάρτης 1: Γεωλογικός χάρτης περιοχής Ολυμπιάδας – Στρατωνίου
Φύλλο: Ολυμπιάδα – Στρατώνι – Μ. Παναγιά – Παλαιοχώρι (έκδ. 1997
Κλίμακα 1:25000)

Χάρτες που προέκυψαν:

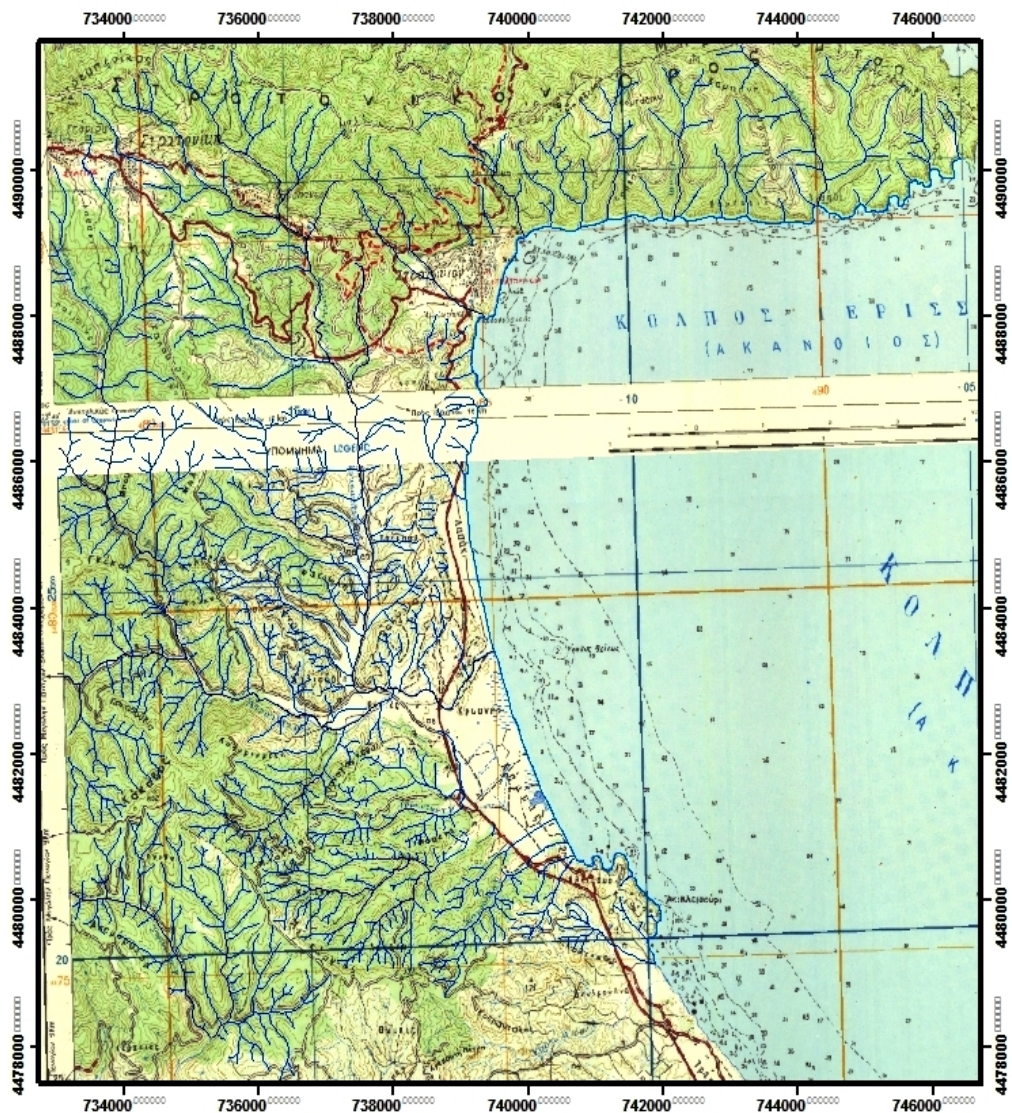


Χάρτης 2: Ψηφιοποιημένος γεωλογικός χάρτης περιοχής μελέτης



Χάρτης 3: Ψηφιοποιημένος χάρτης γεωλογίας, υδρογραφικού δικτύου και μεταλλευμάτων της περιοχής μελέτης.

ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ-ΣΤΡΑΤΩΝΙ, Β.Α.ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

— Ακτογραμμή

Υδρογραφικό Δίκτυο

— Συνεχές

— Περιοδικό



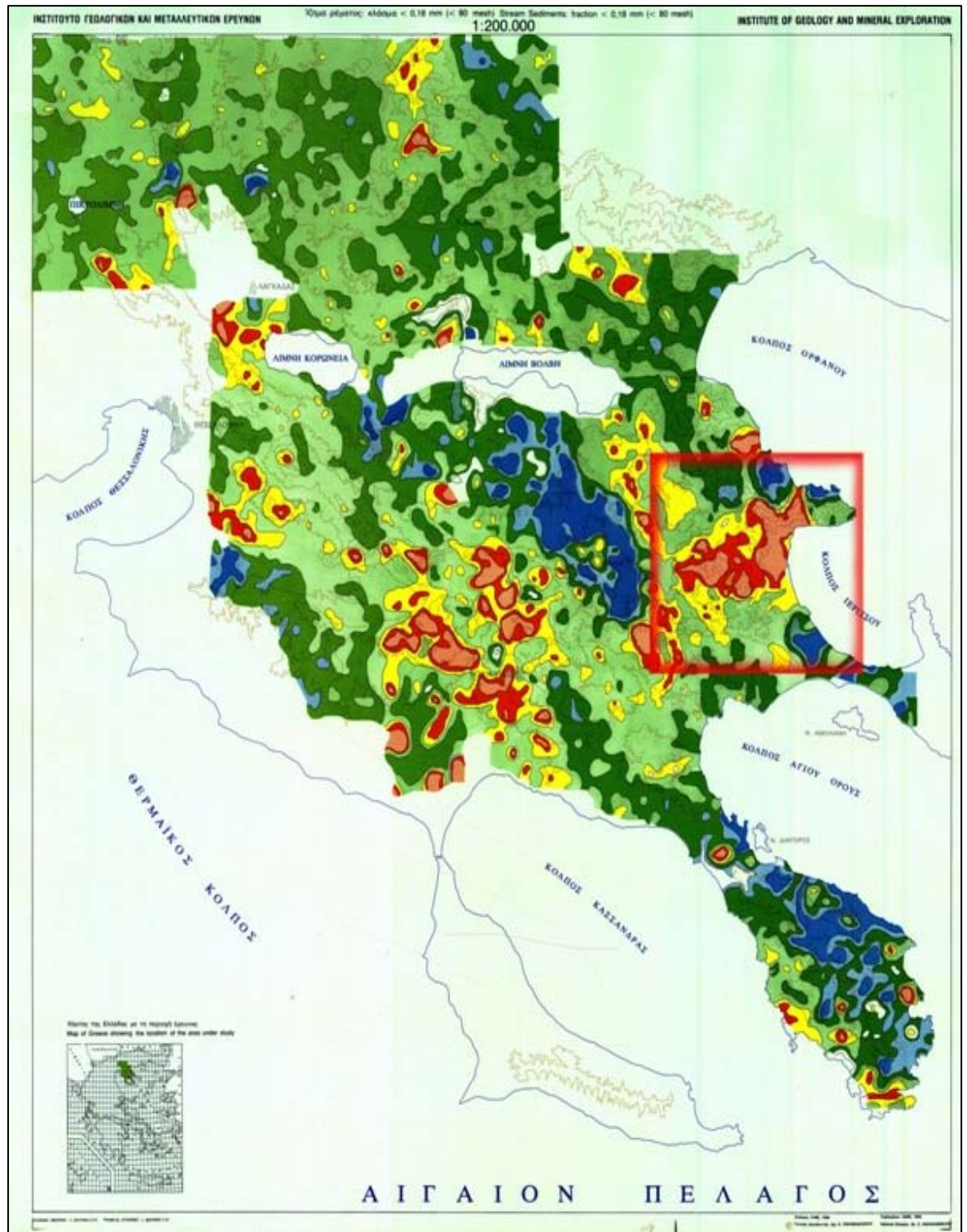
0 0.5 1 2 3 Kilometers



Panagou V.

