

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΟΛΑΣΟΓΛΟΥ ΕΥΘΑΛΙΑ

Πτυχιούχος Γεωλόγος

Ιζηματολογική και ορυκτολογική μελέτη της
κατανομής των βαρέων ορυκτών στις άμμους του
κόλπου της Ιερισσού

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2014

ΟΛΑΣΟΓΛΟΥ ΕΥΘΑΛΙΑ

Αριθμός Παραρτήματος Επιστημονικής Επιτηρίδας Τμήματος Γεωλογίας Ν°

© Ολάσογλου Ευθαλία, 2014

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΩΝ
ΒΑΡΕΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΣΤΙΣ ΑΜΜΟΥΣ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΤΗΣ ΙΕΡΙΣΣΟΥ

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας εξολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τη συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Ολάσογλου Ευθαλία

Πτυχιούχος Γεωλόγος

Ιζηματολογική και ορυκτολογική μελέτη της
κατανομής των βαρέων ορυκτών στις άμμους
του κόλπου της Ιερισσού

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

ΒΑΒΕΛΙΔΗΣ ΜΙΧΑΗΛ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2014

*Στην οικογένεια μου
Και στην μνήμη της πολυαγαπημένης μου Γιαγιάς*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης εκπονήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, στον Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2012-2013.

Με την ολοκλήρωσή της, θα ήθελα πρωτίστως να ευχαριστήσω τον κύριο επιβλέποντα της εργασίας, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας **κ. Αλμπανάκη Κωνσταντίνο**, για τη συνεχή επίβλεψη και την ουσιαστική επιστημονική του καθοδήγηση κατά τη διάρκεια αυτής της Διατριβής, καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές του, το χρόνο και την υπομονή που διέθεσε κατά την εκπόνησή της.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας και μέλος της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής **κ. Βαβελίδη Μιχαήλ**, για τις επιστημονικές γνώσεις που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια αυτής της Διατριβής καθώς και για το χρόνο και την υπομονή που διέθεσε κατά τη διάρκεια εκπόνησής της.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στον Επίκουρο καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας, **κ. Βουβαλίδη Κωνσταντίνο**, μέλος της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, για τη συμβολή του στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας καθώς και για την άψογη καθοδήγηση της εκπαίδευσής μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών και για τις επιστημονικές γνώσεις που μου μεταφύτευσε.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Λέκτορα του Τμήματος Γεωλογίας, **κ. Οικονομίδη Δημήτριο**, για όσα μου προσέφερε κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Λέκτορα του τμήματος Γεωλογίας **κ. Καντιρανη Νικόλαο**, για τις επιστημονικές γνώσεις που μου προσέφερε κατά την διάρκεια αυτής της Διατριβής καθώς και για τον χρόνο και τις πολύτιμες συμβουλές του κατά την διάρκεια της εκπόνησής της

Θερμές ευχαριστίες στην ΥΙΔΑΧ **κα. Κολιαδήμου Καλλιόπη** για την στήριξη και την βοήθεια της σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου και της εκπόνησης της Διατριβής. Επίσης Ευχαριστώ τις γραμματείς του τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας και την **κα. Μουντουρλή** για την βοήθεια τους κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Ακόμα ευχαριστώ τους υποψήφιους διδάκτορες και μεταπτυχιακούς φοιτητές του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας καθώς και του Τομέα Κοιτασματολογίας για την εξαιρετη συνεργασία μας όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος οι θερμότερες ευχαριστίες πηγαίνουν στην οικογένεια μου, τόσο για την υλική, όσο και την ηθική υποστήριξή τους, που ήταν καθοριστική για την εκπόνηση της διατριβής μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κόλπος της Ιερισσού επιβαρύνεται από την αρχαιότητα έκτος από τις παραδοσιακές δραστηριότητες του ανθρώπου, όπως γεωργία, κτηνοτροφία και αλιεία, και με μεταλλευτικές δραστηριότητες. Σκοπός της παρούσας διατριβής ειδίκευσης είναι ο εντοπισμός των θέσεων απόθεσης των βαρέων μεταλλικών ορυκτών στον κόλπο και η σύγκρισή τους με άλλες πρόσφατες έρευνες στην περιοχή καθώς και ο προσδιορισμός αυτών των ορυκτών και των συγκεντρώσεων τους.

Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις στην περιοχή μελέτης καθώς και τέσσερεις δειγματοληψίες ιζημάτων μέσα στην θαλάσσια περιοχή του κόλπου της Ιερισσού. Στην συνέχεια τα ιζήματα που συλλέχτηκαν μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας ώστε να υποστούν τόσο ιζηματολογικές όσο και ορυκτολογικές επεξεργασίες. Εφαρμόστηκαν μηχανικές αναλύσεις με την μέθοδο των κοσκίνων καθώς και υπολογισμός των παραμέτρων μεγέθους κόκκων. Τα δείγματα πέρασαν, ακόμη, από μαγνητικό διαχωρισμό για να διαχωριστούν τα μαγνητικά από τα μη μαγνητικά ορυκτά. Τα κλάσματα του μαγνητικού διαχωριστή παρατηρήθηκαν σε στερεοσκόπιο και μεταλλογραφικό μικροσκόπιο όπου εντοπίστηκαν εκτός από τα μεταλλικά και τα μη μεταλλικά ορυκτά, εγκλείσματα-συσσωματώματα μεταλλικών ορυκτών μέσα σε μη μεταλλικά. Για την ορθότερη αναγνώριση των ορυκτών, τα δείγματα μελετήθηκαν στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM-EDS) του Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας. Επιπρόσθετα εφαρμόστηκε στα δείγματα αυτά η μέθοδος καθίζησης ως μια μέθοδος προσομοίωσης του τρόπου καθίζησης των ιζημάτων στο ύπαιθρο και εν συνεχεία υπολογίστηκε το ειδικό τους βάρος.

Από την παρατήρηση των δειγμάτων στο στερεοσκόπιο, στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο καθώς και στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM-EDS) επιβεβαιώθηκε η ύπαρξη μεταλλικών ορυκτών, μη μεταλλικών ορυκτών καθώς και εγκλεισμάτων-συσσωματωμάτων μεταλλικών ορυκτών μέσα σε μη μεταλλικά, προσδιορίστηκε η σύστασή τους και το ποσοστό συμμετοχής τους στα δείγματα. Η μέθοδος καθίζησης στην συνέχεια επιβεβαίωσε την ύπαρξη των τριών προαναφερθέντων φάσεων και βοήθησε στον προσδιορισμό του ειδικού βάρους κάθε φάσης καθώς και των ποσοστών συμμετοχής της στο δείγμα.

Από τις μεθόδους επεξεργασίας των δειγμάτων προέκυψε ότι τα ποσοστά των βαρέων μεταλλικών ορυκτών που έρχονται σε άμεση επαφή με το περιβάλλον είναι αρκετά μικρά, ενώ τα ποσοστά των μη μεταλλικών ορυκτών καθώς και αυτών που περιέχουν εγκλείσματα, που όμως δεν επιβαρύνουν τόσο έντονα το περιβάλλον, είναι μεγαλύτερα. Ιδιαίτερα μικρή περιεκτικότητα σε βαρέα ορυκτά εντοπίστηκε στην περιοχή της Ιερισσού.

ABSTRACT

The Gulf of Ierissos from antiquity until today has been burdened by human activities such as agriculture, animal husbandry and fishery and intense mining activity . The mining activity in the region today has resulted in the deposition of heavy metals within the Gulf. The purpose of this thesis is the sedimentological and mineralogical study of the area, the identification of heavy metal minerals as well as their concentration .

For this purpose several visits in the study area took place, and samples from the sea area of the Gulf were extracted . The samples were transported to the Sedimentology laboratory of the Physical and Environmental Geography department, where sedimentological and mineralogical analysis took place. There, the method of sieves was used on the samples as also the magnetic separator to separate the metal from the non-metal ores. Then the samples were studied in a stereoscope, a metallographic microscope and for better recognition by electron microscope in the department of Mineralogy - Petrology – Economic Geology. Additionally applied to the samples and the sedimentation method to simulate how the sedimentation of minerals happens in natural conditions and in the end the specific weight of the minerals was calculated. These analyses confirmed the existence of metallic minerals, non - metallic minerals and the presence of inclusions within the non - metallic minerals and the sedimentation method helped to identify their specific weight and the percentage of participation in each sample.

The analysis of the samples showed finally that the percentages of heavy metals minerals that are in contact with the environment is very small while the percentage of non-metallic minerals and those containing inclusions , but do not harm the environment, is larger. Particularly low in heavy metals minerals was found the area of Ierissos .

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
1. Εισαγωγή.....	10
1.1. Σκοπός Μελέτης.....	10
1.2. Δημογραφικά Στοιχεία- Χρήσεις Γής.....	10
1.3. Παλαιότερη Μεταλλευτική Δραστηριότητα ΒΑ Χαλκιδικής	12
1.4. Σύγχρονη μεταλλευτική Ιστορία	15
1.5. Βιβλιογραφική ανασκόπηση περιοχής	18
2. Περιοχή Μελέτης-Κόλπος Ιερισσού	19
2.1. Γεωγραφική Θέση-Γεωμορφολογικά Χαρακτηριστικά	19
2.2. Γεωτεκτονική- Γεωλογία της Περιοχής	20
2.2.1. Γεωτεκτονική Τοποθέτηση της Ευρύτερης Περιοχής.....	20
2.3. Γεωλογία της Περιοχής Μελέτης.....	22
2.4. Τεκτονική εξέλιξη περιοχής μελέτης	25
2.4. Μορφολογία και Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης.....	28
2.4.1. Λεκάνη απορροής χειμάρρου Κοκκινόλακκα	28
2.4.2. Λεκάνη Απορροής Ρέματος Αργυρώς.....	31
2.4.3. Λεκάνη Απορροής Ρέματος Καρβουνόσκαλας	31
2.4.4. Λεκάνη απορροής Στρατωνίου.....	31
2.4.5. Λεκάνη Απορροής Ρέματος Πόρτο	31
2.5. Κλιματικά-Μετεωρολογικά Χαρακτηριστικά	32
2.7. Πιθανές πηγές Ρύπανσης.....	34
3. Μέθοδοι και Υλικά.....	36
3.1. Εργασίες Πεδίου.....	36
3.1.1. Δειγματοληψία Ιζήματος.....	36
3.2.2. Εργαστηριακή Επεξεργασία Δειγμάτων.....	40
3.2.2.1. Μηχανική Ανάλυση με τη Μέθοδο Κοσκινίσματος.....	40
3.2.2.2. Υπολογισμός Παραμέτρων Μεγέθους των Ιζημάτων – Γραφική Μέθοδος (Μέθοδος Folk & Ward, 1975)	40
3.2.2.3. Μέθοδοι διαχωρισμού	42
3.2.2.3.1. Μαγνητικός διαχωριστής.....	42
3.2.2.3.2. Μέθοδος καθίζησης-Ταχύτητα-Πίνακες Heywood.....	42

3.2.2.3.3. Υπολογισμός της πυκνότητας των ιζημάτων εκφρασμένη με το ειδικό βάρος σύμφωνα με τη μέθοδο της ληκύθου με θερμόμετρο.....	46
3.2.3. Ποσοστά % Βαρέων Κλασμάτων, Εγκλεισμάτων-Συσσωματωμάτων και Πυριτικής άμμου στην περιοχή μελέτης.....	46
3.2.4. Ορυκτολογική Αναγνώριση Βαρέων Μεταλλικών Ορυκτών με Στερεοσκόπιο	47
3.2.5. Ορυκτολογική Αναγνώριση Βαρέων Μεταλλικών Ορυκτών με Μεταλλογραφικό Μικροσκόπιο	47
4. Αποτελέσματα	49
4.1. Αποτελέσματα Ιζηματολογικών Αναλύσεων	49
4.2. Αποτελέσματα μαγνητικού διαχωρισμού	50
4.3. Αποτελέσματα υπολογισμού του ειδικού βάρους, της ταχύτητας και του χρόνου καθίζησης των επιμέρους κλασμάτων που διαχωρίστηκαν με την μέθοδο της καθίζησης.....	51
4.4. Διεξαγωγή εργαστηριακού πειράματος καθίζησης ιζημάτων διαφορετικής διαμέτρου και ορυκτολογικής σύστασης	54
4.4.1. Μεθοδολογία	54
4.4.2. Αποτελέσματα	54
4.5. Αποτελέσματα ποσοστού % Βαρέων κλασμάτων, Εγκλεισμάτων-Συσσωματωμάτων και Πυριτικών ορυκτών στην περιοχή μελέτης.....	57
4.6. Αποτελέσματα ορυκτολογικής μελέτης ιζημάτων	64
Μεταλλικά Ορυκτά	66
Διαφανή ορυκτά	79
5. Συζήτηση.....	85
6. Συμπεράσματα.....	93
7. Βιβλιογραφία.....	94
Ισότοποι.....	96
Παραρτήματα.....	97
Παράρτημα Ι (Κεφάλαιο 2.6).....	97
Παράρτημα ΙΙ (Κεφάλαιο 3.1.1. και 3.2.2.1.).....	101
Παράρτημα ΙΙΙ (Κεφάλαιο 4.1)	103
Παράρτημα ΙV (Κεφάλαιο 4.1)	122
Παράρτημα V (Κεφάλαιο 4.3)	141
Παράρτημα VI (Κεφάλαιο 4.6)	148

1. Εισαγωγή

Ο κόλπος της Ιερισσού θεωρείται ότι εμφανίζει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα ιζήματα του, από τον Στρυμονικό (Ιωαννίδου, Βαφειάδης, Σταμάτης, Χριστοφορίδης, Αργυροπούλου, Κουτράκης, 1999.). Η σημερινή του μορφή είναι κυρίως αποτέλεσμα των φυσικών και ανθρωπογενών διεργασιών. Η μεταλλευτική δραστηριότητα αποτελεί τη βασική πηγή οικονομικής ανάπτυξης της περιοχής. Από την αρχαιότητα ως σήμερα η περιοχή λειτουργεί ως μεταλλευτικό κέντρο. Αυτή ακριβώς η μεταλλευτική λειτουργία της περιοχής έχει επιβαρύνει σημαντικά τόσο τον κόλπο της Ιερισσού όσο και το Στρυμονικό κόλπο.

Η πρόσφατη μεταλλευτική δραστηριότητα στον κόλπο της Ιερισσού χρονολογείται από την τελευταία δεκαετία του 19ου αιώνα. Οι εργασίες αυτές εξόρυξης και επεξεργασίας του μεταλλεύματος καθώς και η φυσική αποσάθρωση της θειούχου μεταλλοφορίας φορτίζουν τον κόλπο της Ιερισσού μέσω της απορροής των χειμάρρων που εκρέουν σε αυτόν. Συγκεκριμένα η φόρτιση του κόλπου γίνεται μέσω των ιζημάτων που αποτελούν αναπόσπαστο και δυναμικό τμήμα των λεκανών απορροής των χειμάρρων και προέρχονται από την αποσάθρωση των εδαφών και των ορυκτών στα ανάντη (Kelepertsis, et al 2006).

Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια αξιολόγησης της υφιστάμενης κατάστασης στην παράκτια ζώνη του κόλπου της Ιερισσού, η οποία υπόκειται στις σύγχρονες, αλλά και στις παλαιότερες, γεωμορφολογικές αλλαγές και σε ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Για το λόγο αυτόν μελετήθηκε τόσο η ιζηματολογία, μέχρι την ισοβαθή των 10 μέτρων, όσο και η ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων, τόσο μακροσκοπικά όσο και μικροσκοπικά. Στόχος ήταν ο καθορισμός της ορυκτολογικής σύστασης των θαλάσσιων ιζημάτων με απώτερο σκοπό τον έλεγχο της ρύπανσης του κόλπου της Ιερισσού.

Για την μελέτη της περιοχής πραγματοποιήθηκε συλλογή βιβλιογραφίας, χαρτών, έρευνα υπαίθρου και συλλογή δειγμάτων από επιλεγμένα σημεία, εργαστηριακή επεξεργασία των δειγμάτων στο εργαστήριο Φυσικής Γεωγραφίας καθώς και στα εργαστήρια του Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας.

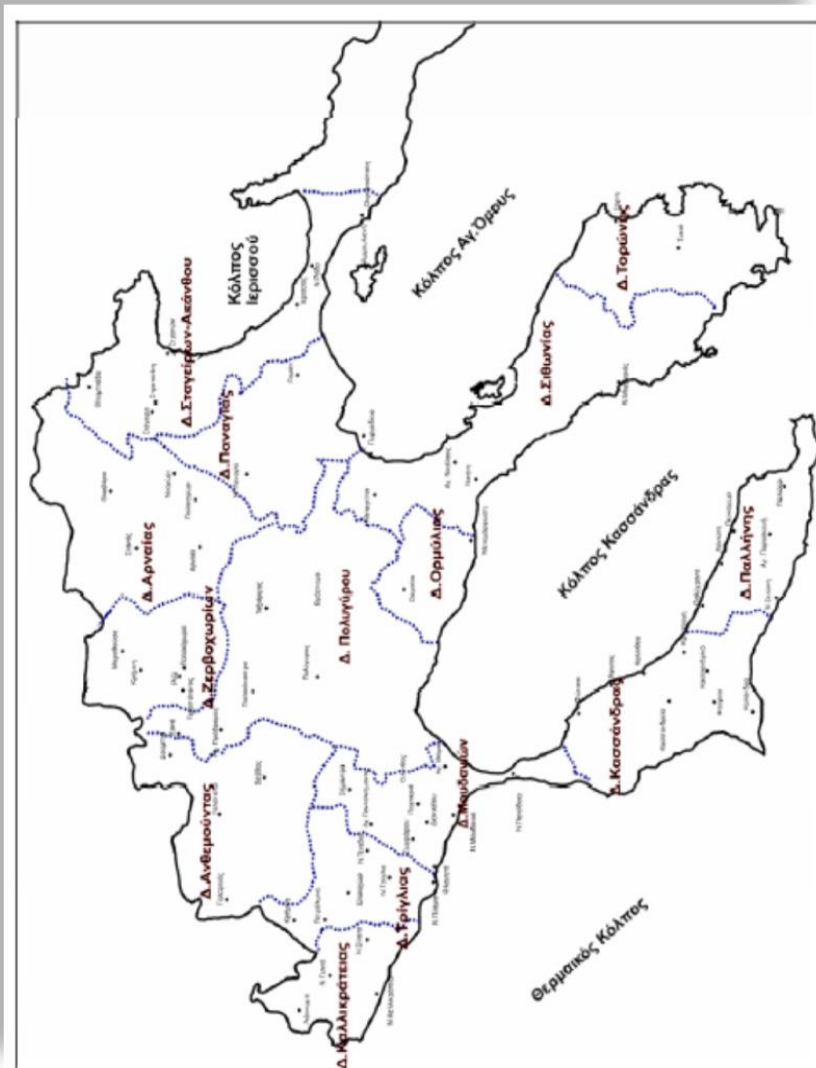
1.1. Σκοπός Μελέτης

Σκοπός της μελέτης είναι ο έλεγχος της ρύπανσης του κόλπου της Ιερισσού μέσα από τον καθορισμό της ορυκτολογικής σύστασης των θαλάσσιων ιζημάτων και ειδικότερα των ιζημάτων της ακτής μέχρι το βάθος των 10 μέτρων. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός των θέσεων απόθεσης των βαρέων ορυκτών στον κόλπο της Ιερισσού και η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα που προέκυψαν από πρόσφατες μελέτες στην περιοχή. Επίσης, ο προσδιορισμός των βαρέων ορυκτών και των συγκεντρώσεων τους από την ακτή έως το βάθος των 10 m και η εφαρμογή της μεθόδου καθίζησης στο διαχωρισμό των δειγμάτων σε κλάσματα ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε βαρέα ορυκτά καθώς και η σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών με την μέθοδο του μαγνητικού διαχωριστή.

1.2. Δημογραφικά Στοιχεία- Χρήσεις Γής

Σύμφωνα με την απογραφή του 2001 το σύνολο του πληθυσμού των δήμων Σταγείρων-Ακάνθου και Αρναίας είναι 8.891 και 4.540 άτομα αντίστοιχα, με κύριες ασχολίες την

γεωργία, κτηνοτροφία, αλιεία, δασοκομία, τουρισμό και μεταλλεία. Σύμφωνα με το νόμο “Καλλικράτη” 3852/2010 περί της νέας Αρχιτεκτονικής της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης ο δήμοι Σταγείρων-Ακάνθου και Αρναίας μετονομάστηκαν σε δήμο Αριστοτέλη και σύμφωνα με την απογραφή του 2012 το σύνολο του πληθυσμού είναι 18.280 άτομα (ΕΛΣΤΑΤ, 2001).



Σχήμα 1.2.1: Χάρτης Νομού Χαλκιδικής με τους δήμους (URL 1)

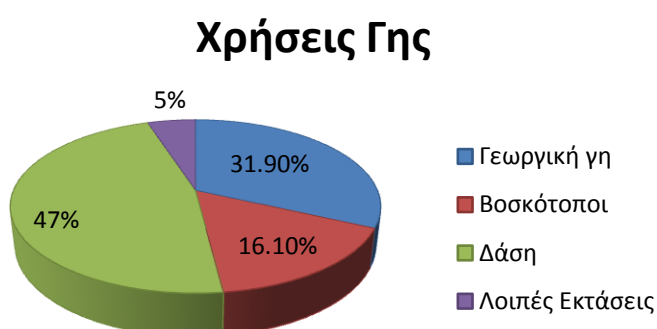
Το φυσικό τοπίο χαρακτηρίζεται από την κυρίαρχη παρουσία του δάσους των πλατύφυλλων σε ποσοστό περίπου 62%. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις καταλαμβάνουν ένα πολύ μικρό ποσοστό, μόλις 20 %, αποτελούμενες κυρίως από δενδρικές καλλιέργειες. (ΕΣΥΕ 1981)

Με βάση τα επίσημα δημοσιευμένα στοιχεία της ΕΣΥΕ, από την απογραφή του 1981, στα πλαίσια του ΤΑΠ Κεντρικής Χαλκιδικής, καταρτίστηκε ο πίνακας 1.2.1 στον οποίο δίνονται τα στοιχεία χρήσης γης για το Νομό Χαλκιδικής. Η κατανομή της σε βασικές

κατηγορίες χρήσης γης, σε σχέση με την αντίστοιχη έκταση και κατανομή στον περιφερειακό της χώρο, έχει ως εξής (Πίνακας 1.2.1., Σχήμα 1.2.2)

Πίνακας 1.2.1: Χρήση εδαφικών πόρων στο Νομό Χαλκιδικής (ΕΣΥΕ 1981)

Χρήσεις γης	Εκταση (χιλ.στρ)	% κατανομή
Γεωργική γη	930,3	31,90%
Βοσκότοποι	469,1	16,10%
Δάση	1371,5	47%
Λοιπές Εκτάσεις	146,9	5%
Σύνολο	2917,9	100



Σχήμα 1.2.2: Απεικόνιση των Εδαφικών Πόρων σε % στο νομό Χαλκιδικής (ΕΣΥΕ 1981)

Από τα προαναφερόμενα στοιχεία συνάγεται ότι τα δάση της περιοχής, με ποσοστό 47%, καταλαμβάνουν την πρώτη θέση από πλευράς χρήσης γης και ακολουθεί η γεωργική γη με ποσοστό περίπου 32%. Οι άλλες δύο χρήσεις (βοσκότοποι και λοιπές εκτάσεις) περιορίζονται στο 21% (Σχήμα 1.2.2.). (ΕΣΥΕ 1981)

1.3. Παλαιότερη Μεταλλευτική Δραστηριότητα ΒΑ Χαλκιδικής

Το βορειανατολικό τμήμα της χερσονήσου της Χαλκιδικής αποτελεί το δεύτερο σε μέγεθος και σε έκταση μεταλλευτικό κέντρο στον ελλαδικό χώρο, μετά το Λαύριο. Τα μεταλλεύματα είναι πλούσια σε χρυσό, άργυρο-μόλυβδο και χαλκό. Ο χρυσός εντοπίζεται μέσα στα μεικτά θειούχα μεταλλεύματα, σε μεταλλεύματα μαγγανίου, σε χαλαζιακές φλέβες με αρσеноπυρίτη και σε μεταλλεύματα χαλκού. Ο άργυρος εντοπίζεται μέσα στο μέταλλευμα μολύβδου και θειοαλάτων. Σημαντικό ρόλο θα πρέπει να έπαιξε στο παρελθόν και η εκμετάλλευση προσχωματικού χρυσού από χειμάρρους και ποταμούς της Χαλκιδικής, όπως οι Χαβριάς, Κοκκινόλακκας και Ασπρόλακκας (Vavelidis et al., 1983, Wagner et al., 1986, Vavelidis, 1989).

Στις περιοχές Μεταγγίτσι, Μαύρες Πέτρες, Ολυμπιάδα (Αρχαία Στάγिरα) υπάρχουν τα ίχνη των αρχαιότερων εκμεταλλεύσεων χρυσού στη Χαλκιδική, οι οποίες χρονολογούνται πιθανώς στην προϊστορική εποχή.

Η ίδρυση της πόλης των Σταγίων ανάγεται στα μέσα του 7ου αι. π.Χ. από αποίκους της νήσου Άνδρου (Σισμανίδης, 19=τεύχος αρχ. Στάγρια). Αν και τα ίχνη αρχαίας μεταλλευτικής δραστηριότητας στη Χαλκιδική εκτείνονται σε μια έκταση πάνω από 150 km², παρόλα αυτά σώθηκε μία μόνο αναφορά στη δραστηριότητα αυτή, από τον Διόδωρο τον Σικελιώτη. Ο ίδιος ο Αριστοτέλης ο οποίος κατάγονταν από τα Στάγρια (σημερινή Ολυμπιάδα), δεν κάνει λόγο για την αρχαία εκμετάλλευση. Όπως όμως προκύπτει από τις ανασκαφικές ενδείξεις, μέσα στην πόλη των αρχαίων Σταγίων αλλά και από βεβαιωμένα ίχνη μεταλλευτικής δραστηριότητας στην ευρύτερη περιοχή, η δραστηριότητα αυτή έχει ξεκινήσει τουλάχιστον από τον 6ο αι. π.Χ. και απέβλεπε στην εξαγωγή αργύρου και μολύβδου (Σισμανίδης, 2002, Βαβελίδης 2001). Ο Saguí (1928), αναφέρει ότι βρήκε μέσα στα βαθύτερα τμήματα αρχαίων στοών στην περιοχή της Ολυμπιάδος, νομίσματα του Μεγάλου Αλεξάνδρου και του Φιλίππου Β', γεγονός που δηλώνει μια μεταλλευτική δραστηριότητα ήδη ανεπτυγμένη πριν από 2500 έτη. Λόγω όμως της έλλειψης στοιχείων, σχετικά με τον ακριβή χώρο αυτής της δραστηριότητας, δεν μπορεί να εξακριβωθεί σήμερα πόσο ασφαλής είναι η πληροφορία αυτή. Ο Davies (1935), αναφέρει ότι υπήρχε εκμετάλλευση των μεταλλείων αυτών από τον 4ο αι. π.Χ. Σύμφωνα με τον ίδιο, τα μεταλλεία έτυχαν συστηματικής εκμετάλλευσης για τη απόληψη αργύρου και μολύβδου από την εποχή του Φιλίππου Β', γεγονός που συνεχίστηκε και στην εποχή του Μεγάλου Αλεξάνδρου. Οι πληροφορίες αυτές τόσο από τον Saguí όσο και από τον Davies βρίσκονται σε συμφωνία με τη μεταλλουργική δραστηριότητα στην ίδια την πόλη των Σταγίων που εντοπίστηκε κατά την αρχαιολογική ανασκαφή. Στα χρόνια του Στράβωνα, τον 1 αι. π.Χ., (Στράβων, Ζ,35) η πόλη των Σταγίων είχε ερημώσει και δεν αναφέρεται καμία μεταλλευτική δραστηριότητα στην περιοχή. Η μεταλλευτική και μεταλλουργική δραστηριότητα στην Χαλκιδική συνεχίστηκε με σιγουριά κατά την Ρωμαϊκή εποχή. Η χρονολόγηση με C-14 στοάς στην περιοχή Μεταγγιτίσιου έδωσε ηλικίες 60-130 και 330-500μ.Χ., ηλικίες δηλαδή της Ρωμαϊκής περιόδου. Επίσης, στην περιοχή Σκουριές, η χρονολόγηση με θερμοφωταύγεια σε τμήματα κεραμικών που βρέθηκαν σε σωρούς εκκαμινεύσεων, χρονολογούνται στο 330μ.Χ, στη ρωμαϊκή εποχή. Το όνομα του Βυζαντινού χωριού Σιδηροκαύσια, το οποίο βρισκόταν κοντά στην Στρατονίκη, δηλώνει επίσης την ύπαρξη μεταλλουργικής δραστηριότητας κατά την εποχή αυτή. Σύμφωνα με τον Παπάγγελο (1991), από το 866μ.Χ. το όνομα αυτό αναφέρεται συνεχώς σε ιστορικά κείμενα. Αυτό συμφωνεί με μελέτη που έγινε στην περιοχή Μαύρες Πέτρες, σε δείγματα άνθρακα που βρέθηκαν ανάμεσα σε αδιατάραχτα στρώματα σκωριών. Οι χρονολόγησή τους έδωσε ηλικίες περίπου 1270-1290μ.Χ., δηλαδή της Βυζαντινής περιόδου. Ακόμη, τα δείγματα άνθρακα από μία σειρά εγκαταστάσεων χύτευσης στην περιοχή Κηπουρίστρας Λάκκος στη περιοχή Ολυμπιάδος (αρχαία Στάγρια) που μετρήθηκαν στο πλαίσιο Προγράμματος Αρχαιομετρικής-Αρχαιολογικής έρευνας σε συνεργασία με την ΙΘ' εφορεία Κλασσικών και Προϊστορικών Αρχαιοτήτων, έδωσαν στα ανώτερα στρώματα ηλικίες μεταξύ 1431 και 1656, δηλαδή υστεροβυζαντινών και μεταβυζαντινών χρόνων (Βαβελίδης, 2001). Συστηματική και εντατική εκμετάλλευση των κοιτασμάτων της ΒΑ Χαλκιδικής γινόταν σίγουρα και κατά τον 16ο αι. Το 1553 μ.Χ., ο Γάλλος περιηγητής Belon, περιγράφει με λεπτομέρεια την έντονη μεταλλουργική δραστηριότητα που επικρατούσε στη Χαλκιδική. Την εποχή εκείνη αναφέρει ότι ήταν σε λειτουργία 500-600 φούρνοι στους οποίους εργάζονταν 6000 εργάτες διαφόρων εθνικοτήτων. Σύμφωνα με τον Βακαλόπουλο (1996), τον 17ο αιώνα πρωτεύουσα της Χαλκιδικής είναι η μικρή πόλη Σιδηροκαύσια. Η μελέτη C-14 και θερμοφωταύγειας η οποία διεξήχθη στο πλαίσιο αρχαιομετρικών και κοιτασματολογικών ερευνών σε ολόκληρη τη ΒΑ Χαλκιδική (Vavelidis et al., 1983, Wagner et al., 1986, Βαβελίδης, 2001) έδειξε πράγματι έντονη μεταλλουργική δραστηριότητα κυρίως κατά τον 16ο και 18ο αι. δηλαδή στην εποχή της Τουρκοκρατίας.

Η παρουσία υπολειμμάτων σε κατώτερα στρώματα σε συνδυασμό με τα αρχαιολογικά λείψανα, όπως μεταλλουργικών σκωριών και συναφών προϊόντων, που παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά επεξεργασίας (μορφολογία, τρόπος χύτευσης, επανάτηξη κ.λ.π.), αποτελεί σοβαρή ένδειξη για παλαιότερες φάσεις μεταλλουργικής δραστηριότητας (τουλάχιστον από την κλασική περίοδο).

Η κύρια μεταλλουργική δραστηριότητα στη ΒΑ Χαλκιδική είναι συγκεντρωμένη στις περιοχές Μπαζδέκ Λάκκος, Κηπουρίστρας Λάκκος, Τρίστας Λάκκος, Πιάβιτσα, Κολομπούκι και Σκουριές που βρίσκονται σε άμεση γειτονία με τα σημαντικότερα κοιτάσματα-μεταλλεία της περιοχής. Με εξαίρεση την περιοχή Σκουριών, όπου έχουμε εκμετάλλευση χαλκού, όλες οι άλλες αποσκοπούσαν στην εκμετάλλευση αργύρου και μολύβδου. Οι σκωρίες προήλθαν από την εκμετάλλευση των κοιτασμάτων της περιοχής, και συγκεκριμένα από πλούσιο σε μόλυβδο μετάλλευμα μεικτών θειούχων με την παρουσία σημαντικού ποσοστού ψευδαργύρου. Η παρουσία μεγάλου αριθμού μεταλλουργικών υπολειμμάτων τύπου Spreiss και ιδιαίτερα ως ευρήματα αρχαιολογικών ανασκαφών, μαρτυρά την παραγωγή μολύβδου από μεταλλεύματα της περιοχής, τα οποία περιέχουν επίσης σημαντικό ποσοστό σε αρσενικό και αντιμόνιο καθώς η παρουσία σημαντικού ποσοστού αυτών των δύο στοιχείων είναι προϋπόθεση για τον σχηματισμό Spreiss κατά την μεταλλουργική διαδικασία.

Οι σωροί μεταλλουργικών σκωριών και τα υπολείμματα των εγκαταστάσεων, στην ΒΑ Χαλκιδική, βρίσκονται όλοι πολύ κοντά σε κεντρικά ρέματα ή σε μικρότερα ρέματα με συνεχή ροή, για να υπάρχει άμεση πρόσβαση στο νερό καθώς και σε πρηνή με κλίση για καλό αερισμό της καμίνου. Η επαρκής ροή ύδατος σε συνδυασμό με το καλό ρεύμα αέρος, καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου καθιστούσε το συγκεκριμένο χώρο ιδανικό για την εγκατάσταση ενός μεταλλουργικού κέντρου. Οι χώροι εκκαμίνευσης παρουσιάζουν επίσης πλούσια βλάστηση. Αυτό σημαίνει ότι υπήρχε άφθονη καύσιμη ύλη για τη συνεχή λειτουργία των καμίνων. Είναι πολύ πιθανό, να υπήρχε παραγωγή ξυλοκάρβουνου, για την καλύτερη απόδοση των καμίνων, όπως φαίνεται από την πληθώρα θέσεων παρασκευής ξυλοκάρβουνου που εντοπίστηκαν διάσπαρτες στις περιοχές έρευνας.

Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις υπάρχουν υπολείμματα κατασκευών στις κορυφές των σωρών, γεγονός που επιβεβαιώνει το μοντέλο της μεταλλουργικής διεργασίας. Σύμφωνα με αυτή, το χρήσιμο μέταλλο παραγόταν στην κάμινο και τις ανεπιθύμητες σκωρίες που προέκυπταν κατά την εκκαμίνευση, τις «πετούσαν» έξω από τις καμίνους. Έτσι, με την πάροδο του χρόνου, σχηματίζονταν μπροστά από την κάμινο σωροί από σκωρίες. Οι ιδανικές αυτές συνθήκες που επικρατούσαν στους χώρους εκκαμίνευσης δικαιολογούν και τις πάνω από ένα εκατομμύρια τόνους μεταλλουργικές σκωρίες που υπάρχουν μέχρι σήμερα, ακόμη και μετά την επανεκμετάλλευση μεγάλου μέρους και τη χρήση τους στην κατασκευή του αγροτικού οδικού δικτύου της ΒΑ Χαλκιδικής. Η ποσότητα αυτών πριν την επανεκμετάλλευση θα αντιστοιχούσε σε πάνω από 150.000 τόνους καθαρού μολύβδου και 300 τόνους αργύρου.

Αν και οι αναφορές από τους αρχαίους συγγραφείς σχετικά με τη μεταλλευτική και μεταλλουργική δραστηριότητα στη Χαλκιδική είναι περιορισμένες, πιστεύεται ότι η περιοχή υπήρξε ένα από τα μεγαλύτερα μεταλλευτικά κέντρα κατά την αρχαιότητα. Για να μπορέσει να εξακριβωθεί πόσο σημαντικός παραγωγός μέταλλου υπήρξε η Χαλκιδική στο παρελθόν, θα πρέπει κανείς να βασιστεί στο συνδυασμό των γραπτών πηγών, των αρχαιολογικών ευρημάτων, καθώς επίσης στα αποτελέσματα των κοιτασματολογικών, αρχαιομετρικών και

αρχαιολογικών ερευνών. Κατά πόσο η γνωστή κοπή αργυρών νομισμάτων της Ακάνθου και ο υψηλός φόρος των 3 ταλάντων που έπρεπε να πληρώνει η πόλη κατά τον 5ο π.Χ αιώνα, έχουν σχέση με την μεταλλευτική δραστηριότητα στην περιοχή είναι ένα ερώτημα το οποίο πρέπει να μελετηθεί λεπτομερώς. Η μελέτη της χημικής και ισοτοπικής σύστασης ορισμένων από τα αρχαϊκά αργυρά νομίσματα της Ακάνθου και της Αίγινας που βρέθηκαν στον θησαυρό του Asyut δείχνουν σύμφωνα με τους Wagner et al (1986) ότι προέρχονται από μεταλλεύματα της ΒΑ Χαλκιδικής. Αυτό σημαίνει ότι η Αίγινα, η οποία την εποχή εκείνη είχε μακρινές εμπορικές σχέσεις, προμηθευόταν, λόγω έλλειψης δικών της κοιτασμάτων, άργυρο κυρίως από το Λαύριο και τη Σίφνο αλλά και από μία τρίτη πηγή η οποία αν και δεν αναφέρεται σε ιστορικές πηγές ήταν, όπως φαίνεται, η ΒΑ Χαλκιδική. Η άποψη ότι η ΒΑ Χαλκιδική ήταν σημαντικός παραγωγός αργύρου, ενισχύεται από τα αρχαιολογικά ευρήματα, που προέρχονται από τη Μεσημβρία-Ζώνη (αργυρά αντικείμενα του 5ου και 4ου αιώνα π.Χ.) και από τη Βεργίνα (επίχρυση αργυρή Φαρέτρα του Φιλίππου Β). Τα ευρήματα αυτά, προέρχονται σύμφωνα με την ισοτοπική τους σύσταση από άργυρο της ΒΑ Χαλκιδικής (Βαβελίδης, 2008). Μια χλιετία πιο πίσω, μυκηναϊκά μολύβδινα και αργυρά αρχαιολογικά ευρήματα, σύμφωνα με τους Pernicka et al. (1990), έχουν ισοτοπική και χημική σύσταση ίδια με αυτή των μεταλλευμάτων της ΒΑ Χαλκιδικής, γεγονός που επιτρέπει την υπόθεση εκμετάλλευσης αργύρου στην περιοχή ήδη από την προϊστορική εποχή.

1.4. Σύγχρονη μεταλλευτική Ιστορία

Η μεταλλευτική δραστηριότητα ξανάρχισε στην ευρύτερη περιοχή των Μεταλλείων Κασσάνδρας την τελευταία δεκαετία του 19ου αιώνα. Τότε, με έκδοση Φιρμανιών του Οθωμανικού Κράτους παραχωρήθηκε η εκμετάλλευση των μεταλλείων της περιοχής σε ιδιώτες, από τους οποίους οι σημαντικότεροι ήσαν ο Ερρίκος Μισραχή και ο Νικόλαος Ψυχάρης που κατείχαν το 70% και 20% αντίστοιχα της συνολικής έκτασης των τότε γνωστών μεταλλευτικών παραχωρήσεων. Οι τελευταίοι, το 1893 με έγκριση του Οθωμανικού Υπουργείου Μεταλλείων και Δασών, μεταβίβασαν τα δικαιώματα τους στην «Γαλλο-Οθωμανική Α.Ε. Μεταλλείων Κασσάνδρας», που δραστηριοποιήθηκε στην παραγωγή μαγγανιούχου μεταλλεύματος. Μέχρι το 1908, οπότε και διέκοψε τη λειτουργία της λόγω του ανταγωνισμού από τα μαγγανιούχα μεταλλεύματα της Μαύρης θάλασσας, η εταιρία παρήγαγε 800.000t μεταλλεύματος περιεκτικότητας 30 - 40% Mn.

Γνωστά μεταλλευτικά έργα της περιόδου αυτής στην περιοχή των Μαύρων Πετρών είναι οι στοές Σπατόνι (+491 m), Ευγενίδη (+459 m), Φερναντέζ (+491 m), Σερπιέρι (+470 m) και Μπον Εσπεράνς (360 m) και το φρέαρ Φερνάντ.

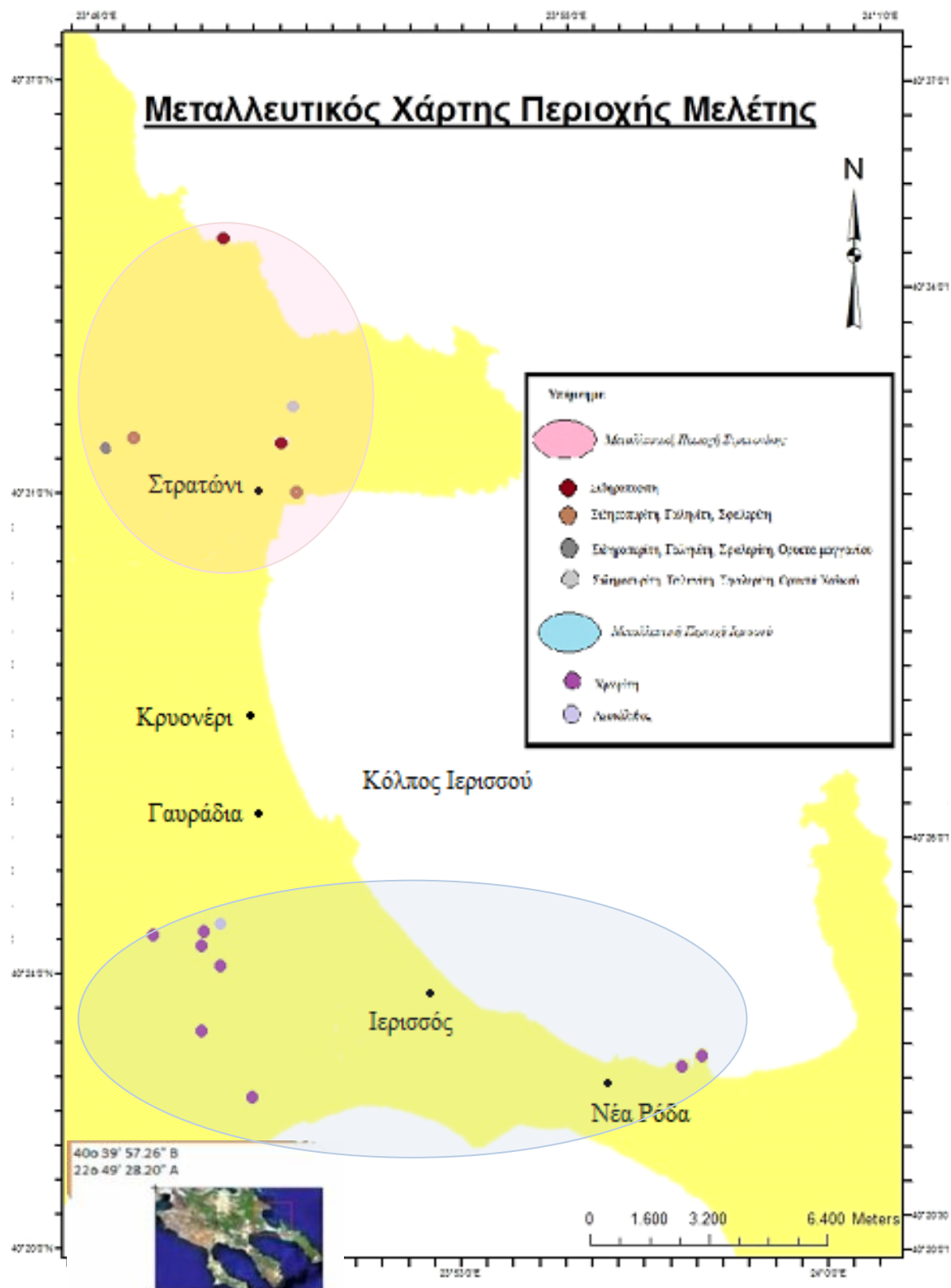
Αξιοσημείωτο είναι, ότι στην περιοχή μεταξύ Μαύρων Πετρών και Σταγείρων και κατά την σε βάθος επέκταση των έργων εκμετάλλευσης της μαγγανιούχου μεταλλοφορίας, απαντήθηκαν αρχαίες εργασίες σε περιοχές μετάβασης σε θειούχα μεταλλοφορία πλούσια σε χρυσό και άργυρο, που αποτέλεσαν αντικείμενο εκμετάλλευσης και των νεώτερων χρόνων.

Το 1927 και 1928 τα παραπάνω μεταλλεία με έγκριση του Υπουργού Εθνικής Οικονομίας μεταβιβάστηκαν στην Α.Ε.Ε.Χ.Π.&Λ. (με έτος ίδρυσης το 1909) και έτσι δημιουργήθηκε το Τμήμα Μεταλλείων της Εταιρίας με την επωνυμία «Μεταλλεία Κασσάνδρας». Από τότε μέχρι το 1976 η Α.Ε.Ε.Χ.Π.&Λ. με τη συνεχή επέκταση των μεταλλευτικών δικαιωμάτων της στην περιοχή απέκτησε την κυριότητα σημαντικού τμήματος του ορυκτού πλούτου της ΒΑ Χαλκιδικής. Αρχικά η δραστηριότητα της εταιρίας επικεντρώθηκε στην Εκμετάλλευση του σιδηροπυρίτη του Μαντέμ Λάκκου (θέση Chevalier),

που αποτελούσε την πρώτη ύλη για την παραγωγή, μετά από φρύξη, θεικού οξέος. Το μετάλλευμα, που εξορυσσόταν υφίσταντο υδρομηχανικό εμπλουτισμό σε μονάδα εγκαταστημένη στον όρμο του Στρατωνίου. Η ανάκτηση του περιεχόμενου στο μέταλλευμα σιδηροπυρίτη κρίνεται με τα σημερινά δεδομένα χαμηλή (<75%). Τα παραγόμενα στείρα απορρίπτονταν στην παρακείμενη θαλάσσια περιοχή. Το 1953 η Α.Ε.Ε.Χ.Π.&Λ. ξεκίνησε την λειτουργία του Μεταλλείου του Μαντέμ Λάκκου και το 1957 του Μεταλλείου των Μαύρων Πετρών με παραγωγή μικτών θειούχων μεταλλευμάτων (B.P.G.). Παράλληλα κατασκεύασε, στη θέση του παλαιού πλυντηρίου στο Στρατώνι, εργοστάσιο εμπλουτισμού διαφορικής επίπλευσης για την παραγωγή θειούχων συμπυκνωμάτων μολύβδου, ψευδαργύρου και σιδηροπυρίτη. Στη θέση της παλαιάς μονάδας εμπλουτισμού κατασκευάστηκαν το 1971 και 1974 δύο νέα εργοστάσια εμπλουτισμού δυναμικότητας κατεργασίας 50 t/h το καθένα. Το 1974 η Α.Ε.Ε.Χ.Π.&Λ. εγκατέλειψε την εκμετάλλευση του κοιτάσματος σιδηροπυρίτη του Μεταλλείου του Μαντέμ Λάκκου, από το οποίο παραγόταν συμπύκνωμα κοινού σιδηροπυρίτη (standard), και περιορίστηκε στην αξιοποίηση των μικτών θειούχων μεταλλευμάτων της περιοχής. Το 1972 ξεκίνησε παράλληλα τη δοκιμαστική εκμετάλλευση της μικτής θειούχας χρυσοφόρου μεταλλοφορίας του Μεταλλείου Ολυμπιάδας. Το μέταλλευμα της Ολυμπιάδας κατεργάζονταν στις εγκαταστάσεις εμπλουτισμού του Στρατωνίου μέχρι το 1976, οπότε τέθηκε σε λειτουργία το εργοστάσιο εμπλουτισμού της Ολυμπιάδας, δυναμικότητας 50 t/h. Τα εργοστάσια εμπλουτισμού του Στρατωνίου διέκοψαν την απόρριψη στον όρμο του Στρατωνίου, αρχικά του αδρομερούς, το 1978 και στη συνέχεια του λεπτομερούς κλάσματος, του τέλματος του εμπλουτισμού, το 1983 με αντίστοιχη απόθεση τους στη θέση Chevalier του Μεταλλείου Μαντέμ Λάκκου. Τα Μεταλλεία Κασσάνδρας από το 1987 και μετά εφάρμοσαν σταδιακά μεθόδους λιθογόμωσης σε αντικατάσταση της παλαιάς μεθόδου της κατακρήμνισης της οροφής κατά διαδοχικούς ορόφους. Σαν υλικό λιθογόμωσης χρησιμοποιείται το αδρομερές τέλμα εμπλουτισμού αναμεμιγμένο με τσιμέντο.

Το 1992 με την απόφαση Νο 4299/1992 του Πρωτοδικείου Αθηνών η Α.Ε.Ε.Χ.Π.&Λ. ιδιοκτήτρια των Μεταλλείων Κασσάνδρας ετέθη σε ειδική εκκαθάριση επί τη βάση των προβλέψεων του άρθρου 46α του Ν. 1892/1990 με εκκαθαρίστρια την «Εθνική Κεφαλαίου Α.Ε. Διαχείρισης Ενεργητικού και Παθητικού». Στα πλαίσια της ειδικής εκκαθάρισης και μετά από διεθνή πλειοδοτικό διαγωνισμό, που διενήργησε η «Εθνική Κεφαλαίου ΑΕ Διαχείρισης Ενεργητικού και Παθητικού», η TVX HELLAS, θυγατρική της TVX GOLD Inc., απέκτησε το ενεργητικό του Συγκροτήματος των Μεταλλείων Κασσάνδρας. Η σχετική σύμβαση υπογράφηκε στις 21 Δεκεμβρίου 1995 με ως εκ τρίτου συμβαλλόμενα μέρη το Ελληνικό Δημόσιο και την TVX GOLD Inc, και επικυρώθηκε από το Ελληνικό Κοινοβούλιο με τον Ν. 2436/1996.

Το επενδυτικό σχέδιο της TVX Hellas Α.Ε. δεν κατέστη δυνατό να υλοποιηθεί εντός των σχετικών χρονοδιαγραμμάτων με αποτέλεσμα στις 12 Δεκεμβρίου 2003 υπογράφηκε μεταξύ της TVX Hellas Α.Ε. και του Ελληνικού Δημοσίου σύμβαση εξωδικαστικού συμβιβασμού (αρ. συ. 22137/2003), με βάση την οποία το σύνολο της κυριότητας των Μεταλλείων Κασσάνδρας επέστρεψαν στο Ελληνικό Δημόσιο. Τέλος, με την υπ' αριθμό 22138 σύμβαση που υπογράφηκε μεταξύ Ελληνικού Δημοσίου και της Ελληνικός Χρυσός Α.Ε. και η οποία κυρώθηκε με τον Νόμο 3220/18.1.2004 (ΦΕΚ 15Α/2004) μεταβιβάστηκε στην Ελληνικός Χρυσός Α.Ε., το σύνολο των στοιχείων του ενεργητικού των Μεταλλείων Κασσάνδρας.



Σχήμα 1.4.1: Μεταλλευτικός χάρτης περιοχής μελέτης. Πηγή: Φύλλα χάρτη Στρατονίκης και Ιερισσού από ΙΓΜΕ (1978) επεξεργασμένα με το πρόγραμμα ArcMAP

1.5. Βιβλιογραφική ανασκόπηση περιοχής

Στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος LIFE-MANAGMENT με τίτλο «Concerted actions for the management of the coastal zone of Strymonikos Gulf» διεξήχθησαν μία σειρά εργασιών που αφορούν το θαλάσσιο οικοσύστημα και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του Στρυμονικού κόλπου και του κόλπου της Ιερισσού. Στην εργασία «Sediment Pollution by Heavy metals in the Strymonikos and Ierissos Gulfs, North Aegean Sea, Greece» (Stamatis N. et al, 2001) επισημαίνεται η έντονη ρύπανση του κόλπου της Ιερισσού και ιδιαίτερα στην ΒΔ πλευρά του από Pb, Zn και Cu. Η διαπίστωση της περιορισμένης συμβολής των εισροών των ποταμών στον κόλπο, της ισχυρής επίδρασης της Μαύρης Θάλασσας (BSW) στην υδρογραφία του κόλπου και του χρονικού κύκλου της αλατότητας και την εισροή, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, των νερών της θάλασσας της Λεβαντίνης προέκυψαν ως αποτέλεσμα της μελέτης «Hydrographic variability, nutrient distribution and water mass dynamics in Strymonikos Gulf (Northern Greece)» (Sylaios et al, 2006). Στην εργασία « Mesozooplankton in the Strymonikos and Ierissos Gulfs. Description of the coastal zone of Strymonikos and Ierissos Gulfs» (Michaloudi, 1999), επισημαίνεται πως ο Στρυμονικός κόλπος και ο κόλπος της Ιερισσού είναι από τις πιο παραγωγικές περιοχές των ελληνικών θαλασσών.

2. Περιοχή Μελέτης-Κόλπος Ιερισσού

2.1. Γεωγραφική Θέση-Γεωμορφολογικά Χαρακτηριστικά

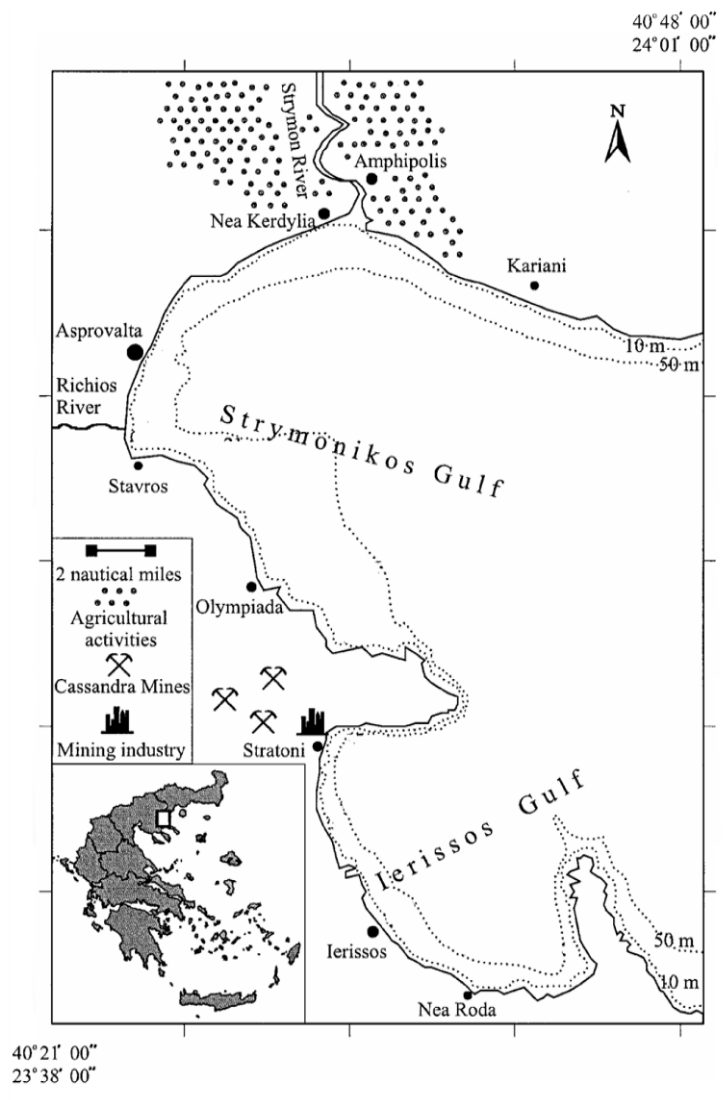
Ο κόλπος της Ιερισσού βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του Βορείου Αιγαίου, έχει έκταση 166km² και όγκο 8,3*10⁹ m³ και αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες ημίκλειστες υδατικές επιφάνειες του Βορείου Αιγαίου, η οποία συνδέεται με τον εξωτερικό Στρυμονικό κόλπο μέσω ενός ανοίγματος μήκους 10km. Η γεωστροφική κυκλοφορία των θαλασσίων ρευμάτων στο εξωτερικό του Στρυμονικού Κόλπου δείχνει σαφώς ένα μετωπικό σύστημα (frontal system) με κατεύθυνση βορρά-νότου και μία νότια ροή προς τον κόλπο της Ιερισσού και έξω από τον Στρυμονικό κόλπο (Sylaios et al., 2006). Ο κόλπος έχει ελλειπτικό σχήμα και ΒΔ-ΝΑ προσανατολισμό. Ο πυθμένας είναι απότομος κοντά στην ακτή, με την ισοβαθή των 50m να βρίσκεται πολύ κοντά της. Είναι μια ημίκλειστη λεκάνη που το κεντρικό σημείο της έχει βάθος 80 m αλλά εξωτερικά κοντά στην είσοδό της εμφανίζει μία υφαλοράχη. Ο βυθός κλείνει ελαφρώς στο ΝΑ τμήμα παρουσιάζοντας ένα επικλινές βάθος 65-70m (Perissoratis & Mitropoulos, 1988). Θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους ιχθυότοπους του Βορείου Αιγαίου για τα πελαγικά είδη (Kallianiotis, 1999).