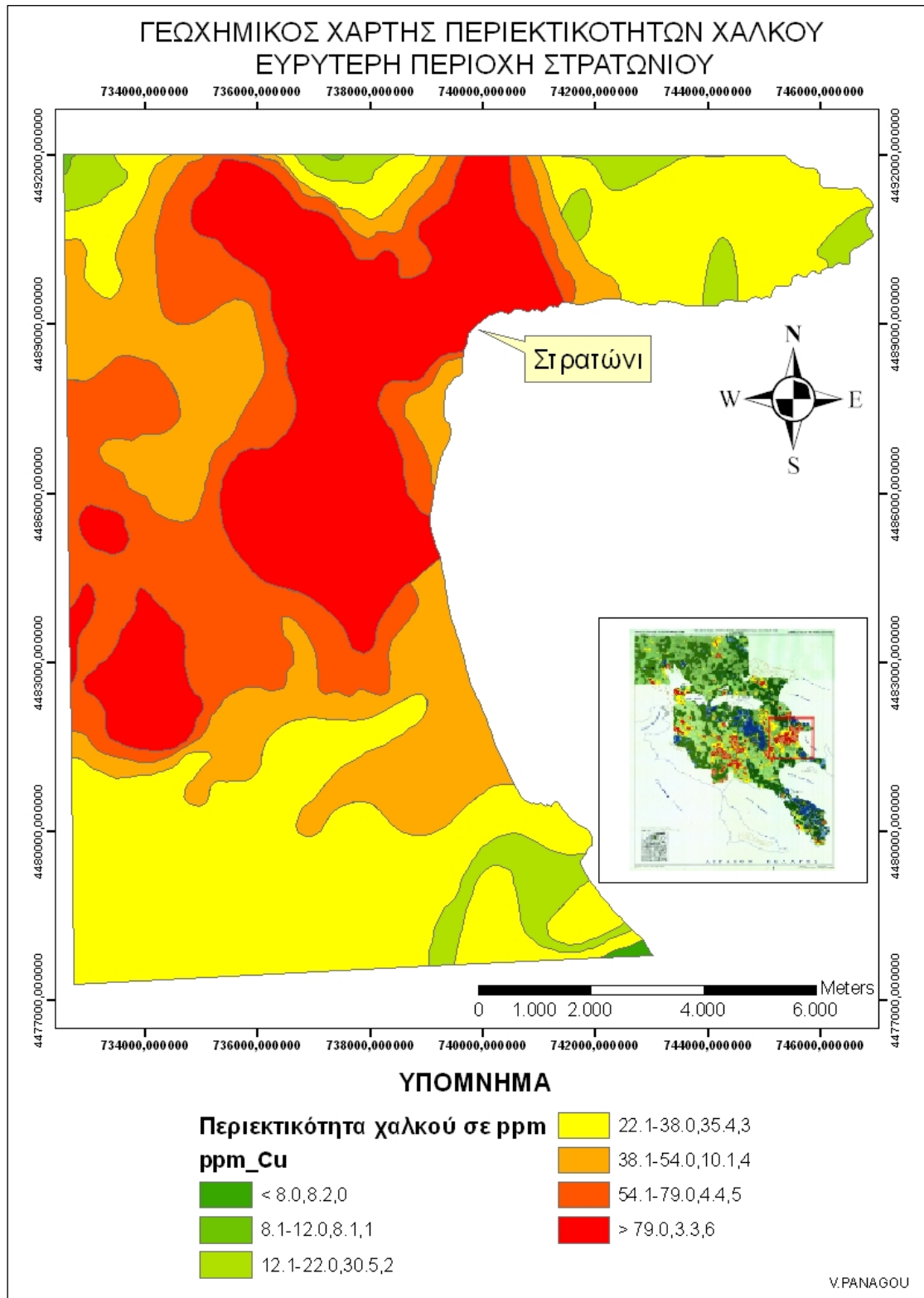
Χάρτης 4: Ψηφιοποιημένος χάρτης υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης.

ΣΤΟΙΧΕΙΟ : ΧΑΛΚΟΣ

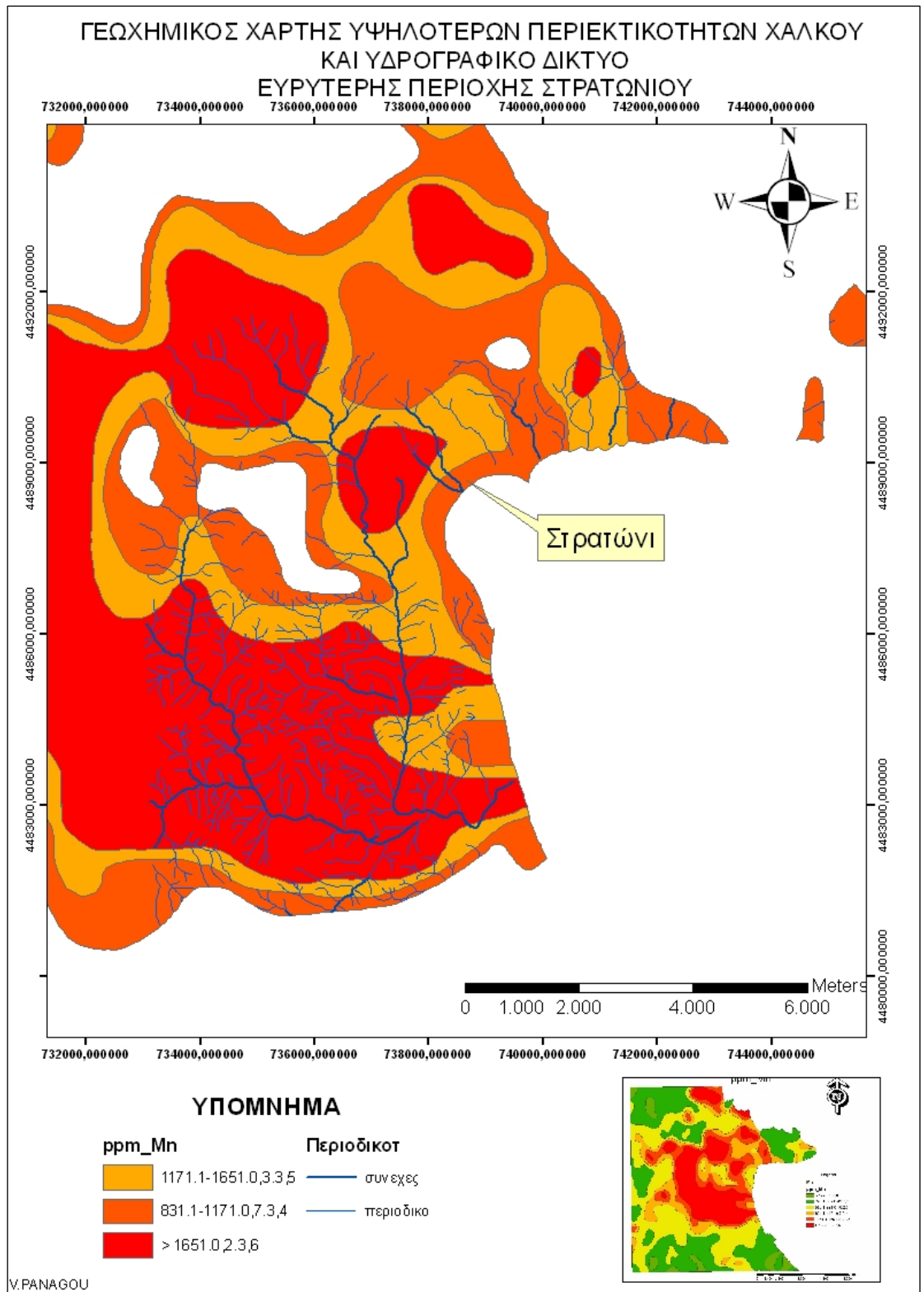


Χάρτης 5: Γεωχημικός χάρτης χαλκού, περιοχή Χαλκιδικής (Ι.Γ.Μ.Ε., κλίμακα 1:200.000)