Στον κόλπο της Ιερισσού από ωκεανογραφική άποψη παρουσιάζονται τρεις τύποι υδάτων:

- ποτάμια ύδατα (river plume water, RPW)
- ύδατα της Μαύρης Θάλασσας (BWS)
- ύδατα της θάλασσας της Λεβαντίνης (LIS)

Η είσοδος των υδάτων των χειμάρρων της περιοχής σχετίζεται άμεσα με την εποχικότητα και η στρωμάτωσή τους στον κόλπο της Ιερισσού περιορίζεται σε ένα επιφανειακό στρώμα το οποίο ποικίλει από 1m έως 4m πάχος ανάλογα με την εποχή. Το στρώμα των υδάτων της Μαύρης Θάλασσας παρουσιάζεται στην υδάτινη στήλη όλες τις περιόδους, με μία μείωση το καλοκαίρι οπότε και εισρέουν στον κόλπο ύδατα της θάλασσας της Λεβαντίνης. Η διαμόρφωση της υδάτινης στήλης σχετίζεται άμεσα με τον κύκλο επιφανειακής θέρμανσης και την επίδραση της άνωσης (Sylaios et al., 2006).

Από βιολογικής απόψεως στον κόλπο της Ιερισσού εκτιμάται ότι σωματίδια φωσφόρου εκλύονται από τα ιζήματα στη στήλη νερού της Ιερισσού. Επίσης θεωρείται ένας καθαρός παραγωγός οργανικής ύλης μέσω της αναπνοής και χαρακτηρίζεται ως κόλπος στον οποίο πραγματοποιούνται διεργασίες απονιτροποίησης (Sylaios, 2003).



Σχήμα 2.1.1: Χάρτης περιοχής κόλπου Ιερισσού. Πηγή: Stamatis N, et al, 2001

2.2. Γεωτεκτονική- Γεωλογία της Περιοχής

2.2.1. Γεωτεκτονική Τοποθέτηση της Ευρύτερης Περιοχής

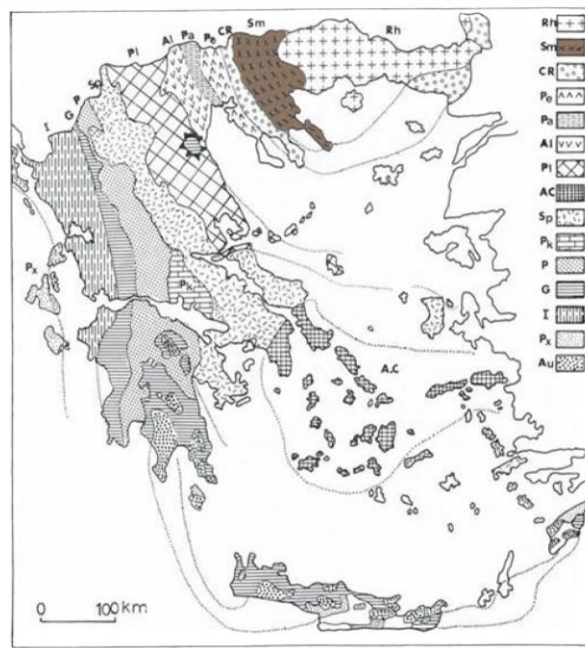
Η περιοχή μελέτης ανήκει γεωτεκτονικά στη Σερβομακεδονική μάζα, η οποία οριοθετείται ανατολικά, από τα Ελληνογιουγκοσλάβικα σύνορα έως τη Χαλκιδική και δυτικά από τον ποταμό Στρυμόνα (Kockel & Walther, 1968 και Mercier, 1966). Τα πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας συνιστούν το μεταμορφωμένο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της περιοχής, το οποίο έχει διαχωριστεί σε δύο σειρές, την κατώτερη σειρά Κερδυλλίων και την ανώτερη σειρά Βερτίσκου (Kockel & Walther 1968).

Η σειρά των Κερδυλλίων εμφανίζεται στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης έως την Ιερισσό. Η λιθοστρωματογραφία της σειράς αποτελείται από τους εξής ορίζοντες (από τους βαθύτερους προς τους ανώτερους) (Μουντράκης, 1985):

- βιοτιτικοί γενεύσιοι,
- κατώτερος ορίζοντας μαρμάρου,
- βιοτιτικός γενεύσιος,
- ενδιάμεσος ορίζοντας μαρμάρου,
- βιοτιτικός γενεύσιος,
- ανώτερος ορίζοντας μαρμάρου.

Η σειρά του Βερτίσκου εκτείνεται στο υπόλοιπο τμήμα της περιοχής μελέτης, φτάνει μέχρι τα σύνορα της Ελλάδας με τη Βουλγαρία και των Σκοπιών και επεκτείνεται και στο έδαφος των δύο αυτών χωρών. Η λιθοστρωματογραφική στήλη της σειράς αποτελείται από τους εξής σχηματισμούς:

- διμαρμαρυγιακοί γενεύσιοι,
- διμαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι-γρανατούχοι,
- μάρμαρα,
- βιοτιτικοί γενεύσιοι,
- αμφιβολίτες και
- άλλα μεταβασικά πετρώματα.



Σχήμα 2.2.1.1: Γεωτεκτονικό σχήμα των ζωνών της Ελλάδος Πηγή: Μουντράκης, 1985

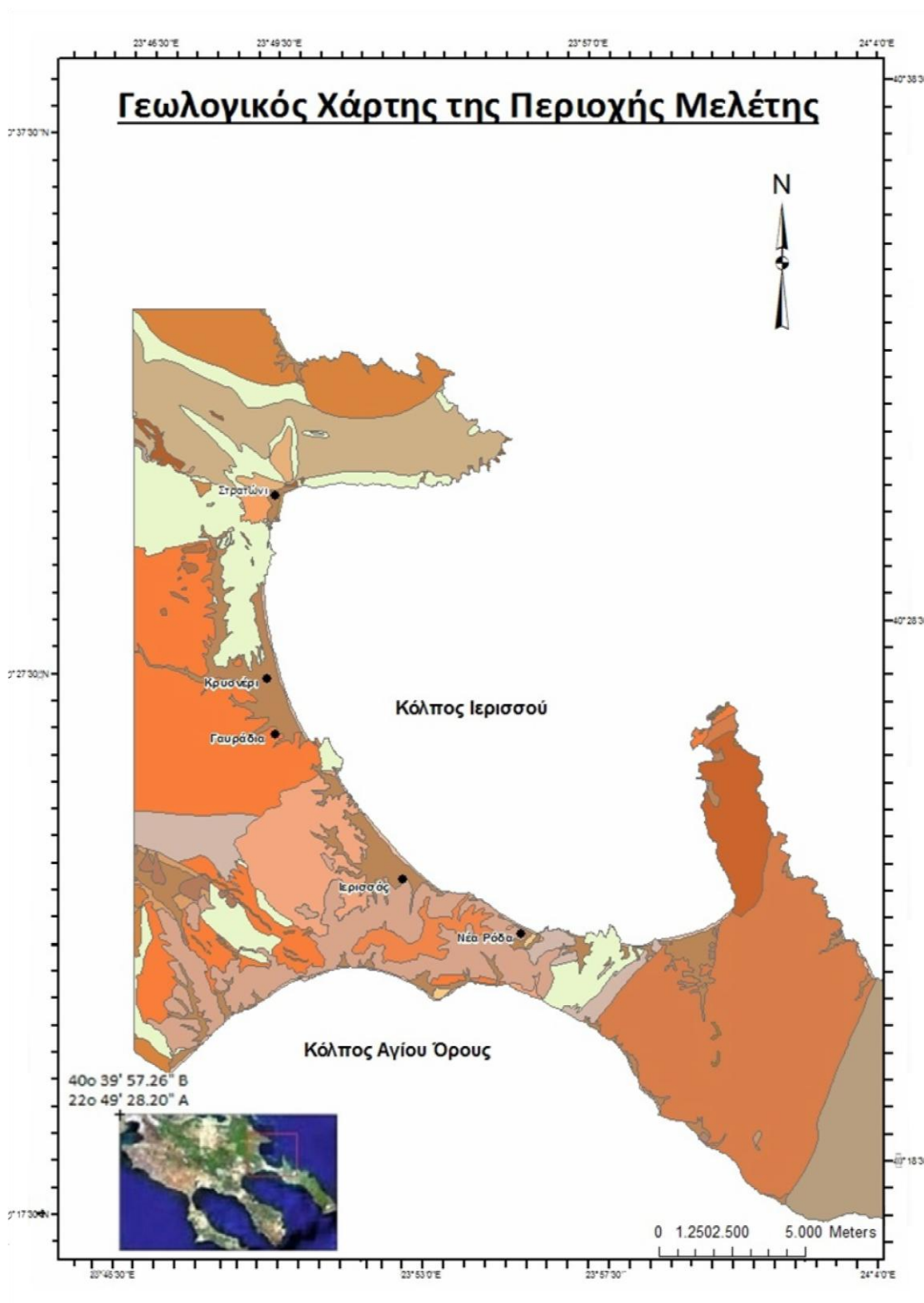
2.3. Γεωλογία της Περιοχής Μελέτης

Τα πετρώματα του υποβάθρου της ευρύτερης περιοχής ανήκουν στη Σερβομακεδονική μάζα, στις σειρές Βερτίσκου και Κερδυλλίων αποτελώντας τα μητρικά πετρώματα της μεταλλοφορίας. Σημαντική έκταση έχουν τα πυριγενή πετρώματα που αναπτύσσονται εκατέρωθεν του ρήγματος του Στρατωνίου και ειδικότερα (Μουντράκης, 1985):

- Γρανодиρίτης (Στρατωνίου). Περιέχει κεροστίλβη και βιοτίτη και μεταβαίνει προς διορίτη. Συναντάται βόρεια του Στρατωνίου, στα όρια του οικισμού και στη θέση Ασπροχώματα. Στα περιθώρια του γρανίτη υπάρχει ζώνη μεταμόρφωσης επαφής (skarn) και άλως απλιτικών διεισδύσεων. Η τοποθέτηση της ακολουθεί καθαρά τεκτονικές γραμμές.
- Χαλαζοδιοριτικός πορφύρης. Περιέχει κεροστίλβη και βιοτίτη με πορφυριτικό ιστό. Κατά θέσεις παρατηρούνται και υδροθερμικές εξαλλοιώσεις. Παρατηρείται με τη μορφή μικρών κοιτών και φακών στην περιοχή νότια του Στρατωνίου, με μεγαλύτερη εξάπλωση στο Γεφύρι Λάκκο.
- Διοριτικός πορφύρης. Και αυτός περιέχει κεροστίλβη και βιοτίτη και έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με τον προηγούμενο. Βρίσκεται σε μικρές εμφανίσεις βόρεια της Στρατονίκης.
- Διμαρμαρυγικός γνεύσιος. Αποτελείται από πλαγιокλάστα, χαλαζία, μοσχοβίτη, βιοτίτη, αστρίου, επίδοτο και επουσιώδη ορυκτά. Συχνά διατέμνεται από πηγματοειδείς φλέβες και απλιτικές παρείσακτες κοίτες. Συναντάται στην περιοχή των Σκουρίων και έχει μεγάλη έκταση.

Τα ιζήματα στην περιοχή μελέτης έχουν περιορισμένη έκταση, εντοπίζονται κυρίως στις κοίτες των χειμάρρων καθώς και στις χαμηλές ζώνες κοντά στην ακτή. Ειδικότερα :

- Πλειστοκαινικές αποθέσεις αδιαίρετες που περιλαμβάνουν, υλικά του ανώτερου συστήματος αναβαθμίδων της περιοχής, πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων καθώς και πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις.
- Υλικά των ποτάμιων αναβαθμίδων της ευρύτερης περιοχής διαχωρίζονται σε ανώτερο σύστημα (Ηλικίας: Πλειστοκαίνου) και κατώτερο σύστημα (Ηλικίας: Ολοκαίνου). Το ανώτερο σύστημα εντοπίζεται κατά μήκος της κοιλάδας του χειμάρρου μεταξύ των Σταγείρων και της Στρατονίκης. Το κατώτερο σύστημα βρίσκεται έξω από την περιοχή μελέτης.
- Οι κώνοι κορημάτων είναι πρόσφατοι, μικρής εξάπλωσης και αναπτύσσονται στις εξόδους μικρών ρεμάτων.
- Οι αλλουβιακές αποθέσεις έχουν περιορισμένη έκταση. Εντοπίζονται κυρίως στις κοίτες ρεμάτων της περιοχής, και έχουν κάπως μεγαλύτερη εμφάνιση στις ακτές του Στρατωνίου.



Σχήμα 2.3.1: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής μελέτης. Πηγή: Φύλλα χάρτη Στρατονίκης και Ιερισσοῦ από ΙΓΜΕ (1978) επεξεργασμένα με το πρόγραμμα ArcMAP

Υπόμνημα		
<u>Ιζηματογενή Πετρώματα</u> Ολόκαινο		
	Αλλουβιακές αποθέσεις	Αμμούχες άργιλοι, άμμοι και ψηφίδες
	Παράκτιες αποθέσεις	Άμμοι και θίνες
	Ιζήματα παράκτιων λιμνών και λιμνοθαλασσών	Άμμοι και αμμούχες άργιλοι
	Κατώτερη βαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων	Κυρίως αμμοι και κροκάλες
	Αλλουβιακά ριπίδια	Διαφόρων ηλικιών
	Μπάζα μεταλλείων	
Πλειστόκαινο		
	Πλειστοκαινικές αποθέσεις αδιαίρετες	Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων, συγκολλημένα πλευρικά κορήματα, κυρίως ερυθρού χρώματος και τεμαχισμένοι κώνοι κορημάτων
Νεογενές Ανωτ. Μειοκαινο-Κατ. Πλειόκαινο		
	Λιμναίοι ασβεστόλιθοι	Υπόλευκοι, ευθρυπτοι, κάποτε με ενστρώσεις ασβεστιτικών ψαμμιτών.
	Σειρά ερυθρών αργίλων	Ερυθρές έως κεραμόχρωμες άργιλοι με μαρμαρυγία και διάσπαρτα μικρά ασβεστιτικά συγκρίματα, κατά θέσεις αμμούχες με ψηφίδες και μικροκροκαλοπαγή, καθώς και με ενστρώσεις ασβεστιτικών ψαμμιτών και ασβεστιτικών συγκριμάτων
<u>Μεταιζηματογενή Πετρώματα</u> <u>Ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα</u> Τριαδικό-Μέσο Ιουρασικό Ομάδα Σβούλας		
	Φυλλίτες	Σκοτεινότεφροι έως μαύροι, μερικούς γρανατούχοι, γραφικοί, με μικρές ενστρώσεις χαλαίτη
<u>Σερβομακεδονική Μάζα</u> Παλαιοζωικό <u>Σχηματισμός Βερτίσκου</u>		
	Διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι	Σκοτεινότεφροι ή καστανοί λεπτο- έως μεσόκοκκοι, μονότονοι
	Μάρμαρα	Λευκά έως γαλαζωπά, αδρόκοκκα σε φακούς και στρώματα
	Γρανατιτικοί- βιοιτικοί- μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι	
Σειρά Κερδυλίων		
	Ανώτερος ορίζοντας μαρμάρων	Μάρμαρα γαλαζωπά ή λευκά, χονδρόκοκκα, παχυστρωματώδη
	Βιοιτικός γνεύσιος	Απομεταμορφωμένος σε βιοιτικό-χλωριτικό-επιδοιτικό σχιστόλιθο με υπολείμματα πλαγιόκλαστων
	Κατώτερος ορίζοντας μαρμάρων	Γαλαζωπά ή λευκά, χονδρόκοκκα, παχυστρωματώδη, με οσμή και ενστρώσεις βιοιτικού γνευσίου, κεροστιλβικού γνευσίου και αμφιβολιτών.
<u>Εκρηξιγενή πετρώματα</u> <u>Χωρίς σχιστότητα</u> Τριτογενές		
	Κεροστιλβικός- βιοιτικός χαλαζοδιοριτικός πορφύρης	Πορφυριτικός ιστός και πιλοταξική, συγκολλητική ύλη, σε σωρούς και φλέβες, μερικούς εξαλλοιωμένος υδροθερμικά
	Κεροστιλβικός- βιοιτικός Διοριτικός πορφύρης	Πορφυριτικός ιστός και πιλοταξική συγκολλητική ύλη μερικούς εξαλλοιωμένος υδροθερμικά
	Κεροστιλβικός βιοιτικός γρανοδιορίτης (Στρατωνίου)	Τεφρός, λεπτο- έως μεσόκοκκος με διάσπαρτη μεταλλοφορία σιδηροπυρίτη. Διεισδύσεις διοριτικών φλεβών
	Βιοιτικός- μοσχοβιτικός γρανίτης (της Ιερισσού)	Χονδρόκοκκος. Τα περιθωριακά τμήματα διατέμνονται από φλέβες πηγματίτη
<u>Μεταμορφωμένα και σχιστώδη</u> Μεσοζωικό		
	Απλιτικός γρανοδιορίτης (τύπου Χιλανδαρίου)	Λευκοκρατικός, πολύ ομοιογενής, μέσο- έως αδρόκοκκος ή μικροπηγματιτικός
	Βιοιτικός και διμαρμαρυγικός γρανοδιορίτης (τύπου Σιθωνίας)	Σχιστώδης, μεσόκοκκος. Διατέμνεται από πολυάριθμες φλέβες πηγματίτη και χαλαζία
	Παρεΐσακτες κοίτες, φλέβες και αποφύσεις γρανοδιορίτη τύπου	Διεισδύουν στα μεταιζήματα

	Σιθωνίας	
	Πλαγιοκλαστικός- μικροκλινικός γνεύσιος	Υπόλευκος έως ροδόχρμος, μεσο-λεπτόκοκκος, λεπτοστρωματώδης ή με οφθαλμοειδή ιστό
Παλαιοζωικό		
	Αμφιβολίτες	Σκοτεινοπράσινοι ή μαύροι σε λεπτά στρώματα με καλή στρώση, λεπτό – έως μεσόκοκοι. Μερικές φορές βλαστοφειρικός ιστός με υπολείμματα σωσσυριτωμένων πλαγιοκλαστικών και πυροξένων
	Αμφιβολίτες που εναλλάσσονται με διαμαρμαρυγιακούς γνευσίους, βιοιτιτικούς γνευσίους και κεροστιλβικούς- βιοιτιτικούς γνευσίους του σχηματισμού Βερτίσκου	
	Περιδοτίτες και δουνίτες	Γενικά σερπεντινιωμένοι, σε ταλκικούς- γραμματιτικούς σχιστολίθους
	Περιοχή με αξιόλογο «σιδηρούν επικάλυμμα»	

2.4. Τεκτονική εξέλιξη περιοχής μελέτης

Η γεωτεκτονική ζώνη της Σερβομακεδονικής υπόκειται σε συνεχή τεκτονική δράση από τον Παλαιοζωικό αιώνα μέχρι τις τελευταίες φάσεις της Αλπικής πτύχωσης, που τοποθετούνται στα όρια μεταξύ Ηωκαίνου και Ολιγοκαίνου. Η νεοτεκτονική δραστηριότητα στην περιοχή χαρακτηρίζεται από κανονικά ρήγματα.

Πολλά τεκτονικά κέρατα και τεκτονικές τάφροι έχουν σχηματιστεί κατά μήκος του Σερβομακεδονικού όγκου, ως αποτέλεσμα της νεοτεκτονικής δραστηριότητας. Νεογενή - Τεταρτογενή ιζήματα όπως αμμόδης μάργα, υφάλμυροι - λιμναίοι ασβεστόλιθοι, άμμος, ιλύς - άμμος επεκτείνονται σε μέρη της χερσονήσου της Χαλκιδικής όπως η περιοχή της Ιερισσού και του Γοματίου και η απόθεση τους σχετίζεται με τις αντίστοιχες νεοτεκτονικές φάσεις (Pavlides & Kilias 1987).

Η νεοτεκτονική ιστορία της υπολεκάνης του Γοματίου – Ιερισσού, της λεκάνης της Μυγδονίας και της υπολεκάνης της Μαραθούσας προσδιορίζεται στα μέσα με τέλη του Μειοκαίνου (Pavlides & Kilias 1987). Οι πρώτες τεκτονικές φάσεις συντέλεσαν στο σχηματισμό της μεγάλης τεκτονικής τάφρου και πολλών κανονικών ρηγμάτων που κυριαρχούν στην περιοχή. Μια δεύτερη σημαντική τεκτονική δραστηριότητα εμφανίστηκε τουλάχιστον κατά τη διάρκεια των αρχών έως τα μέσα της Τεταρτογενούς περιόδου, όπως σημειώνεται από τη κατανομή των ιζημάτων της Πλειο-Τεταρτογενούς περιόδου, από ρήγματα (μέσο- και μικρό - τεκτονικής δομής) που επηρεάζουν αυτά τα ιζήματα, όπως επίσης από την παρουσία χαρακτηριστικών ρηγμάτων, στα όρια μεταξύ πρόσφατων ιζημάτων (Pavlides & Kilias 1987).

Η χερσόνησος της Χαλκιδικής είναι μια περιοχή με ενδοηπειρωτικές διαρρήξεις οι οποίες χαρακτηρίζονται από τεκτονικά κέρατα, τεκτονικές τάφρους και μεγάλης γωνίας κλίσης κανονικά ρήγματα. Σε πολλές περιπτώσεις αυτά τα ρήγματα σχετίζονται με σημαντικά οριζόντια άλματα - μετατοπίσεις.

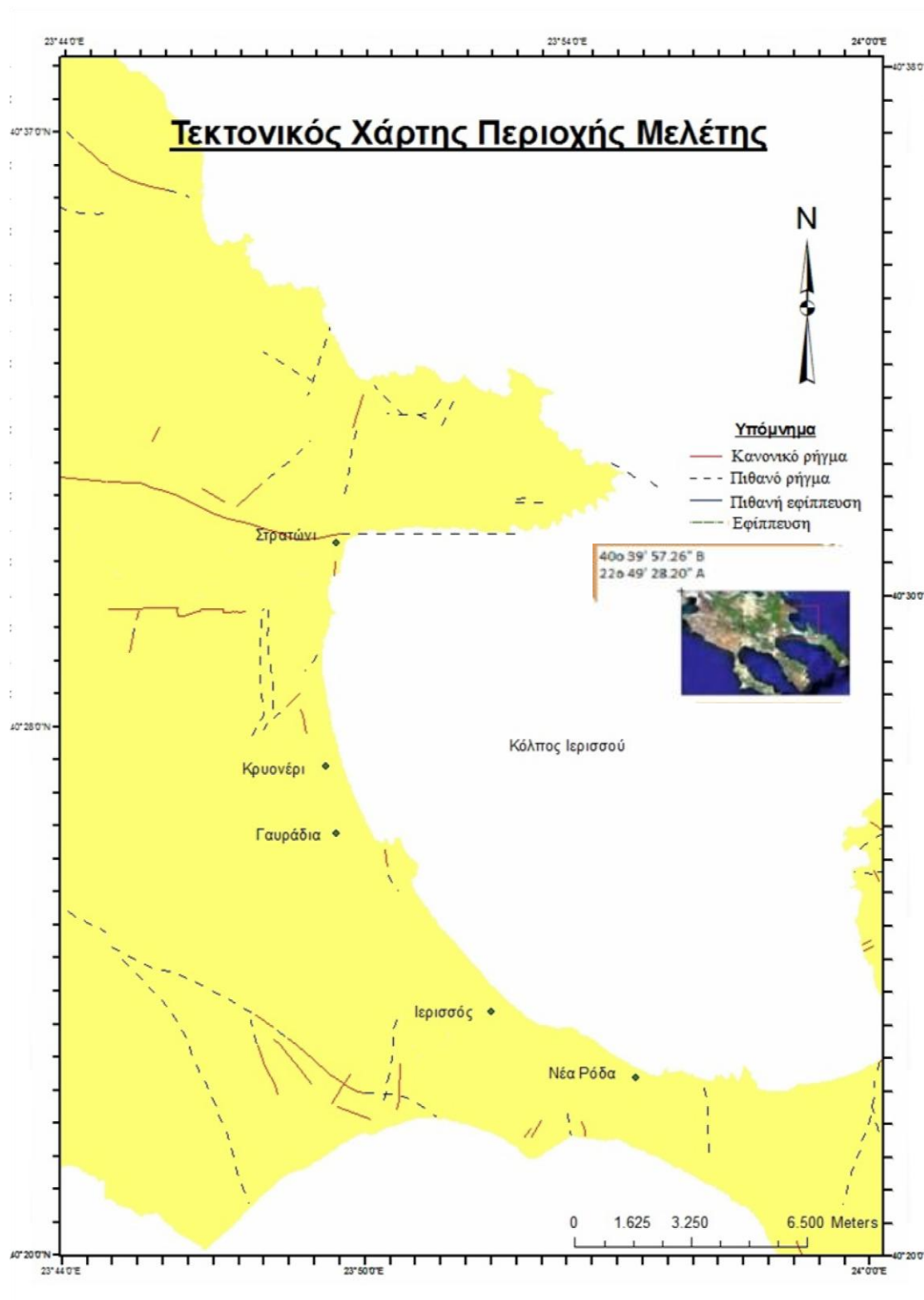
Οι εφελκυστικές τάσεις που ασκούνται στην περιοχή έχουν γενική διεύθυνση Βορράς - Νότος και προκαλούν κανονικά ρήγματα, κυρίως Ανατολικής - Δυτικής διεύθυνσης.

Ειδικότερα τα μεγάλα ρήγματα που δεσπόζουν στον ευρύτερο χώρο της ΒΑ Χαλκιδικής αναπτύσσονται σε τρεις γενικές διευθύνσεις (Mountrakis, 2004, Pavlides & Kilias 1987). Ένα σύστημα διευθύνσεων προσανατολίζεται σε μία ΒΔ - ΝΑ ως ΒΒΔ - ΝΝΑ κατεύθυνση, ένα δεύτερο σύστημα έχει διεύθυνση περίπου Α - Δ ως ΔΒΔ - ΑΝΑ και ένα τρίτο σύστημα έχει μία ΒΑ - ΝΔ κατεύθυνση, ενώ μερικά ρήγματα τείνουν περίπου σε μία Β - Ν κατεύθυνση.

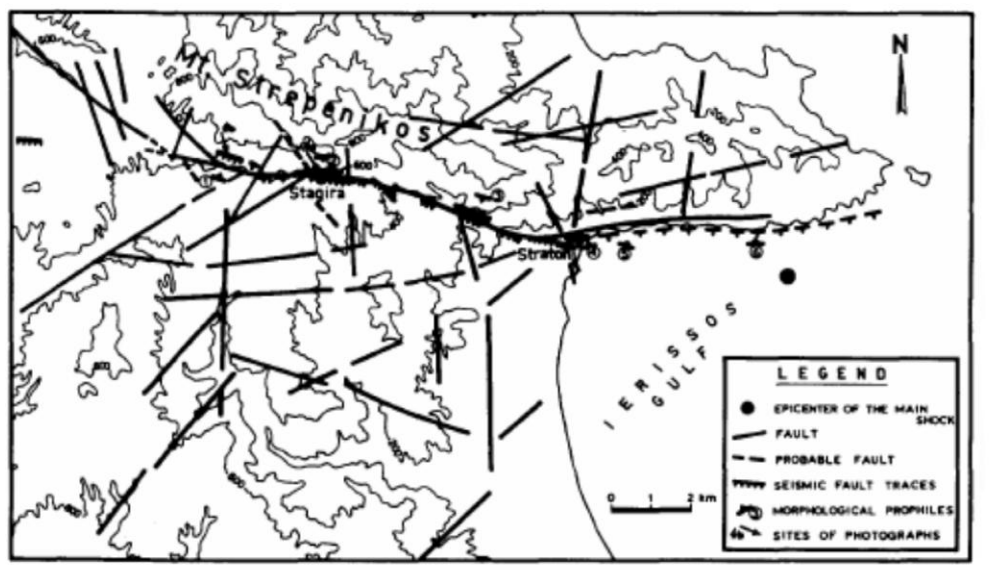
Σύμφωνα με τους Pavlides & Kiliass (1987) δομές που ανήκουν στο ΔΒΔ - ΑΝΑ και Α - Δ σύστημα χαρακτηρίζονται από κανονικά ρήγματα με γραμμώσεις που έχουν γωνία κλίσεως 70° και 90° π.χ. το ρήγμα της Ιερισσού με διεύθυνση B95°, κλίση 77°N, pitch 84 Δ, κανονικό. Δομές που ανήκουν στο ΒΔ - ΝΑ σύστημα αποτελούνται κυρίως από κανονικά ρήγματα που δείχνουν μερικές φορές δύο ομάδες γραμμώσεων, ένα με κινήσεις κλίσης ολίσθησης (οι γωνίες κλίσεως κυμαίνονται μεταξύ 65°-85°) και ένα δεύτερο με ευδιάκριτο αριστερόστροφο οριζόντιο άλμα ρήγματος που έχει βαθμό κλίσεως μεταξύ 40°-65° όπως το μεγάλο ρήγμα του Γοματίου με διεύθυνση B130°, κλίση 65°NΔ, pitch 50°NΑ, κανονικό, αριστερόστροφο και μία μεσοδομή στην περιοχή της Αρναίας με διεύθυνση B135°, κλίση 55°NΔ, pitch 45°NΑ, κανονικό, αριστερόστροφο.

Οι δομές που ανήκουν στις ΒΑ-ΝΔ διευθύνσεις ρήγματα δείχνουν ένα κανονικό χαρακτήρα με δεξιόστροφα οριζόντια άλματα (Pavlides & Kiliass 1987). Σε αυτή τη δομή ανήκει και το ρήγμα της Βαρβάρας με διεύθυνση B65°, κλίση 70°, pitch (βαθμό κλίσεως) 45°NΔ το οποίο είναι πλάγιο κανονικό με δεξιόστροφη συνιστώσα.

Σημαντικό να αναφερθεί είναι ότι το 1932 ισχυρός σεισμός καταστρέφει την περιοχή της Ιερισσού και προκαλεί τεράστιες ζημιές. Ο σεισμός μεγέθους 7 βαθμών της κλίμακας ρίχτερ προερχόταν από το ρήγμα Στρατωνίου Α-Δ διεύθυνσης. Το συγκεκριμένο ρήγμα βυθίζεται απότομα προς τα νότια σε μεγάλο βάθος και ήταν ενεργό από το Ολιγόκαινο (Pavlides & Tranos, 1991) (Σχήμα 2.3.2).



Σχήμα 2.4.1: Τεκτονικός χάρτης ευρύτερης περιοχής μελέτης. Πηγή: Φύλλα χάρτη Στρατονίκης και Ιερισσού από ΙΓΜΕ (1978) επεξεργασμένα με το πρόγραμμα ArcMAP



Σχήμα 2.4.2: Χάρτης NA χερσονήσου της Χαλκιδικής (Ιερισσός, περιοχή Στρατωνίου) που δείχνει την κύρια σεισμική διάρρηξη του 1932, καθώς και τα ρήγματα της ευρύτερης περιοχής (έντονες γραμμές) (Pavlidis & Tranos, 1991).

2.4. Μορφολογία και Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης

Μορφολογικά στην περιοχή μελέτης διακρίνονται η ημιορεινή περιοχή και οι αλλουβιακές κοιλάδες Στρατωνίου και Κοκκινόλακκα. Η ημιορεινή περιοχή κυμαίνεται υψομετρικά από τα 20 m έως τα 800 m και καλύπτεται από πυκνή βλάστηση. Οι αλλουβιακές κοιλάδες έχουν υψόμετρα κάτω των 60 m και καλύπτονται στην περιοχή Στρατωνίου από αραιή βλάστηση και ελαιόδεντρα και στον Κοκκινόλακκα από πυκνή βλάστηση (Καταφιώτη, 2008). Στην περιοχή μελέτης παρουσιάζεται μία ομάδα χειμάρρων που εκβάλλουν στον κόλπο της Ιερισσού και έχουν κυρίως κατεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Ο χείμαρρος που αποτελεί κορμό του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής είναι ο Κοκκινόλακκας.

2.4.1. Λεκάνη απορροής χειμάρρου Κοκκινόλακκα

Στη λεκάνη αυτή περιλαμβάνονται η Στρατονίκη και οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις των μεταλλείων Μαντέμ Λάκκου και Μαύρων Πετρών. Η λεκάνη απορροής του Κοκκινόλακκα, είναι μια επιμήκης ρηξιγενούς προέλευσης στενή λεκάνη, που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης, με κατεύθυνση από τα ΒΔ προς τα Ν-ΝΑ. Αποστραγγίζει μια έκταση 89 km² περίπου και εμφανίζει επίμηκες σχήμα μήκους περί τα 12,5 km και μέσο πλάτος περί τα 2 km. Ο Κοκκινόλακκας πηγάζει ανατολικά της Στρατονίκης σε υψόμετρο 750 m. Τροφοδοτείται, στη διαδρομή του προς τη θάλασσα, από το Βόρειο και το Νότιο κλάδο του στα ανατολικά της λεκάνης και τα ρέματα Βαθύλακκα, παλαιό ρέμα Μαντέμ Λάκκου και Γιάνναβο στα βόρεια. Η λεκάνη είναι πυκνά δασωμένη, ιδιαίτερα στην ημιορεινή της περιοχή, με το πευκοδάσος να κυριαρχεί (Καταφιώτη, 2008). Από τις διαθέσιμες μετρήσεις παροχών φαίνεται ότι κατά την υγρή περίοδο ο Κοκκινόλακκας κατεβαίνει προς τις εκβολές του αυξάνοντας σταδιακά την παροχή του καθώς δέχεται τα

ύδατα των διαφόρων παραποτάμων του και φυσικών εκφορτίσεων. Κατά την ξηρή περίοδο υπάρχουν ενδείξεις εκτεταμένων κατεισδύσεων των υδάτων του Κοκκινόλακκα στα υπόγεια υδροπερατά στρώματα, μέσω των καθιζήσεων στις περιοχές των παλαιών εκμεταλλεύσεων. Με βάση τα γνωστά μετεωρολογικά και υδραυλικά δεδομένα για την περιοχή οι εκτιμώμενες παροχές είναι περίπου $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ η μέση και $0,92 \text{ m}^3/\text{s}$ η μέγιστη. Χαρακτηριστική είναι η περιοχή κατάντη της συμβολής του με τον Ασπρόλακκα όπου συχνά κατά την ξηρή περίοδο όλη η παροχή των δύο ρεμάτων κατεισδύει και φορτίζει την υπόγεια υδροφορία της εκβολής του Ασπρόλακκα (περιοχή Χιλανδαρίου) (Βεράνης 2001).

Το βόρειο περιθώριο της λεκάνης (υψόμετρο 100 m) έρχεται σε επαφή με τους αμφιβολίτες και το νότιο γειτονεύει με την συμβολή των ρεμάτων Κοκκινόλακκα - Ασπρόλακκα (υψόμετρο 20 m) όπου και σχηματίζεται η αλλουβιακή λεκάνη Χιλανδαρίου. Τα χαλαρά ιζήματα της λεκάνης Κοκκινόλακκα αποτελούνται από άμμο, χαλίκια, κροκάλες, όγκους πετρωμάτων (1-2 m) που προέρχονται από την διάβρωση, αποσάθρωση και μεταφορά στο υδρογραφικό δίκτυο πετρωμάτων που εντοπίζεται στη λεκάνη απορροής του Κοκκινόλακκα (μάρμαρα, γνεύσιοι, αμφιβολίτες, διορίτες, πηγματίτης, χαλαζίας, κομμάτια μεταλλοφορίας σιδηρομαγνήτων). Στο βόρειο τμήμα της λεκάνης των υπάρχουν “σκουριές” που είναι προϊόντα προηγούμενης εκκαμίνευσης. Η συμμετοχή του αργιλικού υλικού στα ιζήματα είναι μεγαλύτερη στο βόρειο τμήμα της λεκάνης από ότι στο νότιο. Το πάχος των ιζημάτων κυμαίνεται 10-15 m στο βόρειο τμήμα της λεκάνης και φθάνει τα 60 m στο κεντρικό και νότιο τμήμα της (Βεράνης, 2001).

Οι υδροφόροι ορίζοντες της λεκάνης του ρέματος Κοκκινόλακκα τροφοδοτούνται από τα επιφανειακά νερά του Κοκκινόλακκα, από πλευρικές ροές επιφανειακών και υπόγειων νερών των βραχωδών πετρωμάτων της λεκάνης και από την κατείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στους χαλαρούς σχηματισμούς. Οι υδροφόροι ορίζοντες της λεκάνης που αναπτύσσεται κυρίως στην ευρύτερη περιοχή, είναι ελεύθεροι και οι συντελεστές μεταβατικότητας (T) εκτιμάται ότι είναι $1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, η υδραυλική αγωγιμότητα $K = 1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ και ο συντελεστής εναποθήκευσης είναι $S = 10^{-3}$ (Κολιαδήμου, 1985).

Οι υδροφόροι ορίζοντες έχουν υδραυλική κλίση 0,005 και ενεργό πορώδες 0,35 ενώ η ταχύτητα κίνησης του υπόγειου νερού εκτιμάται ότι είναι 12m/day ή 4.500m/yr που χαρακτηρίζεται σαν πολύ υψηλή (Βεράνης, 2001).



Σχήμα 2.4.1.1: Χάρτης ρεμάτων που εκρέουν στον κόλπο της Ιερισσού Χαλκιδικής Πηγή: Φύλλα χάρτη Στρατονίκης και Ιερισσού από ΙΓΜΕ (1978) επεξεργασμένα με το πρόγραμμα ArcMAP

2.4.2. Λεκάνη Απορροής Ρέματος Αργυρώς

Έχει έκταση περίπου 1,4km² και βρίσκεται δυτικά του ρέματος Πόρτο. Η βόρεια πλευρά της λεκάνης είναι ημιορεινή με υψόμετρα που φτάνουν τα 645m ενώ η νότια πλευρά είναι σχεδόν εξ ολοκλήρου εντός της πεδιάδας του Στρατωνίου. Όσον αφορά την εδαφική κάλυψη το μεγαλύτερο ποσοστό της επιφάνειας (82%) το κατέχουν δάση και θαμνώδεις εκτάσεις ενώ σημαντικό τμήμα της (18%) καλύπτεται από πεδινές -δομημένες- εκτάσεις. Το ρέμα Αργυρώ έχει καθαρά χειμαρρική λειτουργία. Με βάση τα γνωστά μετεωρολογικά και υδραυλικά δεδομένα για την περιοχή μελέτης οι εκτιμώμενες παροχές είναι περίπου 0,003 m³/s η μέση και 0,01 m³/s η μέγιστη μετρημένη (Καταφιώτη, 2008).

2.4.3. Λεκάνη Απορροής Ρέματος Καρβουνόσκαλας

Έχει έκταση περίπου 3,9 km² και βρίσκεται δυτικά του ρέματος Αργυρώ. Αποτελείται από δύο παράλληλους κλάδους (Ανατολικό και Δυτικό) και είναι κατά το ήμισυ ημιορεινή και κατά το ήμισυ πεδινή, με μέσο υψόμετρο περίπου 684 m. Όσον αφορά την εδαφική κάλυψη το μεγαλύτερο ποσοστό της επιφάνειας (62%) το κατέχουν δάση και θαμνώδεις εκτάσεις. Εμφανίζει το μικρότερο ποσοστό δασοκάλυψης από το σύνολο των εξεταζόμενων υδρολογικών λεκανών ενώ σημαντικά τμήματα της καλύπτονται από αγροτικές (21%) και δομημένες (17%) εκτάσεις. Το ρέμα Καρβουνόσκαλας έχει χειμαρρική λειτουργία. Με βάση τα γνωστά μετεωρολογικά και υδραυλικά δεδομένα για την περιοχή μελέτης οι εκτιμώμενες παροχές είναι περίπου 0,01 m³/s η μέση και 0,02 m³/s η μέγιστη μετρημένη έως σήμερα (Καταφιώτη, 2008).

2.4.4. Λεκάνη απορροής Στρατωνίου

Η αλλουβιακή λεκάνη Στρατωνίου έχει σχήμα V και καταλαμβάνει έκταση 1,5 km². Στο δυτικό περιθώριό της βρίσκεται η λεκάνη απόθεσης τέλματος στη θέση Καρακόλι και στο ανατολικό άκρο βρίσκεται η κοινότητα Στρατωνίου. Μεταξύ των δύο αυτών σημείων είναι αποθηκευμένοι οι Σωροί Σιδηροπυρίτη (400.000 tn). Στο δυτικό τμήμα η αλλουβιακή λεκάνη αποτελείται από συνεκτικά – ημισυνεκτικά Πλειστοκαινικά ιζήματα που συνίστανται από κόκκινους πηλούς, αμμοαργιλούχα, χαλίκια, αποστρογγυλεμένα ή γωνιώδη συνδεδεμένα με αργιλικό και μαργαϊκό υλικό. Οι κοίτες των χειμάρρων που βρίσκονται δυτικά του Στρατωνίου αποτελούνται από χαλαρά ιζήματα (κροκάλες, χαλίκια) με συντελεστή κατείσδυσης 15-20%. Τα αδρόκοκα υλικά αποτίθενται κοντά στην επαφή με τα σκληρά βραχώδη πετρώματα και βαθμιαία προς την παράκτια ζώνη τα ιζήματα γίνονται λεπτόκοκκα (άμμοι, άργιλοι, χαλίκια ή μίγματα αυτών) (Βεράνης, 2001).

2.4.5. Λεκάνη Απορροής Ρέματος Πόρτο

Η λεκάνη απορροής του ρέματος Πόρτο, έχει έκταση περίπου 1,5 km² και διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Είναι σχεδόν εξ ολοκλήρου ημιορεινή με μέγιστο υψόμετρο τα 600 m και καλύπτεται ολόκληρη από δάση και θαμνώδεις εκτάσεις. Το ρέμα Πόρτο έχει καθαρά χειμαρρική λειτουργία. Με βάση τα γνωστά μετεωρολογικά και υδραυλικά δεδομένα για την περιοχή μελέτης οι εκτιμώμενες παροχές είναι περίπου 0,003 m³/s η μέση και 0,02 m³/s η μέγιστη μετρημένη (Καταφιώτη, 2008).

2.5. Κλιματικά-Μετεωρολογικά Χαρακτηριστικά

Οι άνεμοι που επικρατούν στον κόλπο της Ιερισσού σύμφωνα με τον μετεωρολογικό σταθμό Χρυσούπολης Καβάλας είναι κατά τους μήνες Σεπτέμβριο-Απρίλιο ΒΑ-Α και τους καλοκαιρινούς μήνες Μάιο-Αύγουστο Α-ΝΔ με συνήθη ένταση 3 έως 5 bft. Ο Ανατολικός άνεμος, είναι αυτός που εμφανίζεται όλους τους μήνες με τους χειμερινούς να πνέει πιο ισχυρά ενώ οι βορειοανατολικοί άνεμοι κάνουν έντονη την παρουσία τους κυρίως Μάρτιο-Απρίλιο δημιουργώντας ισχυρές ανεμολογικές συνθήκες. Οι ΝΑ άνεμοι είναι σπάνιοι κατά τη διάρκεια της χρονιάς, με εξαίρεση την φθινοπωρινή περίοδο. (Χατζή, 2012)

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης, το κλίμα χαρακτηρίζεται ως μεταβατικό μεταξύ του ηπειρωτικού κλίματος της Κεντρικής Ευρώπης και του μεσογειακού κλίματος. Σύμφωνα με τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού της Αρναίας, για την περίοδο 1978-2001, προκύπτει ότι το μέσο μηνιαίο θερμοκρασιακό εύρος κυμαίνεται από 2,6οC (Ιανουάριος) έως 22,9οC (Ιούλιος), η μέση μηνιαία σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 65% (Ιούλιος) και 86% (Δεκέμβριος) ενώ το μέσο ετήσιο ύψος βροχής διαμορφώνεται στα 649mm. Η εξάτμιση παρατηρείται να είναι μεγαλύτερη της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου Μάιος-Σεπτέμβριος (Πίνακας 2.5.1.). (Χατζή, 2012)

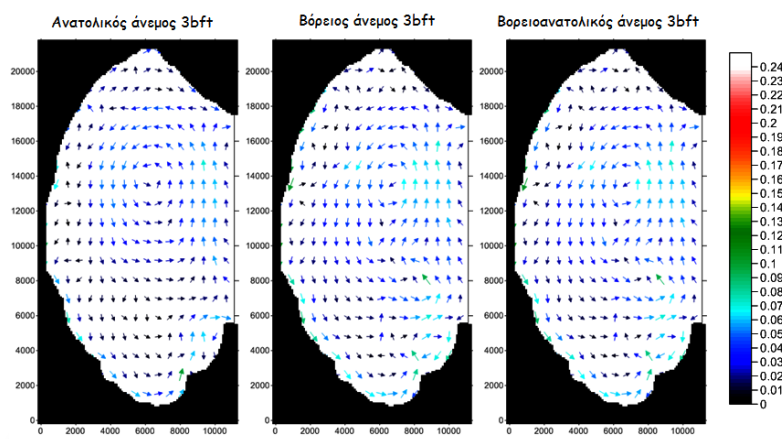
Ο κόλπος της Ιερισσού παρουσιάζει ένα έλλειμμα νερού 124*103 m3/d εξαιτίας του ότι η εξάτμιση ξεπερνά την παροχή των ποταμών και τον όγκο των βροχοπτώσεων. (Sylaios, 2003).

Πίνακας 2.5.1: Μέσες μηνιαίες τιμές βασικών κλιματολογικών χαρακτηριστικών

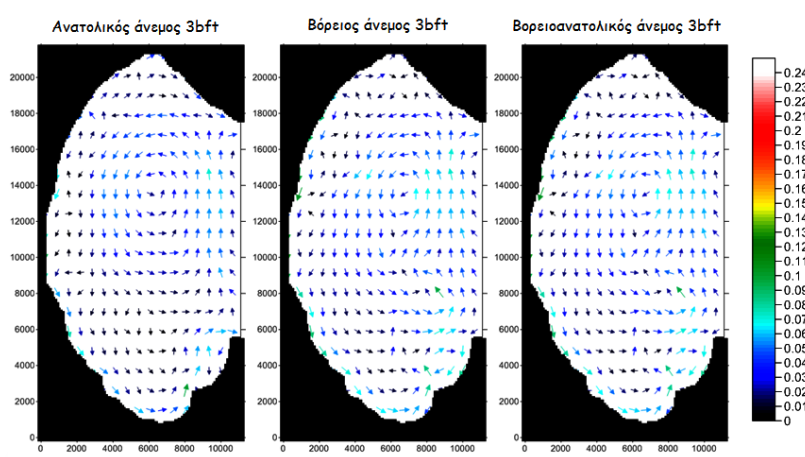
Μήνας	Θερμοκρασία (°C)	Ύψος βροχής (mm)	Σχετική υγρασία αέρα (%)	Εξάτμιση (mm)
Ιανουάριος	2,6	47	85	21
Φεβρουάριος	3,4	55	83	21
Μάρτιος	6,5	50	80	34
Απρίλιος	11,0	51	73	51
Μάιος	16,2	50	71	59
Ιούνιος	20,9	41	66	76
Ιούλιος	22,9	54	65	84
Αύγουστος	22,3	38	67	80
Σεπτέμβριος	18,6	31	72	61
Οκτώβριος	13,3	56	80	40
Νοέμβριος	7,6	84	85	20
Δεκέμβριος	4,7	90	86	23
Μέση & ολική τιμή	12,5	649	76	568

2.6. Κυματική δράση

Η Χατζή (2012) εφάρμοσε ένα δισδιάστατο μοντέλο για τη μελέτη της κυκλοφορίας των υδάτων που επηρεάζουν τη μεταφορά και την απόθεση φερτών υλικών στον κόλπο της Ιερισσού. Η εφαρμογή του δισδιάστατου μοντέλου έγινε για Βόρειο (N), Ανατολικό (E) και Βορειοανατολικό (NE) άνεμο έντασης 3 και 5bft. Σύμφωνα με τον NW-SE προσανατολισμό του κόλπου της Ιερισσού αυτοί είναι οι άνεμοι που επηρεάζουν την κυκλοφορία της θαλάσσιας μάζας. Τα αποτελέσματα του pattern κυκλοφορίας μόνιμης ροής για τους τρεις ανέμους και τις δύο εντάσεις φαίνονται στην Σχήμα 2.5.1.. Η μόνιμη κυκλοφορία επετεύχθη για χρονικό βήμα 0,25sec και διάρκεια 20 μέρες. (Χατζή, 2012). Η μόνιμη κυκλοφορία ροής στον κόλπο της Ιερισσού για ανέμους έντασης 3 και 5 bft δεν εμφανίζει ιδιαίτερα σημαντικές διαφορές. Αντιθέτως όπως φαίνεται από στην Σχήμα 2.5.2. παρατηρείται και στις δύο περιπτώσεις διεύθυνση ροής στην παράκτια ζώνη με κατεύθυνση το νοτιοδυτικό τμήμα του κόλπου, δηλαδή προς την Ιερισσό. Οι άνεμοι που παρουσιάζουν το μέγιστο εμφάνισης 60% είναι έντασης 2-5bft. (Χατζή, 2012)



Σχήμα 2.5.1: Patterns κυκλοφορίας στον κόλπο Ιερισσού για Ανατολικό, Βόρειο και Βορειοανατολικό άνεμο 3bft (Χατζή Π. 2012)



Σχήμα 2.5.2: Patterns κυκλοφορίας στον κόλπο Ιερισσού για Ανατολικό, Βόρειο και Βορειοανατολικό άνεμο 5bft (Χατζή 2012)

Τελικά επιλέχθηκε να μελετηθεί ο μηχανισμός μεταφοράς και απόθεσης ιζημάτων υπό την επίδραση ανέμων έντασης 5bft καθώς η απόθεση των ιζημάτων ως αποτέλεσμα ισχυρότερων ανέμων παρουσιάζει έναν πιο μόνιμο χαρακτήρα. (Χατζή, 2012)

Στο Παράρτημα Ι εμφανίζονται η συχνότητα ισχύος και κατευθύνσεις ανέμων από τον σταθμό της Αρναίας καθώς και οι συχνότητες ανέμου από τον μετεωρολογικό σταθμό της Χρυσούπολης Καβάλας από 1/1/1984 έως 31/12/2004

2.7. Πιθανές πηγές Ρύπανσης

Η ΒΑ Χαλκιδική παρουσιάζει έντονη μεταλλευτική δραστηριότητα με τις κυριότερες μεταλλευτικές περιοχές όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

- Το μεταλλείο Μαντέμ Λάκκος, Μαύρες Πέτρες και οι μεταλλευτικές εγκαταστάσεις Στρατωνίου.
- Το μεταλλείο Ολυμπιάδας και οι μεταλλευτικές εγκαταστάσεις Ολυμπιάδας.
- Το κοίτασμα μαγγανίου του Δ.Μ. Βαρβάρας.
- Το μαγγανιούχο κοίτασμα στην περιοχή Πιάβιτσα.
- Χυτήριο Ανάκτησης Μολύβδου στο Στανό Χαλκιδικής

Τα προβλήματα που σχετίζονται με την ποιοτική υποβάθμιση του περιβάλλοντος και αντίστοιχες επιπτώσεις διακρίνονται (ΕΠΙΤΗΡΩ, 2009):

- στη διαχείριση των νερών των μεταλλείων
- στην ανεξέλεγκτη διασπορά επιφανειακών πηγών ρύπανσης
- στα φαινόμενα καθίζησης και σχετικών εδαφικών αστοχιών
- στη αμφίβολη λειτουργική διαθεσιμότητα και αρτιότητα των χώρων απόθεσης αποβλήτων

Τα όξινα και μεταλλοφόρα νερά των μεταλλείων παραμένουν πηγή κινδύνου ρύπανσης για τους φυσικούς αποδέκτες, όπως τα επιφανειακά και υπόγεια νερά, τα εδάφη, το θαλασσινό νερό και τα ιζήματα της περιοχής. Η ανεξέλεγκτη και εκτεταμένη διασπορά με τη μορφή στείρων υλικών εξόρυξης, σωρών και αποφρυγμάτων σιδηροπυρίτη από προηγούμενες εξορύξεις αποτελούν ρυπογόνο εστία με υψηλό δείκτη περιβαλλοντικής επικινδυνότητας σε βάρος των «εν γένει» φυσικών αποδεκτών και της ανθρώπινης υγείας. Ειδικότερα οι μεγάλες ποσότητες μπαζών και σωρών σιδηροπυρίτη (περίπου 40.000 τόνοι) δυτικά του Δ.Δ. Στρατωνίου συνιστούν γεγονός ανορθόδοξης διάθεσης και διαχείρισης τοξικογενών αποβλήτων, στο άμεσο περιβάλλον κατοικημένης περιοχής (ΕΠΙΤΗΡΩ, 2009).

Σημαντικό τμήμα της περιοχής καλύπτεται από εδάφη τα οποία είναι επιβαρημένα με τα εξής δυνητικά τοξικά για τον άνθρωπο και το οικοσύστημα χημικά στοιχεία: Pb, Zn, Cu, As, Cd, Mn, Fe, Ni, Co, Cr. Οι μέσες τιμές των στοιχείων αυτών ξεπερνούν κατά πολύ τις αντίστοιχες μέσες τιμές συγκεντρώσεων στα εδάφη παγκοσμίως κατά Levinson (1980). Η μέση ολική συγκέντρωση του Pb (895 $\mu\text{g g}^{-1}$) και του As (363 $\mu\text{g g}^{-1}$) είναι κοντά στο μέγιστο επιτρεπτό όριο συγκέντρωσης για βοσκότοπους κοντά σε μεταλλευτικές περιοχές (ICRCL, 1990), ενώ αυτή του Ni (161 $\mu\text{g g}^{-1}$) το ξεπερνά κατά πολύ (Κελεπερτζής κα, 2006).

Οι υψηλές τιμές των στοιχείων Pb, Zn, Cu, As, Cd, Mn, Fe στο έδαφος είναι πιθανό να οφείλονται αφ' ενός στη φυσική αποσάθρωση της θειούχου μεταλλοφορίας και αφ' ετέρου στις εργασίες εξόρυξης και επεξεργασίας του μεταλλεύματος. Επιπλέον, τα εδάφη χαρακτηρίζονται ελαφρώς ρυπασμένα όσον αφορά το Ni και ελαφρώς έως πολύ ρυπασμένα σε Cr, γεγονός που οφείλεται στη διασπορά των μετάλλων αυτών κατά την αποσάθρωση των αμφιβολιτικών σχιστολίθων και όχι σε ανθρωπογενείς παράγοντες (Κελεπερτζής κ.α., 1999). Δεδομένου ότι τα μεταλλευτικά απορρίμματα της περιοχής έχουν παρόμοια γεωχημικά χαρακτηριστικά με τα πρωτογενή εδάφη που αναπτύσσονται επί της θειούχου μεταλλοφορίας είναι δύσκολο να διακριθεί με βεβαιότητα η πηγή της ρύπανσης και αποτελεί αντικείμενο περαιτέρω μελέτης (Κελεπερτζής κ.α., 2006).

Η επίδραση των βαρέων μετάλλων στα ρέματα που εκρέουν στον κόλπο της Ιερισσού προκαλεί μείωση της αφθονίας και/ή της ποικιλομορφίας των βενθικών μακροασπονδύλων, μολονότι ο αντίκτυπός της δεν ήταν τόσο σοβαρός όσο της οργανικής ρύπανσης (Lazaridou-Dimitriadou et al, 2004). Τα ιζήματα όμως του κόλπου της Ιερισσού εμφανίζουν έντονη ρύπανση σε Cu, Pb, Zn, Cr and Ni. Ειδικότερα, η παράκτια περιοχή βορειοδυτικά του Κόλπου της Ιερισσού είναι μία από τις περιοχές που παρουσιάζει έντονη ρύπανση στα παράκτια οικοσυστήματα της ανατολικής Μεσογείου από Pb και Zn (Stamatis et al, 2001).