Χάρτες που προέκυψαν:

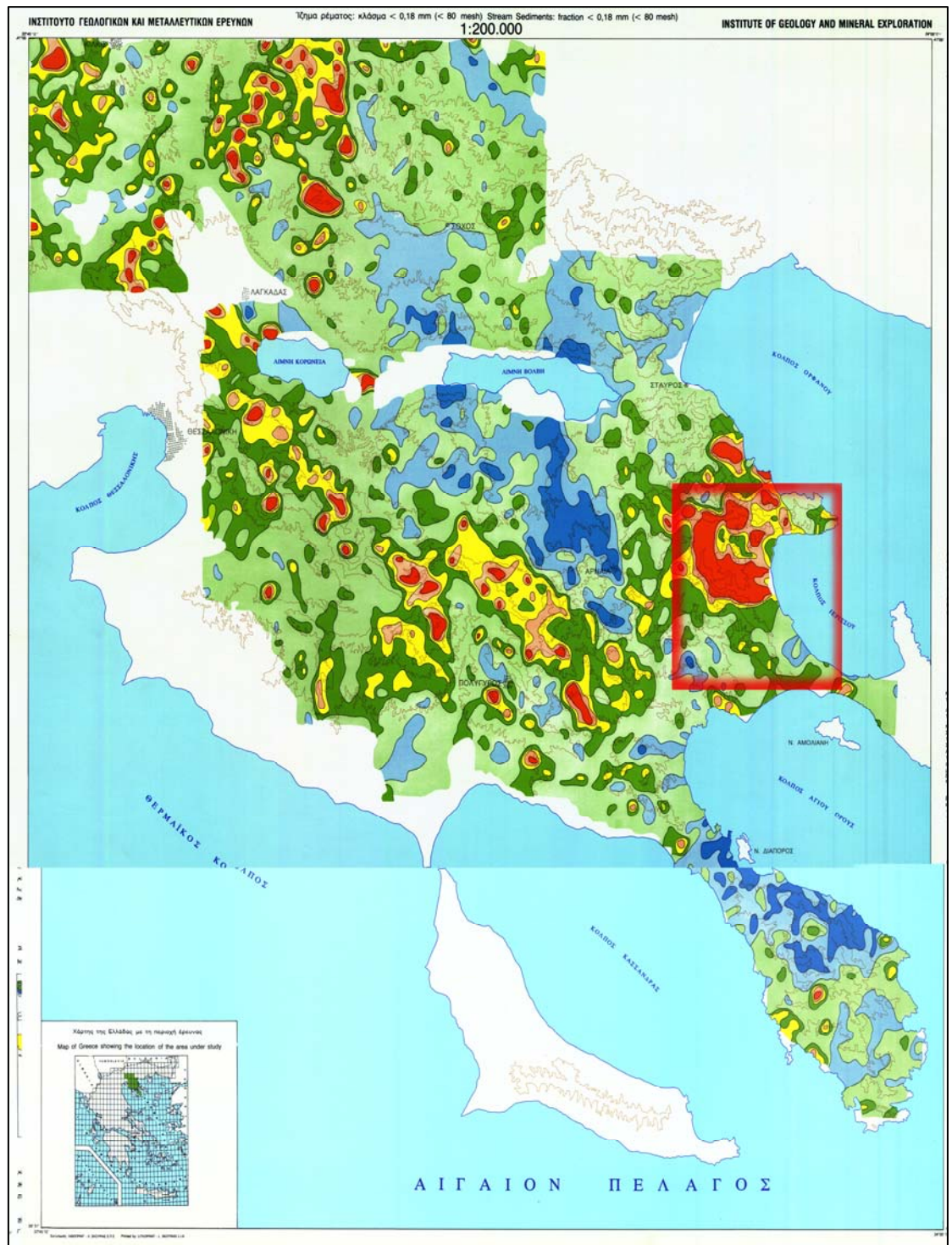


Χάρτης 6: Ψηφιοποιημένος γεωχημικός χάρτης περιεκτικότητας χαλκού περιοχής μελέτης.



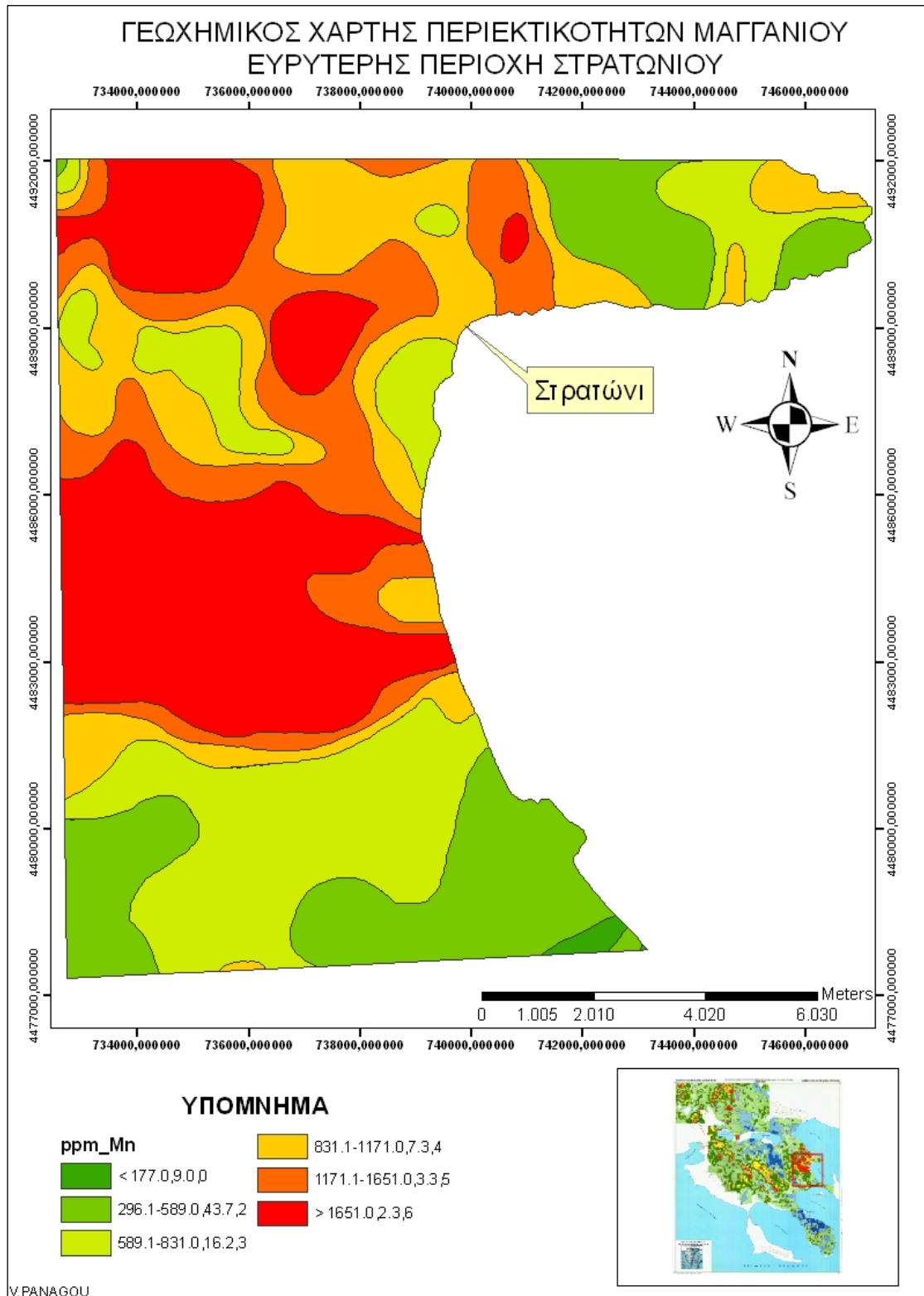
Χάρτης 7: Ψηφιοποιημένος γεωχημικός χάρτης υψηλότερων περιεκτικότητας χαλκού και υδρογραφικού δικτύου περιοχής μελέτης.