3. Μέθοδοι και Υλικά

3.1. Εργασίες Πεδίου

3.1.1. Δειγματοληψία Ιζήματος

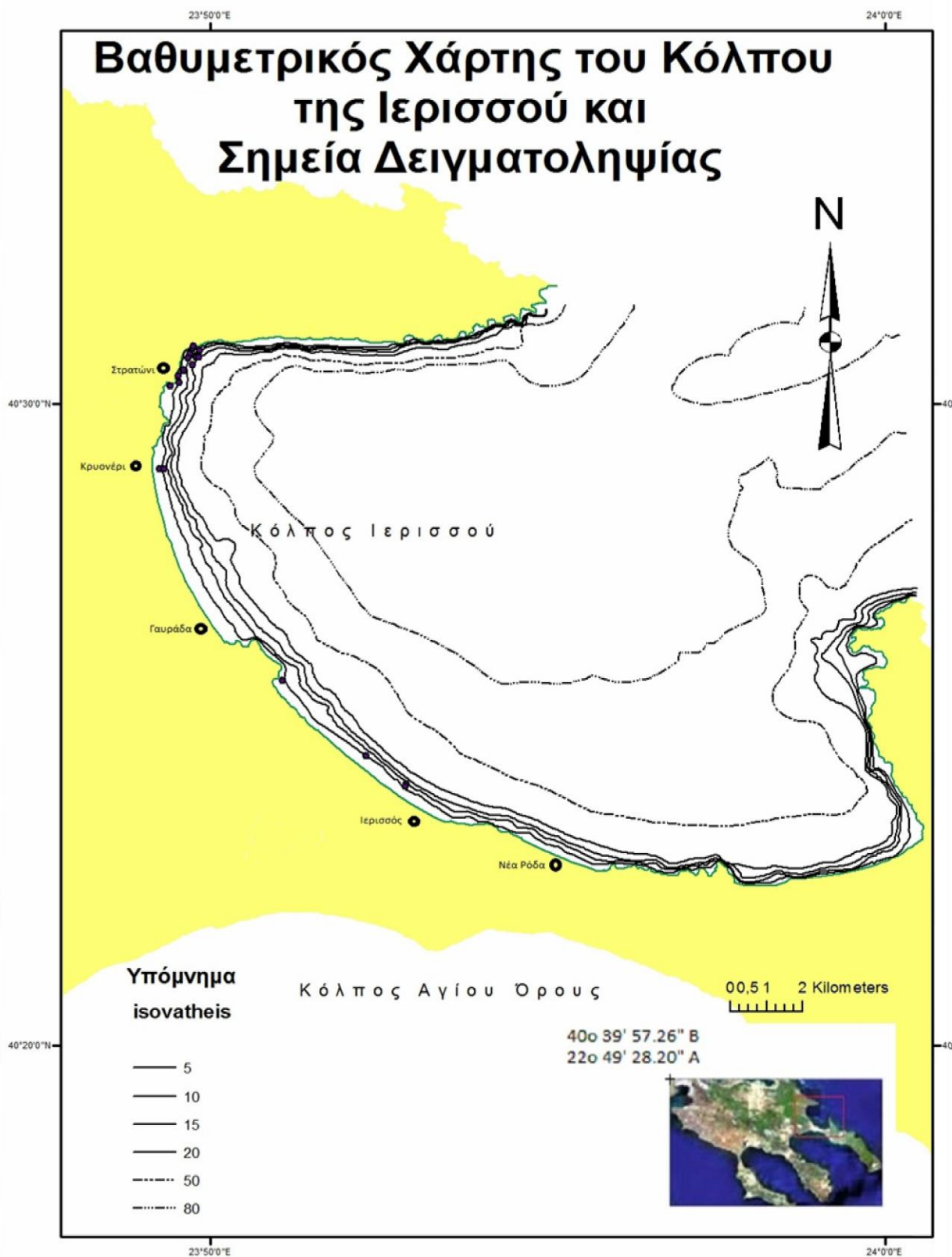
Στην περιοχή του κόλπου της Ιερισσού πραγματοποιήθηκαν συνολικά τέσσερις επισκέψεις. Η πρώτη το Σεπτέμβριο του 2011 για την αναγνώριση της περιοχής, η δεύτερη και η τρίτη τον Οκτώβριο του 2011 και η τέταρτη τον Μάρτιο του 2012. Κατά τη διάρκεια των επισκέψεων αυτών πραγματοποιήθηκε γεωμορφολογική προσέγγιση της περιοχής και λήφθηκαν δείγματα ιζημάτων από τον κόλπο της Ιερισσού με τη χρήση βάρκας. Τα δείγματα αυτά επεξεργάστηκαν στο εργαστήριο για την εξαγωγή αποτελεσμάτων.

Σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό Στρατωνίου τις ημέρες πραγματοποίησης δειγματοληψίας η μέση θερμοκρασία ήταν περίπου στους 12,9°C και η μέση ταχύτητα ανέμου 2,3 km/h. Το ύψος βροχόπτωσης ήταν μηδενικό τόσο την μέρα δειγματοληψίας όσο και την προηγούμενη ημέρα.

Τα δείγματα επιφανειακού ιζήματος λήφθηκαν με δειγματολήπτη τύπου δράγας (Εικόνα 1 Παράρτημα II) σε χαρακτηριστικές θέσεις στον κόλπο Ιερισσού της Χαλκιδικής στην ακτή και σε απόσταση 300m από την ακτή, κάθετα σε αυτή. Συνολικά λήφθηκαν 19 δείγματα τα οποία τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες στις οποίες αναγράφονταν τα χαρακτηριστικά τους (αριθμός δείγματος, περιοχή, συντεταγμένες, , βάθος). Η ονομασία των δειγμάτων επιλέχθηκε ανάλογα με το σημείο λήψης. Συγκεκριμένα τα δείγματα που λήφθηκαν στη μεταβατική ζώνη χαρακτηρίζονται από το γράμμα C και εκείνα που λήφθηκαν στη θάλασσα χαρακτηρίζονται ως St. Ο αριθμός που συνοδεύει το κάθε δείγμα αντιστοιχεί στον αύξοντα αριθμό από το σημείο έναρξης της δειγματοληψίας στην παραλία Στρατωνίου έως τη λήξη της δειγματοληψίας στην Ιερισσό. Η λήψη των συντεταγμένων πραγματοποιήθηκε μέσω φορητού δορυφορικού συστήματος εντοπισμού «GPS» τύπου Garmin 60 CSx. Ο βαθυμετρικός χάρτης του κόλπου Ιερισσού κατασκευάστηκε με τη βοήθεια του προγράμματος Arc GIS 9 ενώ οι δορυφορικές εικόνες της περιοχής λήφθηκαν από το Google Earth (Πίνακας 3.1.1.1., Σχήματα 3.1.1.1.-3)

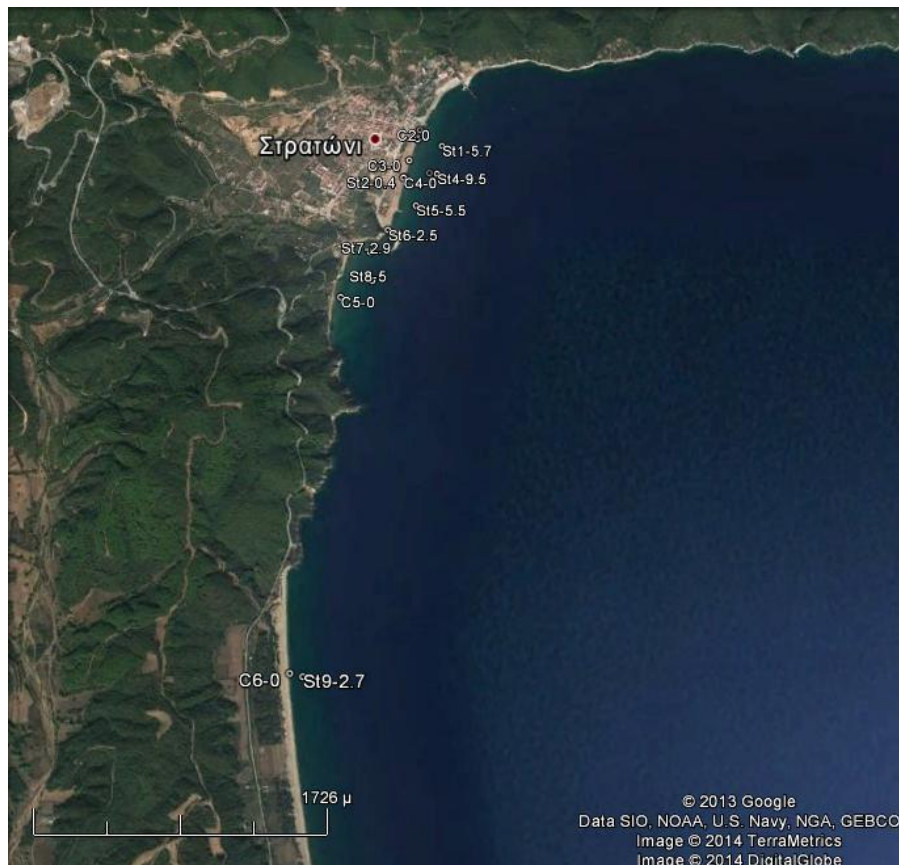
Πίνακας 3.1.1.1: Θέσεις σταθμών δειγματοληψίας Σεπτέμβριος 2011-Μάρτιος 2012

Σταθμός Δειγματοληψίας	Συντεταγμένες		Βάθος (m)	Χαρακτηριστικά
	X	Y		
<i>C1₀</i>	23° 49' 44,3"	40°30'53,32"	-	Παραλία Στρατωνίου
<i>C2₀</i>	23° 49' 43,69"	40°30'51,22"	-	Παραλία Στρατωνίου
<i>C3₀</i>	23° 49' 41,59"	40°30'46,45"	-	Παραλία Στρατωνίου
<i>C4₀</i>	23° 49' 40,1"	40° 30' 42,5"	-	Παραλία Στρατωνίου
<i>C5₀</i>	23° 49' 24"	40° 30' 16,2"	-	Παραλία Στρατωνίου
<i>C6₀</i>	23° 49' 14,8"	40°28'59,2"	-	Παραλία Κρυονερίου Εκβολές Κοκκινόλακκα
<i>C7₀</i>	23° 51' 4"	40° 25' 41,2"	-	Παραλία νότια της περιοχής Γαυράδα
<i>St1_{5,7}</i>	23° 49' 50,6"	40° 30' 49,6"	5,7	Περιοχή Στρατωνίου - Εκβολές ρέματος Αργυρώ (βάθος 5,7m)
<i>St2_{0,4}</i>	23° 49' 40,1"	40° 30' 42,5"	4	Περιοχή Στρατωνίου
<i>St3_{5,9}</i>	23° 49' 47,3"	40°30'43,5"	5,9	Περιοχή Στρατωνίου
<i>St4_{9,5}</i>	23° 49' 49,4"	40° 30' 43,3"	9,5	Περιοχή Στρατωνίου
<i>St5_{5,5}</i>	23° 49' 43,8"	40° 30' 36,2"	5,5	Περιοχή Στρατωνίου
<i>St6_{2,5}</i>	23° 49' 35,99"	40° 30'31,46"	2,5	Περιοχή Στρατωνίου
<i>St7_{2,9}</i>	23° 49' 31,6"	40° 30' 26"	2,9	Περιοχή Στρατωνίου Εκβολές ρέματος Καρβουνόσκαλα
<i>St8₅</i>	23° 49' 32,4"	40° 30' 19,8"	0,5	Περιοχή Στρατωνίου
<i>St9_{2,7}</i>	23° 49' 18,2"	40° 28' 58,5"	2,7	Παραλία Κρυονερίου - Εκβολές Κοκκινόλακκα
<i>St10_{1,9}</i>	23° 52' 18"	40° 24' 30,7"	1,9	Περιοχή Ιερισσού
<i>St11₃</i>	23° 52' 53,8"	40° 24' 4,3"	3	Περιοχή Ιερισσού
<i>St12_{1,5}</i>	23° 52' 53,1"	40° 24' 1,8"	1,5	Περιοχή Ιερισσού



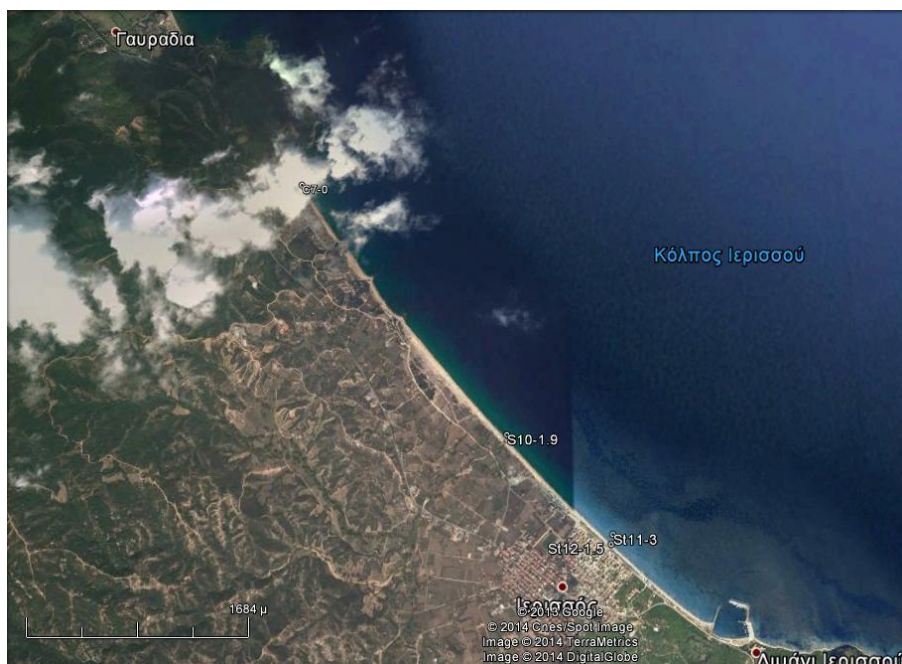
Σχήμα 3.1.1.1: Βαθυμετρικός χάρτης του κόλπου της Ιερισσού και τα σημεία δειγματοληψίας.

Πηγή: Φύλλα χάρτη Στρατονίκης και Ιερισσού από ΙΓΜΕ (1978) επεξεργασμένα με το πρόγραμμα ArcMAP



Σχήμα 3.1.1.2: Σημεία δειγματοληψίας περιοχή Στρατωνίου.

Πηγή: Google Earth



Σχήμα 3.1.1.3: Σημεία δειγματοληψίας στην περιοχή της Ιερισσού.

Πηγή: Google Earth

3.2.2. Εργαστηριακή Επεξεργασία Δειγμάτων

3.2.2.1. Μηχανική Ανάλυση με τη Μέθοδο Κοσκινίσματος

Τα δείγματα που συλλέχθηκαν στο πεδίο αφέθηκαν αρχικά να ξηραθούν σε θερμοκρασία δωματίου (Εικόνα 2 Παράρτημα II). Στη συνέχεια με τη μέθοδο του σταυρού χωρίστηκαν σε μικρότερα δείγματα ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία τους (Εικόνα 3 Παράρτημα II).

Το μικρότερο δείγμα που προέκυψε για κάθε αρχικό δείγμα επεξεργάστηκε ως εξής:

- Εξετάστηκε με μεγεθυντικό φακό ώστε να απομακρυνθεί η οργανική ύλη
- Ζυγίστηκε σε ζυγαριά ακριβείας και καταγράφηκε το βάρος του
- Τοποθετήθηκε σε σειρά από κόσκινα με μεταβαλλόμενη διάμετρο πλέγματος που στη βάση τους υπήρχε ένας δίσκος, το σύστημα τοποθετήθηκε σε δόνηση για 15-20 λεπτά.

Χρησιμοποιήθηκε σειρά κοσκινών ανά 0,5 Φ από το κόσκινο των -2Φ (4mm) έως το κόσκινο των +4Φ (0.062mm). Για τα λεπτότερα υλικά χρησιμοποιήθηκαν τα κόσκινα που αντιστοιχούν σε μικρή διάμετρο [1Φ (0.5mm) έως 4Φ (0.062mm)] ενώ για τα χοντρότερα υλικά χρησιμοποιήθηκαν τα κόσκινα που αντιστοιχούν σε μεγάλη διάμετρο [-2Φ (4mm)] έως τα θετικά Φ [4Φ(0.062mm)] (Εικόνα 4 Παράρτημα II).

Το περιεχόμενο κάθε κόσκινου ζυγίστηκε σε ζυγαριά ακριβείας ώστε να υπολογιστεί στη συνέχεια το ποσοστό % κατά βάρος (w/w) για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων, καθώς επίσης και το αθροιστικό ποσοστό %. Τα παραπάνω αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν στον υπολογισμό των παραμέτρων μεγέθους στα ιζήματα (μέθοδος Folk & Ward, 1975). Η επεξεργασία για τον υπολογισμό των παραμέτρων μεγέθους κάθε δείγματος έγινε στο πρόγραμμα Gradistat V 4.0 (Blott, 2000)

Τέλος ελέγχθηκε εάν σε κάποιο από τα δείγματα το ποσοστό του υλικού που πέρασε από το τελευταίο κόσκινο με διάμετρο 4Φ (0,0625mm) και έμεινε στο δίσκο ξεπερνά το 5% του συνόλου του δείγματος ώστε να εφαρμοστεί η μέθοδος του σιφωνίου για το διαχωρισμό ιλύος-αργίλου. Ωστόσο, σε κανένα δείγμα το ποσοστό του υλικού που συγκεντρώθηκε στον τελικό δίσκο δεν ξεπερνούσε το 5%. (Ψιλοβίκος, 2010).

3.2.2.2. Υπολογισμός Παραμέτρων Μεγέθους των Ιζημάτων – Γραφική Μέθοδος (Μέθοδος Folk & Ward, 1975)

Στη γραφική μέθοδο η αθροιστική αναλογία % κατά βάρος τοποθετείται σε έναν κατακόρυφο λογαριθμικό άξονα και το μέγεθος Φ τοποθετείται σε έναν οριζόντιο άξονα, που στην πράξη είναι και αυτός λογαριθμικός ($\Phi = -\log 2\xi$) αλλά φαίνεται κανονικός αριθμητικός. Από την ένωση των στοιχείων αθροιστικού βάρους % - μεγέθους, προκύπτουν σημεία μέσα στο διάγραμμα που ενώνονται με ευθείες γραμμές και σχηματίζουν τη λογαριθμική καμπύλη.

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι τιμές των μεγεθών Φ που αντιστοιχούν σε αθροιστικά % βάρη 5% (Φ_5), 16% (Φ_{16}), 25% (Φ_{25}), 50% (Φ_{50}), 75% (Φ_{75}), 84% (Φ_{84}), 95% (Φ_{95}) και

εφαρμόζονται οι τύποι κατά Folk & Ward (1975) για να βρεθούν οι παρακάτω παράμετροι μεγέθους (Ψιλοβίκος, 2010):

Πίνακας 3.2.2.2.1: Πίνακας σειράς κοσκίων με μεταβαλλόμενη διάμετρο πλέγματος που χρησιμοποιήθηκαν στην μηχανική ανάλυση των δειγμάτων ιζήματος

Διάμετρος κόκκων ιζήματος		Τάξη μεγέθους	
Φ	mm		
(αριθμητική κλίμακα)	(γεωμετρική κλίμακα)		
-2,0	4		
-1,5	2,5	ψηφίδες	Κροκάλες
-1,0	2		
-0,5	1,4		
0,0	1	πολύ χονδρόκοκκη	
0,5	0,71		
1,0	0,500	χονδρόκοκκη	
1,5	0,355		
2,0	0,250	μεσόκοκκη	Άμμος
2,5	0,180		
3,0	0,125	λεπτόκοκκη	
3,5	0,09		
4,0	0,0625	πολύ λεπτόκοκκη	
+4,0	0,0625	χονδρόκοκκη	Εύας

Πηγή: Ψιλοβίκος, 1985

» Γραφικός μέσος όρος μεγέθους:

$$M = \frac{\Phi 16 + \Phi 50 + \Phi 84}{3}$$

Ο γραφικός μέσος όρος μεγέθους M είναι ο αντίστοιχος μαθηματικός μέσος όρος (Mean) που υπολογίζεται σε μία κανονική κατανομή. Αντίστοιχες συγγενείς έννοιες με το μέσο όρο M είναι η μέση τιμή (Median) που αντιστοιχεί στο 50% του πληθυσμού και η επικρατέστερη τιμή (Mode) που αντιστοιχεί στο επικρατέστερο κλάσμα μεγέθους του πληθυσμού.

» Γραφική σταθερή απόκλιση (ταξινόμηση)

$$\sigma = \frac{\Phi 84 - \Phi 16}{4} + \frac{\Phi 95 - \Phi 5}{6.6}$$

Η γραφική σταθερή απόκλιση (σ) μετράει την συγκέντρωση των κόκκων του πληθυσμού (δείγματος) γύρω από το μέσο όρο του και είναι γνωστή ως ταξινόμηση. Εκφράζει την ομοιογένεια ή ετερογένεια των στοιχείων του πληθυσμού και χαρακτηρίζεται από πολύ καλή έως εξαιρετικά κακή

» Γραφική λοξότητα

$$Sk = \frac{\Phi 16 + \Phi 84 - 2 * \Phi 50}{2(\Phi 84 - \Phi 16)} - \frac{\Phi 5 + \Phi 95 - 2\Phi 50}{2(\Phi 95 - \Phi 56)}$$

Οι τιμές της γραφικής λοξότητας (Sk) εκφράζουν την συμμετρία ή μη της κατανομής των κόκκων γύρω από το μέσο όρο της κατανομής ενός πληθυσμού. Σε συμμετρικές κατανομές ο μέσος όρος, η μέση τιμή και η επικρατέστερη τιμή συμπίπτουν, ενώ η γραφική λοξότητα έχει τιμή μηδέν (0). Σε ασύμμετρες κατανομές όπου ο μέσος όρος βρίσκεται προς

την πλευρά των λεπτόκοκκων υλικών και η μέση τιμή με την επικρατέστερη τιμή βρίσκονται προς την πλευρά των χονδροκόκκων υλικών αντίστοιχα, η γραφική λοξότητα (S_k) έχει θετικές τιμές (περίσσια λεπτόκοκκων στον πληθυσμό). Σε αντίθετη περίπτωση αυτή έχει αρνητικές τιμές. Οι διαβαθμίσεις που αντιστοιχούν στην γραφική λοξότητα κυμαίνονται από έντονα θετική έως έντονα αρνητική.

» Γραφική κύρτωση

$$k_u = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2.44(\Phi_{75} - \Phi_{25})}$$

Η γραφική κύρτωση (K_u) μετράει το πλάτος-ύψος της κορυφής της καμπύλης συχνότητας και εκφράζει επίσης την συμμετρία ή ασυμμετρία κατανομής του πληθυσμού στα άκρα. Λεπτόκυρτη καμπύλη σημαίνει μεγάλη συγκέντρωση κόκκων κοντά στο μέσο όρο, μεσόκυρτη καμπύλη σημαίνει κανονική κατανομή κόκκων γύρω από το μέσο όρο και πλατύκυρτη καμπύλη σημαίνει μεγάλη διασπορά κατανομής των κόκκων σε σχέση με το μέσο όρο. Οι διαβαθμίσεις που αφορούν την κύρτωση κυμαίνονται από πολύ πλατύκυρτη έως εξαιρετικά λεπτόκυρτη.

3.2.2.3. Μέθοδοι διαχωρισμού

3.2.2.3.1. Μαγνητικός διαχωριστής

Ο μαγνητικός διαχωρισμός είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση μαγνητικών σωματιδίων, σιδηρομαγνητικών αλλά και παραμαγνητικών, από μη μαγνητικά υλικά με σκοπό την επεξεργασία μεταλλευμάτων, τον έλεγχο της ρύπανσης και άλλες διεργασίες. Ο μαγνητικός διαχωριστής επιλέχθηκε στην παρούσα έρευνα για το διαχωρισμό των μαγνητικών από τα μη μαγνητικά ορυκτά των δειγμάτων της περιοχής μελέτης έτσι ώστε να αξιολογηθούν τα ποσοστά τους καθώς και η περιεκτικότητά τους σε βαρέα μέταλλα. Για το μαγνητικό διαχωρισμό των δειγμάτων από τον κόλπο της Ιερισσού χρησιμοποιήθηκε ο μαγνητικός διαχωριστής τύπου Frantz (Isodynamic Model-)1 του Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας, του Τμήματος Γεωλογίας, του Α.Π.Θ.

Ειδικότερα, για την επεξεργασία στο μαγνητικό διαχωριστή, επιλέχθηκαν όλα τα δείγματα με διάμετρο κόκκων 2 και 2,5 Φ (0,25 και 0,177 mm) για το λόγο ότι μεγαλύτερης διαμέτρου κλάσματα δεν διέρχονται από το μαγνητικό διαχωριστή. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης δίνονται στον Πίνακα 1. Για να διαπιστωθεί εάν υπήρξε πλήρης μαγνητικός διαχωρισμός τα προϊόντα του διαχωρισμού ελέγχθηκαν σε στερεοσκόπιο τύπου JENA.

3.2.2.3.2. Μέθοδος καθίζησης-Ταχύτητα-Πίνακες Heywood

Από το οπτικό έλεγχο, σε στερεοσκόπιο τύπου JENA, των διαχωρισθέντων κλασμάτων από τον μαγνητικό διαχωριστή διαπιστώθηκε ότι μη μεταλλικά ορυκτά τα οποία όμως περιείχαν εγκλείσματα μεταλλικών ορυκτών διαχωριζόταν μαζί με τα κλάσματα των καθαρών μεταλλικών ορυκτών, κρίθηκε σκόπιμο να εφαρμοστεί ένας επιπλέον διαχωρισμός με βάση το μέσο ειδικό βάρος των κόκκων. Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκε η μέθοδος της καθίζησης των κόκκων σε απιονισμένο νερό.

Κατά τη διαδικασία της καθίζησης αιωρήματος κόκκων (αιωρούμενων σωματιδίων) σε υγρό, λόγω της βαρύτητας, τα αιωρούμενα σωματίδια αποκτούν διαφορετικές ταχύτητες εξαρτώμενες από το μέγεθός τους και το ειδικό τους βάρος με την προϋπόθεση ότι οι παράμετροι του υγρού καθίζησης παραμένουν σταθεροί (ιξώδες, θερμοκρασία, ειδικό βάρος υγρού). Η καθίζηση κατ' αρχήν, διέπεται από το νόμο του Stokes, (Holdich, 2002) κατά τον οποίο η ταχύτητα καθίζησης ενός σωματιδίου σε ένα ρευστό εξαρτάται από την πυκνότητα του σωματιδίου και του ρευστού (p_s και p_f αντίστοιχα), την διάμετρο του σωματιδίου (d), το ιξώδες του ρευστού (η) και από την επιτάχυνση της βαρύτητας (g), σύμφωνα με τον τύπο :

$$u = \frac{(p_s - p_f)d^2g}{18\eta}$$

Συνεπώς εάν διατηρηθούν σταθερά τα μεγέθη της πυκνότητας του ρευστού (p_f), της διαμέτρου των σωματιδίων (d), της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g) και του ιξώδους του ρευστού (η), τότε η ταχύτητα εξαρτάται μόνο από την πυκνότητα των σωματιδίων, δηλαδή από το ειδικό τους βάρος.

Στην πράξη όμως ο Νόμος του Stokes ισχύει μόνο για διαμέτρους ως 0.1 mm (Holdich, 2002), και μετά αρχίζουν σημαντικές αποκλίσεις της παρατηρούμενης ταχύτητας, σε σχέση με την υπολογιζόμενη από τον νόμο του Stokes. Οι αποκλίσεις φτάνουν το ως και 500% στα κλάσματα των 2 και 2,5 Φ. Ο υπολογισμός της ταχύτητας καθίζησης για τις διαμέτρους αυτές υπολογίζεται από τους εμπειρικούς Πίνακες του Heywood (Holdich, 2002, URL 2).

Από τη κοκκομετρική ανάλυση, τα κλάσματα με διαμέτρους 2 και 2,5 Φ, τα οποία είχαν χρησιμοποιηθεί και στον μαγνητικό διαχωριστή, χρησιμοποιήθηκαν επίσης για να καθιζάνουν σε σωλήνα καθίζησης (το κάθε κλάσμα χωριστά). Για να επιλεχθεί η κατάλληλη αντιπροσωπευτική ποσότητα από αυτά δείγματα εφαρμόστηκε διαδοχικά υποδιπλασιασμός του δείγματος, με τη μέθοδο του σταυρού (Ψιλοβίκος 2010), έτσι ώστε δημιουργηθεί ποσότητα που να ζυγίζει από 5 gr έως 6 gr. Ως υγρό καθίζησης επιλέχθηκε το απιονισμένο νερό σε θερμοκρασία 20 °C (με ιξώδες $\eta=1,01 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$).

Αφού ετοιμάστηκαν τα δείγματα με ειδική σπάτουλα και εισήχθησαν στο ανώτερο τμήμα του σωλήνα καθίζησης (προχοίδα) που ήταν ήδη γεμάτη με απιονισμένο νερό θερμοκρασίας 20°C.

Τη στιγμή της ρήξης μπήκε σε λειτουργία το χρονόμετρο, ώστε να χρονομετρείται ο χρόνος καθίζησης των επιμέρους υλικών. Κατά τη διάρκεια της καθίζησης ήταν εμφανής ο διαχωρισμός κάθε κλάσματος σε 2 ή 3 μέρη, ανάλογα με το δείγμα (Σχήμα 3.2.2.3.2.2). Ειδικότερα μετά το πέρας της καθίζησης ο διαχωρισμός σε κλάσματα ήταν οπτικός και εστιαζόταν στη σαφή χρωματική διαφοροποίηση του υλικού σε στρώσεις στο γυάλινο άκρο της προχοίδας, αμέσως επάνω από τον στρόφιγγα εκροής. Στη συνέχεια, με προσεκτικούς χειρισμούς της στρόφιγγας εκροής γινόταν εφικτή η σταδιακή λήψη κάθε στρώσης του υλικού, των κλασμάτων, σε διαφορετικό γυάλινο πινακίδιο.

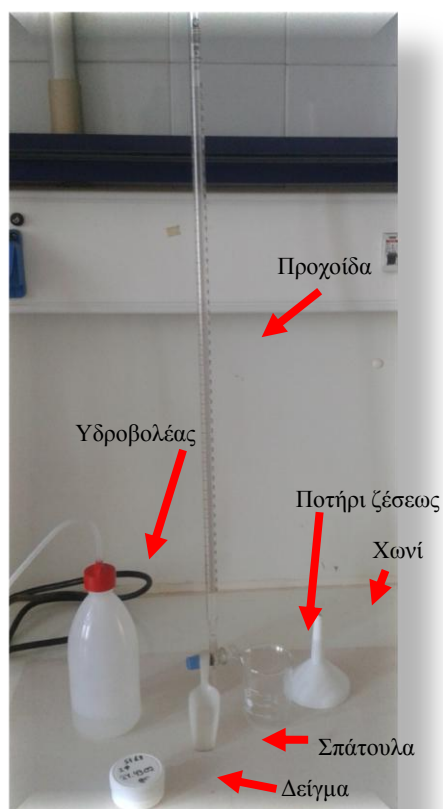
Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου είναι και ο υπολογισμός του μέσου ειδικού βάρους κάθε κλάσματος, ο οποίος αναφέρεται σε επόμενη παράγραφο.

Τα κλάσματα που διαχωρίστηκαν ομαδοποιήθηκαν σε 2 ή 3 κατηγορίες. Η ομαδοποίηση αυτή έγινε με βάση το ειδικό βάρος των επιμέρους ορυκτών που βρέθηκαν και

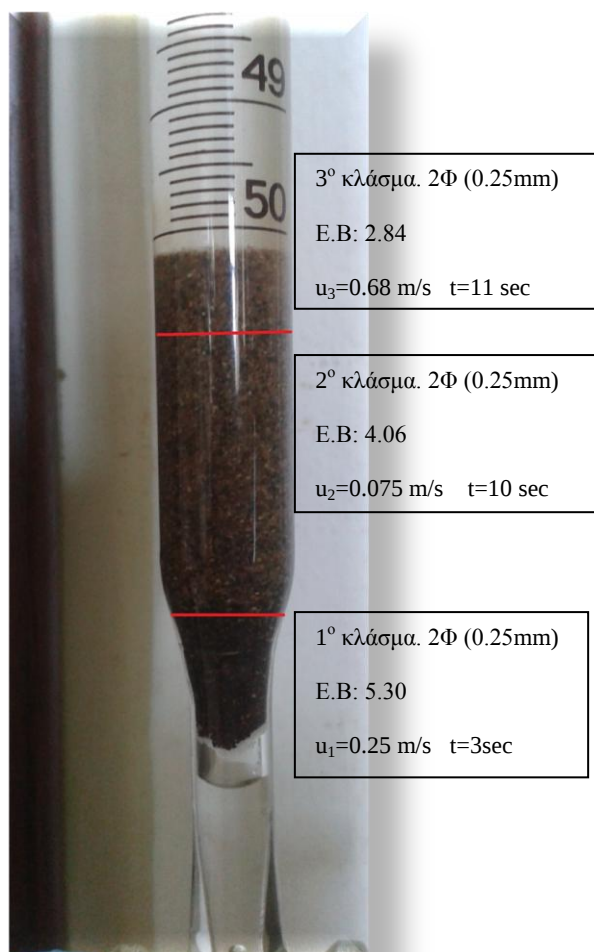
αναγνωρίστηκαν στα δείγματα. Στον Πίνακα 3.2.2.3.2.1. φαίνονται τα ορυκτά που εντοπίστηκαν στα δείγματα καθώς και τα ειδικά τους βάρη.

Πίνακας 3.2.2.3.2.1: Μαγνητικά και μη μαγνητικά ορυκτά και Ειδικά βάρη

Μαγνητικά Ορυκτά		Μη Μαγνητικά Ορυκτά	
Ορυκτά	Ειδικά βάρη	Ορυκτά	Ειδικά βάρη
Γαληνίτης	7,4-7,6	Ζιρκόνιο	4,65
Γαληνοβισμούθινης	7	Βαρύτης	4,5
Αρσеноπυρίτης	6,1	Γύψος	4,5
Βουλανζερίτης	6	Ρουτίλιο	4,25
Μαγνητίτης	5,2	Γρανάτης	3,5-4,3
Σιδηροπυρίτης	5	Αλανίτης/Ορθίτης	3,75
Αιματίτης	4,9-5,3	Ροδοχρωσίτης	3,5-3,7
Τετραεδρίτης	4,9	Πυρόξενος	3,1-3,5
Ιλμενίτης	4,7-4,8	Επίδοτο	3,25-3,45
Μαγνητοπυρίτης	4,6-4,7	Τιτανίτης	3,48
Κεστερίτης	4,54-4,59	Κεροσίλβη	2,9-3,4
Χαλκοπυρίτης	4,1-4,3	Χλωρίτης	2,6-3,3
Σφαλερίτης	3,9-4,1	Βιοτίτης	2,8-3,2
Γκαιτίτης/Λειμωνίτης	3,-4,3	Τουρμαλίνης	3,0-3,3
Ορυκτά Μαγγανίου	4	Γιαροσίτης	3,0
		Μοσχοβίτης	2,8-2,9
		Δολομίτης	2,84
		Ασβεσίτης	2,7
		Χαλαζίας	2,65
		Καολινίτης	2,6
		Άστριοι	2,56



Σχήμα 3.2.2.3.2.1: Εξοπλισμός για το πείραμα της καθίζησης



Σχήμα 3.2.2.3.2.2: Δείγμα $St_{20.4}$ διαχωρισμένο μέσα στην προχοίδα



Σχήμα 3.2.2.3.2.3: Πίνακίδιο μετά τη διαδικασία της καθίζησης. Δείγμα $St_{20.4}$

3.2.2.3.3. Υπολογισμός της πυκνότητας των ιζημάτων εκφρασμένη με το ειδικό βάρος σύμφωνα με τη μέθοδο της ληκύθου με θερμόμετρο

Το ειδικό βάρος ενός δείγματος είναι ο λόγος του βάρους του δείγματος προς το βάρος μιας ίσου όγκου πρότυπης ουσίας. Στις συγκεκριμένες μετρήσεις το ειδικό βάρος είναι ο λόγος του βάρους του δείγματος προς τον λόγο του βάρους αποσταγμένου νερού, ίσου όγκου με τον όγκο του υλικού. Η μέθοδος που εφαρμόστηκε για τον υπολογισμό του ειδικού βάρους των ιζημάτων είναι η μέθοδος της ληκύθου με θερμόμετρο (Ψιλοβίκος, 2010). Χρησιμοποιήθηκε λήκυθος με θερμόμετρο εμβέλειας έως 30oC, με κωνικό σώμα όγκου 50cm³ και πλευρικό σωλήνα με τάπα στομίου και ζυγαριά ακριβείας τύπου Precisa balances XB320A. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω.

Τα επιλεγμένα δείγματα ξεράθηκαν σε φούρνο για 24 ώρες και στη συνέχεια εφαρμόστηκε η μέθοδος υπολογισμού του ειδικού βάρους (Ψιλοβίκος, 2010) και το ειδικό βάρος υπολογίστηκε ως εξής:

$$E.B = \frac{WS - WA}{(WS - WA) - (WSW - WW)}$$

όπου WS: βάρος ληκύθου με το καπάκι της και το υλικό

WA: βάρος ληκύθου με το καπάκι της και το θερμόμετρο

WSW: λήκυθος με το καπάκι της, θερμόμετρο, δείγμα και νερό

WW: βάρος ληκύθου με το καπάκι της και το θερμόμετρο μετά το τέλος της διαδικασίας

3.2.3. Ποσοστά % Βαρέων Κλασμάτων, Εγκλεισμάτων- Συσσωματωμάτων και Πυριτικής άμμου στην περιοχή μελέτης

Στην προσπάθεια αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της καθίζησης δημιουργήθηκε η ανάγκη υπολογισμού του ποσοστού εμφάνισης των βαρέων κλασμάτων, των εγκλεισμάτων-συσσωματωμάτων και της πυριτικής άμμου (Ινοπυριτικά-Σωροπυριτικά-Τεκτοπυριτικά) ανά ζώνη βάθους. Η κατηγορία των βαρέων κλασμάτων οριοθετείται από ιζήματα με ειδικό βάρος 3,9-7,6, η κατηγορία των εγκλεισμάτων-συσσωματωμάτων οριοθετείται από ιζήματα με ειδικού βάρους 2,9-3,8 ενώ η κατηγορία των πυριτικών ορυκτών οριοθετείται από ιζήματα με ειδικό βάρος 2,6-2,8.

Χωρίστηκαν επίσης 3 ζώνες βάθους. Η πρώτη περιλαμβάνει μόνο τα παράκτια ιζήματα (0μ), η δεύτερη τα ενδιάμεσα ιζήματα (0,1-5μ) και η τρίτη τα βαθύτερα ιζήματα (5,1-10μ).

Για την ανεύρεση του ποσοστού των βαρέων ορυκτών χρησιμοποιήθηκε ο τύπος

$$W2 = \frac{100 * (P_{mix} - P1)}{P2 - P1}$$

Όπου W2= το επί τις εκατό ποσοστό (%) των βαρέων μετάλλων στο κλάσμα

Pmix= το ειδικό βάρος του ζητούμενου κλάσματος

P1= το μέγιστο ειδικό βάρος (2,614)

P2= το ελάχιστο ειδικό βάρος (6,905)

3.2.4. Ορυκτολογική Αναγνώριση Βαρέων Μεταλλικών Ορυκτών με Στερεοσκόπιο

Στο στερεοσκόπιο τύπου Jena εξετάστηκαν συνολικά 19 δείγματα διαμέτρου 2 Φ (0,25mm) και 2,5 Φ (0.177mm). Η αναγνώριση των ορυκτών έγινε με βάση ορισμένων οπτικών και φυσικών ιδιοτήτων τους (λάμψη, χρώμα, σχισμός, κρυσταλλογραφικά στοιχεία) (Σαπουντζής, 1985)

Η λάμψη είναι μια φυσική ιδιότητα και οφείλεται κυρίως στο ποσό του φωτός που ανακλάται από την επιφάνειά τους. Διακρίνουμε δύο τύπους λάμψης, τη μεταλλική και τη μη μεταλλική λάμψη. Μεταλλική λάμψη έχουν ορυκτά με λαμπερή εμφάνιση που δίνουν την εντύπωση μετάλλου. Αυτά είναι εντελώς αδιαφανή στο φως και δίνουν μαύρη ή πολύχρωμη γραμμή σκόνης. Ορυκτά με τυπική μεταλλική λάμψη είναι ο σιδηροπυρίτης, ο γαληνίτης, ο μαγνητοπυρίτης, τα αυτοφυή μέταλλα κ.α. Τα ορυκτά με μη μεταλλική λάμψη είναι κυρίως ανοιχτόχρωμα και διαφανή.

Για τη λεπτομερέστερη περιγραφή της λάμψης χρησιμοποιούνται διάφοροι όροι όπως υαλώδης λάμψη (παρατηρείται στον χαλαζία, τουρμαλίνη, σε όλα τα πυριτικά, ανθρακικά και θειικά ορυκτά) αδαμαντώδης λάμψη (στο διαμάντι, ζirkόνιο, κασσιτερίτη, ρουτίλιο, σφαλερίτη), ρητινώδης λάμψη (στο σφαλερίτη, θείο), στεατώδης λάμψη (στο τάλκη, χαλαζία, σερπεντίνη) μαργαριτωδής λάμψη (στο τάλκη, γύψο, μαρμαρυγίες) μεταξώδης λάμψη (στο μαλαχίτη), ινώδης (στο γύψο) και αλαμπής λάμψη (στην άργιλλο και στον καολίνη). Ενδιάμεσα από την μεταλλική και μεταλλική λάμψη υπάρχει η ημιμεταλλική λάμψη. Είναι ορυκτά αδιαφανή ή σχεδόν αδιαφανή με σκούρο καστανό ή μαύρο χρώμα (κινναβαρίτης, κυπρίτης, αιματίτης). (Σαπουντζή, 1985)

Ο τρόπος με τον οποίον εμφανίζονται τα ορυκτά από άποψη χρώματος αποτελεί φυσική ιδιότητα. Για ορισμένα από αυτά το χρώμα τους παραμένει σταθερό (ιδιοχρωματικά) και αποτελεί βασικό διαγνωστικό χαρακτηριστικό τους. Σε άλλα ορυκτά, όπως π.χ. στους γρανάτες, το χρώμα μεταβάλλεται. (Σαπουντζής, 1985)

Ο σχισμός είναι μια φυσική ιδιότητα των ορυκτών μετά από μηχανική κρούση κατά ορισμένες κατευθύνσεις και μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό χαρακτηριστικό για την αναγνώριση των ορυκτών. Ανάλογα με την τελειότητα των σχισμογενών επιπέδων διακρίνουμε το σχισμό σε πολύ τέλειο (γαληνίτης, φθορίτης, ασβεστίτης), τέλειο (άστριοι, αμφίβολοι, πυρόξενοι), καλό, σαφή, ασαφή (βήρυλλος και απατίτης) κ.λπ. Εκτός από τον σχισμό τα ορυκτά μπορούν να σπάζουν και σε ακανόνιστες πλευρές (θραυσμός) (Σαπουντζή, 1985)

3.2.5. Ορυκτολογική Αναγνώριση Βαρέων Μεταλλικών Ορυκτών με Μεταλλογραφικό Μικροσκόπιο

Αρχικά τα δείγματα πέρασαν από μαγνητικό διαχωριστή με σκοπό τον εμπλουτισμό των δειγμάτων μελέτης σε μεταλλικά ορυκτά. Για την διαδικασία αυτή επιλέχθηκαν τα

δείγματα με μέγεθος κόκκων 2 Φ (0,25mm) και 2,5 Φ (0.177mm) ώστε να γίνεται ευκολότερα και χωρίς σημαντικές απώλειες υλικού ο εμπλουτισμός του δείγματος.

Για τη μελέτη δειγμάτων μεταλλεύματος στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, τύπου Leitz (Laborlux 11 Pol S), κατασκευάστηκαν 5 τομές μεταλλογραφικού μικροσκοπίου από τα δείγματα C1₀, C2₀, C3₀, St5_{5.5} και St7_{2.9}. Η κατασκευή τους περιλαμβάνει την προετοιμασία και εγκιβωτισμό του δείγματος, την λείανση της τομής καθώς και τη στίλβωσή της.

Η αναγνώριση των ορυκτών στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο έγινε με βάση της οπτικές τους ιδιότητες (χρώμα, ανακλαστικότητα, διπλοανακλαστικότητα, ισοτροπία, ανισοτροπία και εσωτερικές ανακλάσεις)

Το χρώμα ανακλάσεως προκαλείται από τη διασπορά του φωτός και είναι μέρος του φάσματος για το οποίο έχει μεγαλύτερη ανακλαστικότητα δηλαδή μεγαλύτερη απορρόφηση. Αποτελεί το πιο χαρακτηριστικό γνώρισμα του ορυκτού αλλά με ορισμένους περιοριστικούς παράγοντες. Στα περισσότερα μεταλλικά ορυκτά το χρώμα κυμαίνεται από το καθαρό λευκό έως τεφρό με διαφορετική ένταση και χροιά. Λίγα ορυκτά έχουν καθορισμένο έντονο χρώμα (χαλκοπυρίτης, κοβελλίνης, βορνίτης).

Η ανακλαστικότητα εκφράζει την ένταση του ανακλώμενου φωτός από το εξεταζόμενο ορυκτό και μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με τον προσανατολισμό της τομής. Κυμαίνεται από πολύ χαμηλή έως εξαιρετικά υψηλή. Η διπλοανακλαστικότητα από την άλλη πλευρά εκφράζει τη μεταβολή της ανακλαστικότητας ή/και του χρώματος με τη στροφή της τράπεζας. Κυμαίνεται από πολύ ανεπαίσθητη έως ισχυρή. Για παράδειγμα ο μαγνητοπυρίτης παρουσιάζει μικρής εντάσεως διπλοανακλαστικότητα από ροδοκαστάνινο έως κιτρινορόδινο.

Οι εσωτερικές ανακλάσεις οφείλονται στην διαφάνεια κάποιων μεταλλικών ορυκτών που αφήνουν το φως να εισχωρήσει χωρίς να απορροφηθεί και να ανακλαστεί από κάποια επιφάνεια, να αποπολωθεί και να περάσει μέσα από τον αναλυτή ως ένας διάχυτος φωτισμός ή ως διαφορετικής εντάσεως λάμπες. Για παράδειγμα ο σφαλερίτης παρουσιάζει κίτρινες, κιτρινοκαστάνινες και καστανέρυθρες ανακλάσεις.

4. Αποτελέσματα

4.1. Αποτελέσματα Ιζηματολογικών Αναλύσεων

Στον κόλπο Ιερισσού Χαλκιδικής ελήφθησαν συνολικά 19 δείγματα στα οποία έγινε ανάλυση με τη μέθοδο των κοσκίνων. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης των δειγμάτων από όλες τις θέσεις δειγματοληψίας. Ειδικότερα παρουσιάζονται οι τέσσερις παράμετροι μεγέθους και ο χαρακτηρισμός κάθε δείγματος σύμφωνα με το μέσο όρο της κοκκομετρικής του σύστασης. Το μέγεθος των κλαστικών κόκκων μαζί με την ταξινόμησή τους αποτελούν έμμεσο μέτρο των δυνατοτήτων του μεταφορικού μέσου, όπως επίσης και της απόστασης μεταφοράς τους (Pettijohn, 1957). Ειδικά, το μέγεθος των κόκκων εξαρτάται κυρίως από το δυναμικό του περιβάλλοντος ιζηματογένεσης σε τοπική κλίμακα και το αρχικό μέγεθος των θραυσμάτων πετρωμάτων και όχι από την απόσταση μεταφοράς (Folk, 1974). (Αναλυτικά οι πίνακες Κοκκομετρικής ανάλυσης και Ταξινόμησης των κόκκων παραθέτονται στα Παραρτήματα III και IV, αντίστοιχα)

Πίνακας 4.1.1: Στατιστικές αναλύσεις κοκκομετρική διαβάθμισης του υλικού

Σταθμός	Γραφικός Μέσος όρος μεγέθους (x)	Ταξινόμηση (σ)	Γραφική Λοξότητα (sK)	Γραφική Κύρτωση (Ku)
C1 ₀	1,261	0,762	0,087	1,205
	Μεσόκοκκη Άμμος	Μέτρια Ταξινόμηση	Συμμετρική Λοξότητα	Λεπτόκυρτη
C2 ₀	0,146	1,268	-0,33	0,908
	Χονδρόκοκκη Άμμος	Κακή Ταξινόμηση	Έντονα Αρνητική Λοξότητα	Μεσόκυρτη
C3 ₀	0,6	2,068	-0,247	0,975
	Χονδρόκοκκη Άμμος	Πολύ Κακή Ταξινόμηση	Αρνητική Λοξότητα	Μεσόκυρτη
C4 ₀	-0,546	0,432	0,177	1,055
	Πολύ Χονδρόκοκκη Άμμος	Καλή Ταξινόμηση	Θετική Λοξότητα	Μεσόκυρτη
C5 ₀	1,998	0,486	0,161	1,224
	Μεσόκοκκη Άμμος	Καλή Ταξινόμηση	Θετική Λοξότητα	Λεπτόκυρτη
C6 ₀	0,721	1,205	0	1,182
	Χονδρόκοκκη Άμμος	Κακή Ταξινόμηση	Συμμετρική Λοξότητα	Λεπτόκυρτη
C7 ₀	0,233	1,702	-0,199	0,924
	Χονδρόκοκκη Άμμος	Κακή Ταξινόμηση	Αρνητική Λοξότητα	Μεσόκυρτη
St1 _{5,7}	2,417	0,758	-0,002	1,061
	Λεπτόκοκκη Άμμος	Μέτρια Ταξινόμηση	Συμμετρική Λοξότητα	Μεσόκυρτη
St2 _{0,4}	-0,443	1,54	0,139	0,655
	Πολύ Χονδρόκοκκη Άμμος	Κακή Ταξινόμηση	Θετική Λοξότητα	Πολύ Πλατύκυρτη
St3 _{5,9}	2,555	0,735	-0,147	1,176
	Λεπτόκοκκη Άμμος	Μέτρια Ταξινόμηση	Αρνητική Λοξότητα	Λεπτόκυρτη
St4 _{9,5}	2,553	0,774	-0,103	1,127
	Λεπτόκοκκη Άμμος	Μέτρια Ταξινόμηση	Αρνητική Λοξότητα	Λεπτόκυρτη
St5 _{5,5}	1,639	0,811	0,019	1,165
	Μεσόκοκκη Άμμος	Μέτρια Ταξινόμηση	Συμμετρική Λοξότητα	Λεπτόκυρτη

Πίνακας 4.1.2(...συνέχεια): Στατιστικές αναλύσεις κοκκομετρική διαβάθμισης του υλικού

Σταθμός	Γραφικός Μέσος όρος μεγέθους (x)	Ταξινόμηση (σ)	Γραφική Λοξότητα (sK)	Γραφική Κύρτωση (Ku)
St6 _{2.5}	2,445	0,863	-0,114	1,504
	Λεπτόκοκκη Άμμος	Μέτρια Ταξινόμηση	Αρνητική Λοξότητα	Πολύ Λεπτόκυρτη
St7 _{2.9}	2,195	0,743	0,114	0,988
	Λεπτόκοκκη Άμμος	Μέτρια Ταξινόμηση	Θετική Λοξότητα	Μεσόκυρτη
St8 ₅	2,913	0,577	0,091	1,213
	Λεπτόκοκκη Άμμος	Μέτρια Καλή Ταξινόμηση	Συμμετρική Λοξότητα	Λεπτόκυρτη
St9 _{2.7}	1,74	0,667	0,159	1,18
	Μεσόκοκκη Άμμος	Μέτρια Καλή Ταξινόμηση	Θετική Λοξότητα	Λεπτόκυρτη
St10 _{1.9}	-0,578	1,116	0,159	0,811
	Πολύ Χονδρόκοκκη Άμμος	Κακή Ταξινόμηση	Θετική Λοξότητα	Πλατύκυρτη
St11 ₃	1,007	1,349	-0,31	0,769
	Μεσόκοκκη Άμμος	Κακή Ταξινόμηση	Έντονα Αρνητική Λοξότητα	Πλατύκυρτη
St12 _{1.5}	-1,718	0,276	0,059	1,297
	Πολύ Λεπτόκοκκες Κροκάλες - Χαλίκια	Πολύ Καλή Ταξινόμηση	Συμμετρική Λοξότητα	Λεπτόκυρτη

Η κατανομή των μεγεθών των κόκκων θεωρείται πως πρέπει να εκτιμάται καθώς δίνει πληροφορίες για την προέλευση του υλικού, τις περιβαλλοντικές συνθήκες κάτω από τις οποίες έγινε η απόθεσή του καθώς και την διαδικασία μεταφοράς του (αναπήδηση, ερπυσμός, διάχυση) (Inman, 1949; Friedman 1967).

Τα δείγματα από τους σταθμούς St1_{5.7}, St3_{5.9}, St4_{9.5}, St6_{2.5}, St7_{2.9}, St8₅, χαρακτηρίζονται ως λεπτόκοκκη άμμος, τα δείγματα από τους σταθμούς C10, C50, St55.5, St9_{2.7}, St11₃ χαρακτηρίζονται ως μεσόκοκκη άμμος ενώ τα δείγματα από τους σταθμούς C2₀, C3₀, C6₀, C7₀ χαρακτηρίζονται ως χονδρόκοκκη άμμος. Τα δείγματα από τους σταθμούς C4₀, St2_{0.4} και St10_{1.9} χαρακτηρίζονται ως πολύ χονδρόκοκκη άμμος ενώ το δείγμα από το σταθμό St121.5 παρουσιάζει πολύ λεπτόκοκκες κροκάλες-χαλίκια.

Τα δείγματα από τους σταθμούς C4₀, C5₀, St2₄, St7_{2.9}, St9_{2.7}, και St10_{1.9} παρουσιάζουν θετική λοξότητα, τα δείγματα από τους σταθμούς C1₀, C6₀, St1_{5.7}, St5_{5.5}, St8₅ και St12_{1.5} συμμετρική, τα δείγματα από τους σταθμούς C2₀, C3₀, C7₀, St3_{5.9}, St4_{9.5}, St6_{2.5}, και St11₃ αρνητική λοξότητα και τα δείγματα από τους σταθμούς C2₀ και St11₃ έντονα αρνητική λοξότητα.

4.2. Αποτελέσματα μαγνητικού διαχωρισμού

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης δίνονται στον Πίνακα 4.2.1. Για να διαπιστωθεί εάν υπήρξε πλήρης μαγνητικός διαχωρισμός τα προϊόντα του διαχωρισμού ελέγχθηκαν σε στερεοσκόπιο τύπου JENA. Κατά την παρατήρηση στο στερεοσκόπιο του μαγνητικού κλάσματος αναγνωρίστηκαν και μη μαγνητικά ορυκτά, τα οποία ωστόσο είχαν εγκλείσματα μαγνητικών ορυκτών. Παρατηρήθηκε οπτικά ότι στα μαγνητικά κλάσματα περιλαμβάνονταν τέτοια εγκλείσματα σε αρκετά μεγάλο ποσοστό.

Πίνακας 4.2.1: Ποσοστά μαγνητικών (M) και μη μαγνητικών (M.M.) κλασμάτων

Δείγμα	2Φ			2,5Φ		
	Αρχικό (%)	M.M (%)	M (%)	Αρχικό (%)	M.M (%)	M (%)
C1 ₀	99,2	15,1	84	99,8	25,9	73,9
C2 ₀	99,4	34,1	65,3	95,9	52,8	43,1
C3 ₀	99,9	17,9	82	94,5	66,2	28,3
C5 ₀	99,9	62,5	37,3	42,1	6,31	35,7
C6 ₀	99,7	86	13,6	99,4	83	16,4
St1 _{5,7}	99,4	69,7	29,7	75,7	71,8	3,93
St2 _{0,4}	100	79,9	20,5	98,5	32,9	65,5
St3 _{5,9}	99	70,8	28,2	98,7	71,5	27,2
St4 _{9,5}	100	48,8	51,3	100	55,8	44,2
St5 _{5,5}	99,3	68,1	31,1	99,8	64,9	34,9
St6 _{2,5}	99,5	79,6	19,9	91,2	83,2	7,95
St7 _{2,9}	81,6	71,9	9,68	99,4	69,1	30,3
St8 ₅	99	78,3	20,8	98,8	60,5	38,3
St9 _{2,7}	99,9	86,2	13,8	99,8	83,7	16,1
St10 _{1,9}	100	97	2,3	100	97	2,2
St11 ₃	100	96,1	4,15	100	95,5	4,63

4.3. Αποτελέσματα υπολογισμού του ειδικού βάρους, της ταχύτητας και του χρόνου καθίζησης των επιμέρους κλασμάτων που διαχωρίστηκαν με την μέθοδο της καθίζησης

Το ειδικό βάρος των κλασμάτων, που διαχωρίστηκαν στην βάση του σωλήνα καθίζησης, υπολογίστηκε με τη βοήθεια της μεθόδου της ληκύθου (Ψιλοβίκος 2010) και παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 4.3.1. Εξαιρέση αποτέλεσαν τα δείγματα C4₀, C7₀, St10_{1,9} και St12_{1,5}, λόγω έλλειψης υλικού, όπου δεν μπόρεσε να εφαρμοστεί η μέθοδος. Αναλυτικοί υπολογισμοί των ειδικών βαρών παρουσιάζονται στο Παράρτημα V

Πίνακας 4.3.1.: Πίνακας Βαρών, Ειδικών Βαρών (Ε.Β.), ταχύτητας (U) και χρόνου καθίζησης (τ)

			2Φ (0,25mm)				2,5Φ (0,177mm)		
Δείγμα τα	Εύρος Ειδικού Βάρους		2,6-2,8 Πυριτικά ***	2,9-3,8 Εγκλείσματα- Συσσωματώματα	3,8-7,6 Βαρέα Κλάσματα		2,6-2,8 Πυριτικά ***	2,9-3,8 Εγκλείσματα- Συσσωματώματα	3,8-7,6 Βαρέα Κλάσματα
C1-0m	Βάρος (gr)		0	0,828	4,18		0	0	10,122
	E.B.	*		3,345	4,59	**			4,577
	U (m/s)			0,041	0,06				0,096
	t (s)			18,293	12,5				7,813
C2-0m	Βάρος (gr)		3,03	0	2,151		1,101	0,25	0,637
	E.B.	*	3,045		4,45	*	2,85	3,182	4,417
	U (m/s)		0,039		0,058		0,060	0,067	0,093
	t (s)		19,231		12,931		12,5	11,194	8,065
C3-0m	Βάρος (gr)		2,832	0,736	0,746		0,955	0,595	0,535
	E.B.	*	2,793	3,254	4,376	*	3,12	3,81	4,29
	U (m/s)		0,019	0,042	0,057		0,066	0,081	0,091
	t (s)		39,474	17,857	13,158		11,363	9,259	8,242
C5-0m	Βάρος (gr)		10,001	0	0		0,655	1,564	0,181
	E.B.	*	2,782			*	2,908	3,45	3,91
	U (m/s)		0,035				0,061	0,093	0,089
	t (s)		21,429				12,3	8,065	9,036
C6-0m	Βάρος (gr)		10,178	0	0		10,007	0	0
	E.B.	*	2,666			**	2,688		
	U (m/s)		0,033				0,056		
	t (s)		22,727				13,393		
St1- 5,7m	Βάρος (gr)		10,081	0	0		10,111	0	0
	E.B.	*	2,78			**	2,884		
	U (m/s)		0,035				0,061		
	t (s)		21,429				12,3		
St2- 0.4m	Βάρος (gr)		2,827	0	1,145		1,903	0,447	1,923
	E.B.	*	2,889		4,19	*	2,895	3,381	4,343
	U (m/s)		0,037		0,055		0,061	0,072	0,092
	t (s)		20,27		13,636		12,3	10,417	8,152
St3- 5,9m	Βάρος (gr)		10,014	0	0		10,212	0	0
	E.B.	*	2,745			**	2,854		
	U (m/s)		0,034				0,06		
	t (s)		22,059				12,5		
* το δείγμα διαχωρίστηκε σε 2-4 κλάσματα									
** το δείγμα δεν διαχωρίστηκε									
*** Τα Πυριτικά ορυκτά περιλαμβάνουν τα Ινοπυριτικά, τα Σωροπυριτικά και τα Τεκτοπυριτικά ορυκτά									

Πίνακας 4.3.1 (...συνέχεια): Πίνακας Βαρών, Ειδικών Βαρών (Ε.Β.), ταχύτητας (U) και χρόνου καθίζησης (τ)

2Φ (0,25mm)						2,5Φ (0,177mm)			
Δείγμα τα	Εύρο ς Ειδικ ού Βάρο υς		2,6-2,8 Πυριτικά ***	2,9-3,8 Εγκλείσματα- Συσσωματώμ ατα	3,8-7,6 Βαρέα Κλάσμα τα		2,6-2,8 Πυριτικά ***	2,9-3,8 Εγκλείσματα- Συσσωματώμ ατα	3,8-7,6 Βαρέα Κλάσμα τα
St4- 9,5m	Βάρος (gr)		10,077	0	0		10,317	0	0
	E.B.	*	2,762			**	2,81		
	U (m/s)		0,034				0,057		
	t (s)		22,059				13,158		
St5- 5,5m	Βάρος (gr)		10,471	0	0		3,182	0,786	0,267
	E.B.	*	2,75			*	2,784	3,15	3,889
	U (m/s)		0,034				0,058	0,067	0,083
	t (s)		22,059				12,31	11,194	9,036
St6- 2,5m	Βάρος (gr)		10,064	0	0		10,306	0	0
	E.B.	*	2,667			**	2,614		
	U (m/s)		0,033				0,054		
	t (s)		22,727				13,889		
St7- 2,9m	Βάρος (gr)		10,382	0	0		10,063	0	0
	E.B.	*	2,706			**	2,754		
	U (m/s)		0,034				0,057		
	t (s)		22,059				13,158		
St8- 5m	Βάρος (gr)		8,153	0	0		10,145	0	0
	E.B.	*	2,709			**	2,751		
	U (m/s)		0,034				0,057		
	t (s)		22,059				13,158		
St9- 2,7m	Βάρος (gr)		10,234	0	0		10,558	0	0
	E.B.	*	2,656			**	2,684		
	U (m/s)		0,033				0,056		
	t (s)		22,727				13,393		
St11- 3m	Βάρος (gr)		10,072	0	0		10,021	0	0
	E.B.	*	2,615			**	2,622		
	U (m/s)		0,032				0,054		
	t (s)		23,438				13,889		
* το δείγμα διαχωρίστηκε σε 2-4 κλάσματα									
** το δείγμα δεν διαχωρίστηκε									
*** Τα Πυριτικά ορυκτά περιλαμβάνουν τα Ινοπυριτικά, τα Σωροπυριτικά και τα Τεκτοπυριτικά ορυκτά									

4.4. Διεξαγωγή εργαστηριακού πειράματος καθίζησης ιζημάτων διαφορετικής διαμέτρου και ορυκτολογικής σύστασης.

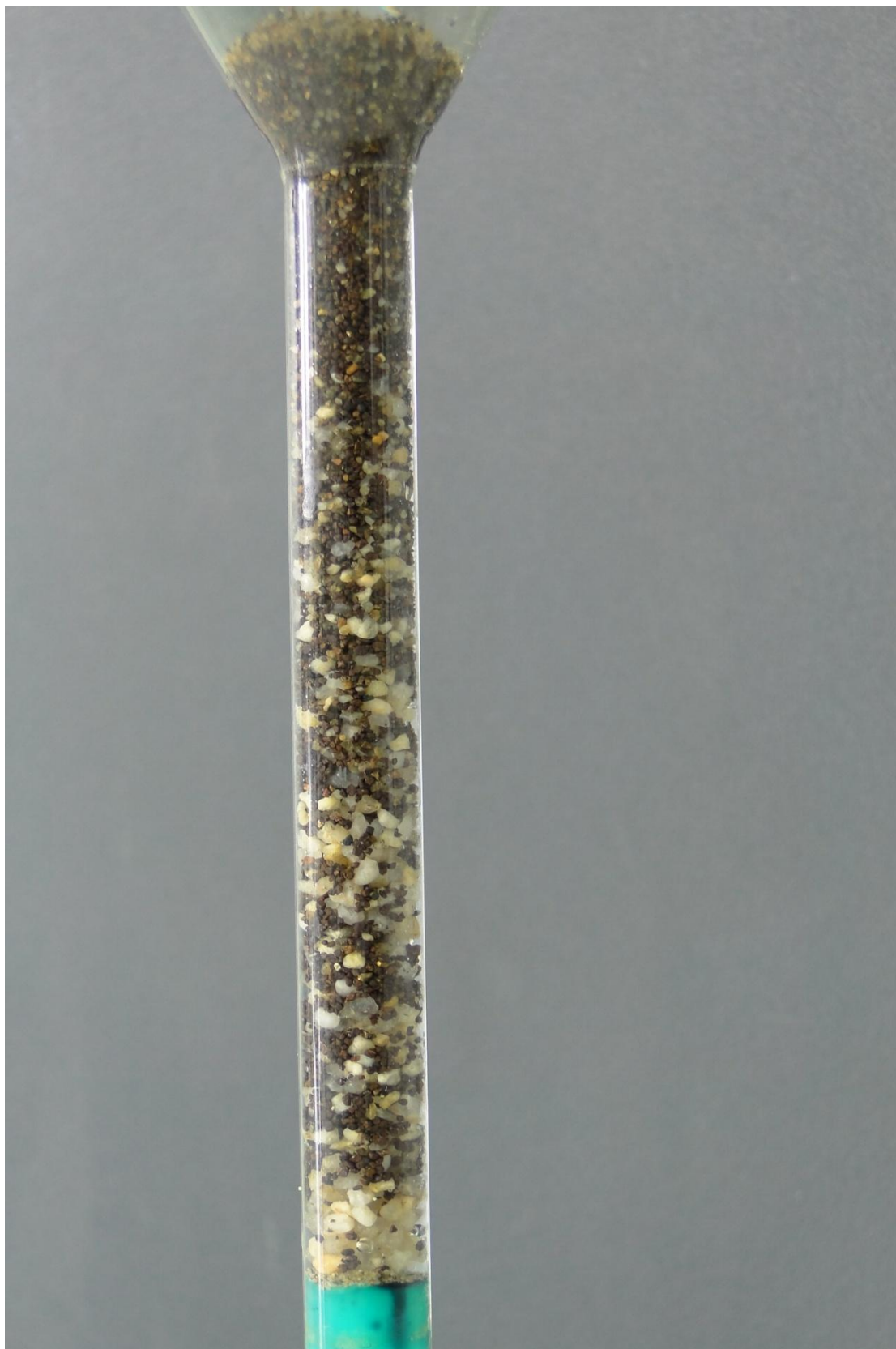
4.4.1. Μεθοδολογία

Με τη μέθοδο της καθίζησης κόκκων ίδιας διαμέτρου αλλά διαφορετικού ειδικού βάρους διαχωρίστηκαν κλάσματα ανάλογα το ειδικό βάρος. Στην φύση όμως συνυπάρχουν όλα τα μεγέθη και στην παράκτια ζώνη της περιοχής έρευνας βρίσκονται σε ζώνες με παρόμοιο υδροδυναμικό καθεστώς ιζήματα με διαφορετική κοκκομετρία και ορυκτολογική σύσταση. Επειδή καθοριστικός παράγοντας για την υδροδυναμική συμπεριφορά των κόκκων από τα κύματα αποτελεί το ειδικό βάρος ((Ψιλοβίκος, 2010, Folk, 1975), αποφασίστηκε η διεξαγωγή ενός πειράματος σε ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες, με την καθίζηση δείγματος αποτελούμενο από κόκκους τόσο διαφορετικής διαμέτρου όσο και διαφορετικού ειδικού βάρους. Το δείγμα αυτό παράχθηκε τεχνητά με την παρακάτω μεθοδολογία:

Επιλέχθηκαν δύο δείγματα άμμου από την παραλία του Στρατωνίου, που συλλέχθηκαν από πολύ κοντινές θέσεις με παρόμοιο υδροδυναμικό χαρακτήρα αλλά με παρόλα αυτά, τα ιζηματολογικά και ορυκτολογικά χαρακτηριστικά τους είναι εντελώς διαφορετικά. Το δείγμα C1₀ αποτελείται από άμμο που χαρακτηρίζεται ως μεσόκοκκη, μέτριας ταξινόμησης, συμμετρικής λοξότητας και λεπτόκυρτη, ενώ το δείγμα C4₀ αποτελείται από άμμο που χαρακτηρίζεται ως πολύ χονδρόκοκκη, καλής ταξινόμησης, συμμετρικής λοξότητας και μεσόκυρτη (Κεφάλαιο 4.1). Από τα δύο δείγματα επιλέχθηκαν τα δύο κλάσματα που συμμετέχουν με το μεγαλύτερο % ποσοστό στην κοκκομετρία και πάρθηκε από το κάθε ένα από αυτά ποσότητα 2 γραμμαρίων. Από το δείγμα C1 επιλέχθηκαν τα κλάσματα του -1Φ (2mm) και -1,5 Φ (3mm), ενώ από το δείγμα C2 επιλέχθηκαν τα κλάσματα των 0Φ (1mm) και 0,5 Φ (0.707mm). Στη συνέχεια τα τέσσερα νέα δείγματα που προέκυψαν αναμείχθηκαν. Συνεπώς δημιουργήθηκε ένα δείγμα 8 γραμμαρίων με ιζηματογενείς κόκκους διαφορετικού μεγέθους και σύστασης. Το αναμειγμένο δείγμα υποβλήθηκε σε διαδικασία καθίζησης εντός δοκιμαστικού σωλήνα μήκους 1 μέτρου.

4.4.2. Αποτελέσματα

Το αποτέλεσμα έδειξαν ότι οι κόκκοι των μη μεταλλικών ορυκτών, κυρίως χαλαζία, μεγέθους 1Φ (2mm) και -1,5 Φ (3mm) καθίζησαν μαζί με τους κόκκους των βαρέων ορυκτών, των 0Φ (1mm) και 0,5 Φ (0.707mm). Το αποτέλεσμα ήταν εύκολα ορατό εξαιτίας της χρωματικής διαφοράς των ιζημάτων. Παρατηρήθηκαν ακόμη, ότι κόκκοι με διάμετρο 0Φ (1mm) αλλά μικτής σύστασης (κόκκοι μη μεταλλικών ορυκτών με εγκλείσματα βαρέων ορυκτών, με αυξημένο μέσο ειδικό) να καθιζάνουν μαζί με τους κόκκους χαλαζία -1Φ (2mm) (Σχήματα 4.4.2.1-4).



Σχήμα 4.4.2.1: Κόκκοι μη μεταλλικών ορυκτών μεγέθους -1Φ (2mm) και $-1,5\Phi$ (3mm) καθίζησαν μαζί με τους κόκκους των βαρέων ορυκτών, 0Φ (1mm) και $0,5\Phi$ (0.707mm)



Σχήμα 4.4.2.2: Κλάσμα 1. Κόκκοι βαρέων ορυκτών μεγέθους 0Φ (1mm) και 0,5 Φ (0.707mm) μαζί με αδρανή ορυκτά (πυριτικά) μεγέθους -1Φ (2mm) και -1,5 Φ (3mm)



Σχήμα 4.4.2.3: Κλάσμα 2. Κόκκοι βαρέων ορυκτών μεγέθους 0Φ (1mm) και 0,5 Φ (0.707mm) μαζί με αδρανή ορυκτά (πυριτικά) μεγέθους -1Φ (2mm) και -1,5 Φ (3mm)



Σχήμα 4.4.2.4: Κλάσμα 3. Κόκκοι βαρέων ορυκτών μεγέθους 0Φ (1mm) και 0,5 Φ (0.707mm) μαζί με αδρανή ορυκτά (πυριτικά) μεγέθους -1Φ (2mm) και -1,5 Φ (3mm)

4.5. Αποτελέσματα ποσοστού % Βαρέων κλασμάτων, Εγκλεισμάτων-Συσσωματωμάτων και Πυριτικών ορυκτών στην περιοχή μελέτης

Με την βοήθεια του τύπου του Κεφαλαίου 4.3 δημιουργήθηκε ένας πίνακας για τα ιζήματα των 2 και 2,5 Φ που φαίνονται παρακάτω (Πίνακας 4.5.1) και περιλαμβάνει πληροφορίες τόσο για το βάρος και το ειδικό βάρος των δειγμάτων όσο και για το ποσοστό (%) της ύπαρξης βαρέων μετάλλων και πυριτικών ορυκτών στα κλάσματα ανάλογα και με το βάθος δειγματοληψίας. Αρχικά δημιουργήθηκαν διαγράμματα με το ποσοστό (%) της ύπαρξης βαρέων μετάλλων και πυριτικών ορυκτών στα κλάσματα και ανά δείγμα (Σχήματα 4.5.1-2). Στην συνέχεια με βάση το βάθος δειγματοληψίας και το ποσοστό (%) της ύπαρξης βαρέων μετάλλων και πυριτικών ορυκτών στα κλάσματα δημιουργήθηκαν και τα αντίστοιχα διαγράμματα (Σχήματα 4.5.3.).

Πίνακας 4.5.1: Πίνακας με το βάρος (gr) των υπό εξέταση δειγμάτων, με το ειδικό τους βάρος (E.B.) και με τα ποσοστά (%) των βαρέων ορυκτών (B.O.) στα δείγματα.

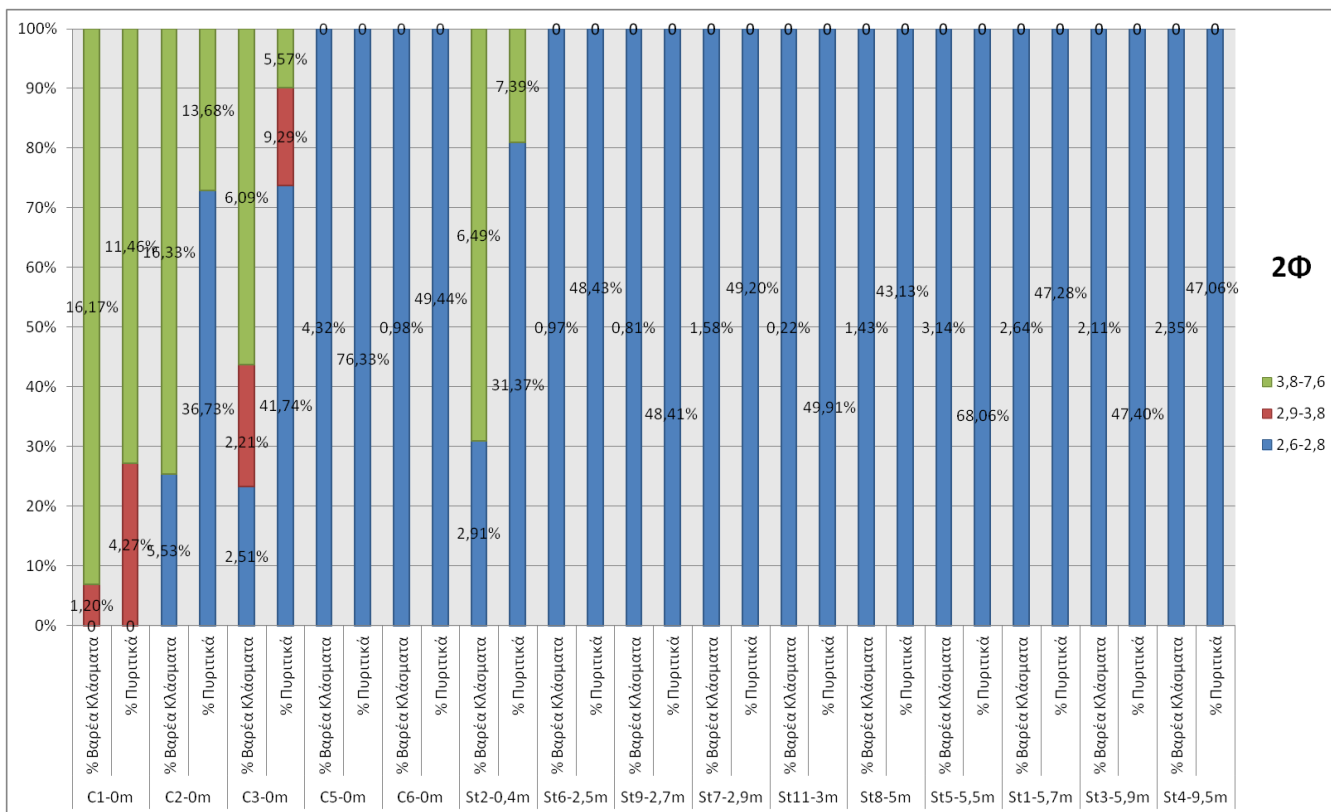
		2Φ (0,25mm)			2,5Φ (0,177mm)			
Δείγμα α	Εύρος Ειδικού Βάρους	2,6-2,8 Πυριτικά ***	2,9-3,8 Εγκλείσματα- Συσσωματώματα	3,8-7,6 Βαρέα Κλάσματα	2,6-2,8 Πυριτικά ***	2,9-3,8 Εγκλείσματα- Συσσωματώματα	3,8-7,6 Βαρέα Κλάσματα	Συνολικά
C1-0m	Βάρος (gr)	0	0,828	4,18	0	0	10,122	15,13
	E.B.		3,345	4,59			4,577	
	B.O.		0,22	0,59			0,58	
	Πυριτικά		0,78	0,41			0,42	
	% B.O.		1,20%	16,17%			38,90%	56,27%
	% Πυριτικά		4,27%	11,46%			28,00%	43,73%
C2-0m	Βάρος (gr)	3,03	0	2,151	1,101	0,25	0,637	7,169
	E.B.	3,045		4,45	2,85	3,182	4,417	
	B.O.	0,13		0,54	0,07	0,17	0,53	
	Πυριτικά	0,87		0,46	0,93	0,83	0,47	
	% B.O.	5,53%		16,33%	1,13%	0,60%	4,75%	28,33%
	% Πυριτικά	36,73%		13,68%	14,23%	2,89%	4,14%	71,67%
C3-0m	Βάρος (gr)	2,832	0,736	0,746	0,955	0,595	0,535	6,399
	E.B.	2,793	3,254	4,376	3,12	3,81	4,29	
	B.O.	0,06	0,19	0,52	0,15	0,36	0,50	
	Πυριτικά	0,94	0,81	0,48	0,85	0,64	0,50	
	% B.O.	2,51%	2,21%	6,09%	2,28%	3,31%	4,16%	20,56%
	% Πυριτικά	41,74%	9,29%	5,57%	12,64%	5,99%	4,20%	79,44%
C5-0m	Βάρος (gr)	10,001	0	0	0,655	1,564	0,181	12,401
	E.B.	2,782			2,908	3,45	3,91	
	B.O.	0,05			0,09	0,25	0,39	
	Αργιλοπυριτικά	0,95			0,91	0,75	0,61	
	% B.O.	4,32%			0,48%	3,15%	0,562%	8,51%
	% Πυριτικά	76,33%			4,80%	9,46%	0,90%	91,49%
C6-0m	Βάρος (gr)	10,178	0	0	10,007	0	0	20,185
	E.B.	2,666			2,688			
	B.O.	0,02			0,03			
	Πυριτικά	0,98			0,97			
	% B.O.	0,98%			1,28%			2,26%
	% Πυριτικά	49,44%			48,29%			97,74%
St2-0,4m	Βάρος (gr)	2,827	0	1,145	1,903	0,447	1,923	8,245
	E.B.	2,889		4,19	2,895	3,381	4,343	
	B.O.	0,08		0,47	0,09	0,23	0,51	
	Πυριτικά	0,92		0,53	0,91	0,77	0,49	
	% B.O.	2,91%		6,49%	2,00%	1,25%	11,96%	24,61%
	% Πυριτικά	31,37%		7,39%	21,08%	4,18%	11,37%	75,39%
*** Τα Πυριτικά ορυκτά περιλαμβάνουν τα Ινοπυριτικά, τα Σωροπυριτικά και τα Τεκτοπυριτικά ορυκτά								

Πίνακας 4.5.1 (...συνέχεια): Πίνακας με το βάρος (gr) των υπό εξέταση δειγμάτων, με το ειδικό τους βάρος (Ε.Β.) και με τα ποσοστά (%) των βαρέων ορυκτών (Β.Ο.) στα δείγματα.

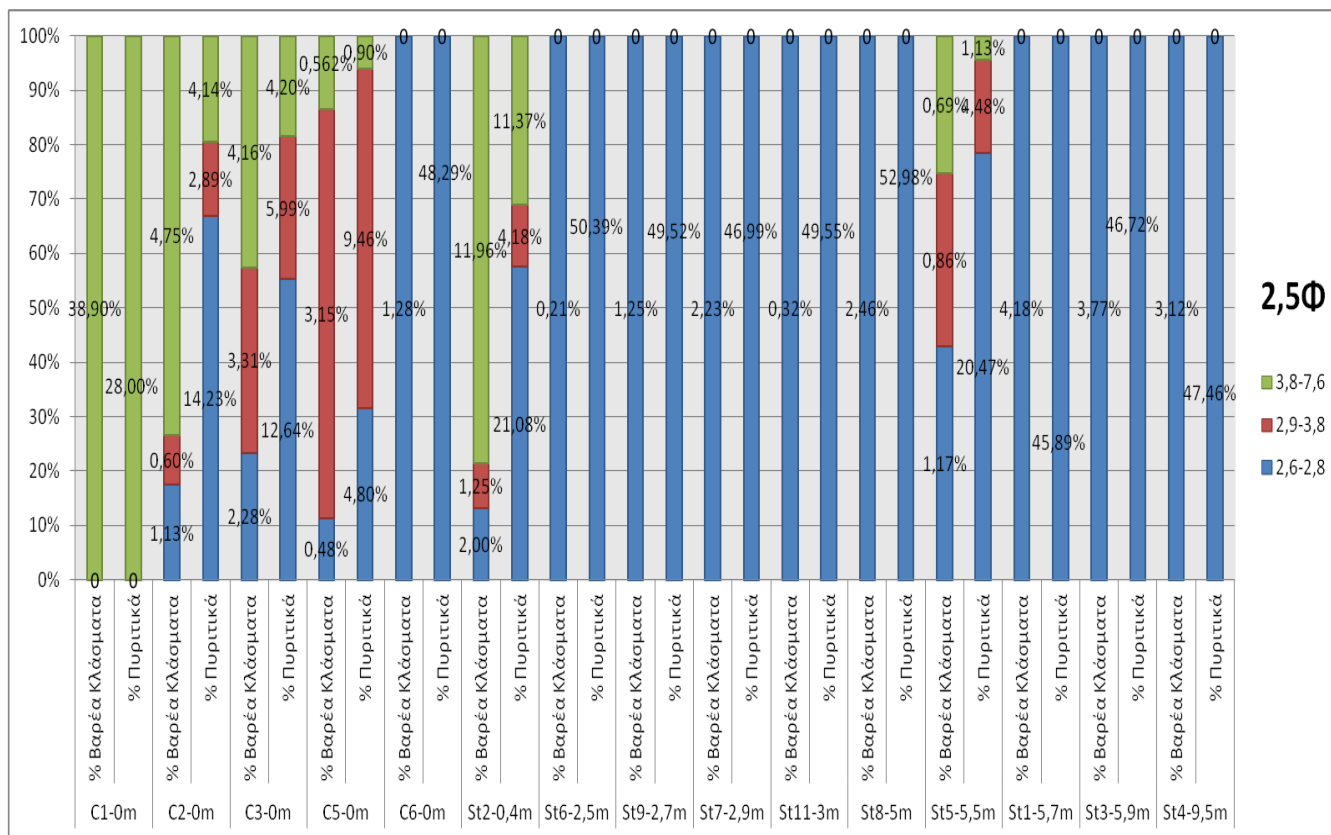
Δείγματα	Εύρος Ειδικού Βάρους	2Φ (0,25mm)			2,5Φ (0,177mm)			Συνολικά
		2,6-2,8 Πυριτικά ***	2,9-3,8 Εγκλείσματα- Συσσωματώματα	3,8-7,6 Βαρέα Κλάσματα	2,6-2,8 Πυριτικά ***	2,9-3,8 Εγκλείσματα- Συσσωματώματα	3,8-7,6 Βαρέα Κλάσματα	
St6-2,5m	Βάρος (gr)	10,064	0	0	10,306	0	0	20,37
	Ε.Β.	2,667			2,614			
	B.O.	0,02			0,004			
	Πυριτικά	0,98			0,996			
	% B.O.	0,97%			0,21%			1,18%
	% Πυριτικά	48,43%			50,39%			98,82%
St9-2,7m	Βάρος (gr)	10,234	0	0	10,558	0	0	20,792
	Ε.Β.	2,656			2,684			
	B.O.	0,02			0,02			
	Πυριτικά	0,98			0,98			
	% B.O.	0,81%			1,25%			2,07%
	% Πυριτικά	48,41%			49,52%			97,93%
St7-2,9m	Βάρος (gr)	10,382	0	0	10,063	0	0	20,445
	Ε.Β.	2,706			2,754			
	B.O.	0,03			0,05			
	Πυριτικά	0,97			0,95			
	% B.O.	1,58%			2,23%			3,81%
	% Πυριτικά	49,20%			46,99%			96,19%
St11-3m	Βάρος (gr)	10,072	0	0	10,021	0	0	20,093
	Ε.Β.	2,615			2,622			
	B.O.	0,004			0,006			
	Πυριτικά	0,996			0,994			
	% B.O.	0,22%			0,32%			0,54%
	% Πυριτικά	49,91%			49,55%			99,46%
St8-5m	Βάρος (gr)	8,153	0	0	10,145	0	0	18,298
	Ε.Β.	2,709			2,751			
	B.O.	0,03			0,04			
	Πυριτικά	0,97			0,96			
	% B.O.	1,43%			2,46%			3,89%
	% Πυριτικά	43,13%			52,98%			96,11%
*** Τα Πυριτικά ορυκτά περιλαμβάνουν τα Ινοπυριτικά, τα Σωροπυριτικά και τα Τεκτοπυριτικά ορυκτά								

Πίνακας 4.5.1 (...συνέχεια): Πίνακας με το βάρος (gr) των υπό εξέταση δειγμάτων, με το ειδικό τους βάρος (E.B.) και με τα ποσοστά (%) των βαρέων ορυκτών (B.O.) στα δείγματα.

Δείγματα	Εύρος Ειδικού Βάρους	2Φ (0,25mm)			2,5Φ (0,177mm)			Συνολικά
		2,6-2,8 Πυριτικά ***	2,9-3,8 Εγκλείσματα- Συσσωματώματα	3,8-7,6 Βαρέα Κλάσματα	2,6-2,8 Πυριτικά ***	2,9-3,8 Εγκλείσματα- Συσσωματώματα	3,8-7,6 Βαρέα Κλάσματα	
St5-5,5m	Βάρος (gr)	10,471	0	0	3,182	0,786	0,267	14,706
	E.B.	2,75			2,784	3,15	3,889	
	B.O.	0,04			0,05	0,16	0,38	
	Πυριτικά	0,96			0,95	0,84	0,62	
	% B.O.	3,14%			1,17%	0,86%	0,69%	5,87%
	% Πυριτικά	68,06%			20,47%	4,48%	1,13%	94,13%
St1-5,7m	Βάρος (gr)	10,081	0	0	10,111	0	0	20,192
	E.B.	2,78			2,884			
	B.O.	0,05			0,08			
	Πυριτικά	0,95			0,92			
	% B.O.	2,64%			4,18%			6,83%
	% Πυριτικά	47,28%			45,89%			93,17%
St3-5,9m	Βάρος (gr)	10,014	0	0	10,212	0	0	20,226
	E.B.	2,745			2,854			
	B.O.	0,04			0,07			
	Πυριτικά	0,96			0,93			
	% B.O.	2,11%			3,77%			5,88%
	% Πυριτικά	47,40%			46,72%			94,12%
St4-9,5m	Βάρος (gr)	10,077	0	0	10,317	0	0	20,394
	E.B.	2,762			2,81			
	B.O.	0,05			0,06			
	Πυριτικά	0,95			0,94			
	% B.O.	2,35%			3,12%			5,48%
	% Πυριτικά	47,06%			47,46%			94,52%
*** Τα Πυριτικά ορυκτά περιλαμβάνουν τα Ινοπυριτικά, τα Σωροπυριτικά και τα Τεκτοπυριτικά ορυκτά								



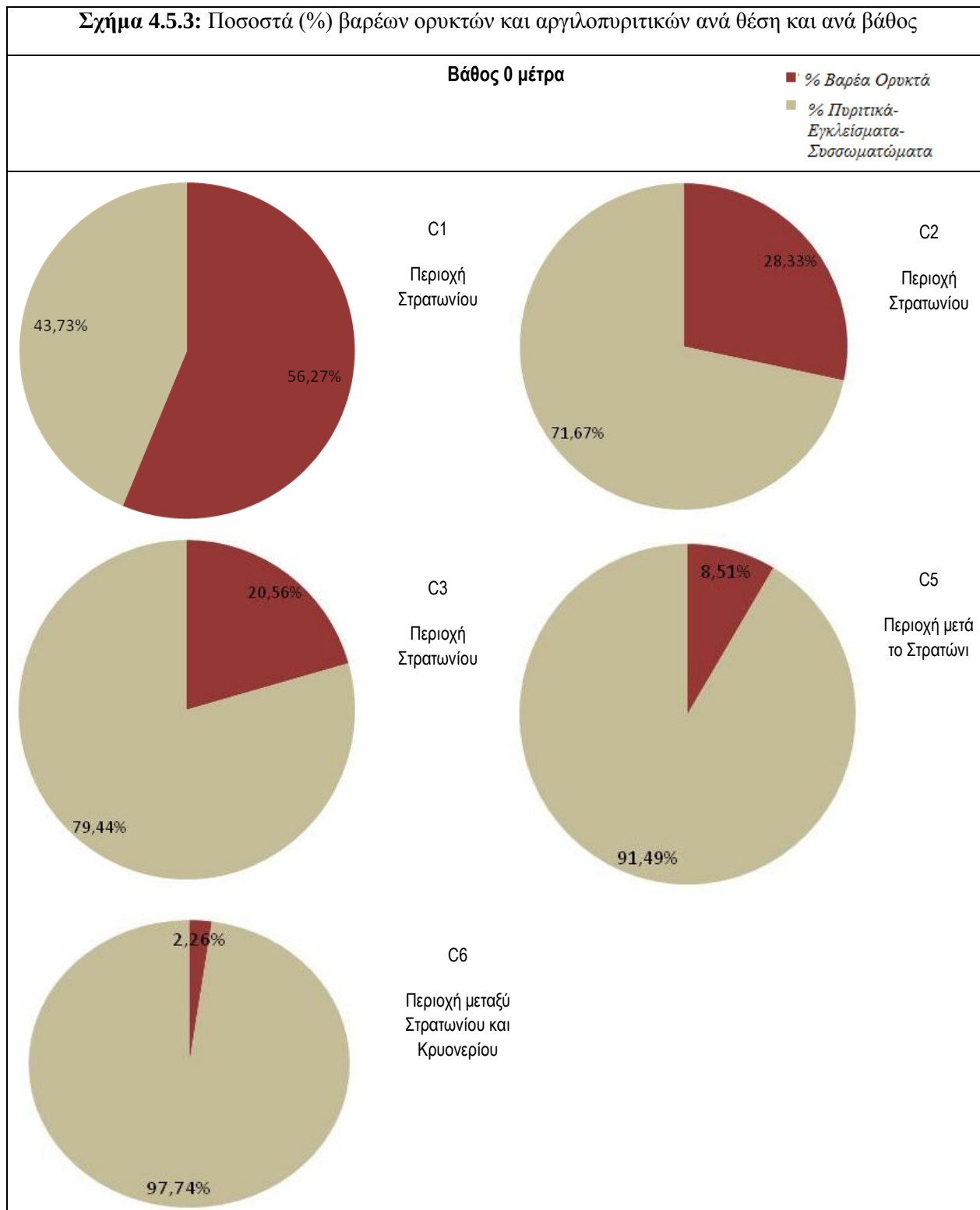
Σχήμα 4.5.1: Ποσοστά (%) βαρέων ορυκτών και αργιλοπυριτικών στα κλάσματα των δειγμάτων με μέγεθος 2Φ (0,25mm).



Σχήμα 4.5.2: Ποσοστά (%) βαρέων ορυκτών και αργιλοπυριτικών στα κλάσματα των δειγμάτων με μέγεθος 2,5Φ (0,177mm).

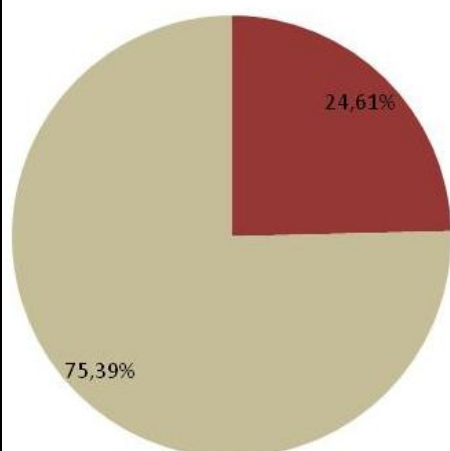
Στο σχήμα 4.5.1 και 4.5.2 περιγράφονται τα ποσοστά (%) βαρέων κλασμάτων και πυριτικών στα δείγματα με μέγεθος 2Φ (0,25mm) και 2,5Φ (0,177mm) αντίστοιχα. Από αυτό φαίνεται ότι τα βαρέα ορυκτά συγκεντρώνονται στην ακτή κοντά στα μεταλλεία του Στρατωνίου ενώ καθώς απομακρυνόμαστε από την περιοχή των μεταλλείων τείνουν να μηδενιστούν. Επίσης καθώς προχωράμε σε μεγαλύτερα βάθη οι περιεκτικότητες των δειγμάτων σε βαρέα ορυκτά μειώνεται. Τα παραπάνω γίνονται αμεσότερα κατανοητά από το σχήμα 4.5.3. όπου φαίνονται τα ποσοστά των βαρέων ορυκτών και των πυριτικών-εγκλεισμάτων-συσσωματώματων ανά θέση και ανά βάθος.

Σχήμα 4.5.3: Ποσοστά (%) βαρέων ορυκτών και αργιλοπυριτικών ανά θέση και ανά βάθος

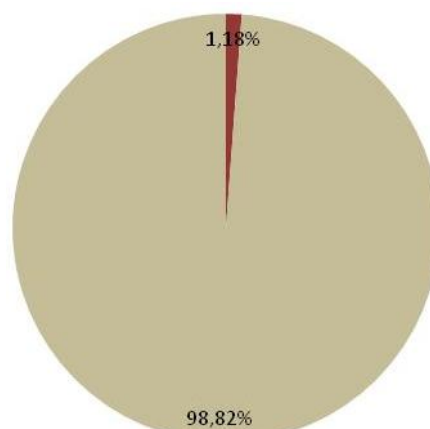


Βάθος 0,1-5 μέτρα

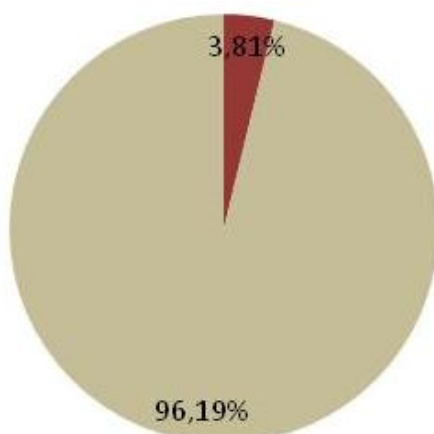
■ % Βαρέα Ορυκτά
■ % Πυριτικά-Εγκλείσματα-Συσσωματώματα



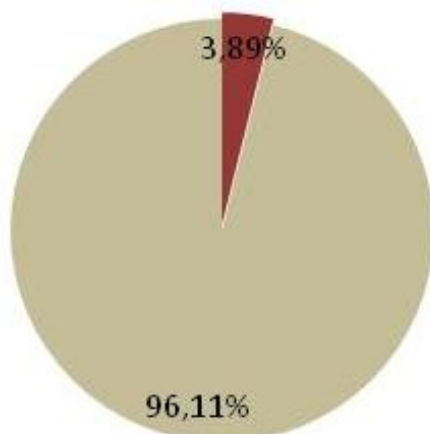
St2 0,4m
Περιοχή
Στρατωνίου



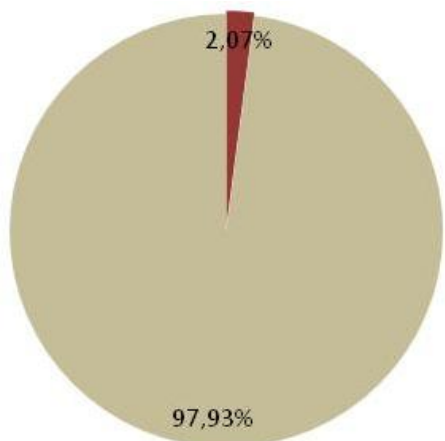
St6 2.5m
Περιοχή μετά
το Στρατώνι



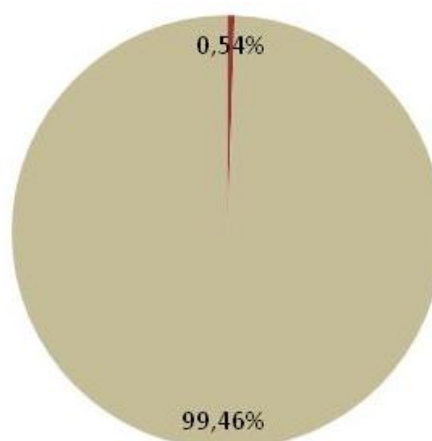
St7 2.9m
Περιοχή μετά
Στρατωνίου



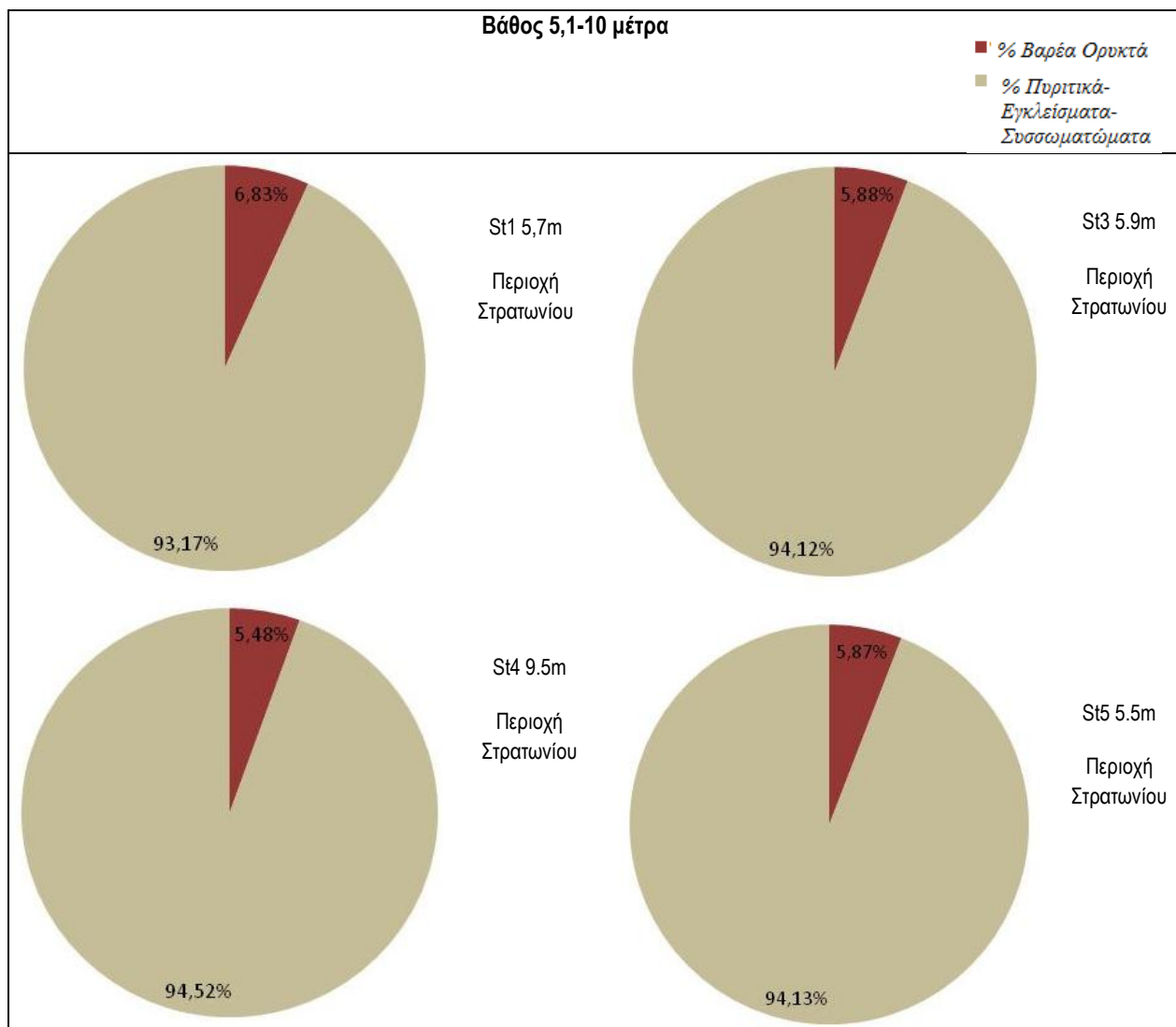
St8 5m
Περιοχή μετά
το Στρατώνι



St9 2.7m
Περιοχή μεταξύ
Στρατωνίου και
Κρυονερίου



St11 3m
Περιοχή
Ιερισσού



Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν πίτες με βάση το ποσοστό (%) της ύπαρξης βαρέων μετάλλων και πυριτικών ορυκτών στα κλάσματα 2 και 2,5 Φ συνολικά και το βάθος δειγματοληψίας (Σχήμα 4.5.3). Στο βάθος των 0m παρατηρούμε σταδιακή μείωση του ποσοστού των βαρέων ορυκτών στο συνολικό δείγμα. Στην περιοχή του Στρατωνίου το συνολικό ποσοστό βαρέων ορυκτών κυμαίνεται από 44 έως 16%. Στην περιοχή μετά το Στρατώνι το ποσοστό των βαρέων ορυκτών φτάνει μέχρι το 11%. Ενώ στην περιοχή μεταξύ Στρατωνίου και Κρυονερίου φτάνει στ 2% περίπου. Στα βάθη 0,1-5m παρατηρούμε επίσης μείωση του ποσοστού βαρέων ορυκτών. Στην περιοχή του Στρατωνίου φτάνει μέχρι το 19%, στην περιοχή μετά το Στρατώνι το ποσοστό κυμαίνεται από 1 έως 3%, μέχρι που σχεδόν μηδενίζεται (0,42%) στην περιοχή της Ιερισσού. Στα βάθη των 5,1-10m το ποσοστό των βαρέων ορυκτών παραμένει σε σταθερές τιμές περίπου στα 5%.

4.6. Αποτελέσματα ορυκτολογικής μελέτης ιζημάτων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω για τον προσδιορισμό της ορυκτολογικής σύστασης των ιζημάτων της περιοχής έρευνας μελετήθηκαν 19 δείγματα στο στερεοσκόπιο τύπου JENA και 5 στιλπνές τομές σε μεταλλογραφικό μικροσκόπιο διερχόμενου και ανακλώμενου φωτός τύπου Leitz (Διαγράμματα 1-5 Παράρτημα VI). Για την συμπλήρωση της ορυκτολογικής

μελέτης έγινε και του ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM-EDS) JEOL (840A) με αναλυτικό σύστημα EDS Link AN10000 στο διατμηματικό εργαστήριο της Σχολής Θετικών Επιστημών Α.Π.Θ..

Εντοπίστηκαν τόσο μη μεταλλικά όσο και μεταλλικά ορυκτά. Τα μεταλλικά ορυκτά είναι σφαλερίτης, σιδηροπυρίτης, χαλκοπυρίτης, γαληνίτης, αρσеноπυρίτης, γαληνοβισμούθινης, κεστερίτης, μαγνητοπυρίτης, τετραεδρίτης/τεναντίτης, βουλανζερίτης, ιλμενίτης, γκαϊτίτης/λειμωνίτης, μαγνητίτης, αιματίτης. Τα μη μεταλλικά ορυκτά που αναγνωρίστηκαν είναι: βαρύτης, γύψος, γιαιοσίτης, ρουτίλιο, τιτανίτης, πυρόξενος, καολινίτης, κεροσιλβη, βιοτίτης, χλωρίτης, μοσχοβίτης, αλανίτης/ορθίτης, επίδοτο, άστριοι, τουρμαλίνης, γρανάτης, ζirkόνιο, χαλαζίας, δολομίτης, ασβεστίτης και ροδοχρωσίτης. (Πίνακας 4.6.1-2).

Πίνακας 4.6.1: Μεταλλικά ορυκτά στα δείγματα της περιοχής έρευνας

Κατηγορία	Δείγματα Ορυκτό	C1 ₀	C2 ₀	C3 ₀	C5 ₀	C6 ₀	C7 ₀	St1 _{5,7}	St2 ₄	St3 _{5,9}	St4 _{9,5}	St5 _{5,5}	St6 _{2,5}	St7 _{2,9}	St8 _{0,5}	St9 _{2,7}	St10 _{1,9}	St11 ₃
Σουλφίδια	Σφαλερίτης (Sph)	•	•	•					•					•				
	Σιδηροπυρίτης (Py)	•	•	•					•	•	•	•		•				
	Χαλκοπυρίτης (Cpy)	•	•	•						•	•	•	•	•	•			
	Γαληνίτης (Ga)	•	•	•	•						•	•						
	Αρσеноπυρίτης (Apy)	•	•	•								•		•				
	Γαληνοβισμούθινης	•																
	Κεστερίτης		•															
Σουλφοάλατα	Μαγνητοπυρίτης (po)		•															
	Τετραεδρίτης/Τεναντίτης (Tetr/Ten)	•	•	•														
Σουλφοάλατα	Βουλανζερίτης (boul)		•	•														
	Ιλμενίτης (ilm)										•			•				
Οξειδία Τιτανίου	Γκαϊτίτης/Λειμωνίτης (Gt)	•	•	•				•						•				
	Μαγνητίτης (mt)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Αιματίτης (ht)		•	•														•
Ορυκτά Μαγνήσιου		•	•	•				•	•				•	•			•	

Πίνακας 4.6.2: Διαφανή ορυκτά στα δείγματα της περιοχής έρευνας

Κατηγορία	Δείγματα Ορυκτό	C1 ₀	C2 ₀	C3 ₀	C5 ₀	C6 ₀	C7 ₀	St1 _{5,7}	St2 ₄	St4 _{9,5}	St5 _{5,5}	St6 _{2,5}	St7 _{2,9}	St8 _{0,5}	St9 _{2,7}	St10 _{1,9}	St11 ₃
Θειικά	Βαρύτης			•													
	Γύψος (gy)			•													
Θειοάλατα	Γιαιοσίτης (jar)												•				
Οξειδία Τιτανίου	Ρουτίλιο (Rt)	•		•							•		•				
Ορυκτά Τιτανίου	Τιτανίτης (Ttn)	•	•	•		•		•	•	•		•	•	•	•	•	•
Πυριτικό	Πυρόξενος (Px)	•	•								•		•				
	Καολινίτης (kln)		•						•								
	Κεροσιλβη		•		•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•
	Βιοτίτης (Bt)	•				•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•
	Χλωρίτης (Chl)		•			•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•
	Μοσχοβίτης (ms)					•	•	•				•	•	•	•	•	•
	Αλανίτης/Ορθίτης												•				
	Επίδοτο		•		•	•		•		•		•	•		•	•	
	Άστριοι (Fsp)	•	•	•					•				•				
	Τουρμαλίνης							•									•
	Γρανάτης	•	•	•				•	•	•		•	•				
	Ζirkόνιο												•				
	Χαλαζίας (Qtz)	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•
Ανθρακικά	Δολομίτης (Dol)												•				
	Ασβεστίτης (cal)								•								
	Ροδοχρωσίτης (rds)		•								•	•				•	

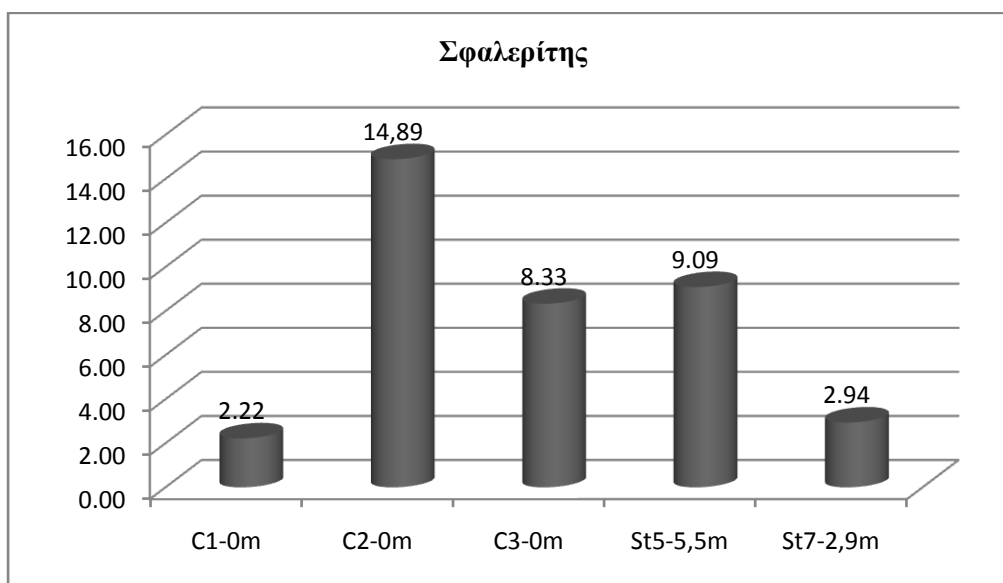
Μεταλλικά Ορυκτά

Σφαλερίτης

Ο σφαλερίτης βρίσκεται στα ιζήματα σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Η περιεκτικότητά του στα ιζήματα κυμαίνεται από 2,22 έως 14,89 % του συνολικού όγκου των δειγμάτων (Σχήμα 4.6.1.).

Οι κόκκοι σφαλερίτη παρουσιάζουν υπιδιόμορφο έως ακανόνιστο σχήμα (Σχήμα 4.6.2) και είναι ορισμένες φορές αποστρογγυλεμένοι (Σχήμα 4.6.3). Όπως προέκυψε από τη μελέτη στο μεταλλογραφικό και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο ορισμένες φορές βρίσκεται σε σύμφυση με σύνδρομα ορυκτά, κυρίως χαλαζία, αλλά και με γαληνίτη, σιδηροπυρίτη και βουλανζερίτη (Σχήματα 4.6.10, 4.6.12, 4.6.13 και 4.6.16)

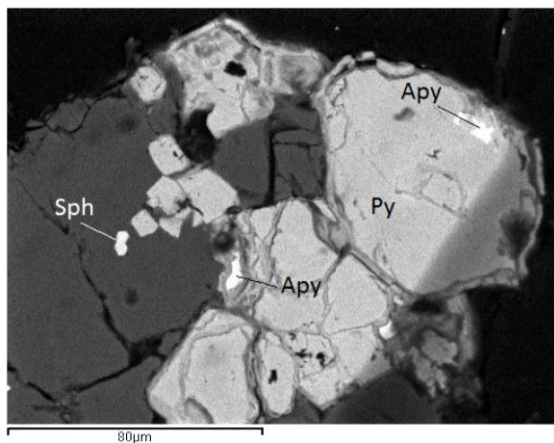
Από τη μελέτη της χημικής σύστασης με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο προέκυψε ότι η περιεκτικότητά του σε Zn κυμαίνεται από 61,89 wt.% έως 65,77 wt.%, με μέσο όρο 63,698 wt.% και του S κυμαίνεται από 31,65 wt.% έως 34,28 wt.%, με μέσο όρο 33,018 wt.%, ενώ σημαντική είναι η συμμετοχή του Fe στο πλέγμα του σφαλερίτη. Οι κόκκοι που μελετήθηκαν περιέχουν Fe σε περιεκτικότητα που κυμαίνεται από 1,45 wt.% έως 4,97 wt.%, με μέσο όρο 3,284 wt.%. (Πίνακας 4.6.3.)



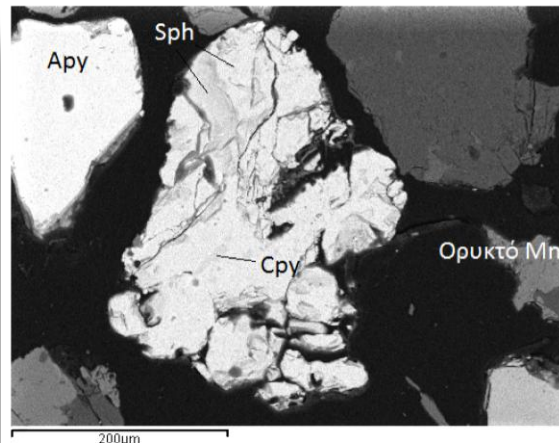
Σχήμα 4.6.1: Επι % ποσοστό σφαλερίτη στις θέσεις δειγματοληψίας

Πίνακας 4.6.3: Χημικές αναλύσεις σφαλερίτη από τις περιοχές δειγματοληψίας στον Κόλπο της Ιερισσού.

wt.%	C1-0m	C2-0m	C3-0m	St5-5,5m	St7-2,9m	M.O (n=5)
Zn	65,77	62,71	61,89	64,45	63,67	63,698
Fe	1,45	4,05	4,97	3,9	2,05	3,284
S	32,78	33,24	33,14	31,65	34,28	33,018
Σύνολο	100	100	100	100	100	100



Σχήμα 4.6.2: Υπιδιόμορφος κόκκος σφαλερίτη (sph) μαζί με ιδιόμορφο αρσеноπυρίτη (Apy) και σιδηροπυρίτη (Py), δείγμα St5 (5,5m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



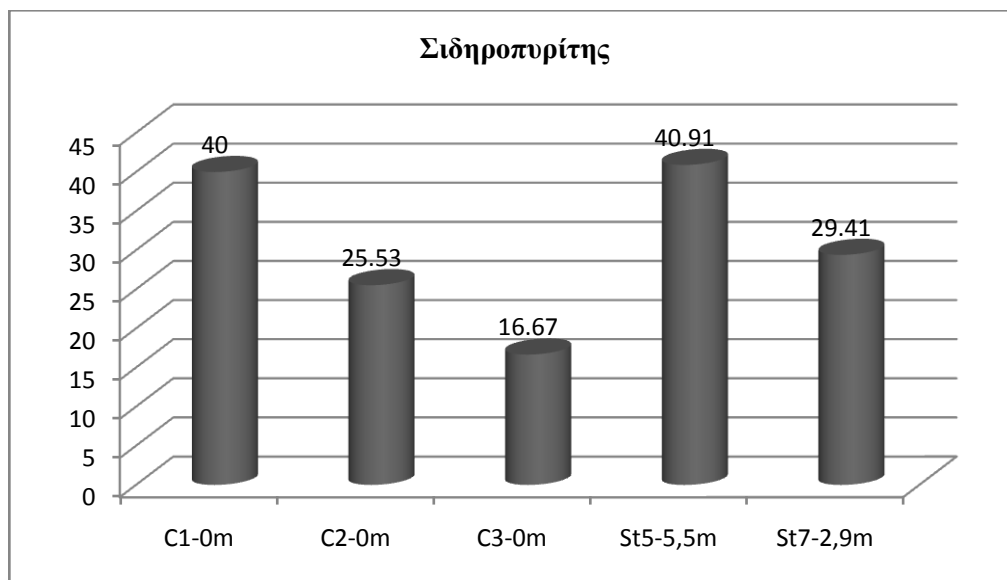
Σχήμα 4.6.3: Σφαλερίτης (sph) με εγκλείσματα χαλκοπυρίτη (Cpy), μαζί με αρσеноπυρίτη (Apy) και ορυκτά του μαγγανίου, δείγμα St5 (5,5m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Σιδηροπυρίτης

Ο σιδηροπυρίτης αποτελεί το κυριότερο ορυκτό σε ορισμένα από τα δείγματα που μελετήθηκαν. Η περιεκτικότητα εκτιμάται ότι κυμαίνεται από 3 έως 40 % του συνολικού όγκου των δειγμάτων (Σχήμα 4.6.4). Συγκεκριμένα το δείγμα St5 (5.5m) που παρουσιάζουν ποσοστό σιδηροπυρίτη πάνω από 40% οφείλεται στο γεγονός ότι τα δείγματα αυτά είναι εμπλουτίσιμα σιδηροπυρίτη που προέρχονται από το μεταλλείο του Στρατωνίου.