ΣΤΟΙΧΕΙΟ : ΜΑΓΓΑΝΙΟ

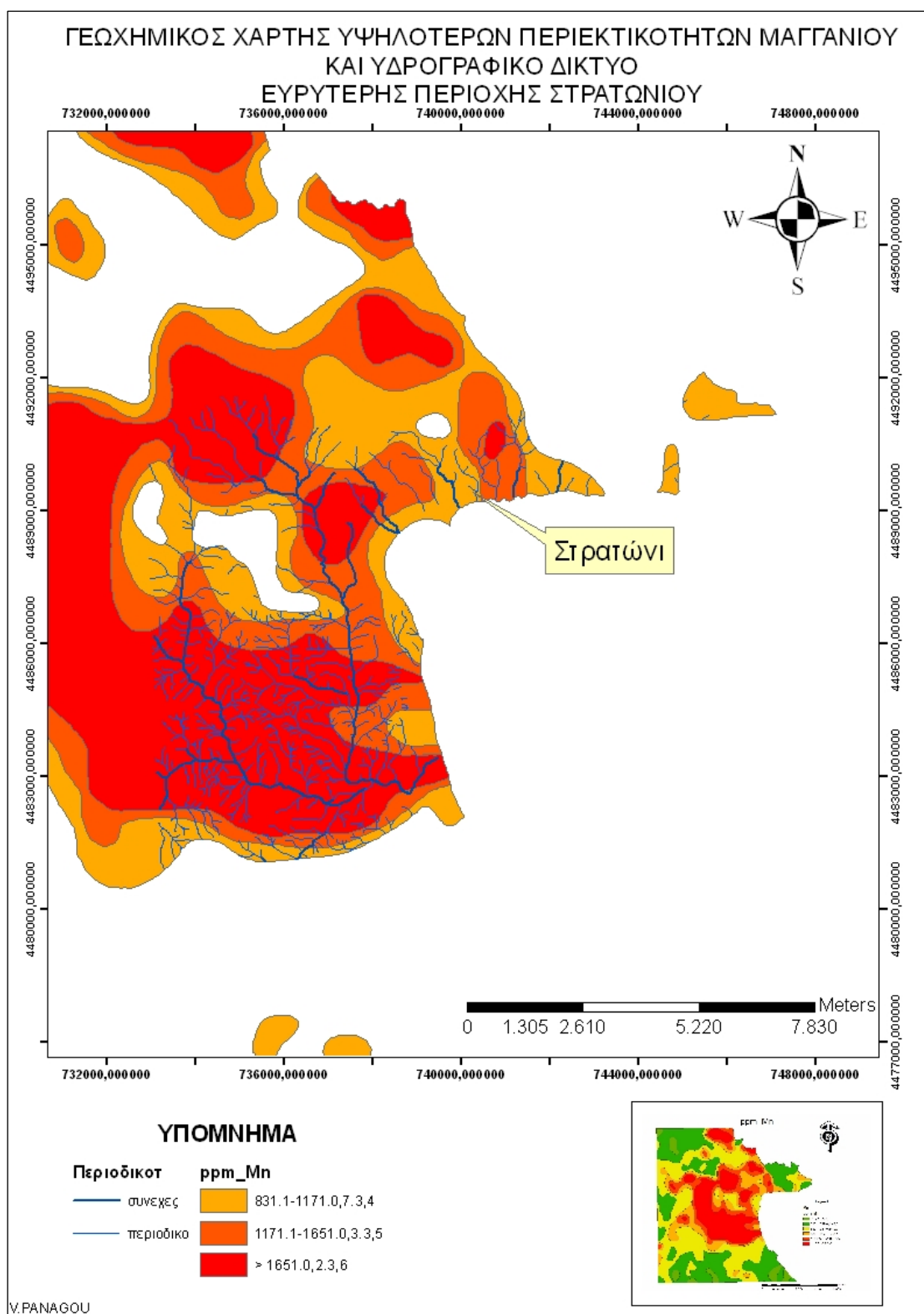


Χάρτης 8: Ψηφιοποιημένος γεωχημικός χάρτης μαγγανίου περιοχής μελέτης (Ι.Γ.Μ.Ε., Κλίμακα 1:200.000)

Χάρτες που προέκυψαν:

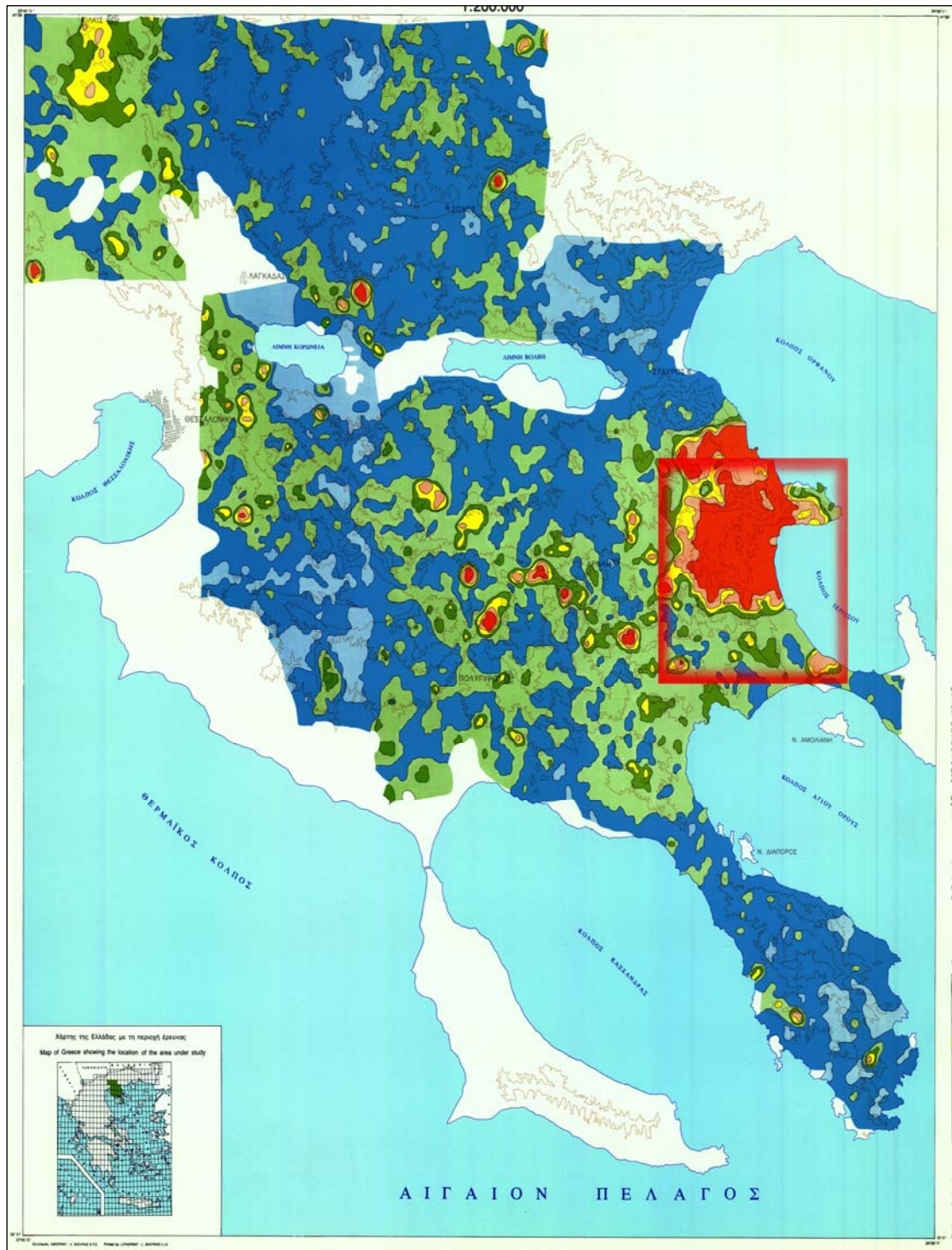


Χάρτης 9: Ψηφιοποιημένος γεωχημικός χάρτης περιεκτικότητας μαγγανίου περιοχής μελέτης.



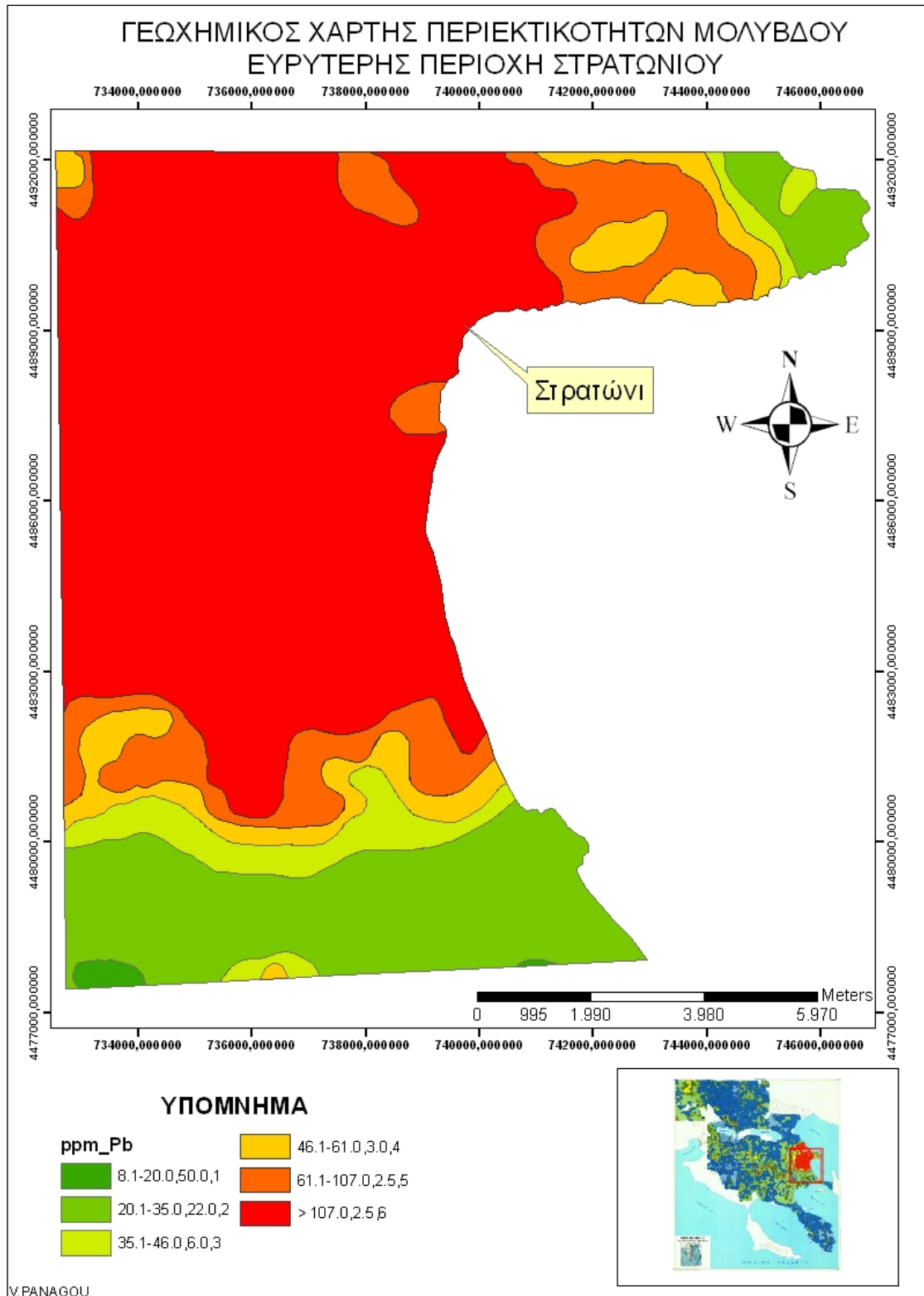
Χάρτης 10: Ψηφιοποιημένος γεωχημικός χάρτης υψηλότερων περιεκτικότητας μαγγανίου και υδρογραφικού δικτύου περιοχής μελέτης.

ΣΤΟΙΧΕΙΟ : ΜΟΛΥΒΔΟΣ

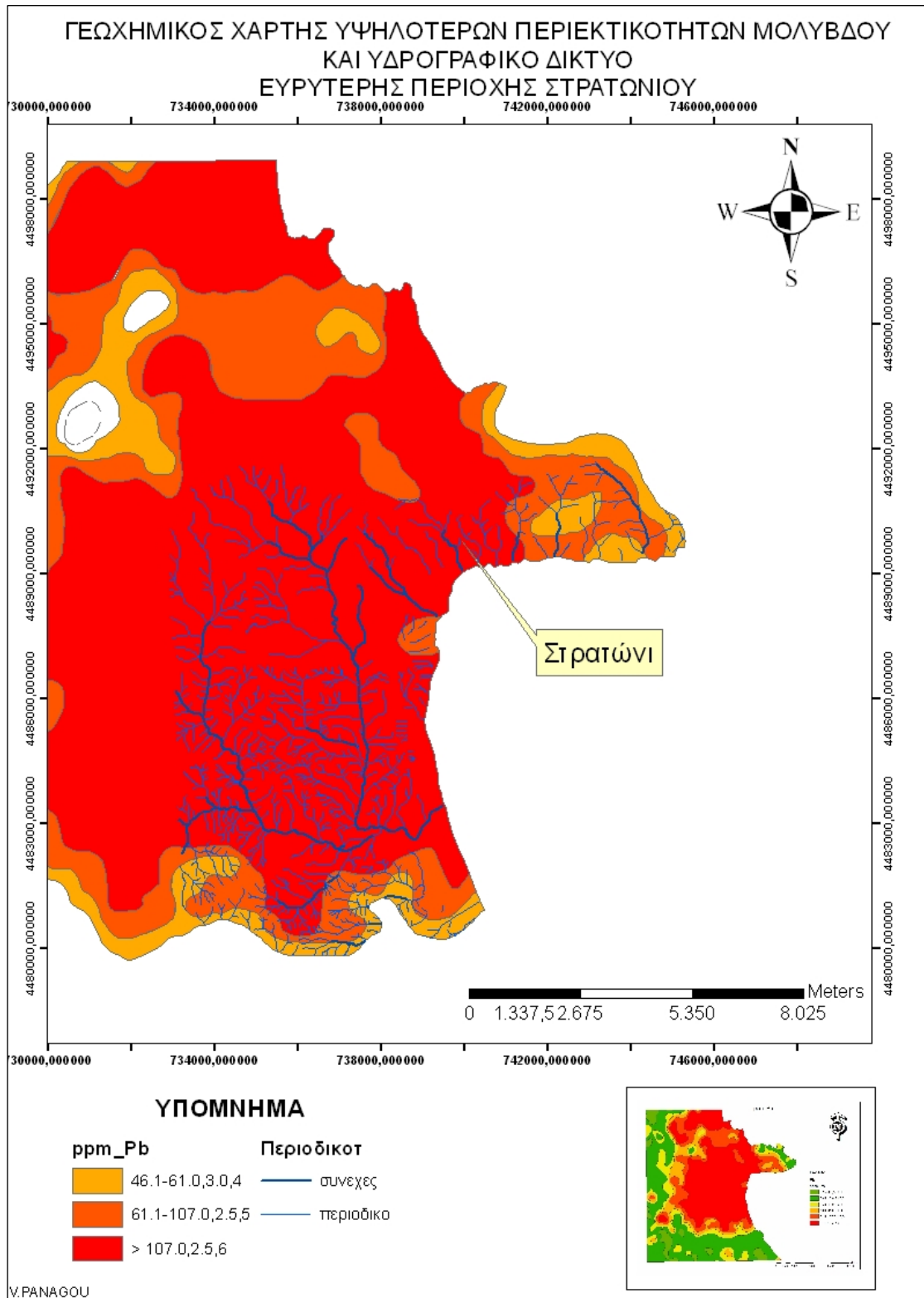


Χάρτης 11: Γεωχημικός χάρτης μολύβδου, περιοχή Χαλκιδικής.
(Ι.Γ.Μ.Ε., Κλίμακα 1:200.000).

Χάρτες που προέκυψαν:

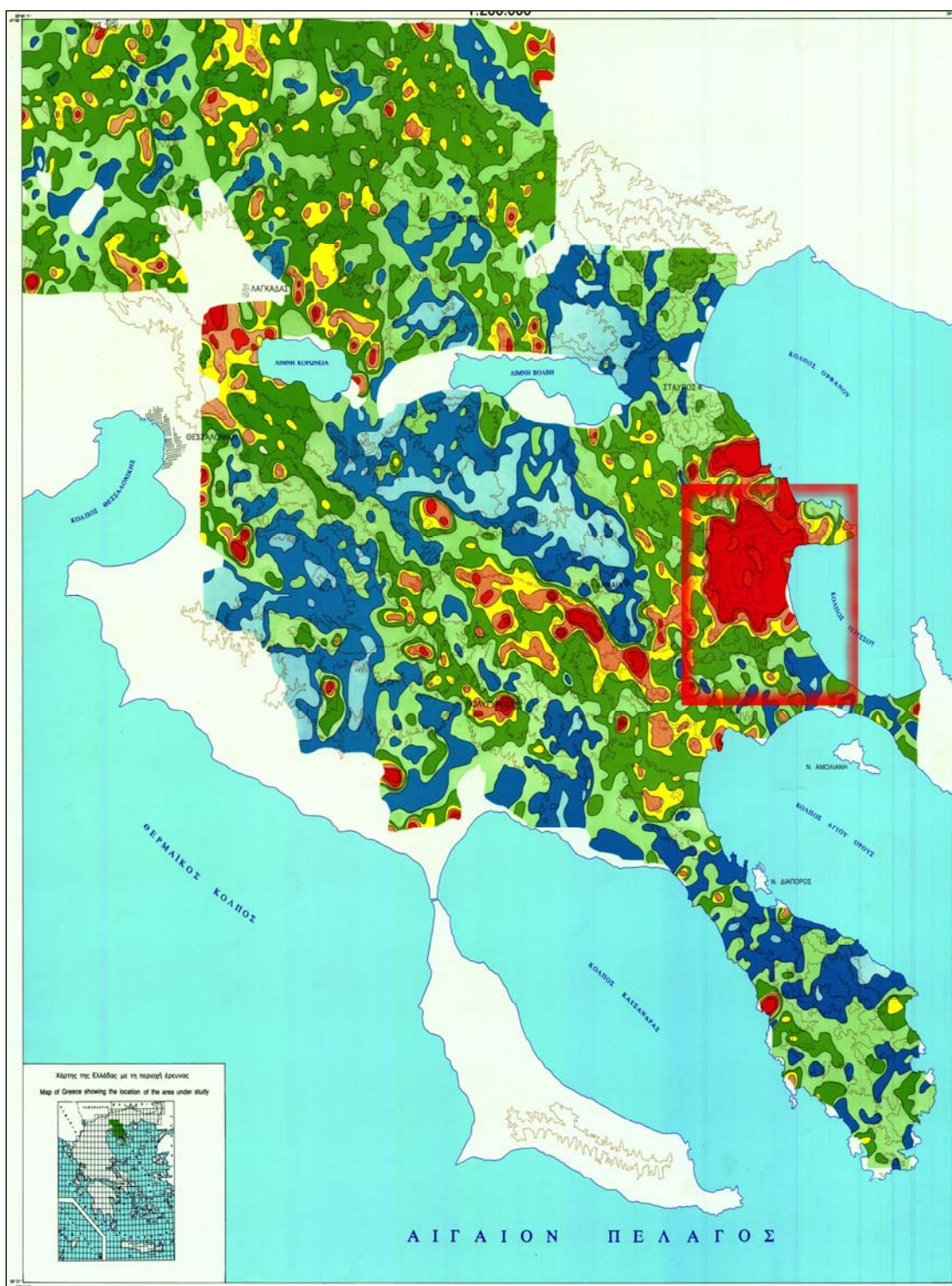


Χάρτης 12: Ψηφιοποιημένος γεωχημικός χάρτης περιεκτικότητας μολύβδου περιοχής μελέτης