Οι κόκκοι σιδηροπυρίτη έχουν ακανόνιστο σχήμα, συνήθως με γωνιώδεις έως υπογωνιώδεις απολήξεις, ενώ το μέγεθος τους ποικίλει από -2Φ έως +4Φ (4-0,062 mm). Εντοπίζονται και υπό μορφή υπιδιόμορφων έως ιδιόμορφων κυβικών (Σχήμα 4.6.5) και πενταγωνικών δωδεκάεδρων κρυστάλλων. Εντοπίζεται συχνά σε σύμφυση με σύνδρομα ορυκτά, κυρίως πυριτικά και ανθρακικά (Σχήματα 4.6.6, 4.6.7, 4.6.27, 4.6.28 και 4.6.40), αλλά και με σουλφίδια όπως ο σφαλερίτης και ο γαληνίτης (Σχήματα 4.6.2, 4.6.10, 4.6.13, 4.6.24, 4.6.25 και 4.6.26), καθώς και με οξείδια αλλά και θειικά (Σχήμα 4.6.14)

Από τη μελέτη της χημικής σύστασης με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σε κόκκους σιδηροπυρίτη (Πίνακας 4.6.4) προέκυψε ότι η περιεκτικότητα σε Fe κυμαίνεται από 46,55 w.t.% έως 46,86 w.t.% , με μέσο όρο 46,728 w.t. %, ενώ η περιεκτικότητα του σε As κυμαίνεται από 1,47 w.t.% έως 2,4 w.t. % με μέσο όρο 2,04 w.t.% (Πίνακας 4.6.5).



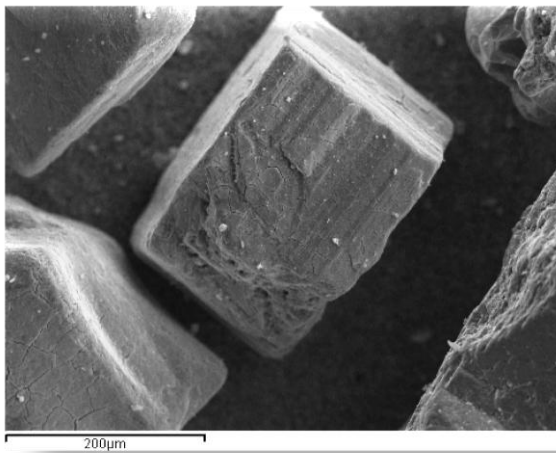
Σχήμα 4.6.4: Επι % ποσοστό σιδηροπυρίτη στις θέσεις δειγματοληψίας

Πίνακας 4.6.4: Χημικές αναλύσεις σιδηροπυρίτη από τις περιοχές δειγματοληψίας στον Κόλπο της Ιερισσού.

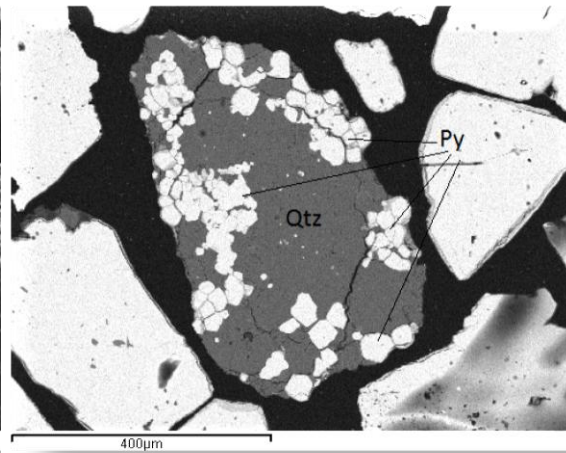
wt. %	C1-0m	C2-0m	C3-0m	St5-5,5m	St7-2,9m	M.O. (n=5)
S	53,14	53,45	53,31	53,31	53,15	53,272
Fe	46,86	46,55	46,69	46,69	46,85	46,728
Σύνολο	100	100	100	100	100	100

Πίνακας 4.6.5: Χημικές αναλύσεις σιδηροπυρίτη με As από τις περιοχές δειγματοληψίας στον Κόλπο της Ιερισσού.

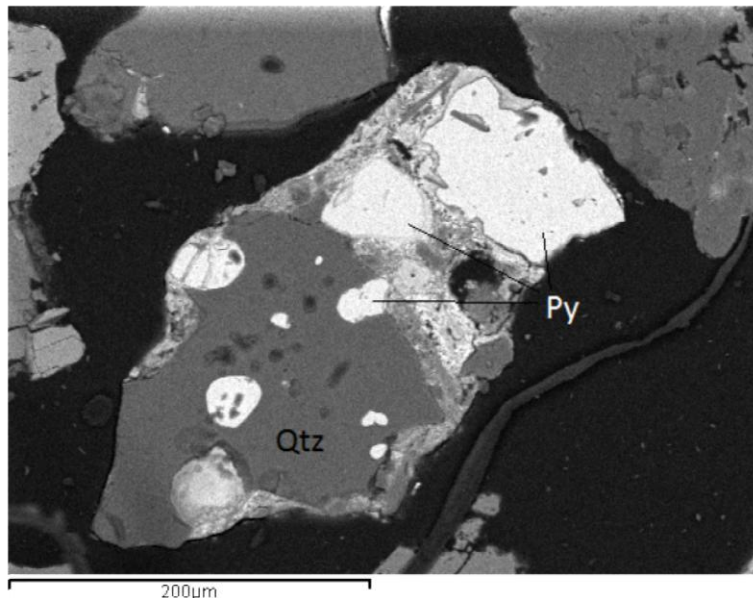
wt. %	C1-0m	C2-0m	C3-0m	St5-5,5m	St7-2,9m	M.O. (n=5)
S	51,99	52,37	52,42	51,79	52,27	52,168
Fe	45,57	45,22	46,11	45,83	46,23	45,792
As	2,44	2,41	1,47	2,38	1,5	2,04
Σύνολο	100	100	100	100	100	100



Σχήμα 4.6.5: Ιδιόμορφος κρύσταλλος σιδηροπυρίτη (Py), δείγμα St3 (5,9m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.



Σχήμα 4.6.6: Χαλαζίας (Qtz) με εγκλείσματα σιδηροπυρίτη (Py), δείγμα C1 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.



Σχήμα 4.6.7: Σιδηροπυρίτης (Py) σε σύμφυση με χαλαζία (Qtz), δείγμα St5 (5.5m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.

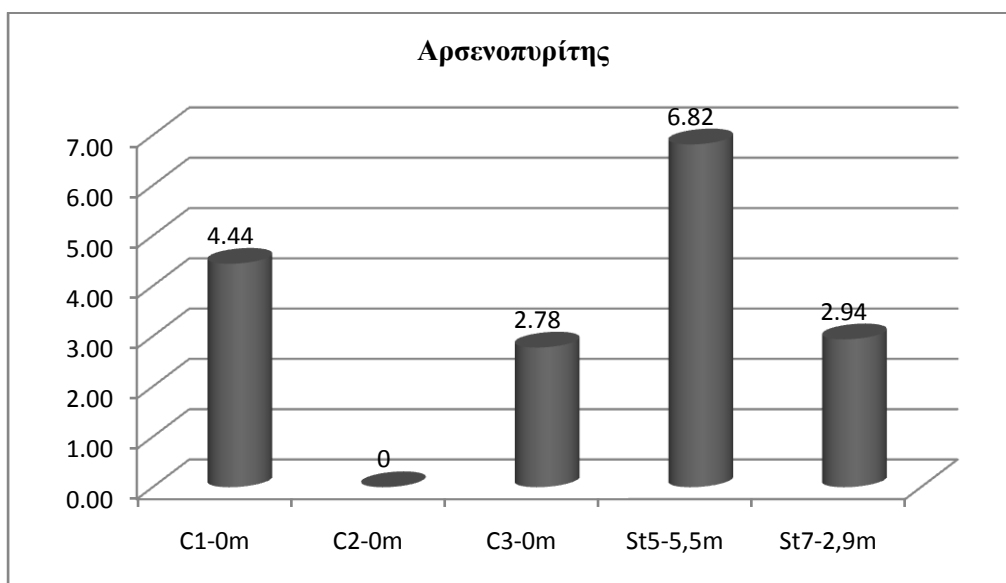
Αρσеноπυρίτης

Ο αρσеноπυρίτης αποτελεί σε ορισμένα από τα δείγματα, μετά τον σιδηροπυρίτη το δεύτερο σε συγκέντρωση σουλφίδιο. Η περιεκτικότητα των ιζημάτων σε αρσеноπυρίτη κυμαίνεται από 0 έως 6,82 % του συνολικού όγκου των δειγμάτων (Σχήμα 4.6.8).

Εντοπίζεται υπό τη μορφή ακανόνιστου κόκκων (Σχήμα 4.6.9) ή υπό μορφή ιδιόμορφων κρυστάλλων και εγκλεισμάτων σε σύμφυση με σύνδρομα ορυκτά, συνήθως χαλαζία, με ανθρακικά και με σουλφίδια (Σχήμα 4.6.2, 4.6.3 και 4.6.10). Από την μελέτη στο

μεταλλογραφικό και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο φαίνεται ότι οι διεργασίες οξείδωσης των κόκκων αρσеноυρίτη είναι περιορισμένα.

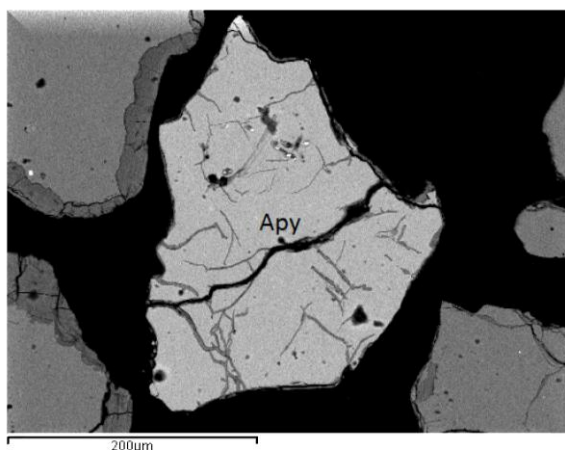
Από τη μελέτη της χημικής σύστασης με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σε κόκκους αρσеноυρίτη (Πίνακας 4.6.6.) προέκυψε ότι η περιεκτικότητα σε As κυμαίνεται από 39,1 wt.% έως 40,03 wt.%, με μέσο όρο 39,715 wt.%, ενώ η περιεκτικότητα σε Fe κυμαίνεται από 36,67 wt.% έως 37,84 wt.%, με μέσο όρο 37,16 wt.%.



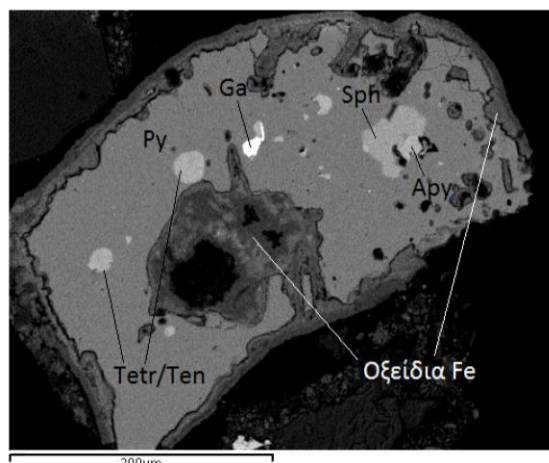
Σχήμα 4.6.8: Επι % ποσοστό αρσеноυρίτη στις θέσεις δειγματοληψίας

Πίνακας 4.6.6: Χημικές αναλύσεις αρσеноυρίτη από τις περιοχές δειγματοληψίας στον Κόλπο της Ιερισσού.

wt. %	C1-0m	C3-0m	St5-5,5m	St7-2,9m	M.O. (n=4)
S	22,86	22,13	24,08	23,43	23,125
Fe	37,31	37,84	36,82	36,67	37,16
As	39,83	40,03	39,1	39,9	39,715
Σύνολο	100	100	100	100	100



Σχήμα 4.6.9: Αρσеноπυρίτης (Apy) ακανόνιστου σχήματος, δείγμα C1 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



Σχήμα 4.6.10: Έγκλεισμα αρσеноπυρίτη (Apy) σε σφαλερίτη (sph), μαζί με τετραεδρίτη/τεναντίτη (Tetr/Ten), σιδηροπυρίτη (Py), γαληνίτη (Ga) και οξείδια του σιδήρου, δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Χαλκοπυρίτης

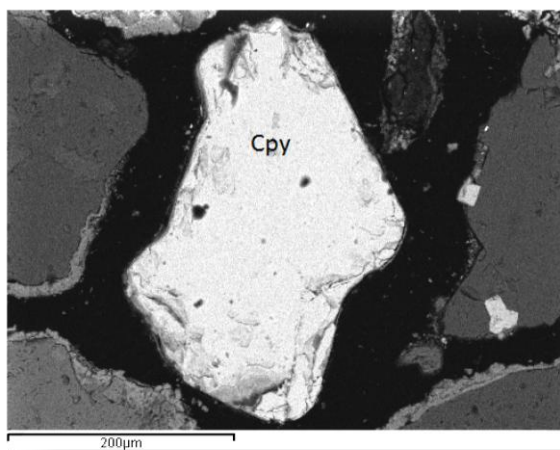
Ο χαλκοπυρίτης εντοπίζεται σπάνια και συγκεκριμένα σε ποσοστό κάτω από 1%, όπως προέκυψε από τη μελέτη στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο.

Στις τομές που μελετήθηκαν εντοπίζεται είτε υπό τη μορφή ακανόνιστων κόκκων (Σχήμα 4.6.11), είτε ως εγκλείσματα μέσα στο σφαλερίτη (Σχήμα 4.6.3 και 4.6.12).

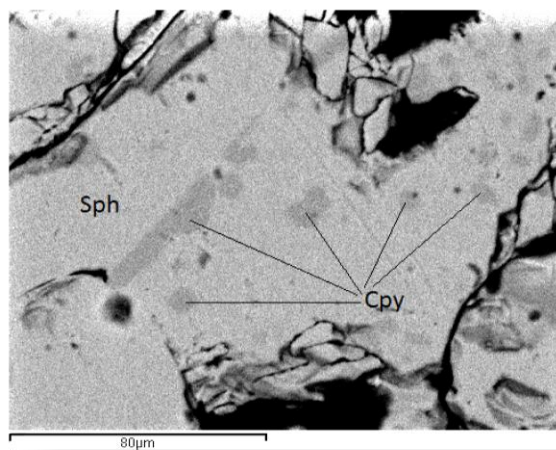
Από τη μελέτη της χημικής σύστασης με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σε κόκκους χαλκοπυρίτη προέκυψε ότι η περιεκτικότητα σε Cu κυμαίνεται από 32,3 wt.% έως 34,52 wt.% , με μέσο όρο 33,68 wt.% και ο Fe κυμαίνεται από 28,55 wt.% έως 31,16 wt.%, με μέσο όρο 29,98 wt.%(Πίνακας 4.6.7.).

Πίνακας 4.6.7: Χημικές αναλύσεις χαλκοπυρίτη από τις περιοχές δειγματοληψίας στον Κόλπο της Ιερισσού.

wt. %	C1-0m	C3-0m	St5-5,5m	M.O. (n=3)
S	34,62	35,26	35,3	35,06
Fe	31,16	30,22	28,55	29,98
Cu	34,22	34,52	32,3	33,68
Zn	0	0	3,85	1,28
Σύνολο	100	100	100	100



Σχήμα 4.6.11: Κόκκος χαλκοπυρίτη (Cpy) ακανόνιστου σχήματος, δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



Σχήμα 4.6.12: Απόμειξη χαλκοπυρίτη (Cpy) μέσα σε σφαλερίτη (Sph), δείγμα St5 (5.5m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Γαληνίτης

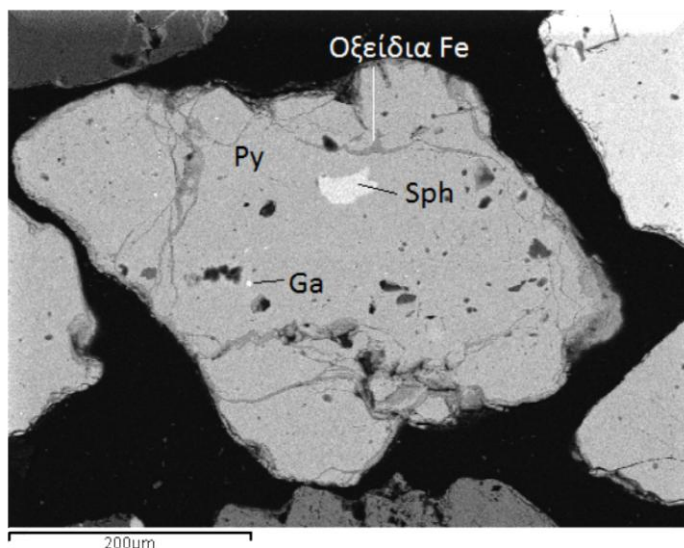
Ο γαληνίτης αποτελεί δευτερεύον συστατικό όσον αφορά τα σουλφίδια καθώς η παρουσία του στα δείγματα που μελετήθηκαν είναι πολύ μικρής κλίμακας. Ο γαληνίτης εντοπίζεται σπάνια στα δείγματα (κάτω από 1%) όπως προέκυψε από τη μελέτη στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο.

Οι κόκκοι γαληνίτη που εντοπίστηκαν ήταν ακανόνιστου σχήματος. Η κύρια μορφή όμως του γαληνίτη ήταν ως εγκλείσματα σε σύνδρομα ορυκτά αλλά και σε σύμφυση με σφαλερίτη και σιδηροπυρίτη (Σχήματα 4.6.10, 4.6.13 και 4.6.24)

Ο γαληνίτης περιέχει Pb από 75,5 wt.% έως 86,74 wt.% με μέσο όρο 81,69 wt.% και S από 13,26 wt.% έως 24,5 wt.% με μέσο όρο 18,31 wt.% σύμφωνα με τις σημειακές χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν. (Πίνακας 4.6.8.).

Πίνακας 4.6.8: Χημικές αναλύσεις χαλκοπυρίτη από τις περιοχές δειγματοληψίας στον Κόλπο της Ιερισσού.

wt. %	C1-0m	C2-0m	C3-0m	St5-5,5m	M.O. (n=4)
Pb	80,01	75,5	86,74	84,5	81,69
S	19,99	24,5	13,26	15,5	18,31
Σύνολο	100	100	100	100	100

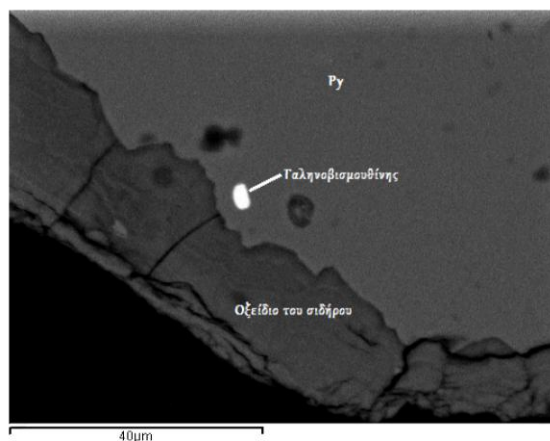


Σχήμα 4.6.13: Εγκλείσματα γαληνίτη (Ga) και σφαλερίτη (Sph) μέσα σε σιδηροπυρίτη (Py), δείγμα C2(0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Γαληνοβισμούθινης

Ο γαληνοβισμούθινης εντοπίστηκε μόνο σε ένα δείγμα της περιοχής δειγματοληψίας στην παραλία Στρατωνίου κοντά στα μεταλλεία (C1-0m). (Σχήμα 4.6.14)

Ο γαληνοβισμούθινης περιέχει Pb σε ποσοστό 37,95 wt.% και Bi σε ποσοστό 36.83 wt.% και S σε ποσοστό 16,45 wt.% ενώ σε μικρότερα ποσοστά περιέχει Fe και Ag (4,31 wt.% και 43,46 wt.% αντίστοιχα) σύμφωνα με τις σημειακές χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν.



Σχήμα 4.6.14: Σιδηροπυρίτης (Py) με εγκλείσμα γαληνοβισμούθινη και οξείδιο του σιδήρου, δείγμα C1 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.

Κεστερίτης

Ο κεστερίτης εντοπίστηκε μόνο σε ένα δείγμα της περιοχής δειγματοληψίας στην παραλία Στρατωνίου (C2-0m).

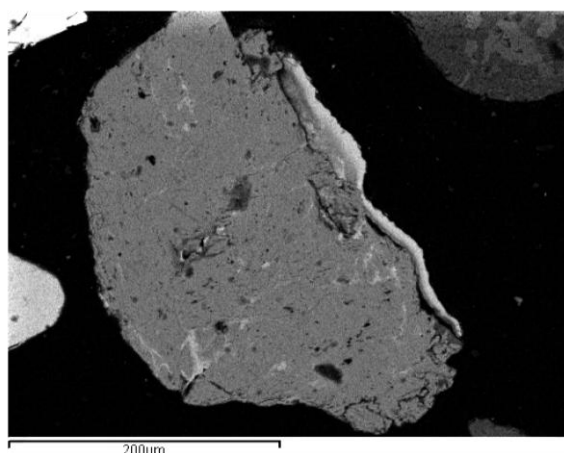
Ο κεστερίτης περιέχει S από 29,75 wt.% έως 30,18 wt.% με μέσο όρο 29,965 wt.%, Cu από 29,69 wt.% έως 30,05 wt.% με μέσο όρο 29,87 wt.% και Sn από 25,97 wt.% έως 26,37 wt.% με μέσο όρο 26,155 wt.%, ενώ εμφανίζονται σε μικρότερα ποσοστά και Zn με μέσο όρο 9,88 wt.%, Fe με μέσο όρο 3,245 wt.%, Ta με μέσο όρο 0,27 wt.% και Mn με μέσο όρο 0,615 wt.% σύμφωνα με τις σημειακές χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν.

Μαγνητοπυρίτης

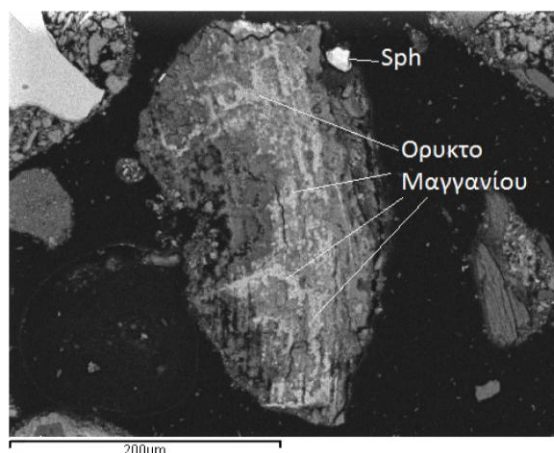
Ο μαγνητοπυρίτης εντοπίστηκε μόνο σε ένα δείγμα της περιοχής στην παραλία Στρατωνίου (C2-0m) σε ποσοστό 0,11 %.

Ορυκτά μαγγανίου

Τα οξείδια του Mn στα δείγματα της περιοχής μελέτης προσδιορίστηκαν κυρίως με βάση τα μορφολογικά και οπτικά χαρακτηριστικά τους κάτω από το μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, αλλά και από τη μελέτη στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης η οποία επιβεβαίωσε την υψηλή περιεκτικότητα σε MnO. (Σχήματα 4.6.3, 4.6.15, 4.6.16)



Σχήμα 4.6.15: Οξείδιο του μαγγανίου, δείγμα C2 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

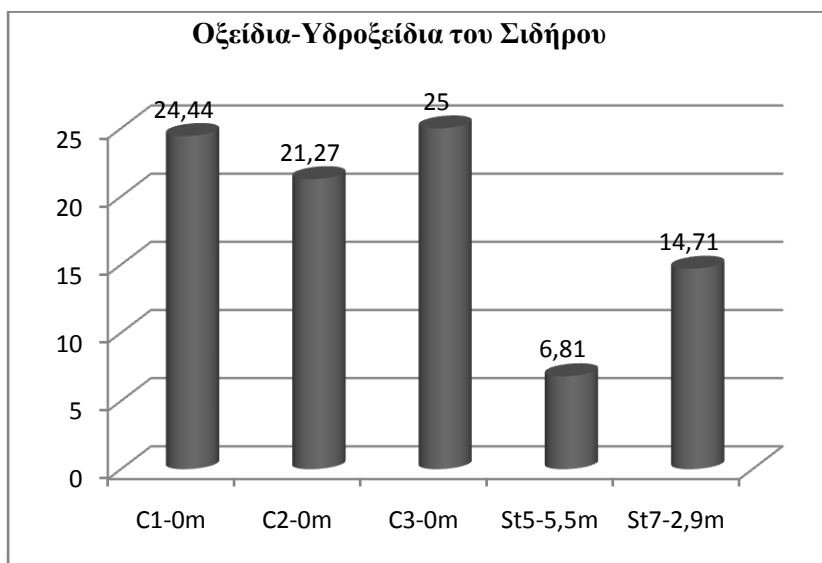


Σχήμα 4.6.16: Ορυκτο μαγγανίου και σφαλερίτης (sph), δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Οξείδια-Υδροξείδια σιδήρου

Στα δείγματα της περιοχής μελέτης εντοπίστηκαν οξείδια του σιδήρου που προσδιορίστηκαν ως μαγνητίτης, αιματίτης και γκαιτίτης (Σχήματα 4.6.10, 4.6.14, 4.6.18-4.6.24, 4.6.32 και 4.6.40)

Η περιεκτικότητα των ιζημάτων σε οξείδια του σιδήρου κυμαίνεται από 6,8 wt.% έως 25 wt.% στα μελετηθέντα δείγματα (Σχήμα 4.6.17). Οι κρύσταλλοι συναντούνται σε όλες τις μορφές, ιδιόμορφοι, υπιδιόμορφοι καθώς και κρύσταλλοι ακανονίστου σχήματος.



Σχήμα 4.6.17: Επι % ποσοστό των οξειδίων του σιδήρου στις θέσεις δειγματοληψίας

Μαγνητίτης

Ο μαγνητίτης εντοπίζεται σε μικρά ποσοστά στα δείγματα που μελετήθηκαν και συναντάται υπό μορφή ακανονίστου σχήματος κόκκων. Η προέλευσή του φαίνεται πως είναι είτε από τη μεταλλοφορία στο κοίτασμα Pb-Zn (Ag, Au) της Ολυμπιάδος είτε από τους αμβιβολιτικούς γενεύσιους της σειράς Κερδυλίων που περιέχουν μαγνητίτη σύμφωνα με τους Kalogeropoulos et al. (1989c).

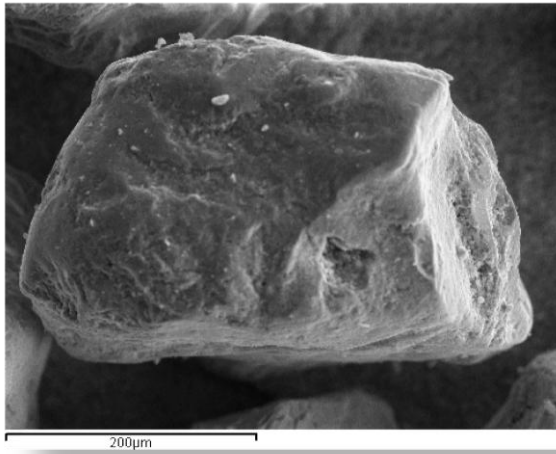
Η χημική σύσταση του μαγνητίτη όπως προέκυψε από τις σημειακές αναλύσεις στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης δείχνει ότι αποτελείται κυρίως από FeO 93.83 wt.% (Σχήματα 4.6.20 και 4.6.22)

Αιματίτης

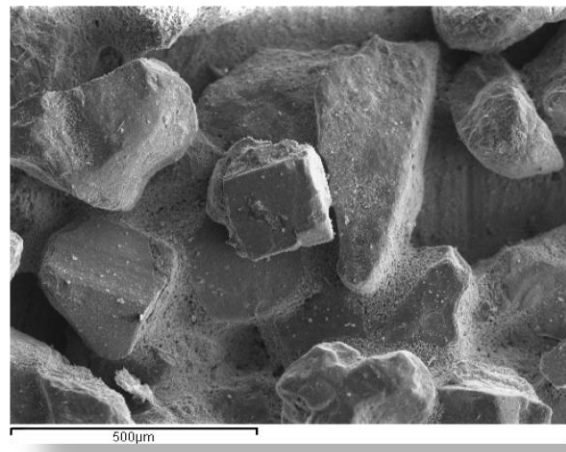
Ο αιματίτης στα μελετηθέντα δείγματα προσδιορίστηκε με βάση τις οπτικές ιδιότητές του κάτω από το μεταλλογραφικό μικροσκόπιο και τη μελέτη στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης. Ο αιματίτης αποτελεί προϊόν οξείδωσης του μαγνητίτη. Εντοπίζεται στους κόκκους μαγνητίτη που παρουσιάζουν μαρτιτίωση, ως προϊόν αντικατάστασης. Οι σημειακές αναλύσεις στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο εντόπισαν μόνο FeO/Fe₂O₃ σε ποσοστό 100 wt.%. (Σχήματα 4.6.21 και 4.6.22)

Γκαϊτίτης/Λειμωνίτης

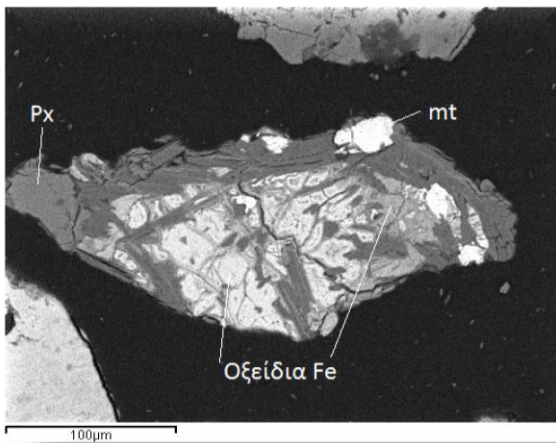
Η ταυτοποίηση του ορυκτού έγινε με βάση την μελέτη στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (Σχήματα 4.6.23 και 4.6.24). Ο γκαϊτίτης συναντάται στην πλειοψηφία των δειγμάτων ωστόσο η παρουσία του είναι περιορισμένη σε πολύ μικρά ποσοστά.



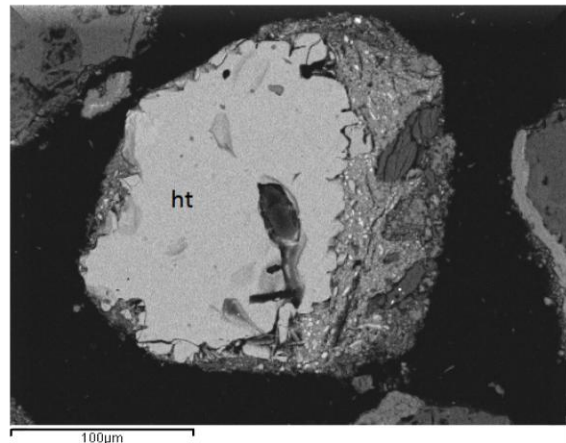
Σχήμα 4.6.18: Οξείδιο του σιδήρου, δείγμα St3 (5,9m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



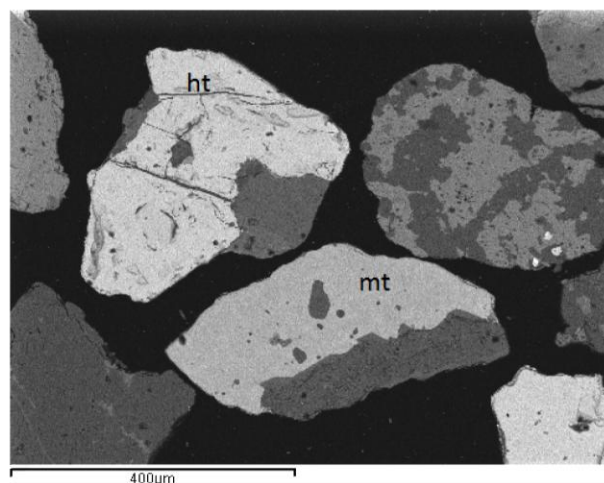
Σχήμα 4.6.19: Οξείδιο του σιδήρου, δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



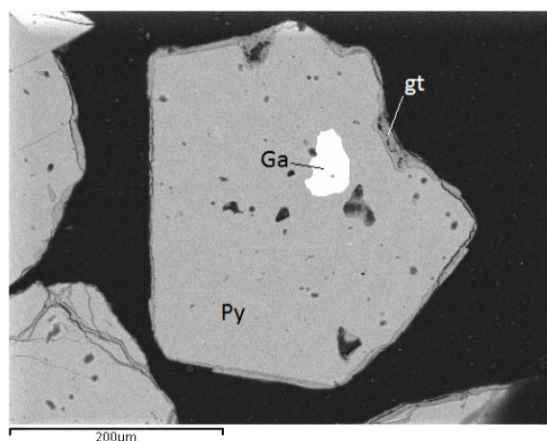
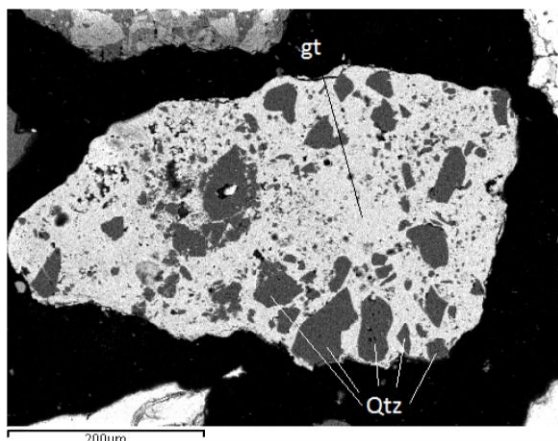
Σχήμα 4.6.20: Μαγνητίτης (mt), οξείδια του σιδήρου και πυρόξενος (Px), δείγμα St7 (2,9m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



Σχήμα 4.6.21: Ιδιόμορφος κρύσταλλος αιματίτης (ht), δείγμα C2 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



Σχήμα 4.6.22: Ακανόνιστοι κρύσταλλοι αιματίτης (ht) και μαγνητίτης (mt), δείγμα C2 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

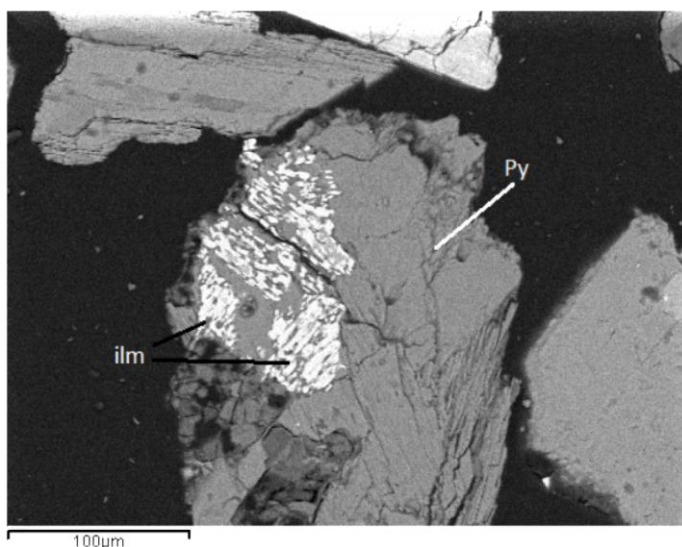


Σχήμα 4.6.23: Χαλαζίας (Qtz) με εγκλείσματα γκαιτίτη (gt), δείγμα C2 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Σχήμα 4.6.24: Σιδηροπυρίτης (Py) με εγκλείσματα γαληνίτης (ga) και γκαιτίτης (gt), δείγμα C1 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Ιλμενίτης

Ο ιλμενίτης είναι ορυκτό του τιτανίου και του σιδήρου. Στην περιοχή δειγματοληψίας εμφανίζεται μόνο στην περιοχή του Στρατωνίου (St7-2.9m βάθος και St4-9.5m βάθος) (Σχήματα 4.6.25 και 4.6.34).



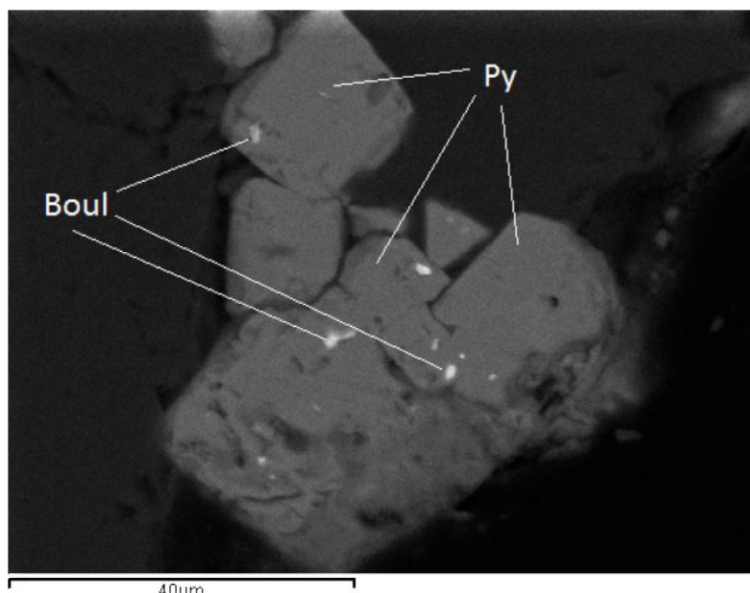
Σχήμα 4.6.25: Ιλμενίτης (ilm) με σιδηροπυρίτη (Py), δείγμα St7 (2,9m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Βουλανζερίτης

Ο βουλανζερίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εντοπίζεται σπάνια και υπό τη μορφή εγκλεισμάτων μέσα στο σιδηροπυρίτη (δείγμα C3₀) (Σχήμα 4.6.26). Από τη μελέτη της χημικής σύστασης με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σε κόκκους βουλανζερίτη προέκυψε ότι σε Pb κυμαίνεται από 16,94 wt.% έως 36,08 wt.% με μέσο όρο 28,25 wt.%, ενώ η περιεκτικότητά του σε Sb κυμαίνεται από 9,54 wt.% έως 17,56 wt.% με μέσο όρο 14,13 wt.% (Πίνακας 4.6.9).

Πίνακας 4.6.9: Χημικές αναλύσεις βουλανζερίτη από το σημείο δειγματοληψίας C3 (0m) στον Κόλπο της Ιερισσού.

wt. %	C3-0m	C3-0m	C3-0m	C3-0m	M.O. (n=4)
S	40,14	34,03	32,16	32,13	34,62
Fe	33,38	19,14	20,72	18,78	23
Sb	9,54	17,56	16,4	13,01	14,13
Pb	16,94	29,27	30,72	36,08	28,25
Σύνολο	100	100	100	100	100



Σχήμα 4.6.26: Σιδηροπυρίτης (Py) με εγκλείσματα βουλανζερίτη (Boul), δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

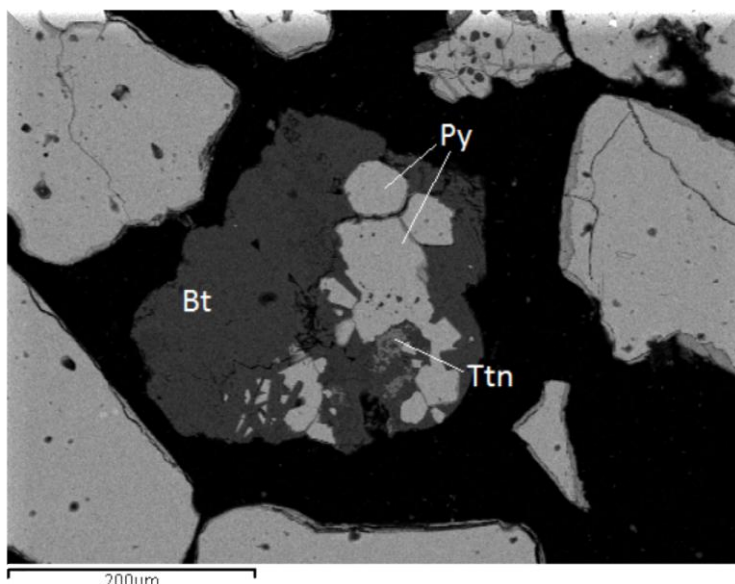
Τετραεδρίτης/Τεναντίτης

Στην περιοχή μελέτης ο τετραεδρίτης εμφανίζεται σε 3 θέσεις δειγματοληψίας κοντά στην παραλία του Στρατωνίου (C1, C2, C3-0m) σε μικρό ποσοστό, κάτω του 1%. (Σχήμα 4.6.10)

Τιτανίτης

Ο τιτανίτης απαντάται σχεδόν σε όλα τα δείγματα της περιοχής μελέτης σε πολύ μικρές ποσότητες. Οι κόκκοι του τιτανίτη εμφανίζονται με υαλοπράσινη απόχρωση και ιδιόμορφους κρυστάλλους. (Σχήμα 4.6.27)

Η χημική σύσταση αποτελείται κυρίως από TiO_2 (96.7-100 wt. %).



Σχήμα 4.6.27: Εγκλείσματα τιτανίτη (Ttn) και σιδηροπυρίτη (Py) μέσα σε βιοτίτη (Bt), δείγμα C1 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Διαφανή ορυκτά

Ρουτίλιο

Το ρουτίλιο βρέθηκε τόσο σε παραλιακά δείγματα όσο και σε δείγματα βάθους (C1-0m, C2-0m και St5-5,5m). Ωστόσο η αναγνώριση του έγινε με την βοήθεια του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου (Σχήμα 4.6.36)

Η χημική σύσταση αποτελείται από TiO_2 (100 wt. %).

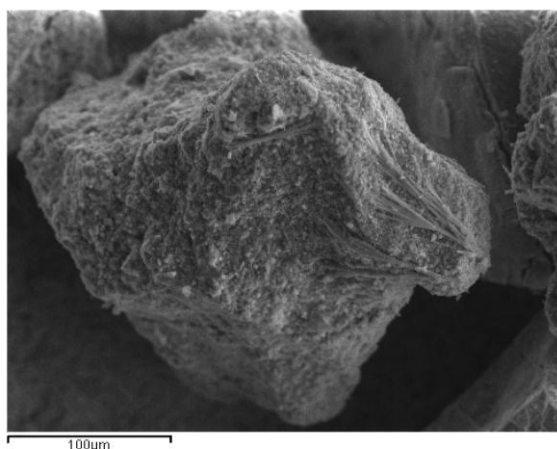
Βαρύτης

Ο βαρύτης εντοπίζεται μόνο σε ένα δείγμα (C2) στην παραλία του Στρατωνίου.

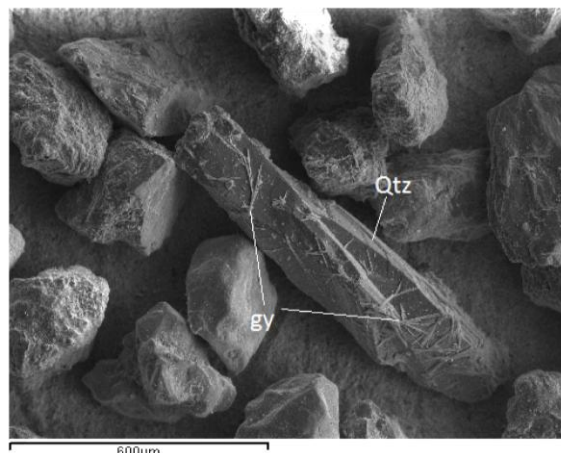
Από τη μελέτη της χημικής σύστασης σε κόκκους βαρύτη προέκυψε ότι αποτελείται από Fe σε ποσοστό 1,95 wt. %, S σε ποσοστό 16,74 wt. %, O σε ποσοστό 13,61 wt. % και Ba σε ποσοστό 67,70 wt. %

Γύψος

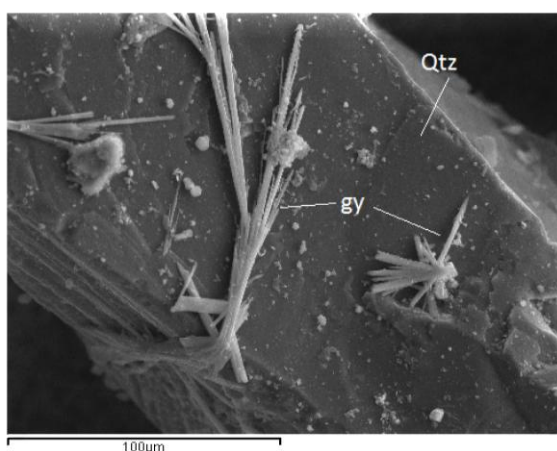
Η γύψος αποτελεί δευτερογενές ορυκτό στην περιοχή μελέτης και απαντά ωστόσο μόνο σε ένα δείγμα (C2) κοντά στην παραλία Στρατωνίου. Οι κρύσταλλοι είναι συνήθως διαφανείς έως ημιδιαφανείς και πρισματικοί (Σχήματα 4.6.28-4.6.31).



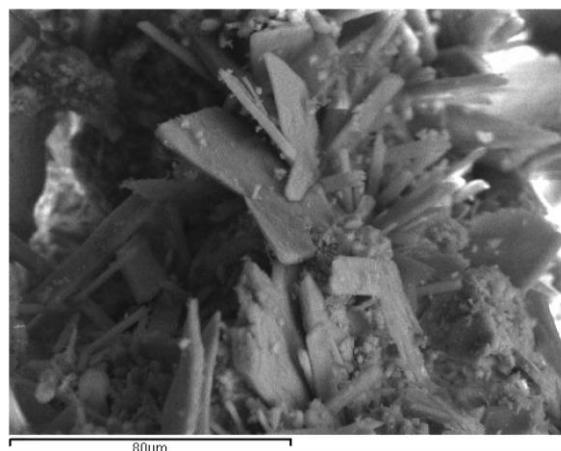
Σχήμα 4.6.28: Πρισματικός κρύσταλλος γύψου πάνω σε σιδηροπυρίτη, δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



Σχήμα 4.6.29: Χαλαζίας (Qtz) με πρισματικούς κρυστάλλους γύψου (gy), δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



Σχήμα 4.6.30: Χαλαζίας (Qtz) με πρισματικούς κρυστάλλους γύψου (gy), δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης, Λεπτομέρεια της εικόνας 4.3.24

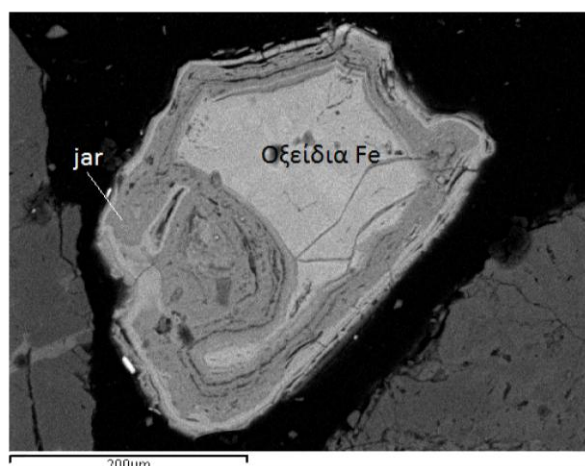


Σχήμα 4.6.31: Πλακίδια γύψου (gy), δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Γιαροσίτης

Στα δείγματα που μελετήθηκαν ο γιαροσίτης εντοπίζεται μόνο σε μία θέση (St_{72.9}) νότια του Στρατωνίου. Στο Σχήμα 4.6.32, που ακολουθεί, παρατηρούμε την μετατροπή του οξειδίου του σιδήρου, πιθανώς λειμωνίτης/γκαιτίτης, σε γιαροσίτη

Από τη μελέτη της χημικής σύστασης σε κόκκους γιαροσίτη προέκυψε ότι αποτελείται από K_2O 4.38 wt.%, Fe_2O_3 65.66 wt.% και SO_3 28.01 wt.% και Na_2O 1.94% wt%.



Σχήμα 4.6.32: Μετατροπή του οξειδίου του σιδήρου (λειμωνίτης/γκαιτίτης) σε γιαροσίτη (jar), δείγμα St7 (2.9m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Ζιρκόνιο

Εντοπίζεται μόνο σε ένα δείγμα στην περιοχή (St7_{2.9}) ως έγκλεισμα μέσα σε ιλμενίτη (Σχήμα 4.6.34) με πρισματική μορφή.

Πυρόξενοι

Οι πυρόξενοι εμφανίζονται σε όλα τα δείγματα της περιοχής μελέτης με μορφή ακανόνιστων κόκκων. (Σχήμα 4.6.20)

Κεροστίλβη

Από την κατηγορία των αμφιβόλων εντοπίστηκε μικρή συγκέντρωση κεροστίλβης στην πλειοψηφία των δειγμάτων.

Καολίνης

Ο καολίνης αποτελεί δευτερογενές ορυκτό και φαίνεται πως σχηματίζεται από την οξείδωση των Κ-Αστρίων (Σχήμα 4.6.33).

Βιοτίτης

Η χημική σύσταση του βιοτίτη αποτελείται κυρίως MgO (1.56-16,67 wt% με M.O 6,77 wt%), Al_2O_3 (17,56-33.81 wt% με M.O. 23,86 wt%), SiO_2 (42,11-53.12 wt% με M.O. 48,82 wt%) και K_2O (4,63-11.51 wt% με M.O. 7 wt%). Στα δείγματα ανιχνεύθηκαν μικρές ποσότητες TiO_2 (έως 1,43 wt%), FeO (έως 20,6 wt%) και ZnO (έως 3,63 wt%). (Σχήμα 4.6.27)

Χλωρίτης

Μικρές ποσότητες χλωρίτη εντοπίστηκαν στην πλειοψηφία των δειγμάτων της περιοχής, τόσο κοντά στην παραλία του Στρατωνίου όσο και σε όλη την παράκτια ζώνη του κόλπου της Ιερισσού (Σχήμα 4.6.36).

Αλανίτης/Ορθίτης

Ο αλανίτης/ορθίτης εντοπίζεται μόνο σε ένα δείγμα (St4) στην περιοχή του Στρατωνίου. (Σχήμα 4.6.34)

Επίδοτο

Μικρές ποσότητες επιδότου εντοπίστηκαν στην πλειοψηφία των δειγμάτων της περιοχής, τόσο κοντά στην παραλία του Στρατωνίου όσο και σε όλη την παράκτια ζώνη του κόλπου της Ιερισσού (Σχήμα 4.6.35).

Χαλαζίας

Ο χαλαζίας καταλαμβάνει την κύρια μάζα των δειγμάτων τόσο των παραλιακών όσο και των δειγμάτων βάθους. Στα δείγματα που μελετήθηκαν το σχήμα των κόκκων του χαλαζία είναι ακανόνιστο συνήθως με γωνιώδεις απολήξεις. Συχνά παρουσιάζουν διαφάνεια ενώ το χρώμα τους είναι από λευκό έως καστανέρυθρο. (Σχήματα 4.6.6, 4.6.7, 4.6.23, 4.6.29, 4.6.30 και 4.6.42)

Άστριοι

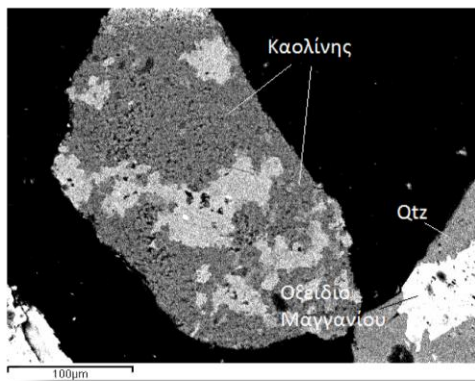
Η μορφή τους είναι παρόμοια με του χαλαζία, καθώς παρουσιάζονται υπό τη μορφή γωνιωδών κόκκων, αδιαφανείς και χρώματος κυρίως λευκού. (Σχήματα 4.6.36, 4.6.37)

Γρανάτης

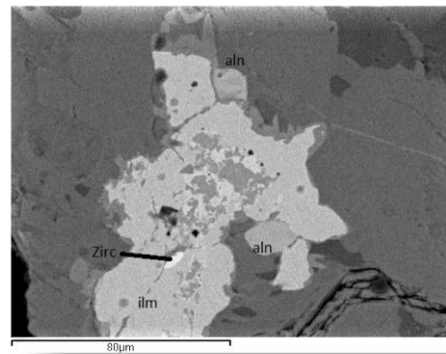
Η χημική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σε δείγματα γρανάτη περιέχει SiO₂ (εως 39,20 wt%), CaO (30,50 wt%), FeO (30.30 wt%). (Σχήμα 4.6.38)

Τουρμαλίνης

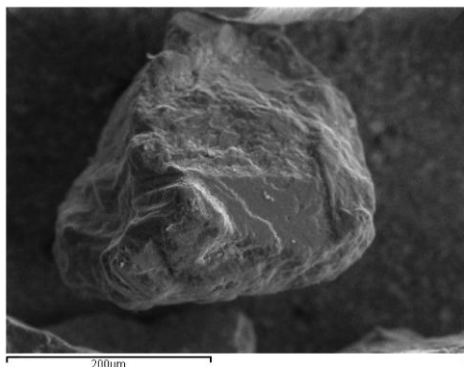
Ο τουρμαλίνης εντοπίστηκε σε 2 θέσεις στην περιοχή μελέτης, στην περιοχή του Στρατωνίου(St1-Εκβολές ρέματος Αργυρώ-5,7m και St6-2.5 m).