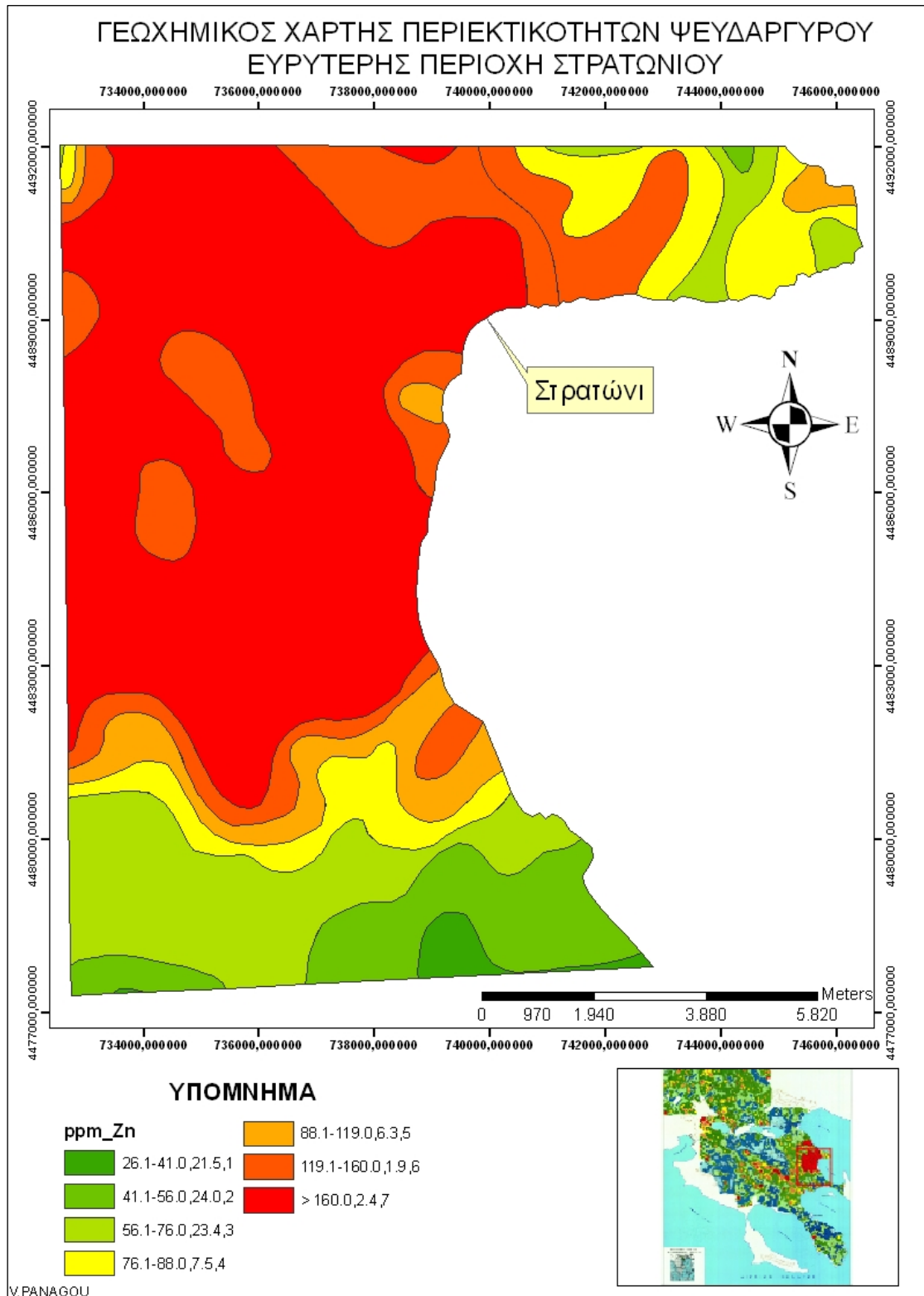
Χάρτης 13: Ψηφιοποιημένος γεωχημικός χάρτης υψηλότερων περιεκτικοτήτων μολύβδου και υδρογραφικού δικτύου περιοχής μελέτης.

ΣΤΟΙΧΕΙΟ : ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ

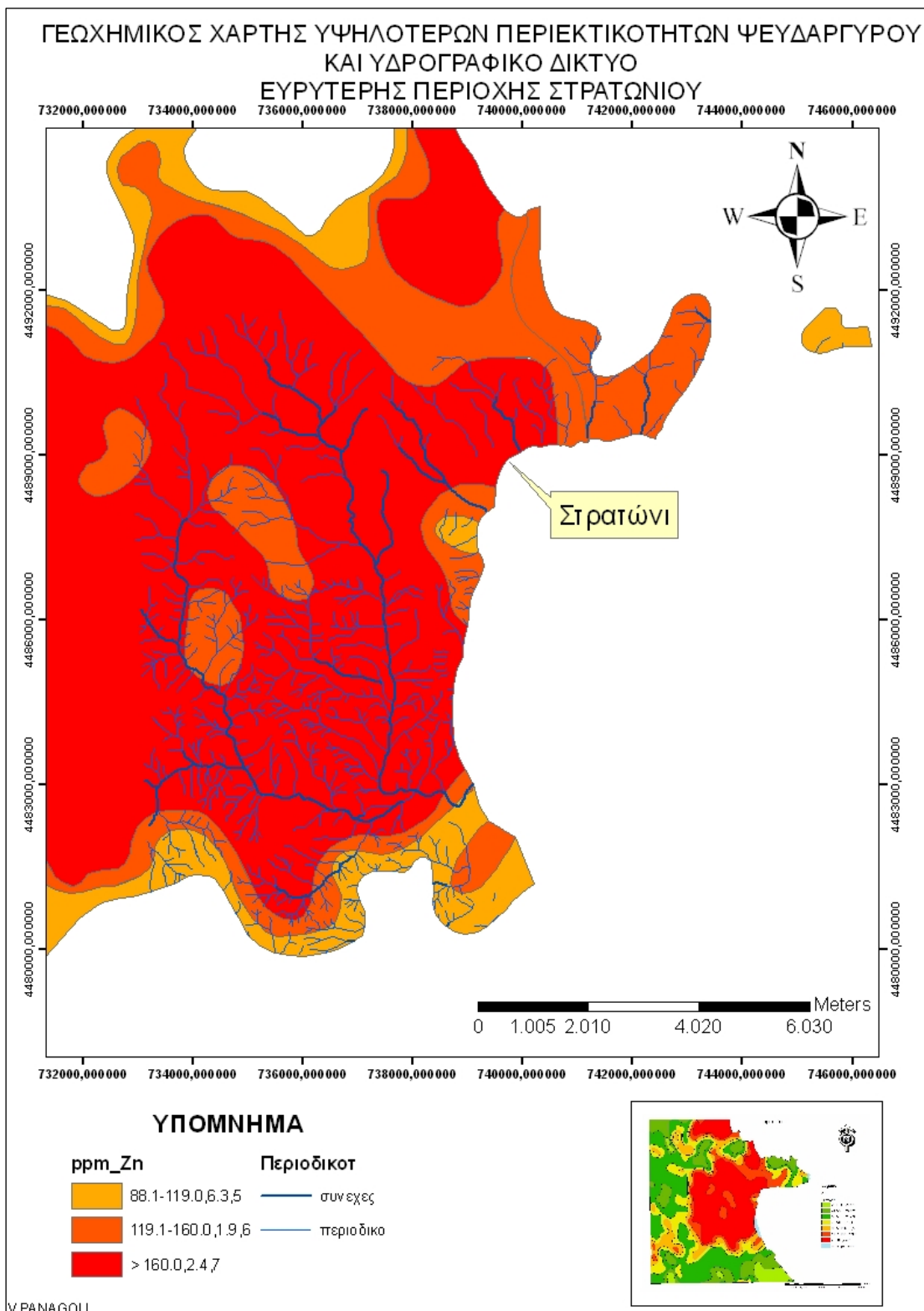


Χάρτης 14: Ψηφιοποιημένος γεωχημικός χάρτης ψευδαργύρου, περιοχή Χαλκιδικής. (Ι.Γ.Μ.Ε., Κλίμακα 1:200.000)

Χάρτες που προέκυψαν:



Χάρτης 15: Ψηφιοποιημένος γεωχημικός χάρτης περιεκτικότητας ψευδαργύρου περιοχής μελέτης.



Χάρτης 16: Ψηφιοποιημένος γεωχημικός χάρτης υψηλότερων περιεκτικότητων ψευδαργύρου και υδρογραφικού δικτύου περιοχής μελέτης.

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά από την αξιολόγηση των χαρτών που εκπονήθηκαν προκύπτουν τα συμπεράσματα που παρατίθενται παρακάτω. Ωστόσο, η μεθοδολογία ή/και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ίσως δεν έδωσαν ακριβή αποτελέσματα, γεγονός που έγγειται και στη χρήση χαρτών μικρής κλίμακας.

6.1. ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ-ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ-ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τους χάρτες 2 έως 16 παρατηρείται ότι το επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο αναπτύσσεται σε λιθολογικό υπόβαθρο που αποτελείται κυρίως από διμαρμαρυγιακό γνεύσιο, βιοτιτικό και αστριούχο γνεύσιο, υποηφαιστειακά πετρώματα και αμφιβολίτη. Οι κλάδοι του εμφανίζονται πυκνότεροι κυρίως όπου υπάρχει υπόβαθρο διμαρμαρυγιακού γνεσίου, και υποηφαιστειακών πετρωμάτων. Επίσης, παρατηρείται ότι το υδρογραφικό δίκτυο είναι δενδριτικής μορφής και γενικά καλά αναπτυγμένο, ενώ πάνω σε υπόβαθρο διμαρμαρυγιακού γνεσίου βρίσκεται το καλύτερα αναπτυγμένο δίκτυο της περιοχής.

Σε ότι αφορά τα κοιτάσματα, αυτά εντοπίζονται σε κύριους (συνεχείς) κλάδους του υδρογραφικού δικτύου και σε υψομετρικά χαμηλά τμήματα του. Επομένως, μπορεί να θεωρηθεί ότι τα μεταλλικά στοιχεία μεταφέρθηκαν ύστερα από απόπλυση των γειτονικών πετρωμάτων και αποτέθηκαν στη σημερινή τους θέση λόγω της συνεχώς μειωμένης μεταφορικής ικανότητας του νερού. Συνεπώς, δεν αποτελούν αυτού καθ' αυτού συστατικά του λιθολογικού υποβάθρου της περιοχής μελέτης. Κατ' αυτόν τον τρόπο συντελείται και η προσβολή των επιφανειακών υδάτων απ' τα μεταλλικά στοιχεία των κοιτασμάτων.

6.2. ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ-ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΕΣ ΣΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για την εξαγωγή των παρακάτω ελήφθησαν υπόψη οι τρεις μεγαλύτερες κλάσεις κάθε μεταλλικού στοιχείου (Cu,Mn,Pb,Zn) για τις

οποίες κρίνεται ότι επηρεάζουν τη γεωχημεία της περιοχής. Οι υπόλοιπες κλάσεις δεν μελετώνται λόγω χαμηλής περιεκτικότητας στα βαρέα αυτά μέταλλα.

Σχετικά με το χαλκό, παρατηρείται ότι οι κλάσεις υψηλής περιεκτικότητας (4,5,6) εντοπίζονται κυρίως σε λιθολογικό υπόβαθρο διμαρμαρυγιακού γνεσίου, υποηφαιστειακών πετρωμάτων, αμφιβολίτη, μαρμάρου (ανώτερος ορίζοντας) και δευτερευόντως σε γρανοδιορίτη Ιερισσού, αλλουβιακών ριπιδίων και υπολλειματικών υλικών μεταλλείων.

Οι κλάσεις 4,5 και 6 για το μεταλλικό στοιχείο μαγγάνιο εντοπίζονται κυρίως σε λιθολογικό υπόβαθρο διμαρμαρυγιακού γνεσίου, υποηφαιστειακών πετρωμάτων, μαρμάρου (κατώτερου ορίζοντα), γρανοδιορίτη Ιερισσού και δευτερευόντως σε υπολλειματικά υλικά μεταλλείων, feldspathic γνευσίου και αλλουβιακών αποθέσεων.

Σχετικά με τα μεταλλικά στοιχεία μόλυβδος και ψευδάργυρος, για τις κλάσεις υψηλότερης περιεκτικότητας (4,5,6) παρατηρείται ότι εντοπίζονται σε λιθολογικό υπόβαθρο όμοιο με αυτό των αντίστοιχων κλάσεων του μαγγανίου.

Συμπερασματικά, οι υψηλές συγκεντρώσεις αυτών των μεταλλικών στοιχείων δεν προέρχονται από το λιθολογικό υπόβαθρο της περιοχής, καθώς τα στοιχεία αυτά δεν συμμετέχουν ως ουσιώδη ορυκτολογικά συστατικά των πετρωμάτων των λιθολογικών ενοτήτων, αλλά ως επουσιώδη συστατικά ορισμένων ορυκτών τους και ως συστατικά μεταλλοφοριών που παρεισφρύουν σε λιθολογικές ενότητες, όπως για παράδειγμα η μεταλλοφορία μολύβδου, ψευδαργύρου, σιδήρου και χρυσού στον κατώτερο ορίζοντα μαρμάρου της περιοχής (10-150m).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ασκήσεις στο ArcGIS I, Marathon Data Systems, (www.marathondata.gr)

Αστάρας Θ. , Οικονομίδης Δ. , Ψηφιακή Χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.), Θεσσαλονίκη, 2004

Βαϊόπουλος Δ. , Εφαρμογές της διαστημικής επιστήμης & τεχνολογίας & στοιχεία του πλανητικού συστήματος, 2^η έκδοση, Αθήνα, 2000

Βεράνης Ν. , Γεωλογική δομή και ορυκτές πρώτες ύλες στο Ν. Χαλκιδικής, ΙΓΜΕ Θεσσαλονίκης, 1994

Εισαγωγή στο ArcGIS I, Marathon Data Systems, (www.marathondata.gr)

Καραγεώργης Τ. Γ. , Συμβολή στην Υδρογεωλογική μελέτη της ευρύτερης περιοχής της Ολυμπιάδας, Διδ. Διατριβή, Θεσσαλονίκη, 1998

Καρτέρης Μ. , Τηλεπισκόπηση Φυσικών πόρων & Γ.Σ.Π. , Α.Π.Θ. , Θεσσαλονίκη 1994

Κοκκώνης Δ. , Το σήμερα και το αύριο των μεταλλείων της Κασσάνδρας, Αθήνα, Πρακτικά Ημερίδας Επιτροπής Οικ. Γεωλ. Εταιρείας, 1993

Μελέτη επιλογής θέσης εγκατάστασης μονάδας μεταλλουργίας χρυσού της TVX Hellas στην περιοχή Μεταλλείων Κασσάνδρας, Τεύχος 6, ΙΓΜΕ-ΙΠΑ, Αθήνα, 1997

ECHMES-ENVECO Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Μεταλλευτικών Εγκαταστάσεων Ολυμπιάδας, Αθήνα 1996

Μουντράκης Δ. Μ. , Γεωλογία της Ελλάδας, Θεσσαλονίκη, 1985

Περαντώνης Γ. , Γένεση πορφυριτικών μεταλλοφοριών Χαλκιδικής και Δ. Ροδόπης, Διδακτ. Διατρ. Πανεπ. Αθηνών, 1982

Παπακωνσταντίνου Α. , Βεράνης Ν. , Πολυζώνης Ε. , Υδροχημική-Υδρογεωλογική μελέτη Ολυμπιάδας-Στρατωνίου Ν. Χαλκιδικής, ΙΓΜΕ Θεσσαλονίκης, 1996

Σούλιος Γ. Χ. , Γενική Υδρογεωλογία, Θεσσαλονίκη, 1986

Φιλιππίδης Α. Α. , Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωχημεία, Θεσσαλονίκη, 2005

Διαδικτυακοί τόποι:

http://en.wikipedia.org/wiki/Heavy_metals

www.marathondata.gr

www.chemicalelements.com