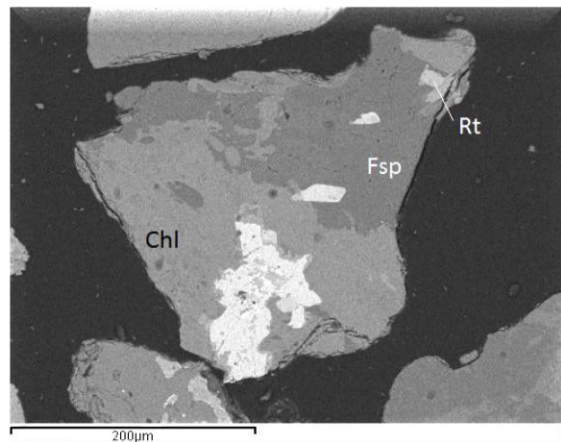
Σχήμα 4.6.33: Κρύσταλλος καολίνη, δείγμα C2 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



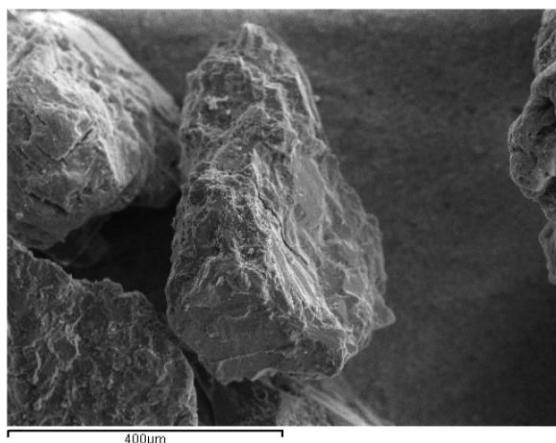
Σχήμα 4.6.34: Ιλμενίτης (ilm) μαζί με αλανίτη/ορθίτη (aln) και ζirkόνιο (Zirc) δείγμα St7 (2.9m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



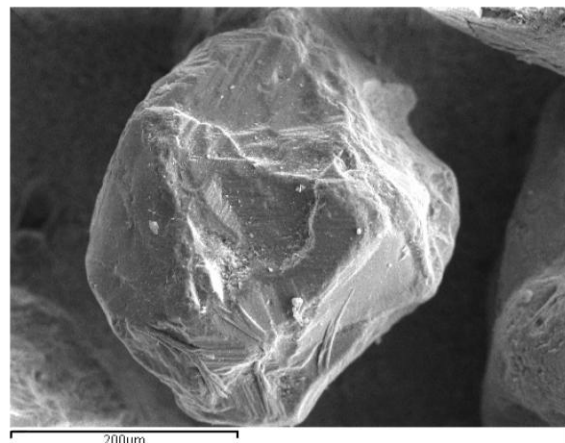
Σχήμα 4.6.35: Κόκκος Επιδότου, δείγμα C2-0m, εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



Σχήμα 4.6.36: Χλωρίτης (Chl) με άστρο (Fsp) και έγκλεισμα ρουτιλίου (Rt), δείγμα St7 (2.9m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



Σχήμα 4.6.37: Κόκκος αστρίου, δείγμα C1 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



Σχήμα 4.6.38: Γρανάτης, δείγμα C1 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Δολομίτης

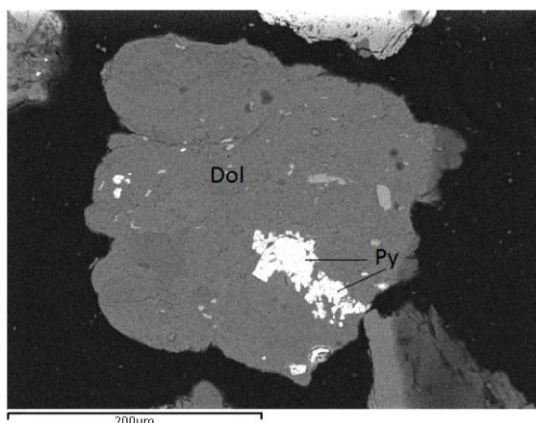
Η χημική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σε δείγματα δολομίτη έδειξε ότι περιέχει MgO (31.18-36.55 wt%), CaO (57.35-60.7 wt%), MnO (1.99-2.68 wt%). (Σχήμα 4.6.39)

Ασβεστίτης

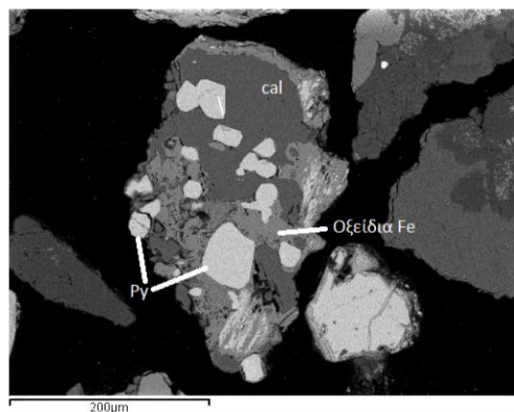
Ο ασβεστίτης είναι ορυκτό του ασβεστίου και κύριο συστατικό πολλών πετρωμάτων του γήινου φλοιού. Ωστόσο ασβεστίτης αναγνωρίστηκε μόνο σε ένα δείγμα της περιοχής κοντά στο Στρατώνι (St2_{0.4}) (Σχήμα 4.6.40)

Ροδοχρωσίτης

Ο ροδοχρωσίτης είναι ορυκτό του μαγγανίου. Εντοπίζεται τόσο στα παραλιακά δείγματα (C2-0m) αλλά κυρίως σε δείγματα βάθους (St5-5.5m, St6-2.5m και St10-1.9m). (Σχήματα 4.6.41 και 4.6.42)



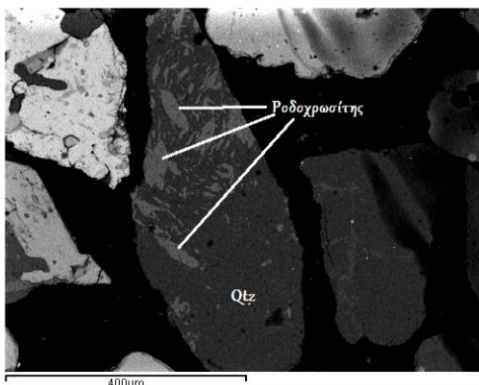
Σχήμα 4.6.39: Δολομίτης (Dol) με εγκλείσματα σιδηροπυρίτη (Py), δείγμα St5 (5.5m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



Σχήμα 4.6.40: Σύμφυση Σιδηροπυρίτη (Py), Ασβεστίτη (cal) και οξειδίων του σιδήρου, δείγμα St5 (5.5m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης



Σχήμα 4.6.41: Ροδοχρωσίτης, δείγμα St3 (5.9m), εικόνα από στερεοσκόπιο



Σχήμα 4.6.42: Χαλαζίας (Qtz) με εγκλείσματα ροδοχρωσίτη, δείγμα C2 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

5. Συζήτηση

Ο κόλπος της Ιερισσού είναι ένας κλειστός σχετικά κόλπος με περιορισμένη λεκάνη απορροής, στην οποία όμως εντοπίζονται εμφανίσεις διαφόρων τύπων μεταλλοφορίας όπως πορφυριτικού Cu, Cu-skarn, Pb-Zn-Au-Ag αντικατάστασης ανθρακικών (carbonate-replacement), φλεβικού τύπου, καθώς και οξειδίων Mn ως υλικά πλήρωσης διακένων (fracture-controlled) (Gilg, 1993). Η μεταλλευτική δραστηριότητα είναι ενεργή και η έναρξή της χρονολογείται από τους προϊστορικούς χρόνους (Vavelidis et al., 1983, Wagner et al., 1986, Vavelidis, 1989).

Τόσο η φυσικά εμπλουτισμένη σε μεταλλεύματα περιοχή της λεκάνης απορροής όσο και η μακρόχρονη εξορυκτική - μεταλλευτική δραστηριότητα έχουν δημιουργήσει έντονη ρύπανση του παράκτιου και θαλάσσιου χώρου και υπάρχουν εργασίες που επιβεβαιώνουν ότι ο κόλπος της Ιερισσού εμφανίζει υψηλότερες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα ιζήματα του, από τον Στρυμονικό κόλπο (Ιωαννίδου, 1999.).

Για τη μελέτη αυτή, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία επιφανειακών ιζημάτων τόσο στο τμήμα της χερσαίας παραλίας, όσο και στην υποθαλάσσια περιοχή του κόλπου της Ιερισσού. Τα δείγματα αποτελούνταν στο σύνολό τους από άμμους. Τα δείγματα υπέστησαν κοκκομετρική ανάλυση σε κόσκινα σύμφωνα με τη μέθοδο κατά Folk & Walk, 1975, πραγματοποιήθηκαν ακόμη παρατηρήσεις και μετρήσεις σε στερεοσκοπικό μικροσκόπιο τύπου Jena, σε μεταλλογραφικό μικροσκόπιο τύπου Leitz, σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο SEM-EDS, έγινε ταξινόμηση των κόκκων των δειγμάτων με καθίζησή τους σε νερό, μέσα σε ιζηματολογικό κύλινδρο και μετρήθηκε το μέσο ειδικό βάρος των κόκκων με την μέθοδο της ληκύθου.

Από την αρχή της έρευνας ετέθησαν για διερεύνηση δύο βασικοί προβληματισμοί.

Ο πρώτος προβληματισμός αφορά στο ερώτημα, αν ολόκληρη η ποσότητα των βαρέων μεταλλικών ορυκτών που βρίσκονται στα επιφανειακά ιζήματα του πυθμένα, είναι εκτεθειμένα απ' ευθείας στο θαλάσσιο νερό του κόλπου ή υπάρχει κάποια ποσότητα η οποία βρίσκεται υπό μορφή εγκλεισμάτων μέσα σε σύνδρομα ορυκτά (πχ χαλαζίας) και κατά συνέπεια δεν έρχονται σε επαφή με το νερό του κόλπου. Οι χημικές αναλύσεις βαρέων μετάλλων προβλέπουν κονιοποίηση του ιζήματος, με αποτέλεσμα όλα τα βαρέα μέταλλα, αυτά που βρίσκονται σε επαφή με το νερό και αυτά που βρίσκονται εγκλεισμένα σε σύνδρομα ορυκτά, να συνυπολογίζονται μαζί.

Ο δεύτερος προβληματισμός που διερευνήθηκε στο πλαίσιο της ιζηματολογικής και ορυκτολογικής μελέτης, είναι η αποδοχή ή η απόρριψη της διαπίστωσης που προέρχεται από υδροδυναμικά μοντέλα μαθηματικής προσομοίωσης. Ότι δηλαδή υπάρχει μηχανισμός που μεταφέρει επιλεκτικά τις μαύρες άμμους από τις βαθύτερες περιοχές του κόλπου στην παραλιακή ζώνη (Χαντζή, 2012). Στο πλαίσιο αυτό διερευνήθηκε η κατανομή κόκκων, με μεγάλο ειδικό βάρος, στα επιφανειακά ιζήματα του Κόλπου της Ιερισσού.

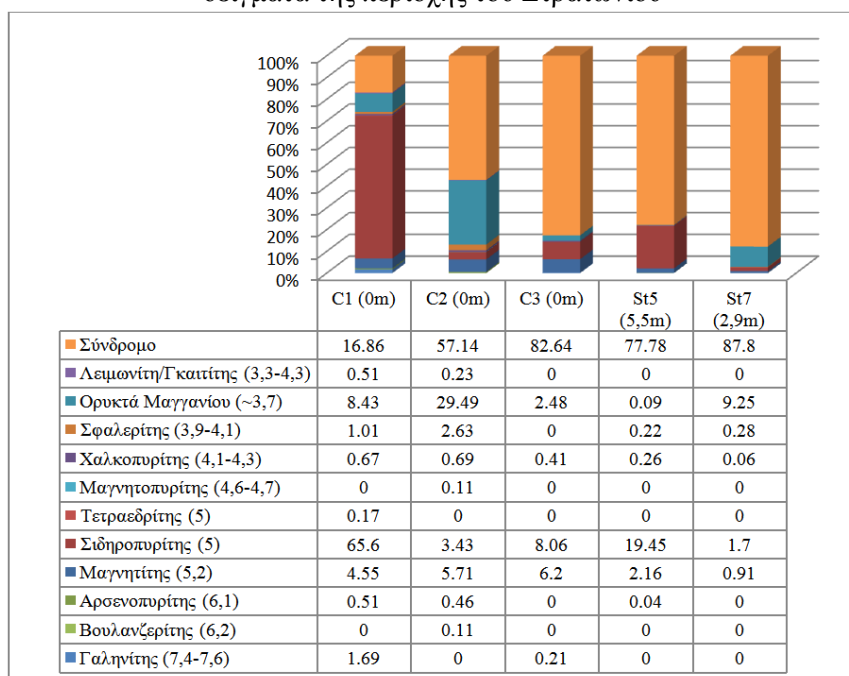
Για την ορυκτολογική σύσταση μελετήθηκαν 17 δείγματα στο στερεοσκόπιο τύπου Jena (C1₀, C2₀, C3₀, C5₀, C6₀, C7₀, St1_{5,7}, St2₄, St3_{5,9}, St4_{9,5}, St5_{5,5}, St6_{2,5}, St7_{2,9}, St8_{0,5}, St9_{2,7}, St10_{1,9}, St11₃) και διαπιστώθηκε, σε μεγάλο ποσοστό, η ύπαρξη μεταλλικών ορυκτών ως εγκλείσματα σε πυριτικά ορυκτά.

Βάση αυτής της διαπίστωσης, επιλέχθηκε και ακολουθήθηκε η διαδικασία διαχωρισμού των μαγνητικών και των μη μαγνητικών ορυκτών στο μαγνητικό διαχωριστή, ώστε να βρεθεί το ποσοστό των μαγνητικών/μεταλλικών και μη μαγνητικών/μη μεταλλικών ορυκτών που συμμετέχουν στη σύσταση του ιζήματος (Πίνακας 4.2.1). Χρησιμοποιήθηκε ο μαγνητικός διαχωριστής τύπου Frantz του Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ..

Παρατηρήθηκε ότι μεγάλα ποσοστά του κάθε δείγματος ταξινομούνταν στην κατηγορία των μαγνητικών ορυκτών (Πίνακας 4.2.1), παρότι η μακροσκοπική τους όψη δεν τα έδειχνε σαν μαύρα ορυκτά.

Στην συνέχεια κλάσματα των δειγμάτων που πέρασαν από το μαγνητικό διαχωριστή και ταξινομήθηκαν σαν μαγνητικά (C1₀, C2₀, C3₀, St5_{5,5}, St2₄, St7_{2,9}) υπέστησαν ειδική επεξεργασία ώστε να δημιουργηθούν μεταλλογραφικά παρασκευάσματα και να μελετηθούν στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο. Τα ίδια δείγματα μελετήθηκαν και στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο για τον προσδιορισμό της χημικής σύστασης των μεταλλικών και μη μεταλλικών ορυκτών. Μελετήθηκε επίσης η μορφολογία τους καθώς και τα ορυκτά που εντοπίζονται ως εγκλείσματα. Σκοπός αυτής της διαδικασίας ήταν ο προσδιορισμός κυρίως των μεταλλικών ορυκτών και να εξεταστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η παρουσία εγκλεισμάτων μεταλλικών ορυκτών σε πυριτικά ορυκτά (Πίνακα 5.1). Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα βαρέα μεταλλικά ορυκτά και η επί τοις εκατό (%) συγκέντρωσή τους στα δείγματα της περιοχής του Στρατωνίου που έχουν ληφθεί σε βάθος 0 έως 5,5 m. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν μετά τη μελέτη των δειγμάτων στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο αφορούν κυρίως την καταγραφή των βαρέων ορυκτών που δεν περιέχονται σε εγκλείσματα.

Πίνακας 5.1: Βαρέα μεταλλικά ορυκτά και η επί της εκατό (%) συγκέντρωσή τους στα δείγματα της περιοχής του Στρατωνίου



Πιο αναλυτικά, η περιεκτικότητα των ιζημάτων σε μαγνητίτη κυμαίνεται από 2,85% (St7_{2,9}) έως 6,17% (C2₀). Η περιεκτικότητα σε σιδηροπυρίτη κυμαίνεται από 3,69% (C2₀) έως

64,62% (C1₀). Η περιεκτικότητα σε χαλκοπυρίτη κυμαίνεται από 0,18% (St7_{2,9}) έως 0,74% (C2₀). Οι συγκεντρώσεις των ορυκτών του μαγγανίου στα δείγματα που το περιέχουν κυμαίνεται από 3,86% (C3₀) έως 49,14% (C2₀) ενώ στο δείγμα St5_{5,5} δεν εντοπίστηκε καθόλου (περιεκτικότητα 0%). Η περιεκτικότητα σε σφαλερίτη παρουσιάζει διακύμανση από 0 % (C3₀), 0,89% (St7_{2,9}) έως 2,83 % (C2₀). Η περιεκτικότητα σε αρσеноπυρίτη κυμαίνεται από 0% (C3₀, St5_{5,5} και St7_{2,9}), 0,49% (C2₀) έως 2,49% (C1₀). Ο γαληνίτης κυμαίνεται από 0% (C2₀, St5_{5,5} και St7_{2,9}), 0,15% (C3₀) έως 1,66 % (C1₀). Ο τετραεδρίτης καθώς και ο βουλανζερίτης παρουσιάζουν 0% συγκεντρώσεις σε όλες τις περιοχές δειγματοληψίας εκτός των C1₀ και C2₀, αντίστοιχα.

Μέχρις στιγμής έγινε κατανοητή η ορυκτολογική σύσταση των ιζηματογενών κόκκων και διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν εγκλείσματα μεταλλικών, μαγνητικών ορυκτών μέσα σε ιζηματογενείς κόκκους αποτελούμενους κυρίως από σύνδρομα, μη μεταλλικά, μη μαγνητικά, ορυκτά (χαλαζιάς, άστριοι) οι οποίοι όμως έλκονται από τον μαγνητικό διαχωριστή και ταξινομούνται σαν κόκκοι μαγνητικών ορυκτών. Το μέσο ειδικό βάρος αυτών των κόκκων είναι πολύ μικρότερο από αυτό των αμιγώς μεταλλικών κόκκων, με αποτέλεσμα τη διαφορετική υδροδυναμική συμπεριφορά τους μέσα στο θαλάσσιο περιβάλλον που καθορίζει τη μεταφορά και την απόθεσή τους.

Για τη μελέτη της υδροδυναμικής συμπεριφοράς των ιζηματογενών κόκκων στο υδάτινο περιβάλλον χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της καθίζησης σε κατακόρυφο κυλινδρικό σωλήνα (ιδιοκατασκευή του Εργαστηρίου Φυσικής Γεωγραφίας, του Α.Π.Θ.), με διάταξη για επιλεκτική απομάκρυνση του ιζήματος από την βάση του. Ο σωλήνας καθίζησης χρησιμοποιήθηκε με δύο τρόπους. Κατά τον έναν τρόπο, έγινε καθίζηση κλασμάτων άμμων της ίδιας διαμέτρου, μετά από διαχωρισμό τους από κόσκινα και κατά τον άλλο τρόπο, έγινε καθίζηση άμμου προερχόμενης από το ίδιο υδροδυναμικό περιβάλλον, αποτελούμενη από κόκκους διαφορετικής διαμέτρου αλλά πολύ διαφορετικού ειδικού βάρους.

Έτσι μετά την καθίζηση του δείγματος στην βάση του σωλήνα και εφόσον υπήρχαν κόκκοι διαφορετικού ειδικού βάρους, σχηματιζόταν 1, 2 ή 3 στρώματα με άμμους διαφορετικού χρώματος και ειδικού βάρους. Από την βάση του σωλήνα καθίζησης και με βάση τον χρωματικό διαχωρισμό, έγινε απόληψη των κλασμάτων, στα οποία προσδιορίστηκε το ειδικό τους βάρος.

Από τον Πίνακα 4.3., διαπιστώνεται ότι υπερτερούν δύο κύριες κατηγορίες ορυκτών αυτές με ειδικό βάρος 3,8 ως 7,6 (Γκαιτίτης, Σιδηροπυρίτης, Γαληνίτης) και αυτές με ειδικό βάρος 2,6 ως 2,8 (Άστριοι, Πυρόξενοι). Έτσι έγινε ένας προσεγγιστικός προσδιορισμός της συμμετοχής των βαρέων και των μη βαρέων ορυκτών στους κόκκους βασιζόμενος στο μέσο ειδικό βάρος των κόκκων. Είναι προφανές ότι μικρή συμμετοχή σε βαρέα ορυκτά μέσα σε ένα κόκκο, αποτελούμενο κατά βάση από σύνδρομα, μη μεταλλικά ορυκτά δίνει ένα μέσο ειδικό βάρος το οποίο προσεγγίζει κατά πολύ το ειδικό βάρος των μη μεταλλικών ορυκτών (πχ 2,8 ή 2.9). Τα δείγματα της κατηγορίας αυτής όπως φάνηκε στην ορυκτολογική ανάλυση αποτελούνταν από πυριτικούς κόκκους (Ινοπυριτικά-Σωροπυριτικά-Τεκτοπυριτικά ορυκτά) με μικρά εγκλείσματα μεταλλικών ορυκτών.

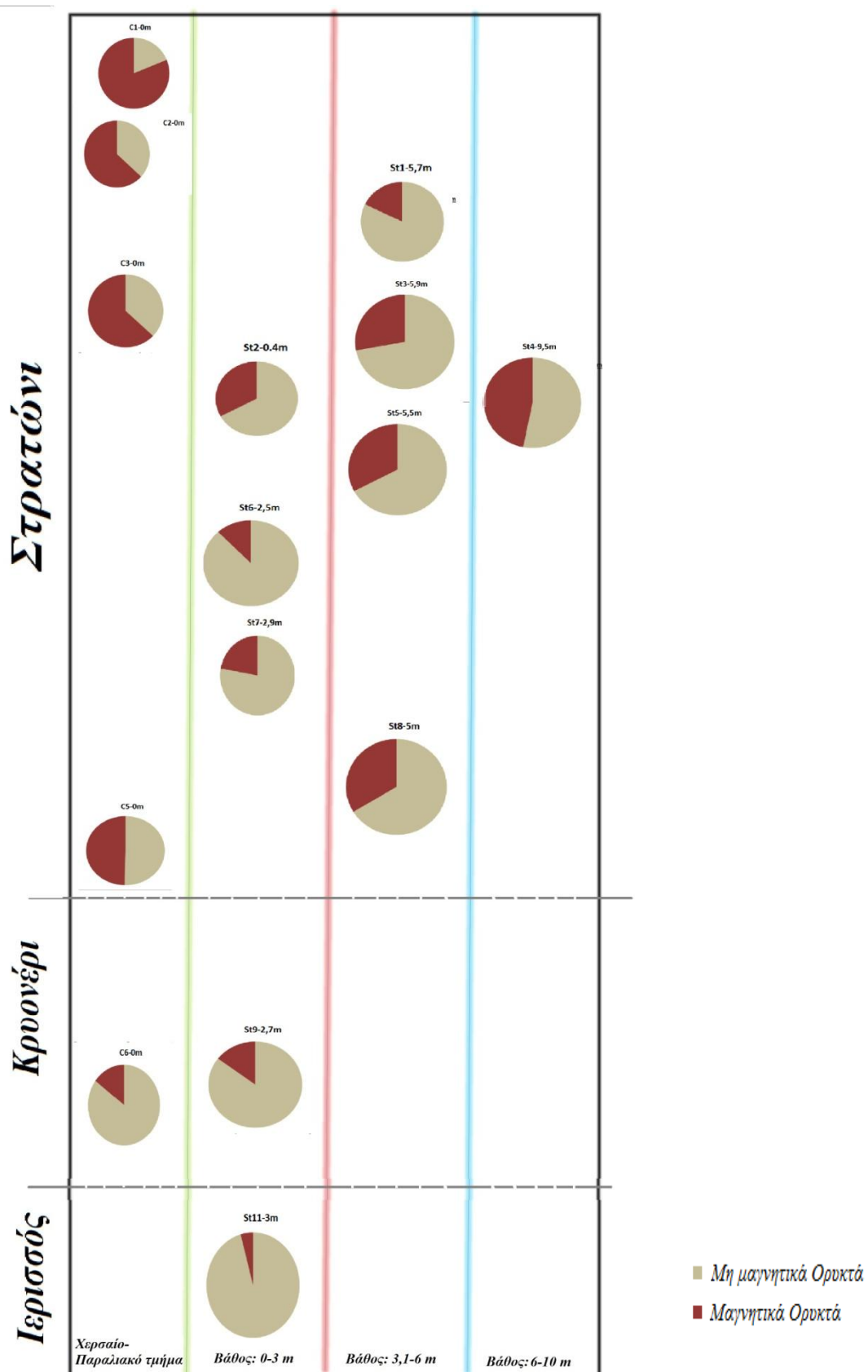
Κατασκευάστηκαν τρία σκαριφήματα αναπαριστώντας την γεωγραφική (χωρική) κατανομή των αναλογικών συγκεντρώσεων βαρέων και μη ορυκτών στα δείγματα, υπό μορφή διαγραμμάτων πίτας.

Στο Σχήμα 5.1, όπου εμφανίζεται η κατά βάρος αναλογία μαγνητικών/παραμαγνητικών κόκκων στα δείγματα, όπως προέκυψαν από τον μαγνητικό διαχωριστή, φαίνεται η

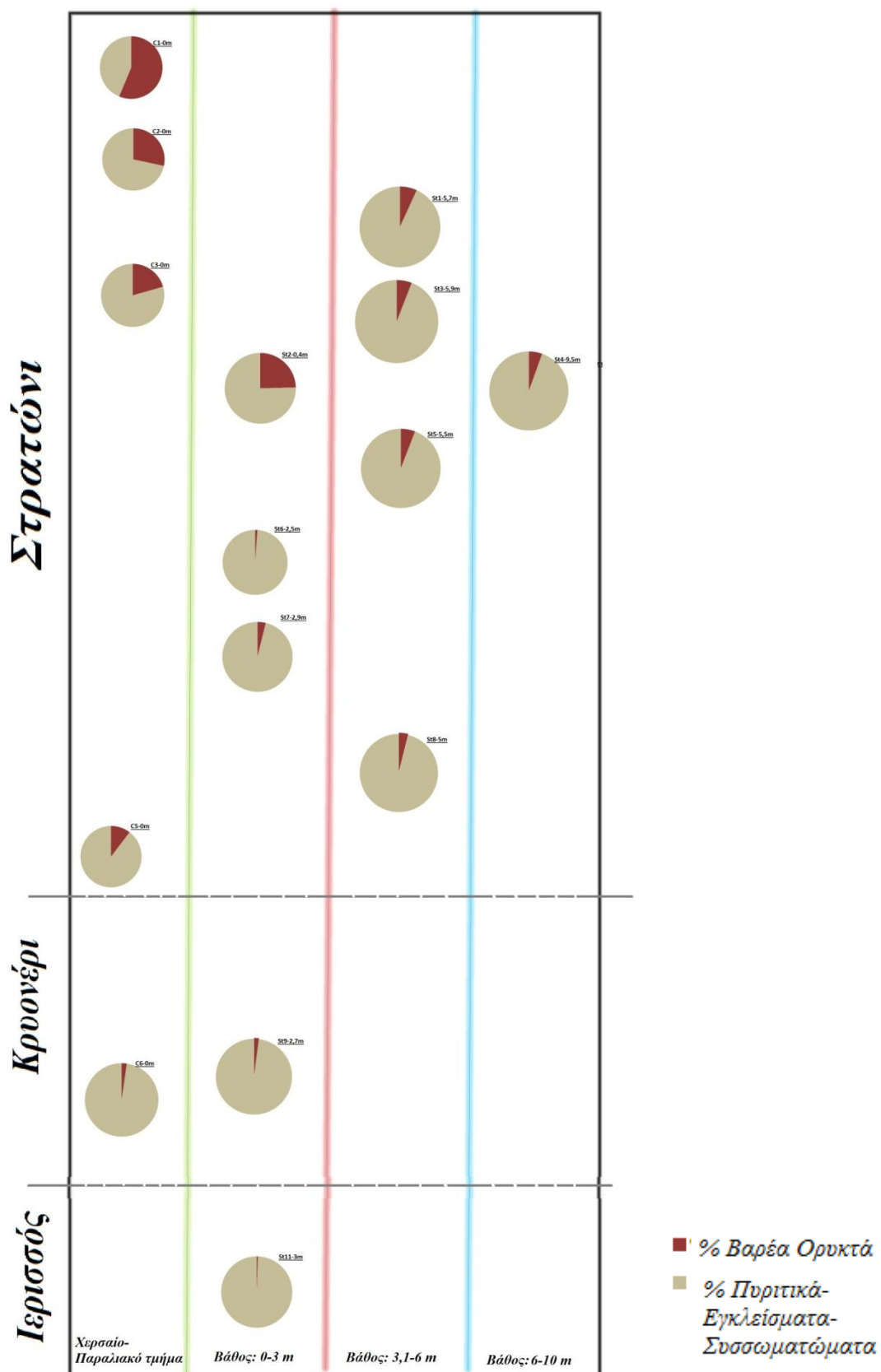
σημαντική συμμετοχή των κόκκων που έλκονται από τον μαγνητικό διαχωριστή και ταξινομούνται σαν μαγνητικοί. Η κατανομή τους δείχνει φθίνουσα συμμετοχή προς από το Στρατώνι προς την Ιερισσό, η παρουσία τους όμως εντοπίζεται σε όλα τα βάθη που ελήφθησαν δείγματα.

Στο Σχήμα 5.2 εμφανίζεται η κατά βάρος αναλογία ορυκτών, μικρού /μεγάλου ειδικού βάρους στα δείγματα, ορυκτών τα οποία αποτελούν τη σύσταση των ιζηματογενών κόκκων. Έτσι έχουμε μια εικόνα της συνολικής ποσοστιαίας συμμετοχής όλων των βαρέων ορυκτών στην περιοχή, ανεξάρτητα αν αποτελούν έναν ομογενή κόκκο ή βρίσκονται σε σύμφυση μέσα σε σύνδρομα, σε μικρότερες αναλογίες. Η εικόνα της χωρικής τους κατανομής από το σχήμα 2 φαίνεται πολύ διαφορετική από το προηγούμενο και δείχνει ότι η μεγάλη αναλογία βαρέων μεταλλικών ορυκτών επικεντρώνεται στην παραλιακή ζώνη του Στρατωνίου όπου και αποτελούν την πλειοψηφία των ορυκτών με μείωση προς τα νότια του Στρατωνίου και πολύ μικρή συμμετοχή στην παραλία της Ιερισσού. Η κατανομή τους στα βαθύτερα σημεία του κόλπου επίσης δείχνει σημαντική ελάττωση με το βάθος και ελάχιστη συμμετοχή στην υποθαλάσσια ζώνη της Ιερισσού.

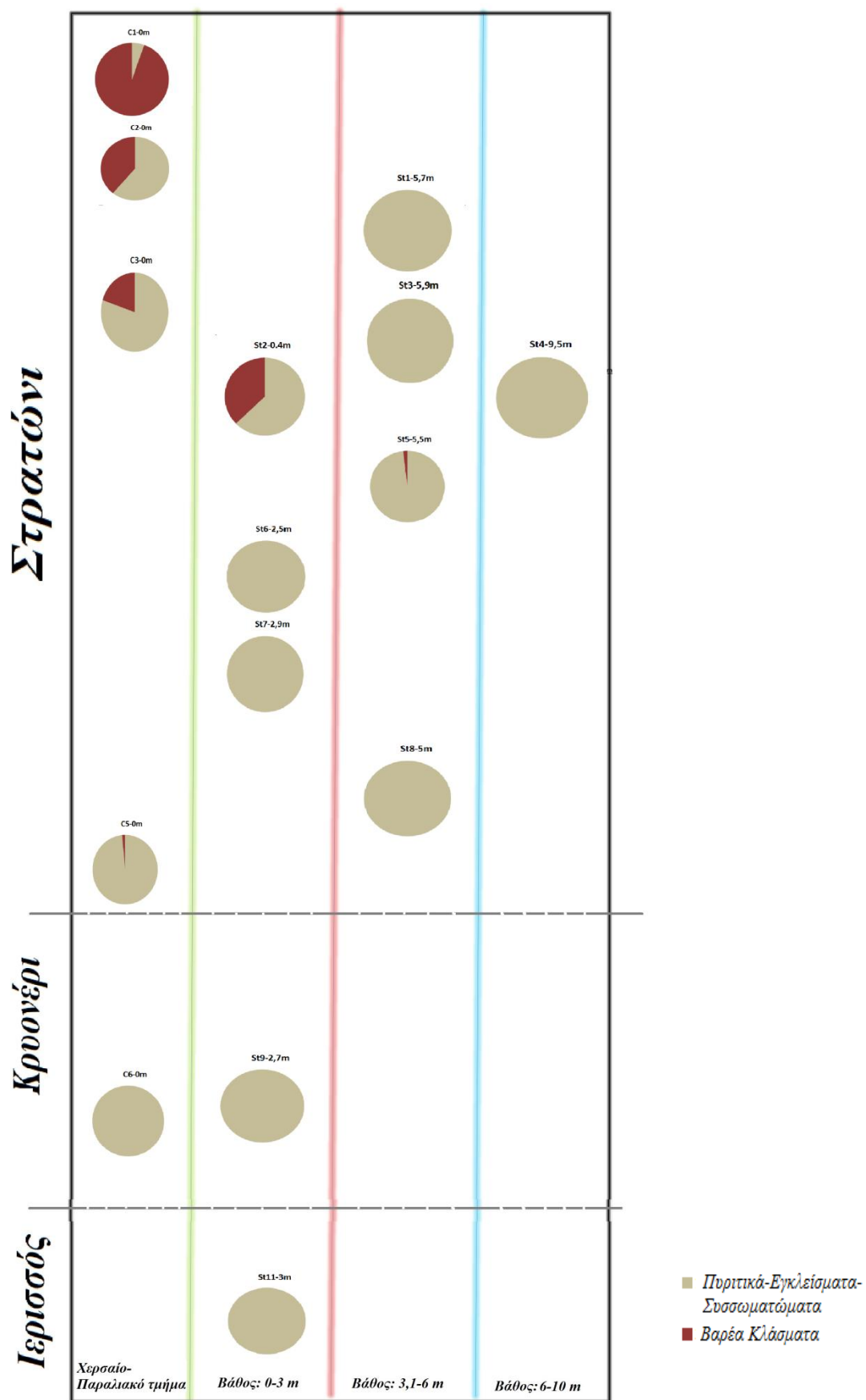
Τέλος στο Σχήμα 5.3 εμφανίζεται η κατά βάρος συμμετοχή ιζηματογενών κόκκων ανάλογα με το μέσο ειδικό τους βάρος. Δηλαδή ένας κόκκος με λίγα εγκλείσματα βαρέων ορυκτών σε σχέση με τα μη βαρέα ορυκτά (χαλαζιάς, άστριοι, κλ) με ειδικό βάρος πχ 2,8 υδροδυναμικά ταξινομείται με τους κόκκους καθαρών μη μεταλλικών ορυκτών με ειδικό βάρος 2,7. Στην πράξη οι κόκκοι αυτοί πρέπει να συμβάλλουν ελάχιστα στην ρύπανση γιατί τα βαρέα μεταλλικά ορυκτά βρίσκονται μέσα στην μάζα των αδρανών ορυκτών. Μέσα στον θαλάσσιο χώρο του κόλπου και σε βάθη όπου η κυματική δράση απλώς μεταφέρει με μικρές ταχύτητες τους κόκκους, η πιθανότητα μηχανικής τους καταστροφής είναι πολύ μικρή, επομένως ένα τέτοιο σκαρίφημα όπως το Σχήμα 5.3 εμφανίζει τις περιοχές που πραγματικά είναι εκτεθειμένες στην άμεση επαφή με τα βαρέα μεταλλικά ορυκτά. Στο Σχήμα 5.3 φαίνεται μια πολύ διαφορετική κατάσταση από τα προηγούμενα σχήματα (Σχήματα 5.1 και 5.2). Η περιοχή του Στρατωνίου και ειδικά ο παράκτιος χώρος πλησίον των λιμενικών εγκαταστάσεων φόρτωσης της μεταλλευτικής εταιρείας εμφανίζει σε συντριπτική πλειοψηφία μεταλλικά ορυκτά σε άμεση επαφή με το περιβάλλον, κατάσταση που βελτιώνεται εντυπωσιακά, στην νότια περιοχή του όρμου του Στρατωνίου προς το αλιευτικό καταφύγιο. Άξιο παρατήρησης είναι επίσης το γεγονός ότι στην υποθαλάσσια περιοχή στο κεντρικό τμήμα του όρμου του Στρατωνίου, εμφανίζονται αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μεταλλικών ορυκτών. Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι στην κεντρική περιοχή του όρμου υπάρχει πολύ μεγάλη πιθανότητα να σχηματίζονται βελοειδή ρεύματα επιστροφής (rip currents) σε περιόδους πολύ μεγάλων κυματισμών (Davinson-Arnott, 2010). Ακόμα ένα εντυπωσιακό στοιχείο είναι ότι στον πυθμένα του κόλπου της Ιερισσού γενικά (με εξαίρεση το βόρειο τμήμα του στο Στρατώνι) δεν εμφανίζονται καθόλου ορυκτά μεγάλου ειδικού βάρους. Αυτό σημαίνει ότι το σύνολο των βαρέων ορυκτών εμπεριέχονται σε μικρές ποσότητες ως εγκλείσματα σε μη μεταλλικά ορυκτά (χαλαζιάς, άστριοι, κλ), με ελάχιστη έκθεση στο περιβάλλον.



Σχήμα 5.1: Κατά βάρος αναλογία μαγνητικών/παραμαγνητικών ορυκτών στα δείγματα όπως προέκυψε από το Μαγνητικό Διαχωριστή (χωρίς περαιτέρω επεξεργασία).



Σχήμα 5.2: Κατά βάρος αναλογία ορυκτών μικρού/μεγάλου ειδικού βάρους στα δείγματα, όπως προέκυψαν με τη μέθοδο της καθίζησης.



Σχήμα 5.3: Κατά βάρος συμμετοχή των ιζηματογενών κόκκων στο δείγμα ανάλογα με το μέσο ειδικό τους βάρος.

Από την προηγούμενη συζήτηση γίνεται φανερό ότι τα βαρέα μεταλλικά ορυκτά δεν έρχονται σε άμεση επαφή στο μεγαλύτερο τμήμα του πυθμένα του κόλπου της Ιερισσού με εξαίρεση την αβαθή υποθαλάσσια ζώνη του Στρατωνίου. Η διαπίστωση αυτή είναι σε συμφωνία και επιβεβαιώνει πλήρως το μηχανισμό που προέκυψε από το υδροδυναμικό μοντέλο κίνησης της άμμου που προτάθηκε από τη Χαντζή (2012), σύμφωνα με το οποίο οι μαύρες άμμοι με μεγάλο ειδικό βάρος μεταφέρονται επιλεκτικά από τη κυματική δράση, από τα βαθύτερα τμήματα του πυθμένα (1-10 m βάθος) και αποτίθενται στην χερσαία παραλία.

Κάποιες σκέψεις για πιθανή ανάπλαση της παραλίας, με απομάκρυνση των βαρέων μεταλλικών ορυκτών, είναι επίσης δυνατές, με βάση αυτόν τον φυσικό μηχανισμό που επιβεβαιώθηκε με την παρούσα διατριβή. Τα βαρέα μεταλλικά ορυκτά, ιδίως στην ακτή του Στρατωνίου, μπορούν να θεωρηθούν σαν placer deposits και να απομακρυνθούν, ενδεχόμενα και για μεταλλευτική χρήση, αντικαθιστώντας τα υλικά αυτά, με άμμο από αδρανή ορυκτά. Αυτό θα δημιουργήσει μια ανάπλαση και περιβαλλοντική βελτίωση της παραλίας. Τα βαρέα μεταλλικά ορυκτά, όπως αποδείχθηκε, εξέρχονται με φυσικό τρόπο από τον υποθαλάσσιο χώρο και αποτίθενται στο τμήμα της χερσαίας παραλίας (Κεφάλαια 2.6 και 4.4) από όπου, με τεχνητά μέσα είναι δυνατόν να απομακρυνθούν, αρκεί να αντικατασταθούν με άμμο από αδρανή ορυκτά, τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά της οποίας να είναι ισοδύναμα με αυτά της μαύρης άμμου. Όπως ήδη φάνηκε από το Σχήμα 5.1 θα ήταν δυνατή ακόμα και η απομάκρυνση, μικρότερων συγκεντρώσεων, από την χερσαία παραλία χρησιμοποιώντας πχ. οχήματα με ηλεκτρομαγνήτες. Τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά, όπως αποτυπώνονται με βάση τον ρυθμό καθίζησης σε υδάτινο περιβάλλον, έχουν επίσης διερευνηθεί στην παρούσα διατριβή με το πείραμα της καθίζησης που έγινε στο Κεφάλαιο 4.4, όπου οι δύο διαφορετικές σε μέγεθος και ειδικό βάρος άμμοι καθίζαναν ταυτόχρονα στον ιζηματολογικό κύλινδρο. Βρέθηκε δηλαδή ότι υπάρχει υδροδυναμική ισοδυναμία της άμμου (πυριτικής-αργιλοπυριτικής) με μέγεθος -1Φ (2 mm) με τις βαριές άμμους 0.5Φ (0.707 mm). Φυσικά αυτή είναι μια πρώτη προσέγγιση και απαιτείται πιο συστηματική έρευνα στην κατεύθυνση αυτή.

6. Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι:

- Επιβεβαιώνεται ο μηχανισμός κίνησης της άμμου και ειδικότερα ότι οι μαύρες άμμοι με μεγάλο ειδικό βάρος μεταφέρονται με τα κύματα της περιοχής από τα βαθύτερα τμήματα του πυθμένα στο χερσαίο-παραλιακό τμήμα.
- Αποδείχθηκε ότι μεγάλο ποσοστό των μεταλλικών ορυκτών βρίσκονται σε μικρή περιεκτικότητα ως εγκλείσματα-συμφύσεις σε μη μεταλλικά ορυκτά, κυρίως πυριτικά, και περικλείονται από μη μεταλλικά ορυκτά, με αποτέλεσμα αφενός το ειδικό βάρος των δειγμάτων να είναι μικρό και αφετέρου τα μεταλλικά ορυκτά να μην έρχονται σε άμεση επαφή με το θαλάσσιο περιβάλλον.
- Η συγκέντρωση των μαύρων ορυκτών μειώνεται τόσο με το βάθος όσο και κατά μήκος του κόλπου της Ιερισσού, από το Στρατώνι προς την Ιερισσό (Σχήμα 5.2).
- Η συγκέντρωση των μαύρων άμμων περιορίζεται στην περιοχή πλησίον των λιμενικών εγκαταστάσεων φόρτωσης στο Στρατώνι, ενώ το ποσοστό τους σχεδόν εκμηδενίζεται τόσο σε μεγαλύτερα βάθη όσο και με την απόσταση από το ΒΔ άκρο του όρμου του Στρατωνίου (Σχήμα 5.3).
- Άμμοι αποτελούμενες από χαλαζία και αστρίους με μέγεθος -1Φ και -1.5Φ (2-2,6 mm) έχουν ισοδύναμη υδροδυναμική συμπεριφορά με άμμους αποτελούμενες από βαρέα ορυκτά με μέγεθος 0Φ ως $+0,5\Phi$ (1-0.7 mm). Επομένως έχει διερευνηθεί, σε πρώτη προσέγγιση, η υδροδυναμικά ισοδύναμη άμμος μικρού ειδικού βάρους με τις μαύρες άμμους, ώστε σε ενδεχόμενα σενάρια ανάπλασης της παραλίας, θα μπορούσε να τις αντικαταστήσει, χωρίς κίνδυνο να απομακρυνθεί από τα κύματα.

7. Βιβλιογραφία

Αριστοτέλης, Περί Θαυμασίων Ακουσμάτων, 45

Στράβων, Γεωγραφικά, 331, 34 (3,9,8).

Αλμπανάκης Κ., 2008. «Φυσικό και ανθρωπογενές παράκτιο περιβάλλον». *ΑΠΘ*

Απογραφή πληθυσμού, *ΕΣΥΕ 2001*, 2010

Αποστόλου Ι., Βαβελίδης Μ., Κωνσταντίνου, Παπαδοπούλου Ι., Ιωάννου Δ. Ι., Βέρρου Θ.Ι., Τσότσος Γ.Π., Κασσέρης Π., Σαββαΐδης Π. (2009): Μεταλλεία-τόποι-πόλεμι: αναγνώσεις χαρτών από το αρχείο της επιθεώρησης Μεταλλείων Βορείου Ελλάδος του Υπουργείου Ανάπτυξης, *Επιθεώρηση Μεταλλείων Βορείου Ελλάδος (Ε.Μ.Β.Ε.)*

Βεράνης Ν., Γεωλογική δομή και ορυκτές πρώτες ύλες στο νομό Χαλκιδικής, *Ι.Γ.Μ.Ε., Θεσσαλονίκη 1994*

ΕΚΒΥ. Προστατευόμενες περιοχές στην Ελλάδα

ΕΠΙΤΗΡΩ, 2009. «Ορυκτός πλούτος και τοπικές κοινωνίες», ΤΕΕ. Αθήνα

ΕΣΥΕ. Χρήσεις γης Ν. Χαλκιδικής, Απογραφή 1981

Ιωαννίδου Δ., Βαφειάδης Δ., Σταμάτης Ν., Χριστοφορίδης Α., Αργυροπούλου Μ., Κουτράκης Ε., Χωρική και Χρονική Κατανομή βαρέων Μετάλλων σε Επιφανειακά Ιζήματα στους Κόλπους Στρυμονικού και Ιερισσού. *Περιέχεται στην Μελέτη για την Παράκτια Ζώνη, 1999.*

Καταφιώτη Μ., 2008. «ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΟ Ν. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ ΟΣΟΝ ΑΦΟΡΑ ΤΑ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ». *Πάτρα*

Κελεπερτζής, Α.Ε., Καρβούνης, Γ.Δ. και Ζωτιάδης, Β. (1999): Αποτίμηση της ποιότητας των εδαφών στην ευρύτερη περιοχή Στρατωνίου, *Έκθεση Εφαρμοσμένου Περιβαλλοντικού-Γεωχημικού Προγράμματος, ΕΚΠΑ.*

Κελεπερτζής Α., Αλεξάκης Δ. και Αργυράκη Α., 2006. «Πολυπαραγοντική στατιστική και χωρική ανάλυση γεωχημικών δεδομένων για το χαρακτηρισμό ρύπανσης εδαφών στη μεταλλευτική περιοχή Στρατωνίου Χαλκιδικής». *Ενημερωτικό Δελτίο Ελληνικής Ιζηματολογικής Ένωσης "Ηιών", Τεύχος 3.*

Κολιαδήμου Κ., 1985. Δοκιμές άντλησης σε γεωτρήσεις περιοχής Κοκκινόλακκα Ν Χαλκιδικής, *Διπλωματική εργασία, Γεωλογικό Τμήμα Α.Π.Θ.96*

Κουτράκης Μ., ΕΚΒΥ (2000) «Αξιολόγηση υφιστάμενης κατάστασης στην παράκτια ζώνη των κόλπων Στρυμονικού και Ιερισσού και προτάσεις διαχείρισης : δράση 3 : Συντονισμένες δράσεις για τη διαχείριση της Παράκτιας Ζώνης του Στρυμονικού Κόλπου», *Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.), Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας (ΙΝ.ΑΛ.Ε.), σελ. 265*

Μουντράκης, Δ., (1985), «Γεωλογία της Ελλάδος», *Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*

Σαπουντζής, Η.Σ. Χριστοφίδης, Γ.Θ., (1985) «Ορυκτοδιαγνωστική», *University Studio Press*

Φιλιππίδης Α. Α.: Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωχημεία. Τμήμα Εκδόσεων, *ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 2006*

Ψιλοβίκος Α., 2010. «Ιζηματολογία». *Εκδόσεις Τζιόλα*

- Χατζή Π., 2012. «Διερεύνηση παράκτιας στερεομεταφοράς στον κόλπο Ιερισσού Χαλκιδικής». *Διατριβή Ειδίκευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*.
- Blatt, H., Middleton, G. & Murray, R. 1980. Origin of sedimentary rocks. Prentice-Hall, New Jersey, 634 p.
- Davinson-Arnott Robin, 2010, Introduction to Coastal Processes and Geomorphology, *United States of America by Cambridge University Press, New York*
- Friedman, G. (1967): Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *J.Sed.Petrol.* 37, 327-354.
- Friedman, G. M., 1962a, On sorting, sorting coefficients, and the lognormality of the grain-size distribution of sandstones: *Jour. Geology*, v. 70, p. 737-753.
- Friedman, G. M., 1961, Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics: *Jour. Sedimentary Petrology*, v. 31, p. 514-529.
- Folk, R.L, 1974, Petrology of sedimentary rocks, *Hemphill Publishing Company Austin, Texas*
- Garrison T., 2009. «Essentials of Oceanography», Fifth Edition, *Orange Coast College, University of Southern California*, p. 252-267
- Gilg, H. (1993). Geochronological (K-Ar), fluid inclusion and stable isotope (C, H, O) studies of skarn, porphyry copper, and carbonate-hosted Pb-Zn (Ag, Au) replacement deposits in the Kassandra mining district (Eastern Chalkidiki, Greece). *Ph.D. Thesis, ETH, Zurich*.
- Holdich, R.G., 2002, Fundamentals of particle velocity, *Midland Information Technology and Publishing*, p. 45-54
- ICRCL (1990): Notes on the Restoration and Aftercare of Metalliferous Mining Sites for Pasture and Grazing. *Interdepartmental Committee on the Redevelopment of Contaminated Land Guidance Note. No. 70/90, London Department of the Environment*.
- Inman, D.L.(1949) Sorting of sediments in the light fluid mechanics, *Jour. Sed. Pet.*, 19, pp.51-70
- Kalogeropoulos, S., Kiliass, S., Bitzios, D., Nicolaou, M., & Both, R. (1989c). Genesis of the Olympias carbonate-hosted Pb-Zn (Au, Ag) sulphide ore deposit, eastern Chalkidiki, northern Greece. *Econ. Geol.* , 84, pp. 1210-1234
- Kallianiotis, A., 1999. The anchovy fishery in the Aegean Sea. A flourishing industry or a lost affair? *Scientia Marina* 60 (Suppl. 2), 287–28899
- Kelepertsis, A., Argyraki, A. and Alexakis, D. (in press): Multivariate statistics and spatial interpretation of geochemical data for assessing soil contamination by toxic metals in the mining area of Stratoni, North Greece, *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*.
- Lazaridou-Dimitriadou M., Koukoumides, C., Lekka, E. and Gaidagis, G.: 2004, 'Integrative evaluation of the ecological quality of metalliferous streams (CHALKIDIKI, MACEDONIA, HELLAS)', *Environ. Monit. Assess.* 91(1–3), 59–86.
- Levinson, A. A. (1980): *Introduction to Exploration Geochemistry 2nd Edition the 1980 Supplement*, Applied Publishing, Wilmette Illinois.
- Singarasubramanian S R, Mukesh M V, Manoharan K, Murugan S, Bakkiaraj D, John Peter A and Seralathan P 2006 Sediment characteristics of the M-9 tsunami event between Rameswaram and Thoothukudi, Gulf of Mannar, southeast coast of India; *Sci. Tsunami Haz.* 25 160–172.

- Stamatis N, Ioannidou D, Christoforidis A and Koutrakis E, 2001. «SEDIMENT POLLUTION BY HEAVYMETALS IN THE STRYMONIKOS AND IERISSOS GULFS, NORTH AEGEAN SEA, GREECE».
- Stanners D. & Bourdeau P, 1995. "The Dobris assessment" *European Environment Agency, Copenhagen*. Μετάφραση – Επιμέλεια Μαριάννα Καλαϊτζιδάκη
- Sylaios G., 2003. A Budget Model of Water, Salt and non-Conservative Nutrients in Strymonikos and Ierissos Gulfs». *European Water* 1/2: 31-36.
- Sylaios G., Koutrakis E. & Kallianiotis A., 2006. Hydrographic variability, water masses dynamics and baroclinic circulation at Strymonikos Gulf, N. Greece. *Continental Shelf Research*, 26: 217-235
- Pavlidis, S. - Kiliass, A. (1987). "Neotectonic and active faults along the Serbomacedonian zone (SE Chalkidiki, northern Greece)", *Annales Tectonic*, Vol. I- n. 2: 97-104.
- Pavlidis, S.B., & Tranos, M.D. (1991), Structural characteristics of two strong earthquakes in the North Aegean : Ierissos 1932 and Agios Efstratios (1968), *Journal of Structural Geology*, Vol. 13, No. 2, pp. 205-214.
- Perissoratis C. & Mitropoulos D., 1988. «Late Quaternary Evolution of the Northern Aegean Shelf». *Institute of Geology and Mineral Exploration, Athens*.
- Vavelidis M (1989). Das Seifengoldvorkommen im Gebiet von Chimaros, Praefektur Serres (Nordgriechenland). *Naturwiss.* 76, 521-522.
- Vavelidis M., Pernicka, E. and Wagner, G.A. (1983). Untersuchungen in den Pb-Ag- und Au-Vorkommen von NE-Chalkidiki (Nordgriechenland). *Beihefte zum Europ. J. Miner.*, 61, 212-213.
- Wagner G.A., Pernicka E., Vavelidis M., Baranyi I., Bassiakos I. (1986). Archaeometallurgische untersuchungen auf Chalkidiki. *Anschnitt*, 38, 5-6, 166-186.
- Williams, P.F. & Rust, B.R. 1969. The sedimentology of a braided river. *J. Sed. Petrol.*, 39(2), 649-679.

Ισότοποι

URL1. <http://www.google.gr>

URL 2. www.filtration-and-separation.com/settling/settling.htm

URL 3. <http://www.e-archimedes.gr>

Παραρτήματα

Παράρτημα Ι (Κεφάλαιο 2.6)

Πίνακας 1: Σταθμός Αρναίας – Συχνότητα Ισχύος και Κατευθύνσεις Ανέμων

Ετήσια συχνότητα (%) ισχύος και κατευθύνσεων ανέμων (κλίμακα Beaufort)										
Beaufort	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	BA	Νηγεμία	Σύνολο
Νηγεμία									1,00	1,00
1	1,10	1,10	5,90	24,30	7,50	1,20	1,20	25,60		67,90
2	0,20	0,30	3,10	5,50	4,30	0,50	0,30	7,90		22,10
3	0,00	0,40	1,30	1,50	1,80	50,00	0,00	2,90		8,40
4	0,00	0,00	0,05	0,20	0,05	0,00	0,00	0,20		0,50
5	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05		0,10
Σύνολο	1,30	1,80	10,40	31,50	13,65	2,20	1,50	36,65	1,00	100,00

Πίνακας 2: Συχνότητες ανέμου μετεωρολογικού σταθμού Χρυσούπολης Καβάλας από 1/1/1984 έως 31/12/2004

Ιανουάριος											
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		SUM
Beaufort 0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,91	36,91
Beaufort 1	1	0,20	0,68	0,79	0,35	0,13	0,18	0,18	0,13	0,00	2,63
Beaufort 2	2	2,06	10,92	12,67	2,45	1,44	1,88	2,30	0,72	0,00	34,44
Beaufort 3	3	0,42	4,07	6,48	1,27	0,33	0,70	1,75	0,33	0,00	15,34
Beaufort 4	4	0,15	1,97	4,25	0,55	0,07	0,33	0,63	0,11	0,00	8,05
Beaufort 5	5	0,02	0,35	1,16	0,13	0,04	0,15	0,07	0,02	0,00	1,95
Beaufort 6	6	0,00	0,04	0,35	0,07	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,50
Beaufort 7	7	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,11
Beaufort 8	8	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Beaufort ≥ 9	≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
SUM		2,84	18,03	25,78	4,81	2,08	3,26	4,95	1,33	36,91	100

Φεβρουάριος											
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		SUM
Beaufort 0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,89	33,89
Beaufort 1	1	0,19	0,99	1,06	0,19	0,21	0,24	0,19	0,07	0,05	3,17
Beaufort 2	2	1,62	8,63	10,08	3,50	2,23	3,03	3,34	1,10	0,00	33,54
Beaufort 3	3	0,59	3,60	6,84	1,74	0,92	1,53	1,39	0,61	0,00	17,20
Beaufort 4	4	0,12	0,85	5,36	0,82	0,40	0,66	0,56	0,33	0,00	9,10
Beaufort 5	5	0,00	0,38	1,34	0,12	0,19	0,14	0,19	0,02	0,00	2,37
Beaufort 6	6	0,05	0,02	0,31	0,00	0,07	0,00	0,00	0,05	0,00	0,49
Beaufort 7	7	0,00	0,00	0,09	0,02	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,19
Beaufort 8	8	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
Beaufort ≥ 9	≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM		2,56	14,45	25,12	6,39	4,04	5,64	5,66	2,19	33,94	100

Μάρτιος											
---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	SUM
Beaufort 0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,92
Beaufort 1	1	0,30	0,45	0,66	0,13	0,21	0,23	0,15	0,04	0,02
Beaufort 2	2	2,14	8,30	9,72	3,18	2,89	3,48	3,12	1,00	0,00
Beaufort 3	3	0,19	3,29	7,62	2,78	1,76	2,23	2,04	0,23	0,00
Beaufort 4	4	0,11	1,53	5,41	1,44	0,89	0,98	0,59	0,15	0,00
Beaufort 5	5	0,02	0,28	1,42	0,15	0,06	0,08	0,11	0,00	0,00
Beaufort 6	6	0,00	0,08	0,51	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort 7	7	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort 8	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort ≥ 9	≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM		2,76	13,92	25,40	7,70	5,84	7,00	6,01	1,42	29,94

Απρίλιος										
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	SUM
Beaufort 0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,24
Beaufort 1	1	0,18	0,55	0,72	0,07	0,15	0,22	0,20	0,13	0,00
Beaufort 2	2	1,36	7,92	9,23	2,92	3,42	4,96	4,74	1,36	0,00
Beaufort 3	3	0,29	3,49	6,18	2,43	1,80	3,79	3,31	0,83	0,00
Beaufort 4	4	0,11	0,75	2,21	1,21	0,81	1,80	0,92	0,18	0,00
Beaufort 5	5	0,02	0,24	0,39	0,13	0,07	0,18	0,09	0,02	0,00
Beaufort 6	6	0,00	0,02	0,15	0,00	0,04	0,07	0,00	0,00	0,00
Beaufort 7	7	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Beaufort 8	8	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort ≥ 9	≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM		1,95	13,03	18,90	6,78	6,29	11,03	9,25	2,52	30,24

Μάιος										
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	SUM
Beaufort 0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,58
Beaufort 1	1	0,13	0,70	0,85	0,06	0,19	0,21	0,34	0,11	0,00
Beaufort 2	2	1,44	7,36	8,17	2,44	4,22	6,18	5,48	0,85	0,00
Beaufort 3	3	0,23	2,19	4,69	2,76	2,59	5,01	3,71	0,47	0,00
Beaufort 4	4	0,04	0,66	2,33	1,32	0,68	1,25	0,47	0,06	0,00
Beaufort 5	5	0,00	0,19	0,51	0,04	0,06	0,11	0,06	0,00	0,00
Beaufort 6	6	0,00	0,11	0,08	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
Beaufort 7	7	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort 8	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort ≥ 9	≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM		1,85	11,23	16,64	6,62	7,75	12,75	10,10	1,49	31,58

Ιούνιος										
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	SUM
Beaufort 0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,61
Beaufort 1	1	0,22	0,66	0,88	0,11	0,33	0,29	0,46	0,13	0,02
Beaufort 2	2	1,36	6,56	7,52	3,11	5,68	6,60	5,83	1,21	0,00
Beaufort 3	3	0,48	1,82	2,92	1,86	3,69	5,94	3,31	0,26	0,00
Beaufort 4	4	0,02	0,48	0,55	0,26	0,48	1,10	0,61	0,33	0,00
Beaufort 5	5	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,18	0,02	0,00
Beaufort 6	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Beaufort 7	7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort 8	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort ≥ 9	≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM		2,08	9,56	11,89	5,35	10,18	13,93	10,42	1,95	34,63

Ιούλιος										
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	SUM
Beaufort 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,34
Beaufort 1	0,23	0,81	0,62	0,26	0,36	0,32	0,32	0,09	0,00	3,01
Beaufort 2	1,19	6,64	8,17	3,18	5,57	6,87	4,46	0,64	0,00	36,72
Beaufort 3	0,21	1,43	3,56	2,35	3,39	5,23	2,22	0,13	0,00	18,52
Beaufort 4	0,11	0,90	1,32	0,30	0,43	0,70	0,36	0,13	0,00	4,25
Beaufort 5	0,02	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,17
Beaufort 6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort 8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort ≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM		1,77	9,77	13,74	6,08	9,75	13,12	7,45	0,98	37,34
										100
Αύγουστος										
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	SUM
Beaufort 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,33
Beaufort 1	0,30	0,89	1,15	0,15	0,17	0,35	0,30	0,11	0,04	3,46
Beaufort 2	1,15	6,78	7,45	3,53	5,35	6,67	4,33	0,56	0,00	35,82
Beaufort 3	0,41	2,04	3,81	2,56	2,66	4,98	1,67	0,09	0,00	18,21
Beaufort 4	0,06	0,74	2,12	0,48	0,41	0,52	0,19	0,06	0,00	4,59
Beaufort 5	0,02	0,04	0,37	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,48
Beaufort 6	0,02	0,02	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
Beaufort 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort 8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort ≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM		1,97	10,50	14,92	6,76	8,60	12,54	6,52	0,82	37,38
										100
Σεπτέμβριος										
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	SUM
Beaufort 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,38
Beaufort 1	0,18	0,75	0,80	0,15	0,18	0,33	0,20	0,09	0,00	2,67
Beaufort 2	1,19	8,71	8,07	3,18	4,66	4,97	3,93	0,64	0,02	35,39
Beaufort 3	0,35	2,30	4,69	3,21	3,23	3,74	1,95	0,11	0,00	19,56
Beaufort 4	0,07	0,55	1,48	0,62	0,64	0,62	0,53	0,04	0,00	4,55
Beaufort 5	0,00	0,11	0,20	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,38
Beaufort 6	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Beaufort 7	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Beaufort 8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort ≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM		1,79	12,42	15,30	7,16	8,71	9,68	6,65	0,88	37,40
										100
Οκτώβριος										
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	SUM
Beaufort 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,00
Beaufort 1	0,15	1,08	1,17	0,34	0,30	0,28	0,08	0,08	0,02	3,50
Beaufort 2	0,98	10,02	9,96	3,06	3,69	3,84	2,61	0,47	0,00	34,62
Beaufort 3	0,30	2,82	6,37	2,02	1,32	2,06	0,85	0,19	0,00	15,92
Beaufort 4	0,11	1,36	4,18	0,53	0,30	0,17	0,25	0,11	0,00	7,00
Beaufort 5	0,02	0,21	0,49	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76
Beaufort 6	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
Beaufort 7	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Beaufort 8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort ≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM		1,55	15,50	22,35	5,99	5,60	6,35	3,80	0,85	38,02
										100

Νοέμβριος											
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		SUM
Beaufort 0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,04	38,04
Beaufort 1	1	0,16	1,07	1,07	0,38	0,24	0,18	0,20	0,04	0,00	3,33
Beaufort 2	2	1,76	11,44	11,31	1,93	2,09	2,42	2,24	0,84	0,00	34,04
Beaufort 3	3	0,29	3,91	7,36	1,24	0,58	0,82	1,53	0,33	0,00	16,07
Beaufort 4	4	0,11	1,31	3,60	0,56	0,24	0,27	0,40	0,31	0,00	6,80
Beaufort 5	5	0,02	0,38	0,93	0,00	0,11	0,09	0,02	0,07	0,00	1,62
Beaufort 6	6	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,07
Beaufort 7	7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beaufort 8	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Beaufort ≥ 9	≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM		2,33	18,11	24,31	4,11	3,29	3,78	4,40	1,62	38,04	100

Δεκέμβριος											
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		SUM
Beaufort 0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,38	38,38
Beaufort 1	1	0,26	0,64	0,90	0,32	0,13	0,09	0,09	0,02	0,00	2,44
Beaufort 2	2	1,48	11,27	11,74	2,29	0,99	1,26	2,36	0,54	0,00	31,93
Beaufort 3	3	0,58	5,62	7,42	1,33	0,28	0,56	1,44	0,26	0,00	17,47
Beaufort 4	4	0,06	1,84	3,90	0,58	0,17	0,32	0,43	0,17	0,00	7,48
Beaufort 5	5	0,00	0,32	0,73	0,04	0,17	0,15	0,06	0,00	0,00	1,48
Beaufort 6	6	0,00	0,15	0,28	0,00	0,11	0,06	0,00	0,00	0,00	0,60
Beaufort 7	7	0,00	0,13	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
Beaufort 8	8	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Beaufort ≥ 9	≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM		2,38	19,97	25,03	4,56	1,86	2,44	4,37	0,99	38,38	100

Πηγή : EMY



Εικόνα 1: Δειγματολήπτης τύπου Δράγα



Εικόνα 2.: Ξήρανση δειγμάτων θαλάσσιου ιζήματος σε θερμοκρασία δωματίου



Εικόνα 3.: Διαχωρισμός δείγματος με τη μέθοδο του σταυρού



Εικόνα 4.: Κόσκινα με μεταβαλλόμενη διάμετρο πλέγματος τοποθετημένα σε μηχανή δόνησης

Παράρτημα ΙΙΙ (Κεφάλαιο 4.1)

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος C1₀ με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	C1 ₀			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ			Περιγραφή δείγματος: Μεσόκοκκη άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Υ:	40ο30'53,32"		
	X:	23ο49'44,3"		
Βάθος (m)	Παραλία Στρατωνίου			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,86			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	1,264	0,687479604	1,264	0,687479604
-1,50	2,87	1,560970303	4,134	2,248449908
-1,00	1,24	0,674426194	5,374	2,922876101
-0,50	1,892	1,029043838	7,266	3,951919939
0,00	2,23	0,121287936	9,496	4,073207876
0,50	9,927	5,399216795	19,423	9,472424671
1,00	48,12	26,17208746	67,543	35,64451213
1,50	55,89	30,39812901	123,433	66,04264114
2,00	32,87	17,87773306	156,303	83,9203742
2,50	16,208	8,815403024	172,511	92,73577722
3,00	4,511	2,453497226	177,022	95,18927445
3,50	6,046	3,288371587	183,068	98,47764604
4,00	0,23	0,125095181	183,298	98,60274122
T.Δ	0,339	0,184379419	183,637	98,78712064
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,86			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	183,637			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,223			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,061			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος C2₀ με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	C2 ₀			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ			Περιγραφή δείγματος: Χονδρόκοκκη άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Y:	40°30'51.22"		
	X:	23°49'43.69"		
Βάθος (m)	Παραλία Στρατωνίου			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,02			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	11,499	6,282919899	11,499	6,282919899
-1,50	15,106	8,25374276	26,605	14,53666266
-1,00	10,16	5,551305868	36,765	20,08796853
-0,50	15,776	8,61982297	52,541	28,7077915
0,00	15,942	8,71052344	68,483	37,41831494
0,50	24,47	13,37012348	92,953	50,78843842
1,00	40,14	21,93202929	133,093	72,72046771
1,50	30,89	16,87793684	163,983	89,59840455
2,00	14,797	8,084908753	178,78	97,6833133
2,50	2,126	1,161621681	180,906	98,84493498
3,00	1,142	0,623975522	182,048	99,4689105
3,50	0,87	0,475357884	182,918	99,94426839
4,00	0,055	0,030051361	182,973	99,97431975
T.Δ	0,04	0,021855535	183,013	99,99617528
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,02			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	183,013			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,007			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,002			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος C3₀ με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	C3 ₀			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ			Περιγραφή δείγματος: Μεσόκοκκη Άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Υ:	40°30'46.45"		
	X:	23°49'41.59"		
Βάθος (m)	Παραλία Στρατωνίου			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,42			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	30,1	16,41042416	30,1	16,41042416
-1,50	4,505	2,456111656	34,605	18,86653582
-1,00	2,403	1,310107949	37,008	20,17664377
-0,50	6,179	3,368771126	43,187	23,54541489
0,00	8,037	4,381746811	51,224	27,92716171
0,50	12,885	7,024860975	64,109	34,95202268
1,00	21,92	11,95071421	86,029	46,90273689
1,50	24,89	13,56994875	110,919	60,47268564
2,00	22,48	12,25602442	133,399	72,72871006
2,50	13,762	7,502998582	147,161	80,23170865
3,00	12,824	6,991603969	159,985	87,22331262
3,50	12,671	6,908188856	172,656	94,13150147
4,00	7,697	4,196379893	180,353	98,32788137
T.Δ	1,84	1,003162142	182,193	99,33104351
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,42			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	182,193			
Διαφορά (grams) (1-2)	1,227			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,337			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος C4₀ με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	C4 ₀			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ			Περιγραφή δείγματος: Χονδρόκοκκη άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Υ:	40° 30' 42,5"		
	X:	23° 49' 40,1"		
Βάθος (m)	Παραλία			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,302			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	0	0	0	0
-1,50	1,344	0,733216222	1,344	0,733216222
-1,00	14,796	8,07192502	16,14	8,805141242
-0,50	97,08	52,96177892	113,22	61,76692016
0,00	52,62	28,70672442	165,84	90,47364459
0,50	15,33	8,363247537	181,17	98,83689212
1,00	1,954	1,066000371	183,124	99,90289249
1,50	0,124	0,067647925	183,248	99,97054042
2,00	0,039	0,021276364	183,287	99,99181678
2,50	0,015	0,008183217	183,302	100
3,00	0	0	183,302	100
3,50	0	0	183,302	100
4,00	0	0	183,302	100
Τ.Δ	0	0	183,302	100
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,302			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	183,302			
Διαφορά (grams) (1-2)	0			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος C5₀ με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	C5 ₀			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ			Περιγραφή δείγματος: Μεσόκοκκη Άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Υ:	40° 30' 16,2"		
	X:	23° 49' 24"		
Βάθος (m)	Παραλία Στρατωνίου			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,2			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	0	0	0	0
-1,50	0	0	0	0
-1,00	0	0	0	0
-0,50	0	0	0	0
0,00	0	0	0	0
0,50	0,012	0,006550218	0,012	0,006550218
1,00	0,882	0,481441048	0,894	0,487991266
1,50	13,37	7,298034934	14,264	7,786026201
2,00	80,18	43,76637555	94,444	51,55240175
2,50	66,24	36,15720524	160,684	87,70960699
3,00	9,602	5,241266376	170,286	92,95087336
3,50	12,184	6,650655022	182,47	99,60152838
4,00	0,21	0,114628821	182,68	99,71615721
T.Δ	0,241	0,131550218	182,921	99,84770742
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,2			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	182,921			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,279			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,076			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος C6₀ με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	C6 ₀			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ	2/10/2011		Περιγραφή δείγματος: Μεσόκοκκη άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Y:	40ο28΄59,2΄΄		
	X:	23ο49΄14,8΄΄		
Βάθος (m)	Παραλία Κρουνερίου-Εκβολές Κοκκινόλακκα			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,51			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	7,963	4,339273064	7,963	4,339273064
-1,50	6,762	3,684812817	14,725	8,024085881
-1,00	2,484	1,353604708	17,209	9,377690589
-0,50	5,86	3,193286469	23,069	12,57097706
0,00	17,832	9,717181625	40,901	22,28815868
0,50	43,77	23,85156122	84,671	46,13971991
1,00	31,38	17,09988556	116,051	63,23960547
1,50	17,78	9,688845295	133,831	72,92845077
2,00	26,97	14,69674677	160,801	87,62519754
2,50	14,474	7,887308594	175,275	95,51250613
3,00	5,042	2,747534194	180,317	98,26004032
3,50	2,76	1,504005231	183,077	99,76404556
4,00	0,131	0,071385756	183,208	99,83543131
T.Δ	0,049	0,026701542	183,257	99,86213285
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,51			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	183,257			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,253			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,069			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος C7₀ με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	C7 ₀			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ			Περιγραφή δείγματος: Χονδρόκοκκη άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Υ:	40° 25' 41,2"		
	X:	23° 51' 4"		
Βάθος (m)	Παραλία			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,22			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	25,16	13,73212531	25,16	13,73212531
-1,50	10,012	5,464468944	35,172	19,19659426
-1,00	5,195	2,83538915	40,367	22,03198341
-0,50	10,29	5,616199105	50,657	27,64818251
0,00	14,434	7,877960921	65,091	35,52614343
0,50	22,22	12,127497	87,311	47,65364043
1,00	26,86	14,65997162	114,171	62,31361205
1,50	21,5	11,7345268	135,671	74,04813885
2,00	20,464	11,16908634	156,135	85,21722519
2,50	13,748	7,503547648	169,883	92,72077284
3,00	5,56	3,034603209	175,443	95,75537605
3,50	4,954	2,703853291	180,397	98,45922934
4,00	0,663	0,361860059	181,06	98,8210894
T.Δ	1,228	0,670232507	182,288	99,49132191
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,22			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	182,288			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,932			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,256			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος St1_{5,7} με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	St1 _{5,7}			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ	22/3/2012		Περιγραφή δείγματος: Λεπτόκοκκη άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Y:	40° 30' 49,6"		
	X:	23° 49' 50,6"		
Βάθος (m)	5,7			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,78			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	0	0	0	0
-1,50	0	0	0	0
-1,00	0	0	0	0
-0,50	0,041	0,022309283	0,041	0,022309283
0,00	0,311	0,169224072	0,352	0,191533355
0,50	1,44	0,783545544	1,792	0,975078899
1,00	3,117	1,696049625	4,909	2,671128523
1,50	12,101	6,58450321	17,01	9,255631734
2,00	35,2	19,15333551	52,21	28,40896724
2,50	43,66	23,75666558	95,87	52,16563282
3,00	51,46	28,00087061	147,33	80,16650343
3,50	21,689	11,80161062	169,019	91,96811405
4,00	10,179	5,538687561	179,198	97,50680161
T.Δ	4,305	2,342474698	183,503	99,84927631
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,78			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	183,503			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,277			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,075			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος St2_{0,4} με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	St2 _{0,4}			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ			Περιγραφή δείγματος: Χονδρόκοκκη άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Υ:	40° 30' 42,5"		
	X:	23° 49' 40,1"		
Βάθος (m)	4			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,1			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	37,46	20,4587657	37,46	20,4587657
-1,50	35,04	19,13708356	72,5	39,59584926
-1,00	10,573	5,774440197	83,073	45,37028946
-0,50	9,476	5,175314036	92,549	50,5456035
0,00	5,738	3,133806663	98,287	53,67941016
0,50	13,818	7,546695795	112,105	61,22610595
1,00	28,41	15,51611141	140,515	76,74221737
1,50	20,365	11,12233752	160,88	87,86455489
2,00	11,645	6,359912616	172,525	94,2244675
2,50	4,38	2,392135445	176,905	96,61660295
3,00	2,811	1,535226652	179,716	98,1518296
3,50	2,963	1,618241398	182,679	99,770071
4,00	0,176	0,096122338	182,855	99,86619334
T.Δ	0,145	0,079191699	183	99,94538504
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,1			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	183			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,1			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,027			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος St3_{5,9} με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	St3 _{5,9}			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ	22/3/2012		Περιγραφή δείγματος: Λεπτόκοκκη άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Υ:	40°30'43,5''		
	X:	23°49'47,3''		
Βάθος (m)	5,9			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,83			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	0	0	0	0
-1,50	0	0	0	0
-1,00	0	0	0	0
-0,50	0,107	0,058205951	0,107	0,058205951
0,00	0,383	0,208344666	0,49	0,266550617
0,50	1,21	0,658216831	1,7	0,924767448
1,00	4,002	2,177011369	5,702	3,101778817
1,50	9,795	5,328292444	15,497	8,430071261
2,00	21,99	11,96213893	37,487	20,39221019
2,50	35,63	1,938203775	73,117	22,33041397
3,00	66,27	36,04961105	139,387	58,38002502
3,50	30,45	16,56421694	169,837	74,94424196
4,00	10,984	5,975085677	180,821	80,91932764
T.Δ	2,708	1,473100147	183,529	82,39242779
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,83			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	183,529			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,301			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,082			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος St4_{9,5} με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	St4 _{9,5}			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ			Περιγραφή δείγματος: Λεπτόκοκκη Άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ				
	Υ:	40° 30' 43,3'		
	X:	23° 49' 49,4"		
Βάθος (m)	9,5			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,52			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	0	0	0	0
-1,50	0,104	0,056669573	0,104	0,056669573
-1,00	0,021	0,011442895	0,125	0,068112467
-0,50	0,091	0,049585876	0,216	0,117698344
0,00	0,185	0,100806452	0,401	0,218504795
0,50	1,098	0,598299913	1,499	0,816804708
1,00	4,378	2,385571055	5,877	3,202375763
1,50	10,556	5,751961639	16,433	8,954337402
2,00	23,155	12,61715344	39,588	21,57149085
2,50	37,62	20,49912816	77,208	42,07061901
3,00	58,02	31,61508282	135,228	73,68570183
3,50	30,78	16,77201395	166,008	90,45771578
4,00	13,354	7,276591107	179,362	97,73430689
T.Δ	3,5	1,907149085	182,862	99,64145597
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,52			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	182,862			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,658			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,547			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος St5_{5,5} με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	St5 _{5,5}			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ	22/3/2012		Περιγραφή δείγματος: Λεπτόκοκκη άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Υ:	40° 30' 36,2"		
	Χ:	23° 49' 43,8"		
Βάθος (m)	5,5			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,55			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	0,531	0,28929447	0,531	0,28929447
-1,50	0,211	0,114955053	0,742	0,404249523
-1,00	0,224	0,122037592	0,966	0,526287115
-0,50	0,765	0,416780169	1,731	0,943067284
0,00	2,305	1,255788613	4,036	2,198855898
0,50	7,409	4,036502315	11,445	6,235358213
1,00	23,52	12,81394715	34,965	19,04930537
1,50	39,44	21,48733315	74,405	40,53663852
2,00	52,04	28,3519477	126,445	68,88858622
2,50	34,93	19,03023699	161,375	87,91882321
3,00	5,361	2,920730046	166,736	90,83955326
3,50	15,75	0,858076818	182,486	91,69763007
4,00	0,767	0,41786979	183,253	92,11549986
Τ.Δ	0,146	0,079542359	183,399	92,19504222
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,55			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	183,399			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,151			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,041			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος St6_{2,5} με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	St6 _{2,5}			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ			Περιγραφή δείγματος: Λεπτόκοκκη Άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Y:	40ο30'31,46"		
	X:	23ο49'35,99"		
Βάθος (m)	2,5			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,34			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	0	0	0	0
-1,50	0,367	0,200174539	0,367	0,200174539
-1,00	0,446	0,243263881	0,813	0,44343842
-0,50	1,524	0,8312425	2,337	1,274680921
0,00	2,333	1,272499182	4,67	2,547180103
0,50	3,849	2,099378204	8,519	4,646558307
1,00	6,424	3,503872586	14,943	8,150430893
1,50	6,825	3,722591906	21,768	11,8730228
2,00	19,17	10,45598342	40,938	22,32900622
2,50	51,3	27,9808007	92,238	50,30980692
3,00	51,95	28,33533326	144,188	78,64514018
3,50	24,11	13,15043089	168,298	91,79557107
4,00	8,509	4,64110396	176,807	96,43667503
T.Δ	5,722	3,120977419	182,529	99,55765245
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,34			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	182,529			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,811			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,222			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος St7_{2,9} με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	St7 _{2,9}			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ	22/3/2012		Περιγραφή δείγματος: Λεπτόκοκκη άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Υ:	40° 30' 26"		
	Χ:	23° 49' 31,6"		
Βάθος (m)	2,9			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,86			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	0	0	0	0
-1,50	0,04	0,021755684	0,04	0,021755684
-1,00	0	0	0,04	0,021755684
-0,50	0,048	0,02610682	0,088	0,047862504
0,00	0,34	0,184923311	0,428	0,232785815
0,50	1,6	0,870227347	2,028	1,103013162
1,00	6,557	3,566300446	8,585	4,669313608
1,50	21,53	11,70999674	30,115	16,37931034
2,00	48,79	26,53649516	78,905	42,9158055
2,50	49,57	26,96073099	128,475	69,8765365
3,00	25,31	1,376590884	153,785	71,25312738
3,50	22,69	12,34091156	176,475	83,59403894
4,00	5,045	2,743935603	181,52	86,33797455
T.Δ	1,112	0,604808006	182,632	86,94278255
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,86			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	182,632			
Διαφορά (grams) (1-2)	1,228			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,336			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος St8₅ με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	St8 ₅			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ			Περιγραφή δείγματος: Λεπτόκοκκη Άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Y:	40° 30' 19,8"		
	X:	23° 49' 32,4"		
Βάθος (m)	0,5			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	192			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	0	0	0	0
-1,50	0	0	0	0
-1,00	0	0	0	0
-0,50	0,037	0,019270833	0,037	0,019270833
0,00	0,078	0,040625	0,115	0,059895833
0,50	0,227	0,118229167	0,342	0,178125
1,00	0,85	0,442708333	1,192	0,620833333
1,50	2,509	1,306770833	3,701	1,927604167
2,00	8,382	4,365625	12,083	6,293229167
2,50	20,968	10,92083333	33,051	17,2140625
3,00	85,17	44,359375	118,221	61,5734375
3,50	44,29	23,06770833	162,511	84,64114583
4,00	21,44	11,16666667	183,951	95,8078125
T.Δ	7,665	3,9921875	191,616	99,8
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	192			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	191,616			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,384			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,01			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος St9_{2,7} με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	St9 _{2,7}			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ	22/3/2012		Περιγραφή δείγματος: Λεπτόκοκκη άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Υ:	40° 28' 58,5"		
	X:	23° 49' 18,2"		
Βάθος (m)	2,7			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,35			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	0	0	0	0
-1,50	0	0	0	0
-1,00	0	0	0	0
-0,50	0,016	0,008726479	0,016	0,008726479
0,00	0,112	0,061085356	0,128	0,069811835
0,50	1,138	0,620670848	1,266	0,690482683
1,00	12,57	6,855740387	13,836	7,546223071
1,50	51,32	27,99018271	65,156	35,53640578
2,00	61,07	33,3078811	126,226	68,84428688
2,50	36,53	19,92364331	162,756	88,76793019
3,00	4,358	2,37687483	167,114	91,14480502
3,50	14,768	8,054540496	181,882	99,19934551
4,00	0,851	0,464139624	182,733	99,66348514
T.Δ	0,385	0,209980911	183,118	99,87346605
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,35			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	183,118			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,232			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,884			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος St10_{1,9} με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	St10 _{1,9}			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ	22/3/2011		Περιγραφή δείγματος: Μεσόκοκκη άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Y:	40° 24' 30,7"		
	X:	23° 52' 18"		
Βάθος (m)	1,9			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,6			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	9,88	5,374530817	9,88	5,374530817
-1,50	36,65	19,93689822	46,53	25,31142904
-1,00	23,783	12,9374966	70,313	38,24892564
-0,50	33,39	18,16352064	103,703	56,41244628
0,00	24,119	13,12027417	127,822	69,53272045
0,50	20,416	11,10591307	148,238	80,63863352
1,00	17,978	9,779687755	166,216	90,41832128
1,50	10,173	5,533917206	176,389	95,95223848
2,00	5,422	2,949464179	181,811	98,90170266
2,50	0,723	0,393298156	182,534	99,29500082
3,00	0,365	0,198553011	182,899	99,49355383
3,50	0,605	0,329108415	183,504	99,82266224
4,00	0,014	0,007615732	183,518	99,83027797
T.Δ	0	0	183,518	99,83027797
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,600			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	183,227			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,373			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,203			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος St11₃ με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων.

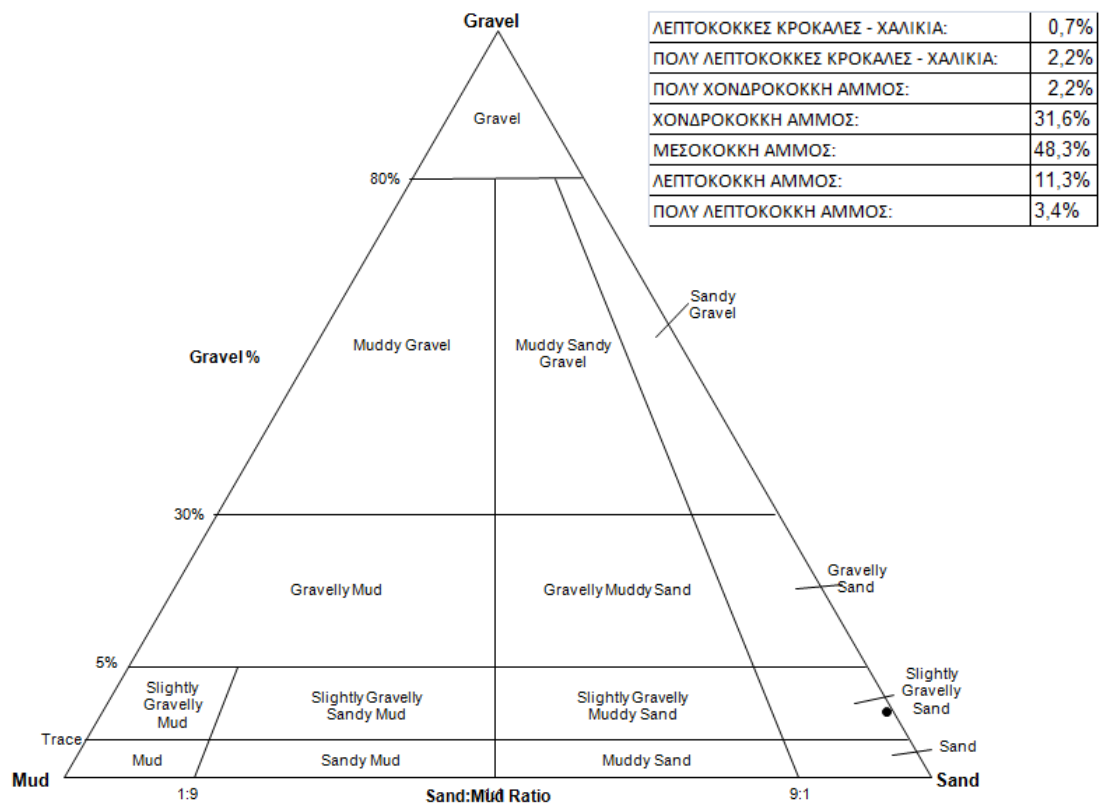
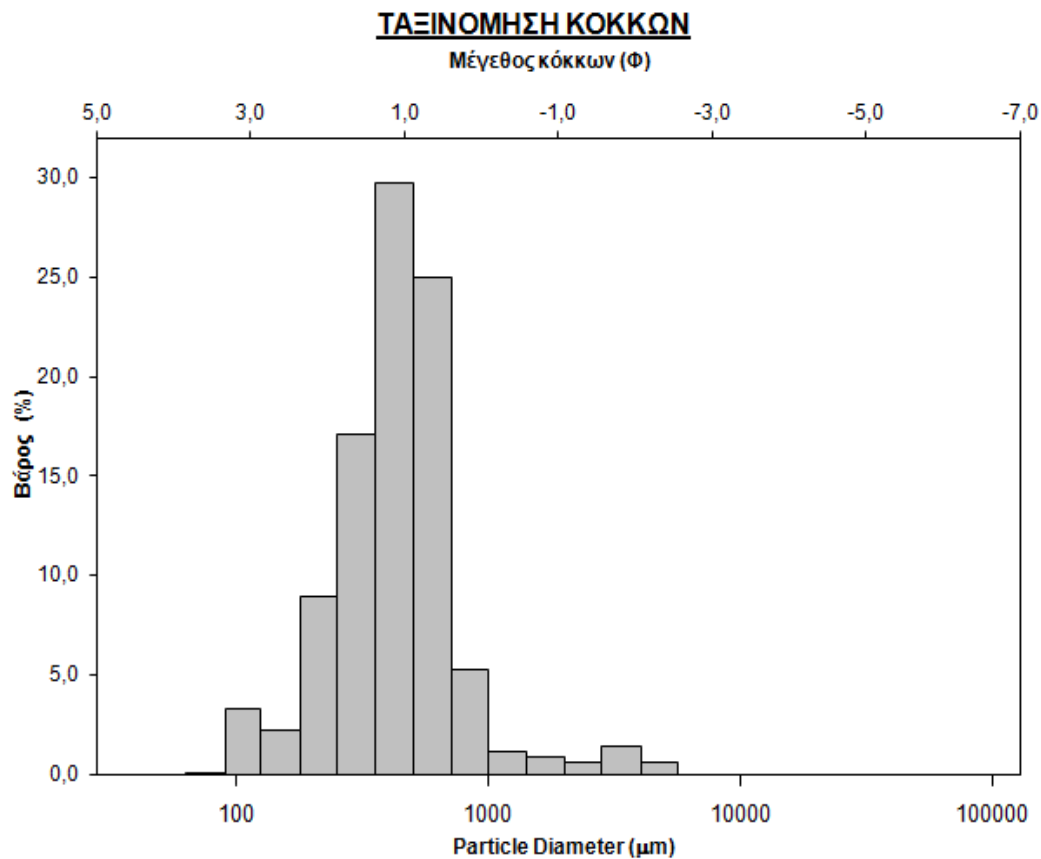
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	St11 ₃			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ	22/3/2012		Περιγραφή δείγματος: Μεσόκοκκη άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Υ:	40° 24' 4,3"		
	Χ:	23° 52' 53,8"		
Βάθος (m)	3			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,07			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	0,114	0,062271262	0,114	0,062271262
-1,50	2,806	1,532747037	2,92	1,595018299
-1,00	7,154	3,907794833	10,074	5,502813132
-0,50	27,07	14,78669361	37,144	20,28950675
0,00	18,392	10,04643033	55,536	30,33593707
0,50	6,714	3,667449609	62,25	34,00338668
1,00	8,784	4,798164636	71,034	38,80155132
1,50	24,176	13,20587753	95,21	52,00742885
2,00	45,7	24,96312886	140,91	76,97055771
2,50	25,08	13,69967772	165,99	90,67023543
3,00	5,436	2,969355984	171,426	93,63959141
3,50	11,169	6,100944994	182,595	99,74053641
4,00	0,112	0,061178784	182,707	99,80171519
Τ.Δ	0,126	0,068826132	182,833	99,87054132
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,07			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	182,833			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,237			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,065			

Αποτελέσματα ανάλυσης του δείγματος St12_{1,5} με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου αναγράφονται το βάρος, το ποσοστό % κατά βάρος, το αθροιστικό βάρος και το αθροιστικό ποσοστό % για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων

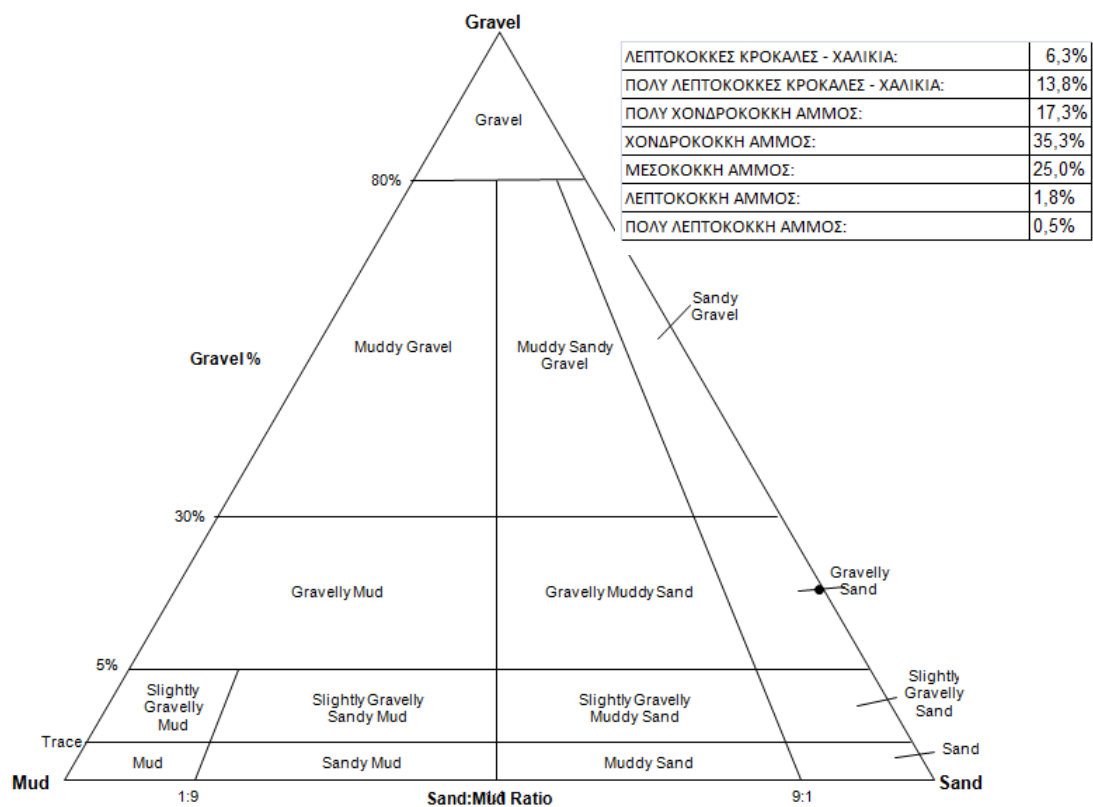
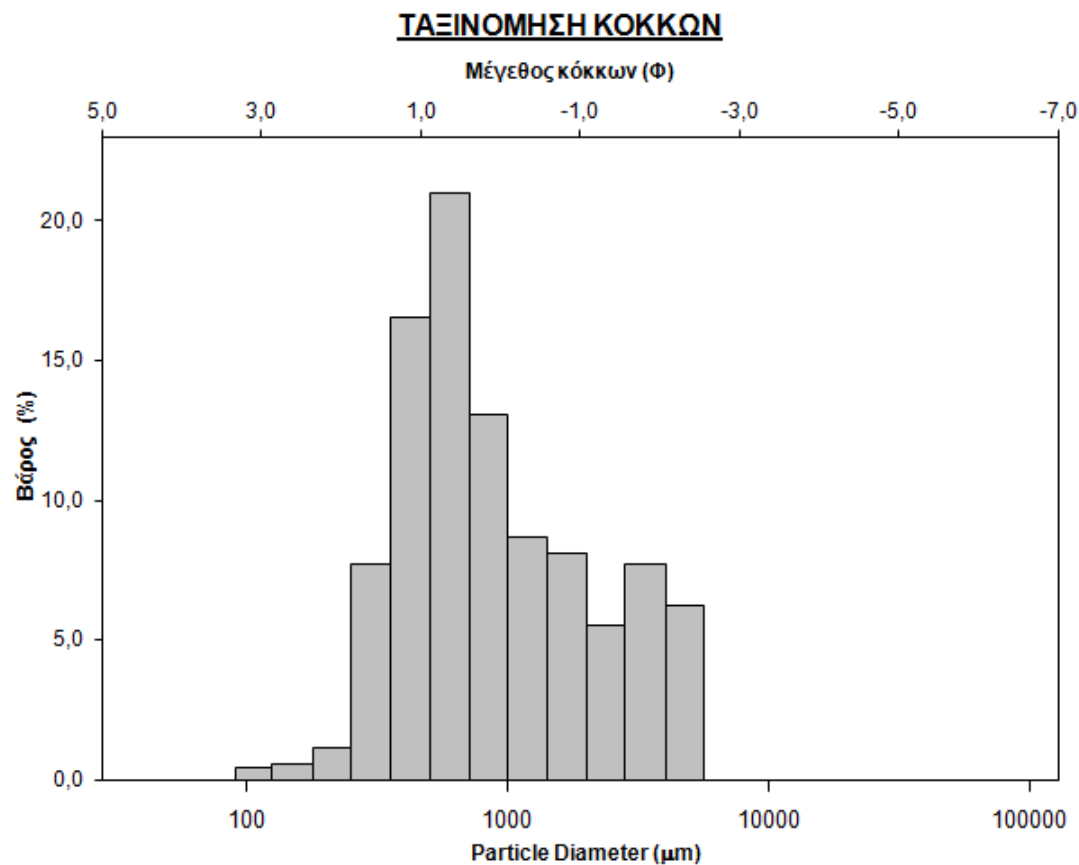
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	St12 _{1,5}			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ			Περιγραφή δείγματος: Πολύ χονδρόκοκκη άμμος	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ				
	Υ:	40° 24' 1,8		
	X:	23° 52' 53,1"		
Βάθος (m)	1,5			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	183,18			
ΜΕΓΕΘΟΣ Φ	Καθαρό βάρος στο κόσκινο (grams)	% καθαρό βάρος	Αθροιστικό βάρος (grams)	Αθροιστικό βάρος
-2,00	14,927	8,148815373	14,927	8,148815373
-1,50	139,86	76,35113004	154,787	84,49994541
-1,00	25,43	13,88251993	180,217	98,38246533
-0,50	2,688	1,467409106	182,905	99,84987444
0,00	0,023	0,012555956	182,928	99,8624304
0,50	0	0	182,928	99,8624304
1,00	0	0	182,928	99,8624304
1,50	0	0	182,928	99,8624304
2,00	0	0	182,928	99,8624304
2,50	0	0	182,928	99,8624304
3,00	0	0	182,928	99,8624304
3,50	0	0	182,928	99,8624304
4,00	0	0	182,928	99,8624304
Τ.Δ	0	0	182,928	99,8624304
Αρχικό βάρος δείγματος (grams) (1)	183,18			
Αθροιστικό βάρος όλων των κλασμάτων (grams) (2)	182,928			
Διαφορά (grams) (1-2)	0,252			
Σφάλμα % ((1-2)/2)	0,069			

Παράρτημα IV (Κεφάλαιο 4.1)

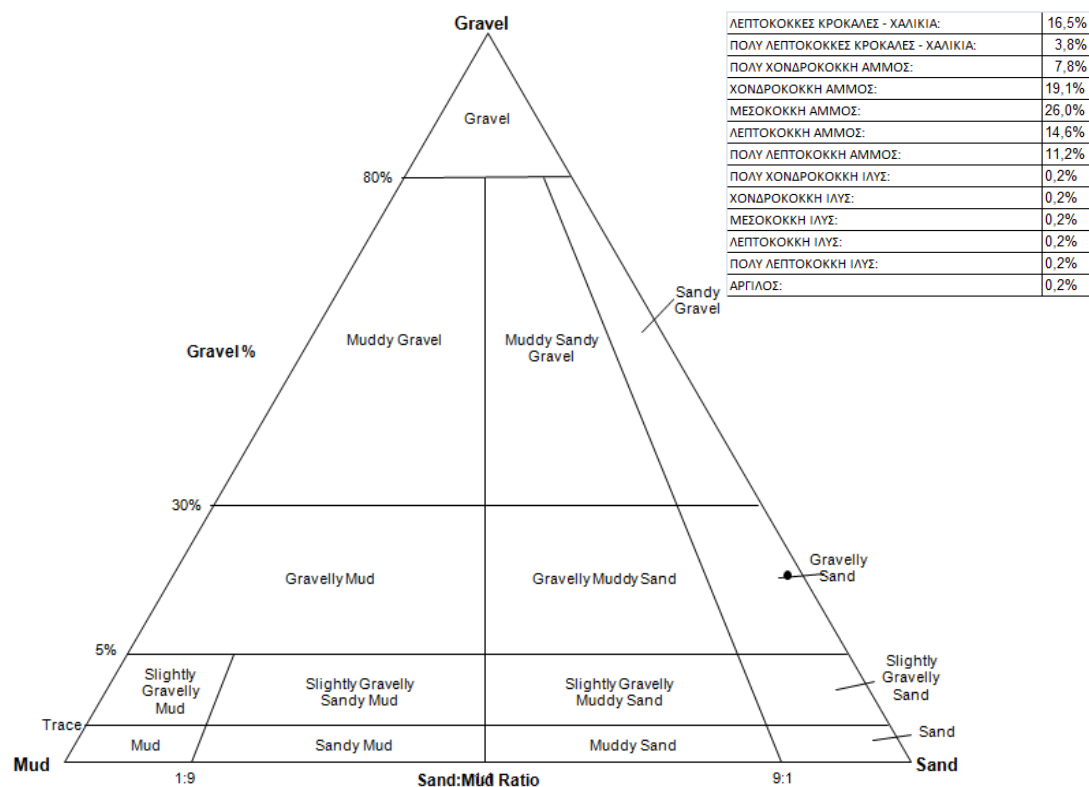
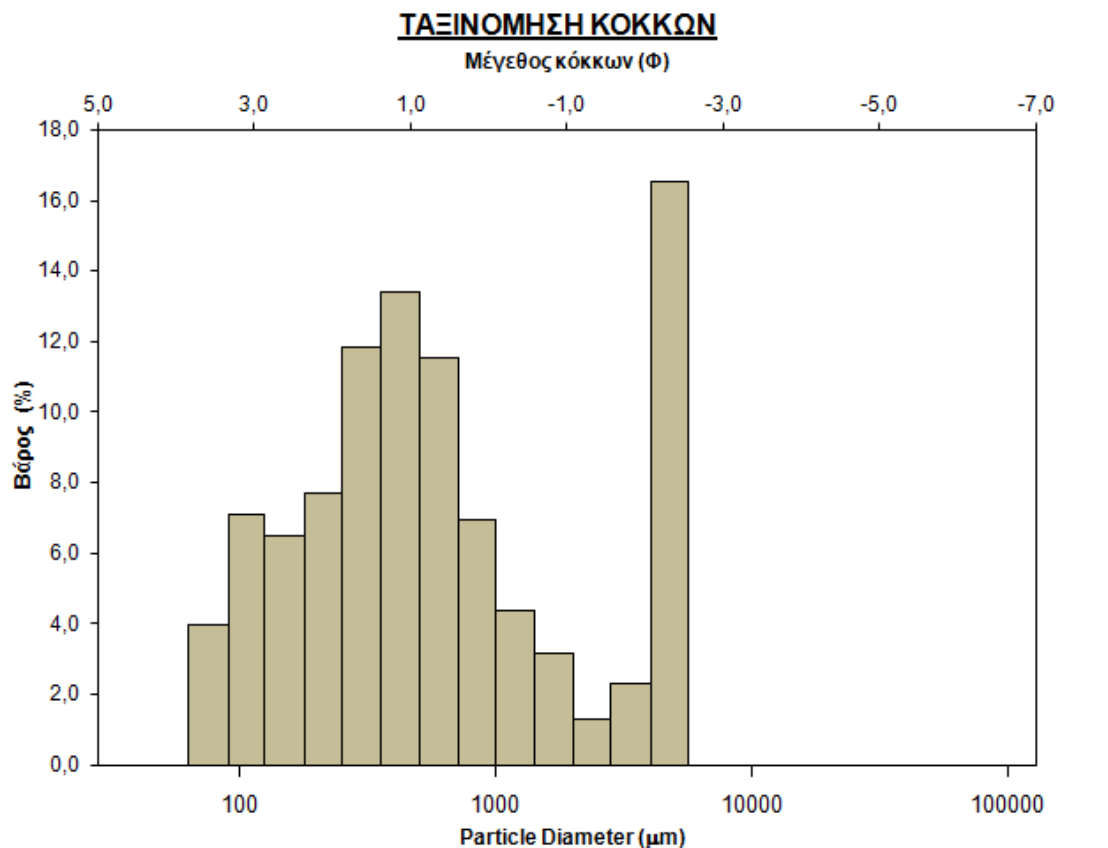
- Δείγμα C1₀



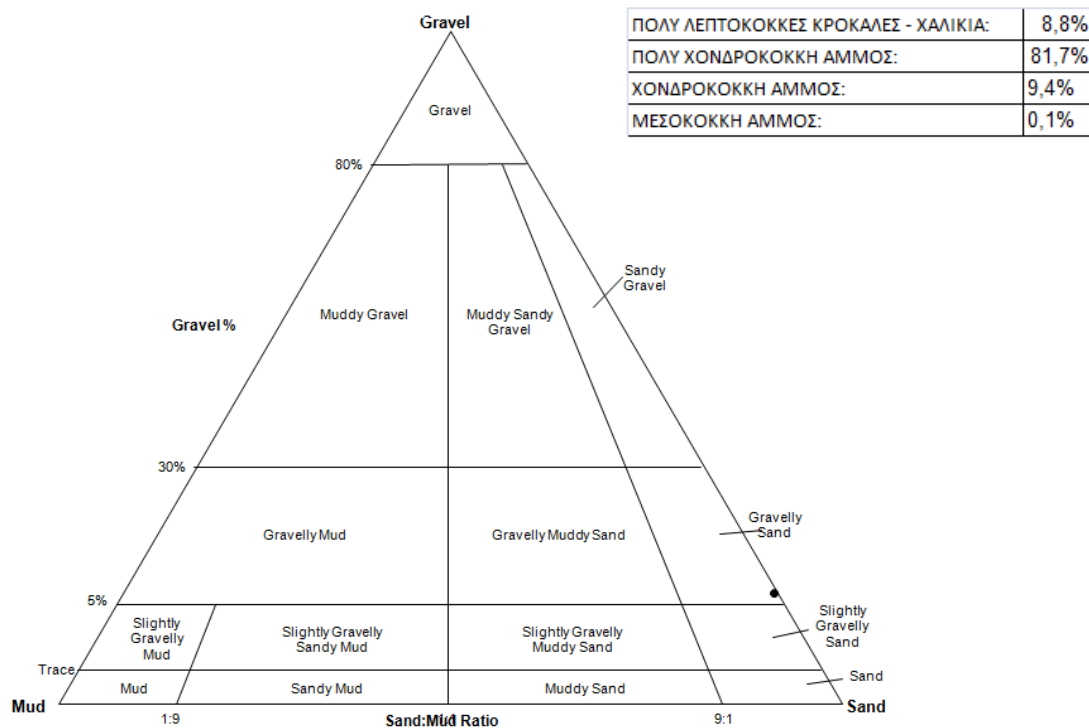
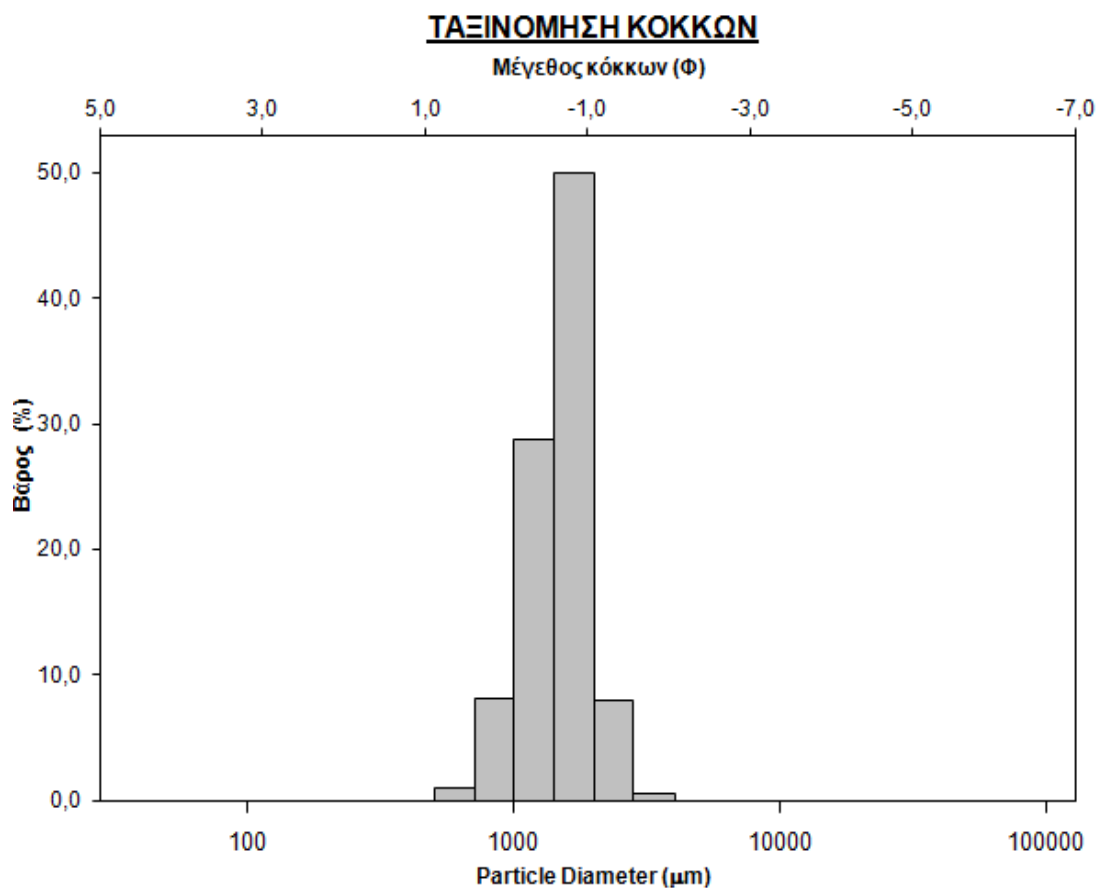
- Δείγμα C2₀



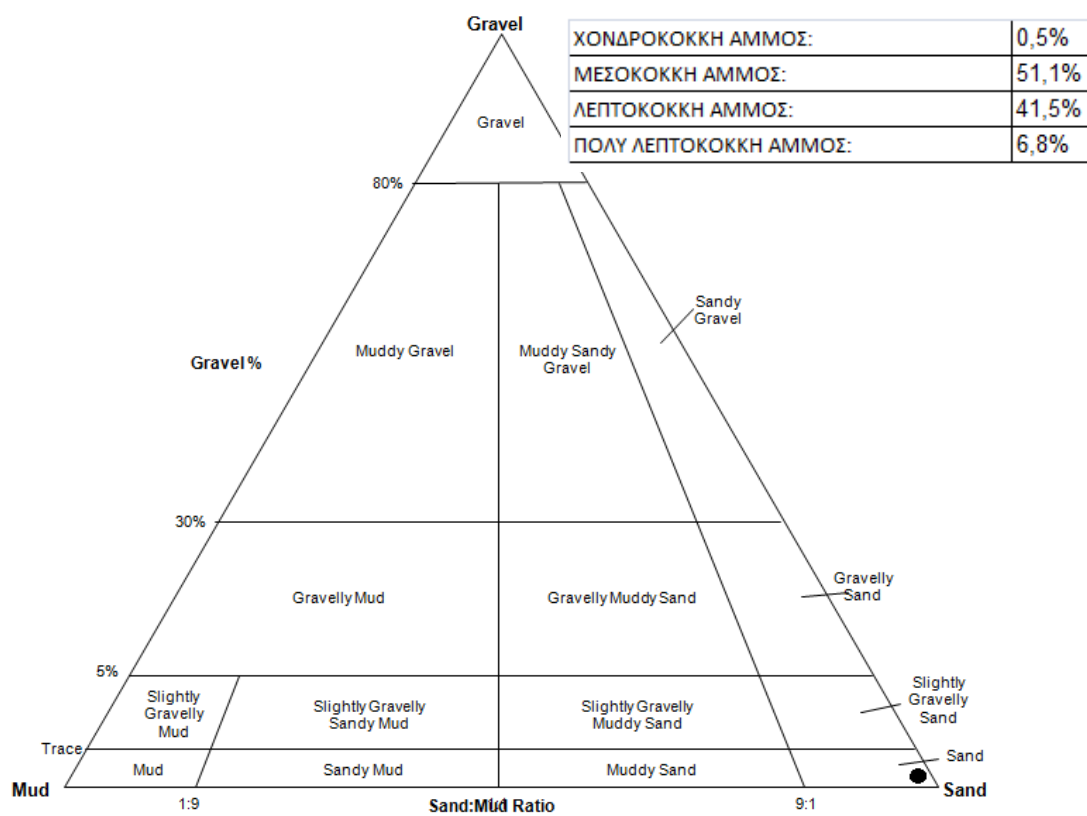
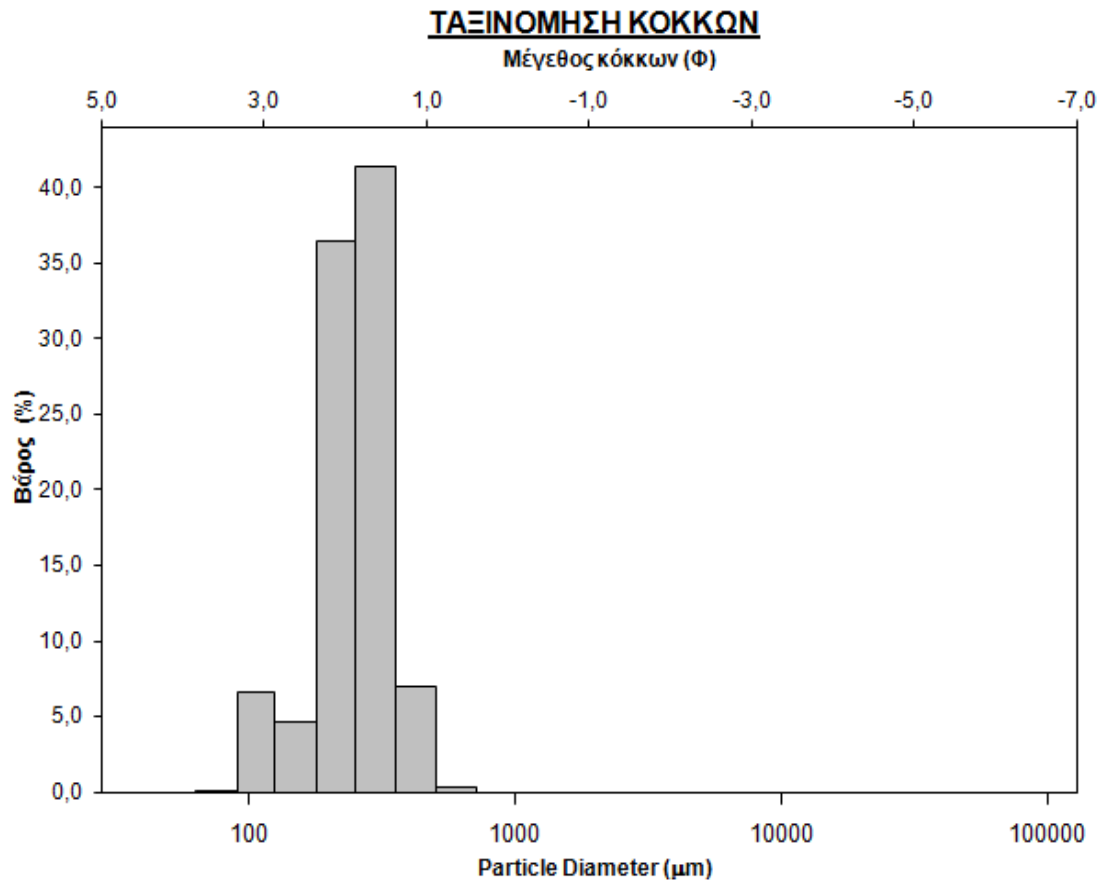
- Δείγμα C3₀



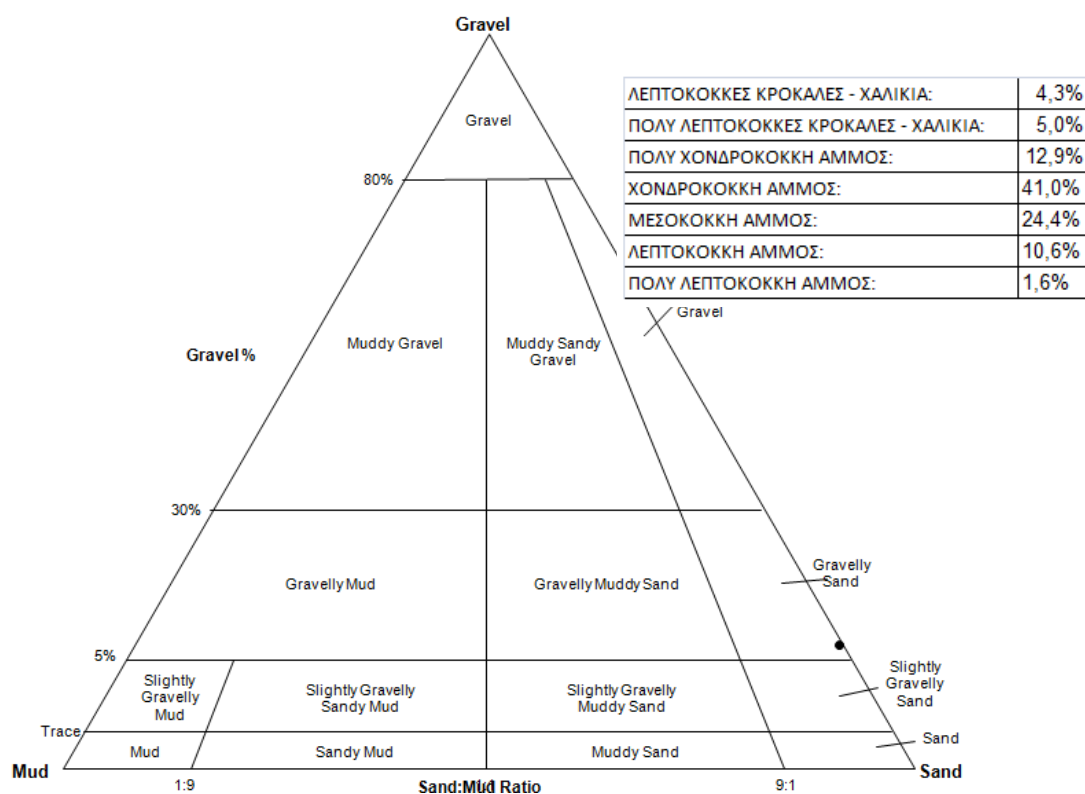
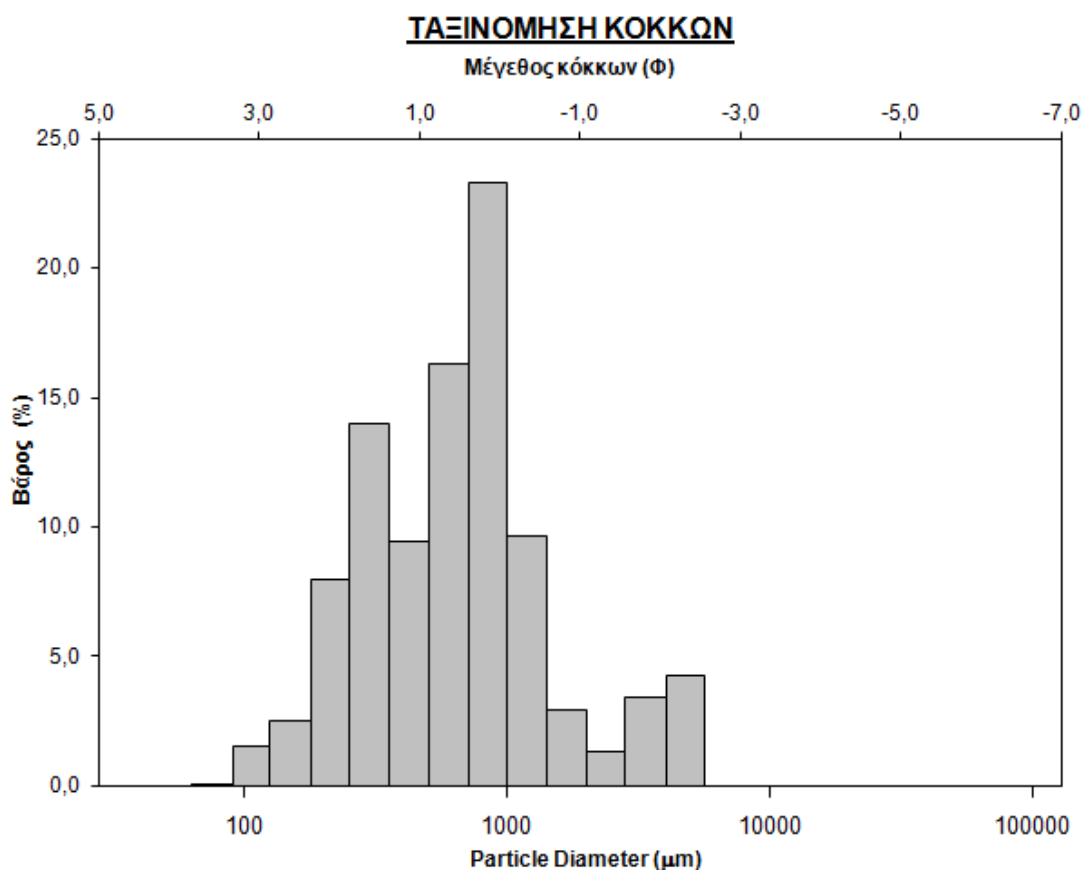
- Δείγμα C4₀



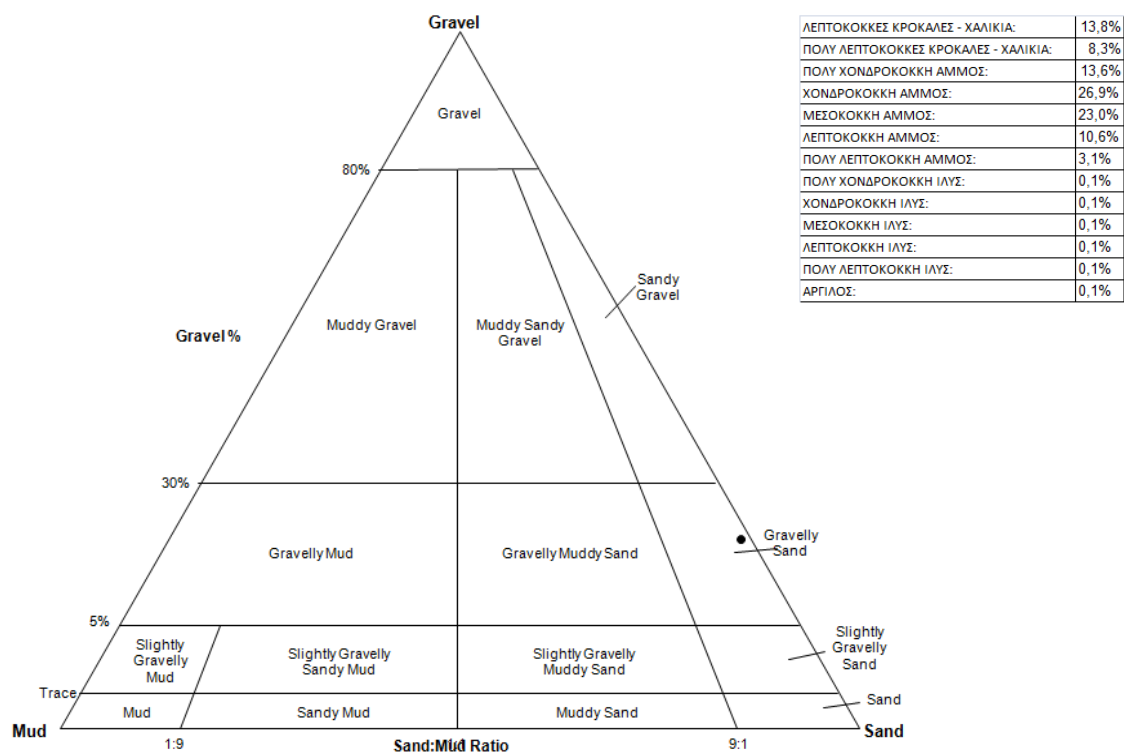
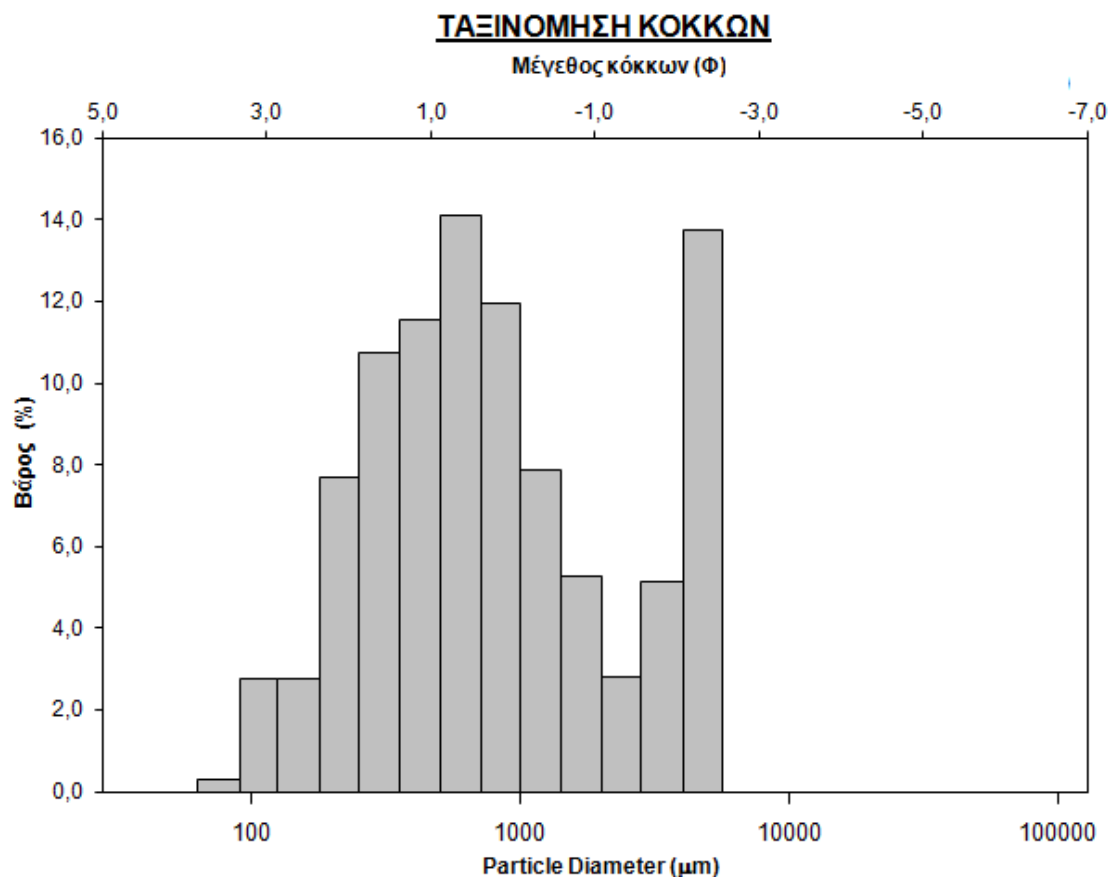
- Δείγμα C5₀



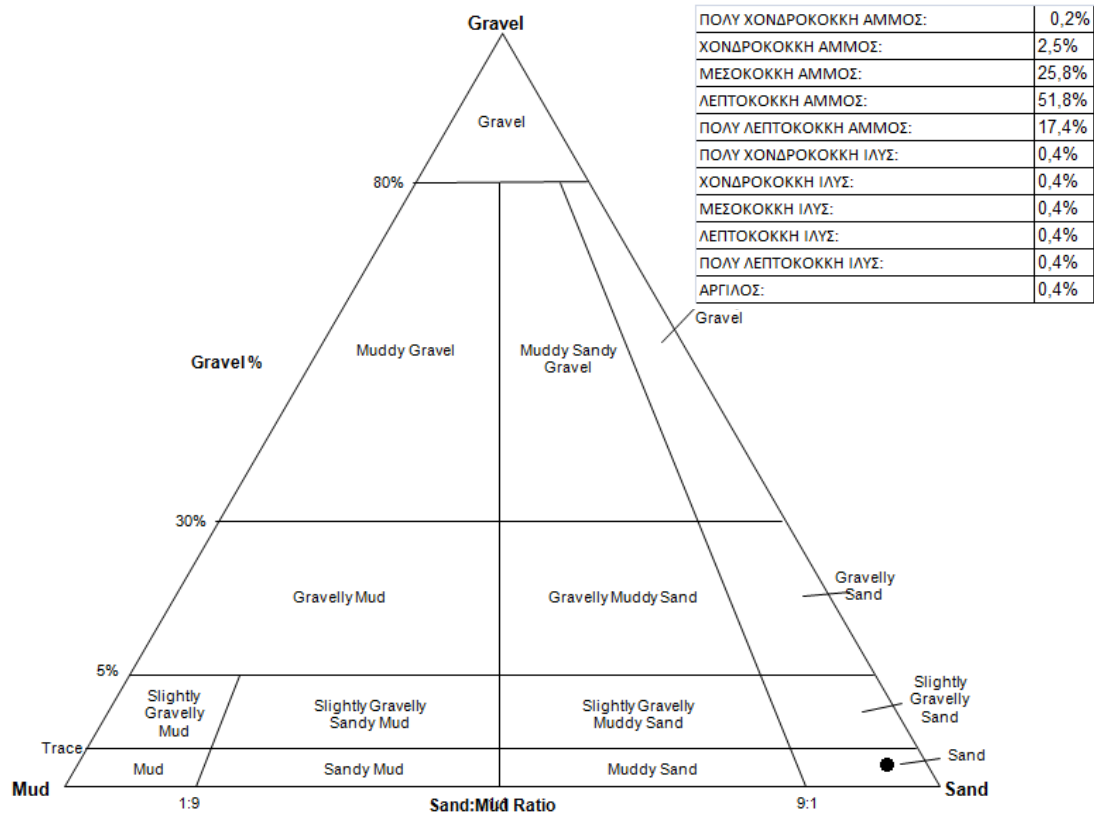
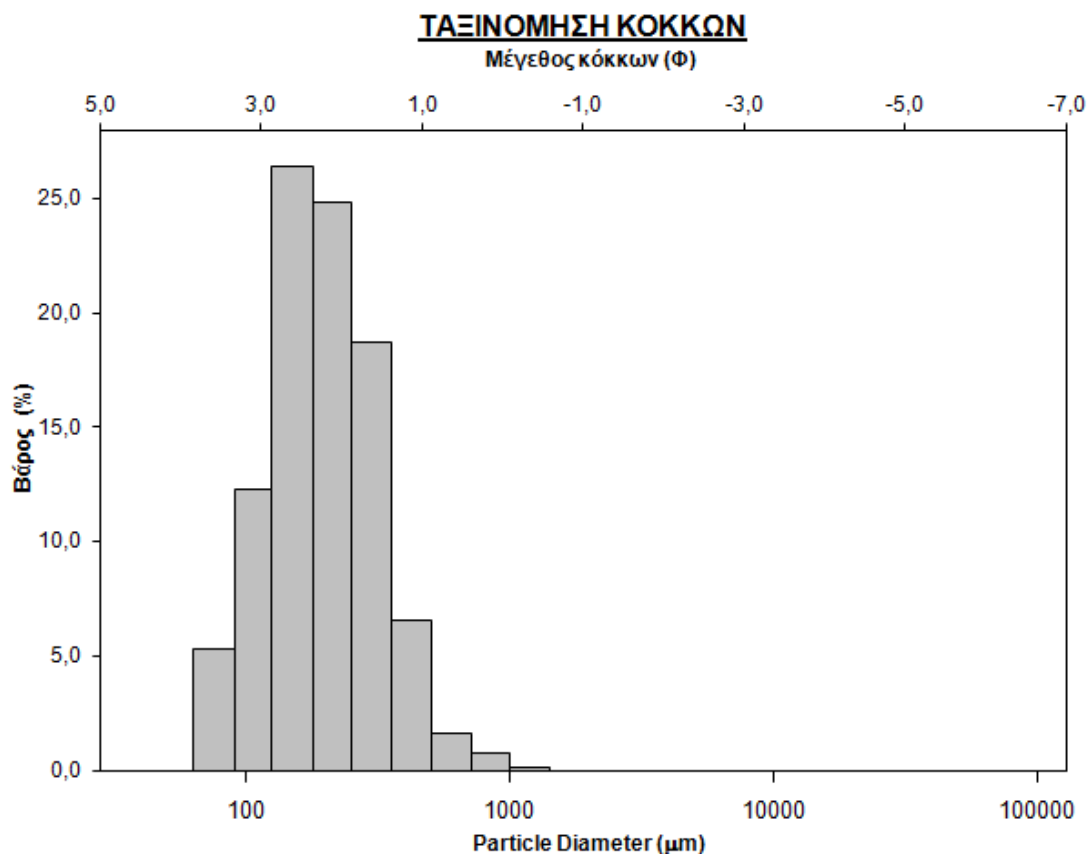
- Δείγμα C6₀



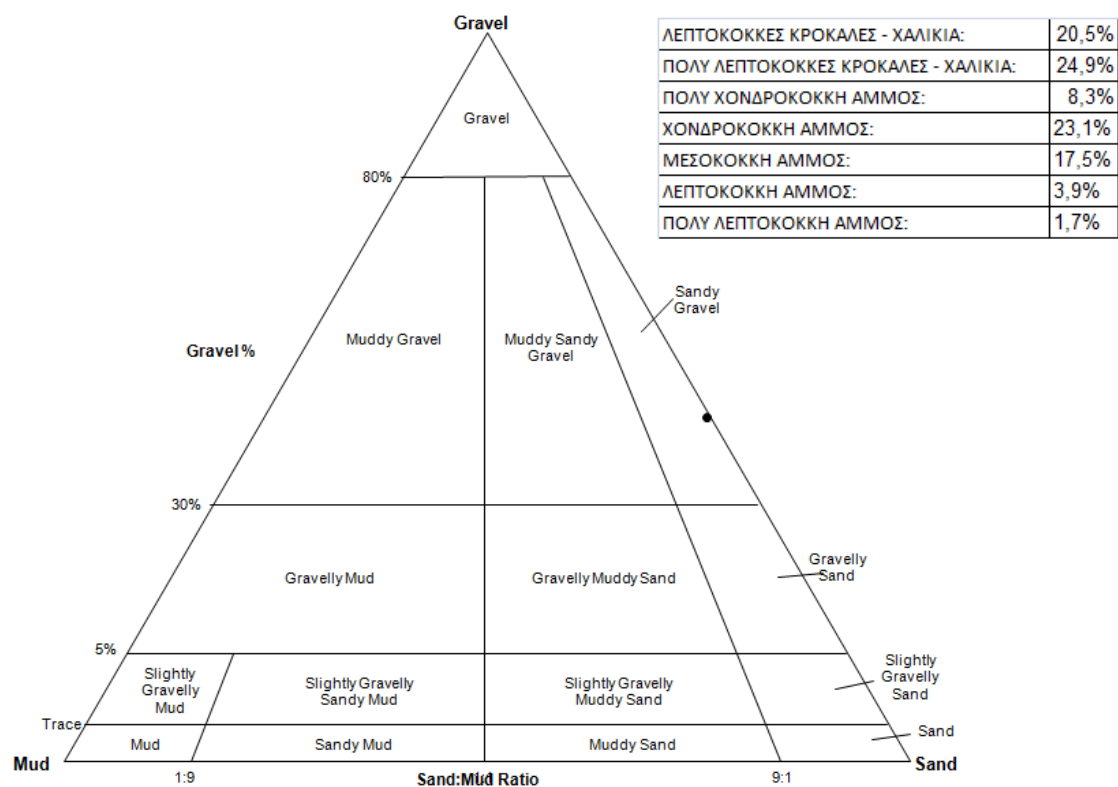
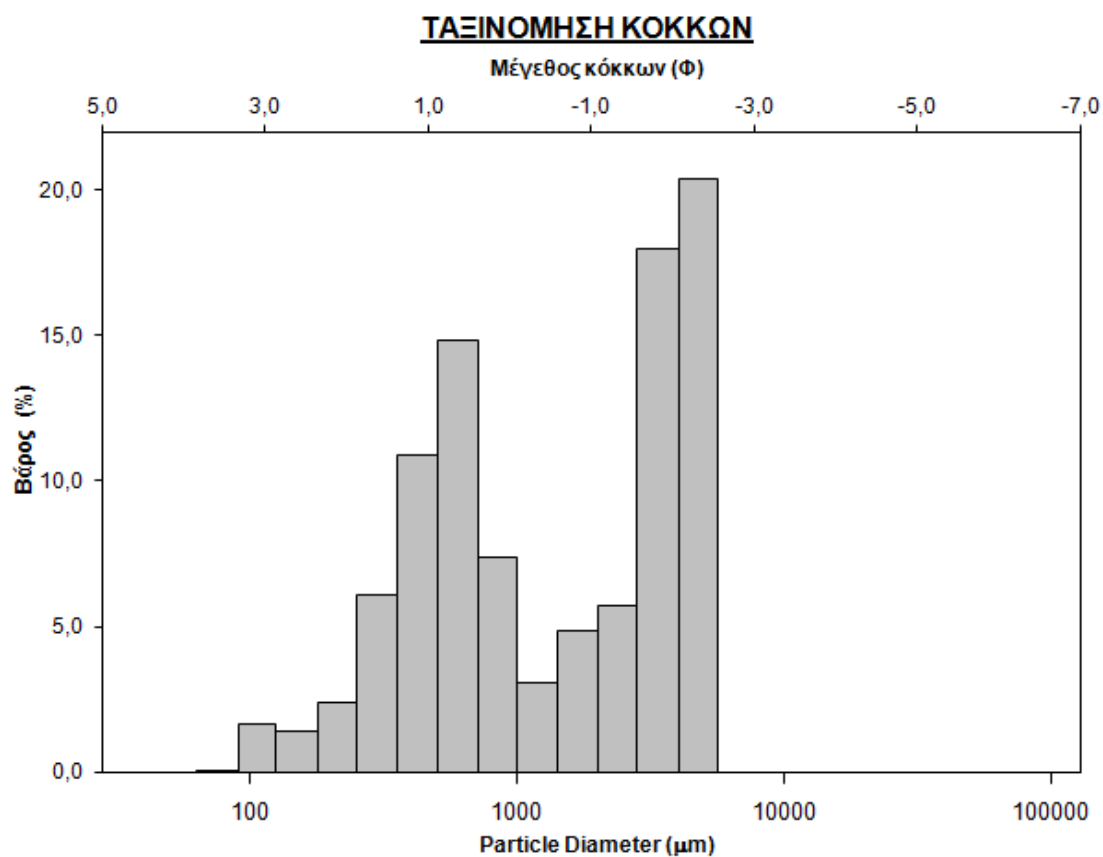
- Δείγμα C7₀



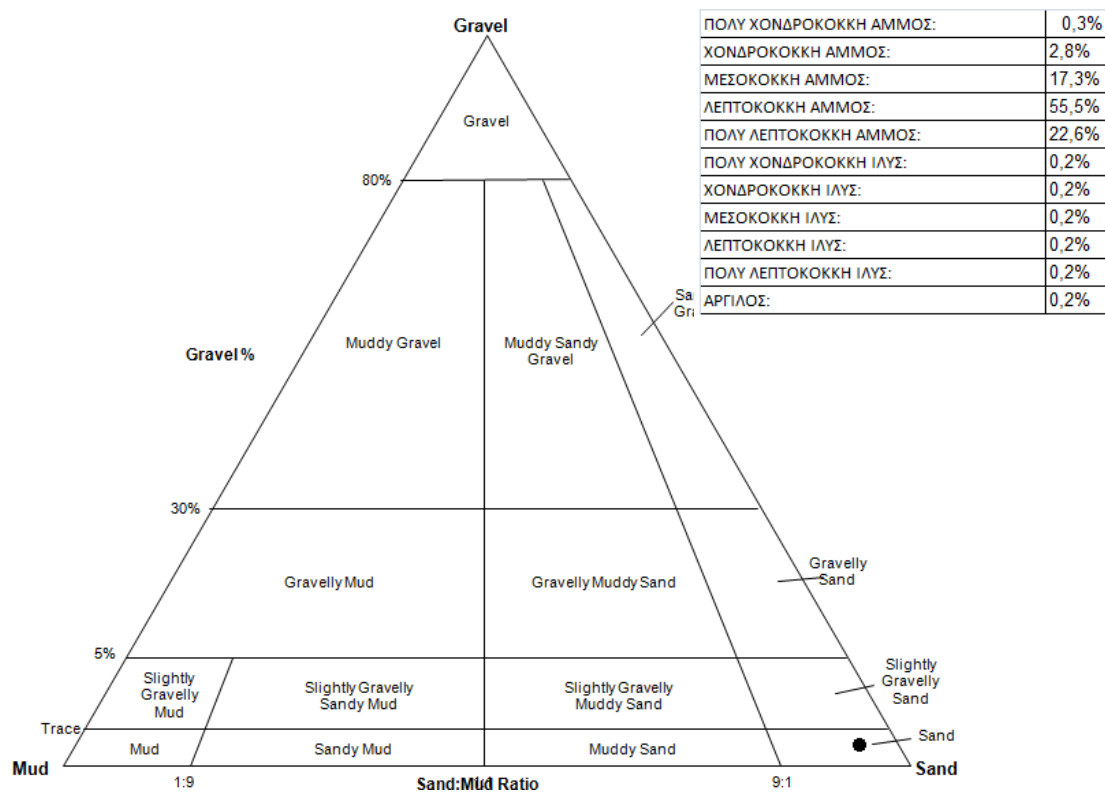
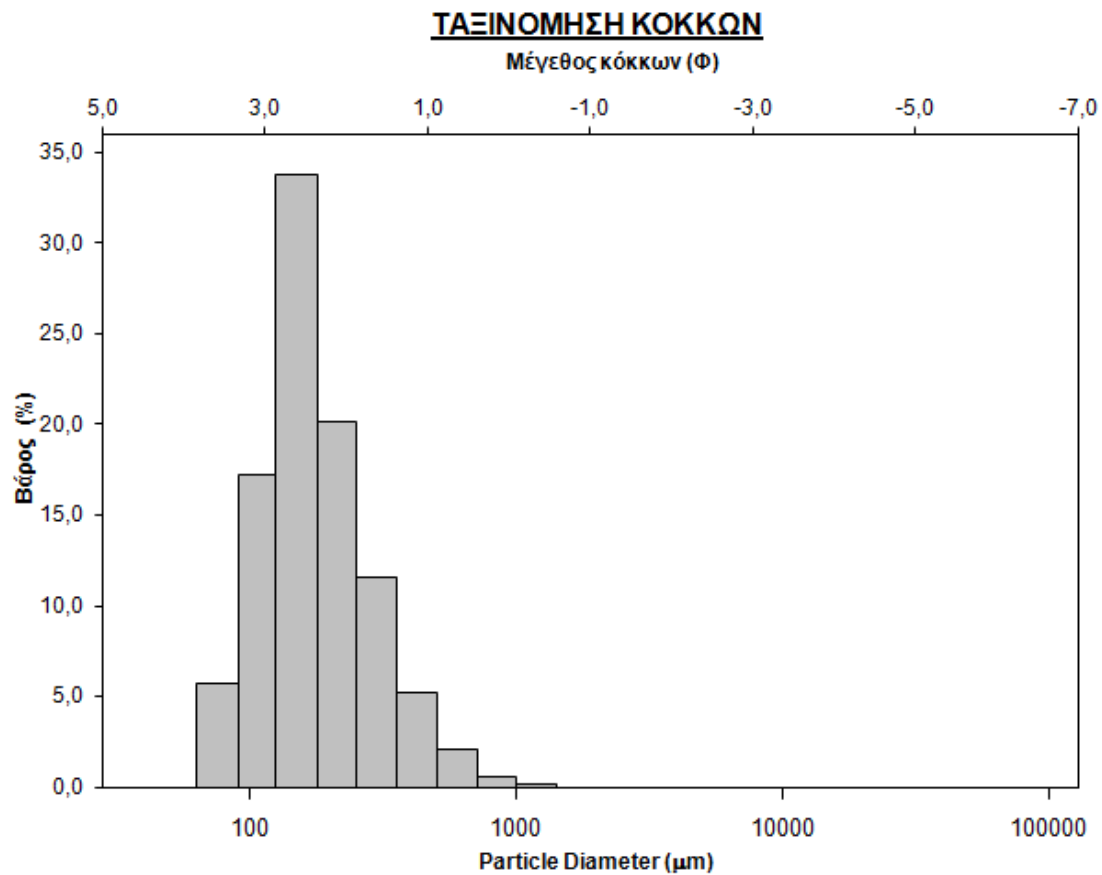
- Δείγμα St1_{5,7}



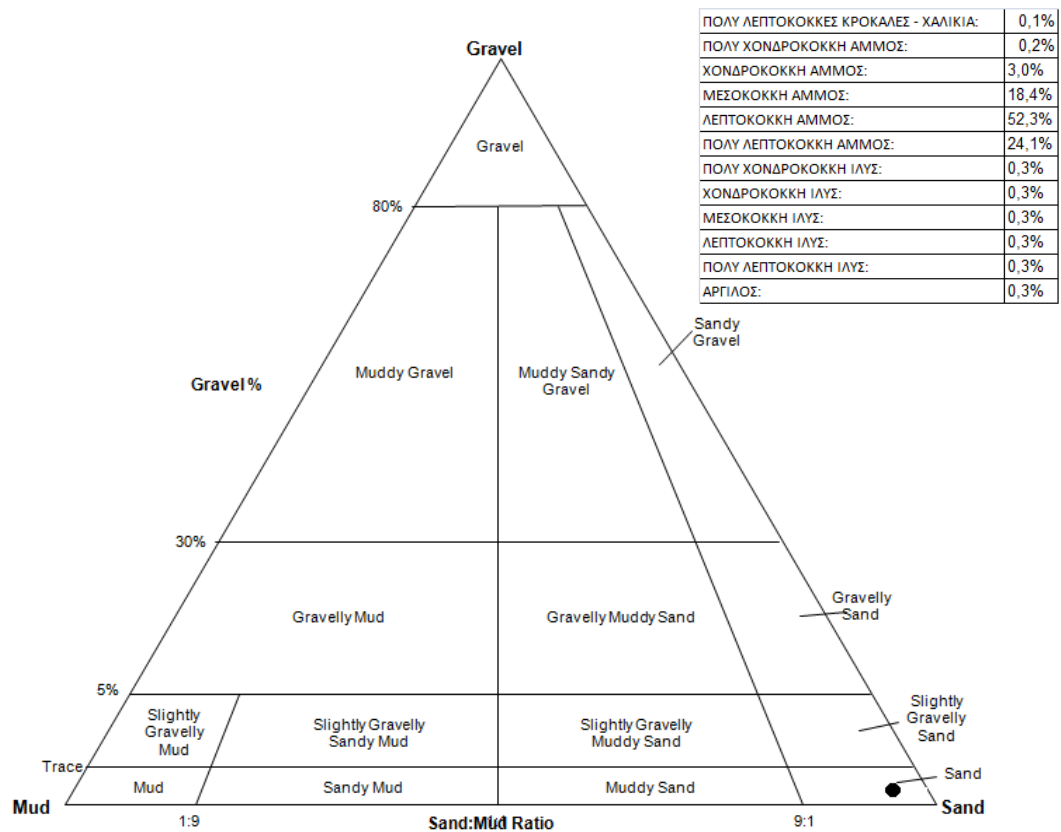
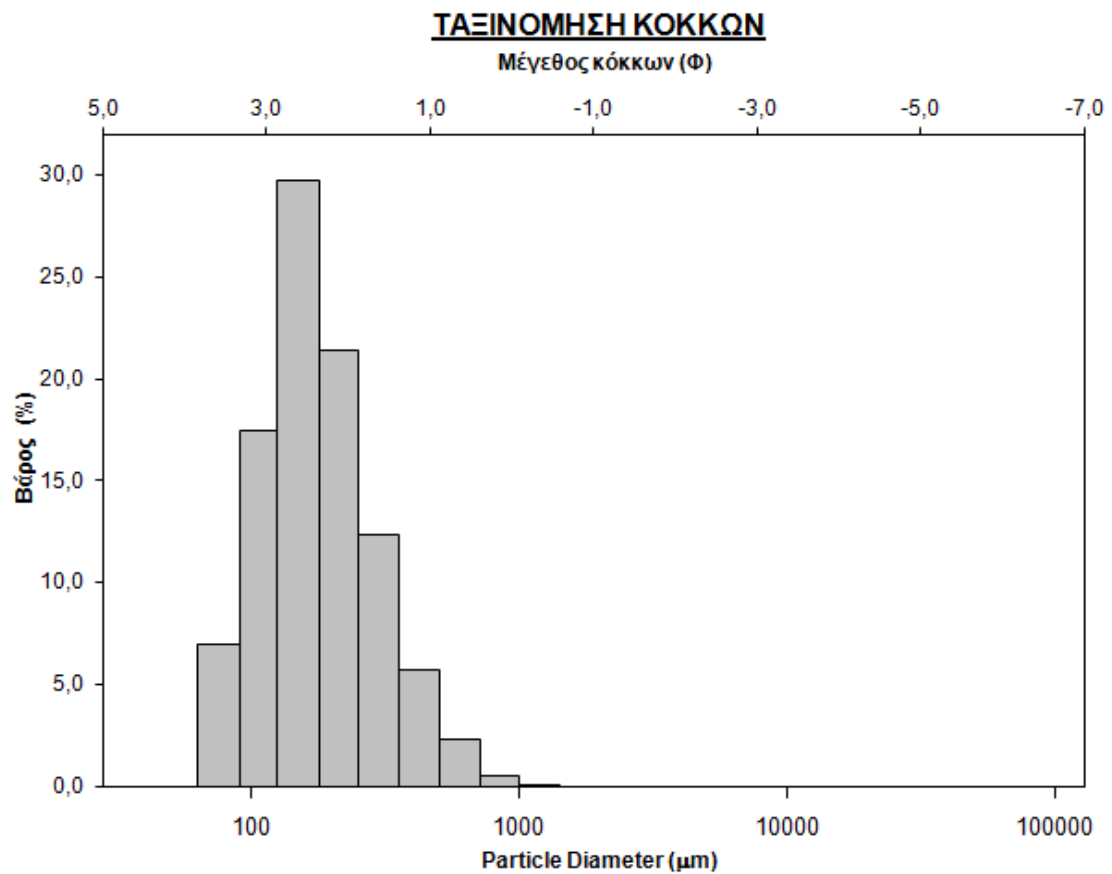
- Δείγμα St2_{0.4}



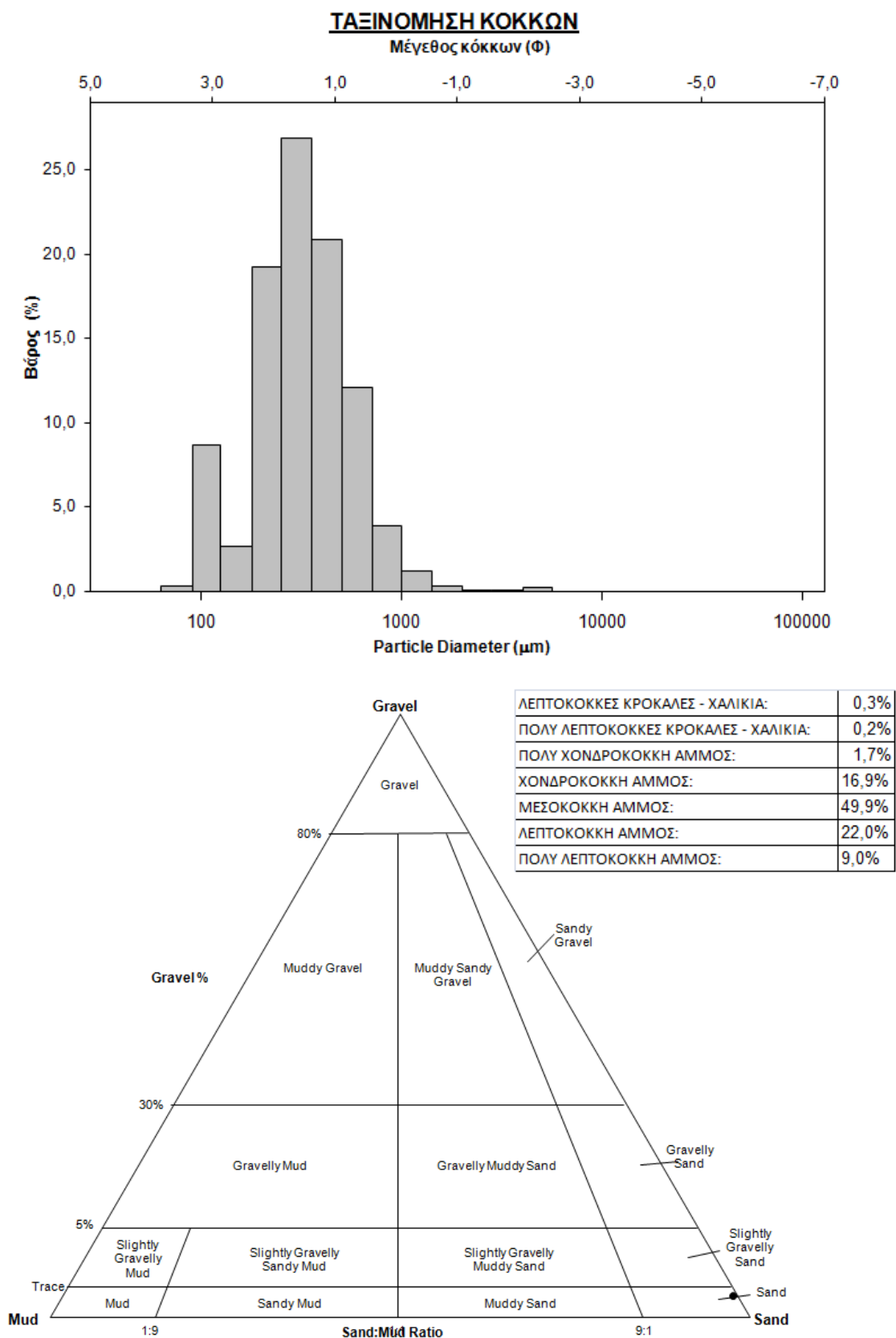
- Δείγμα St3_{5,9}



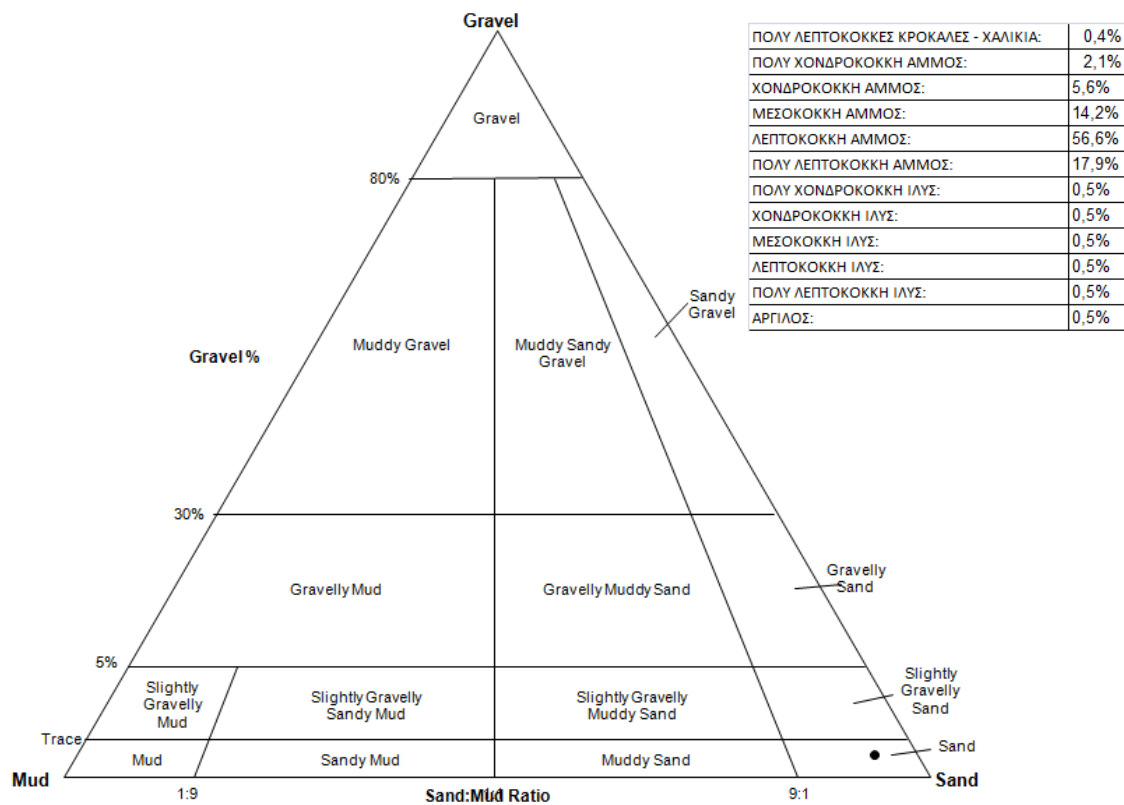
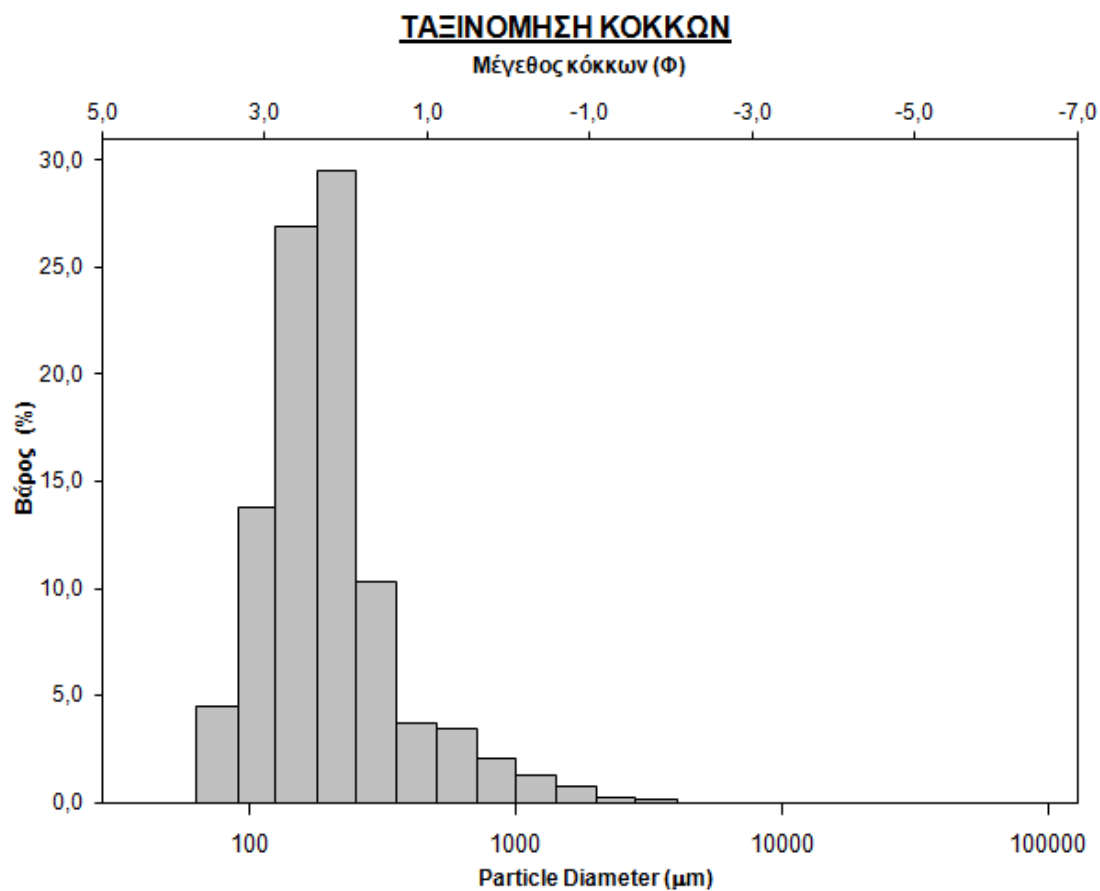
- Δείγμα St4_{9,5}



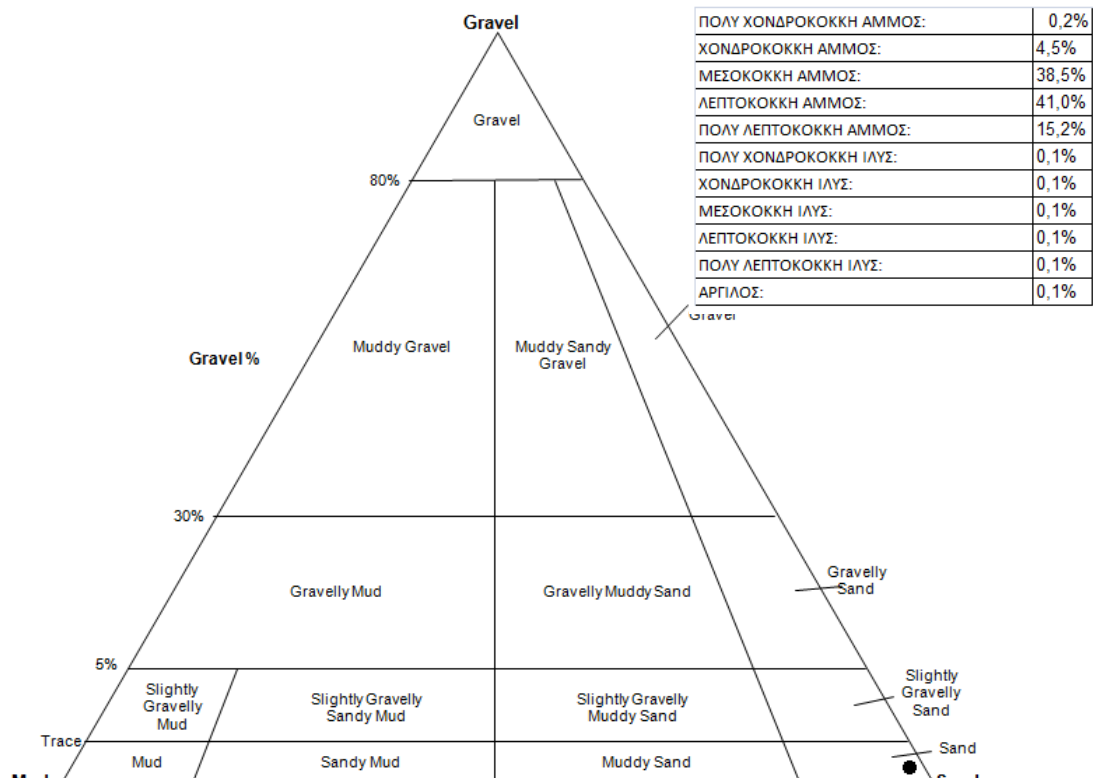
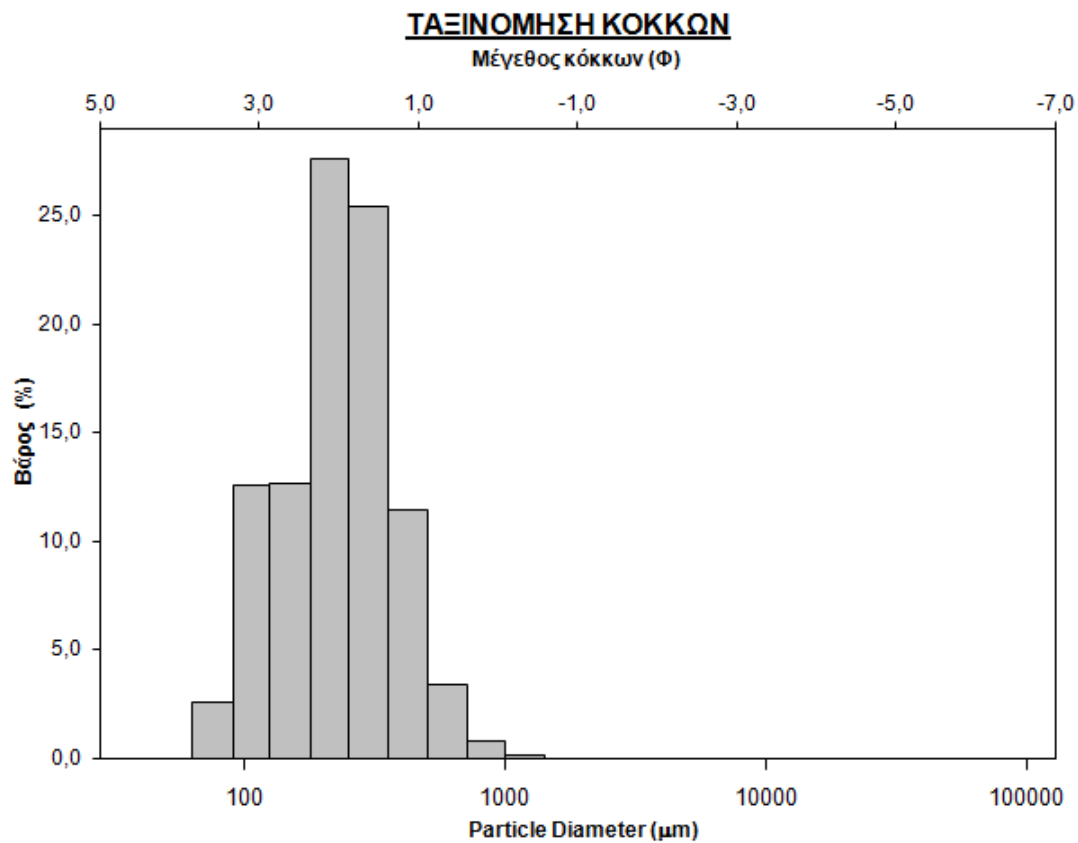
- Δείγμα St5_{5,5}



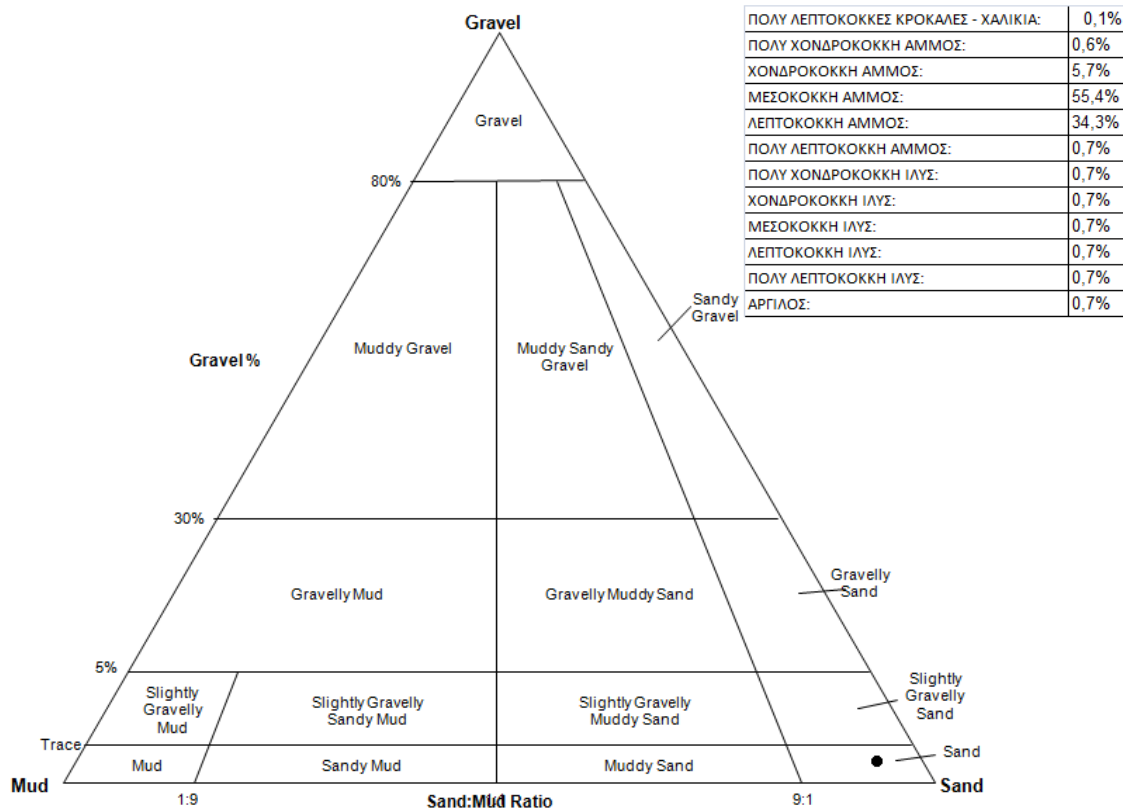
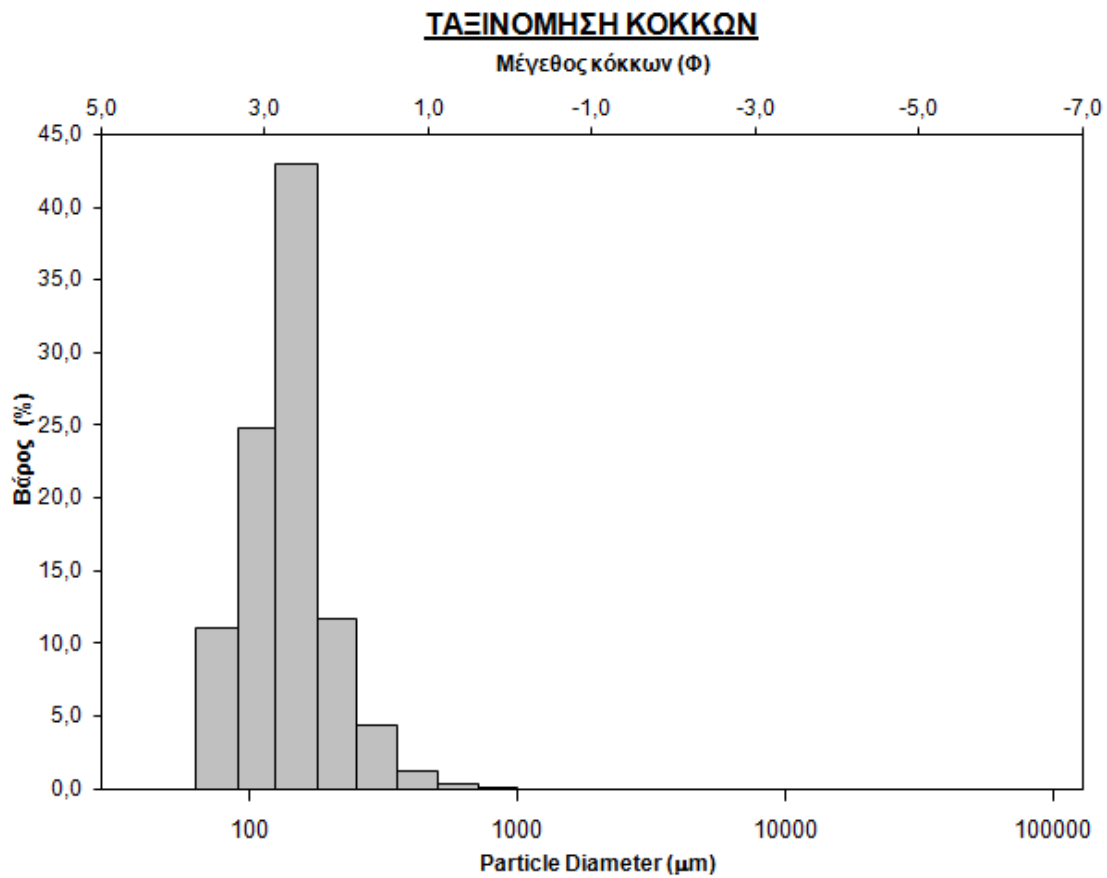
- Δείγμα St6_{2,5}



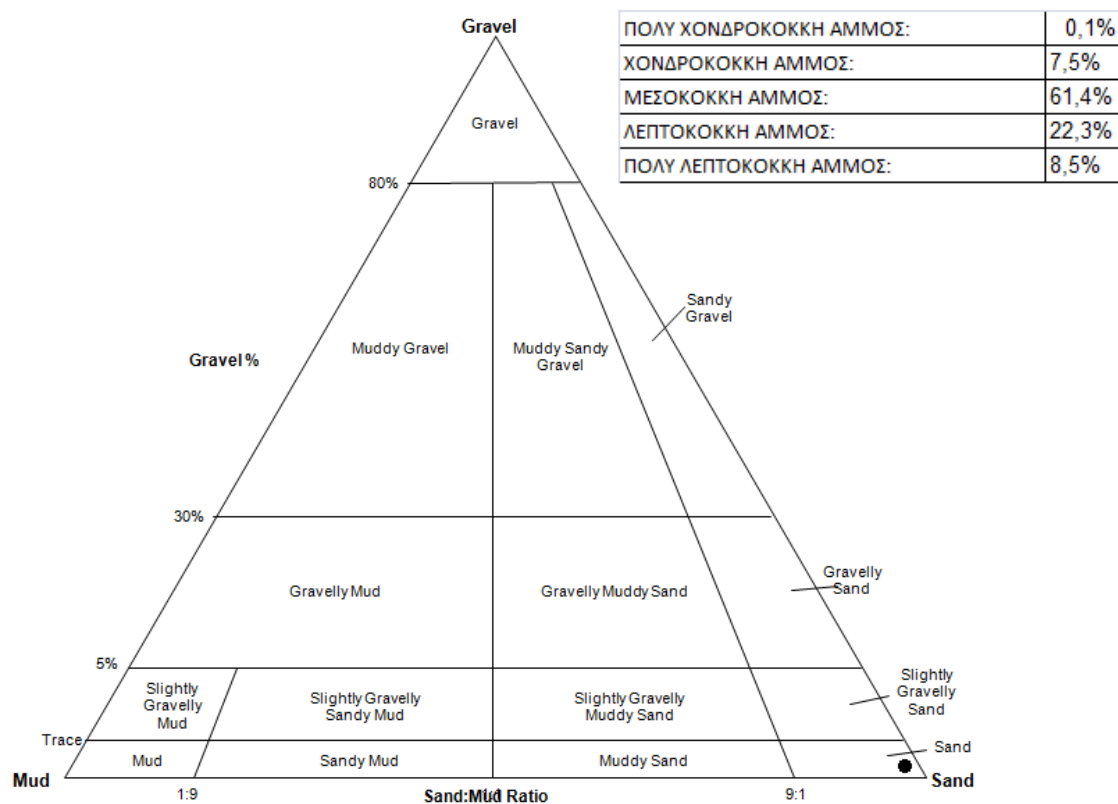
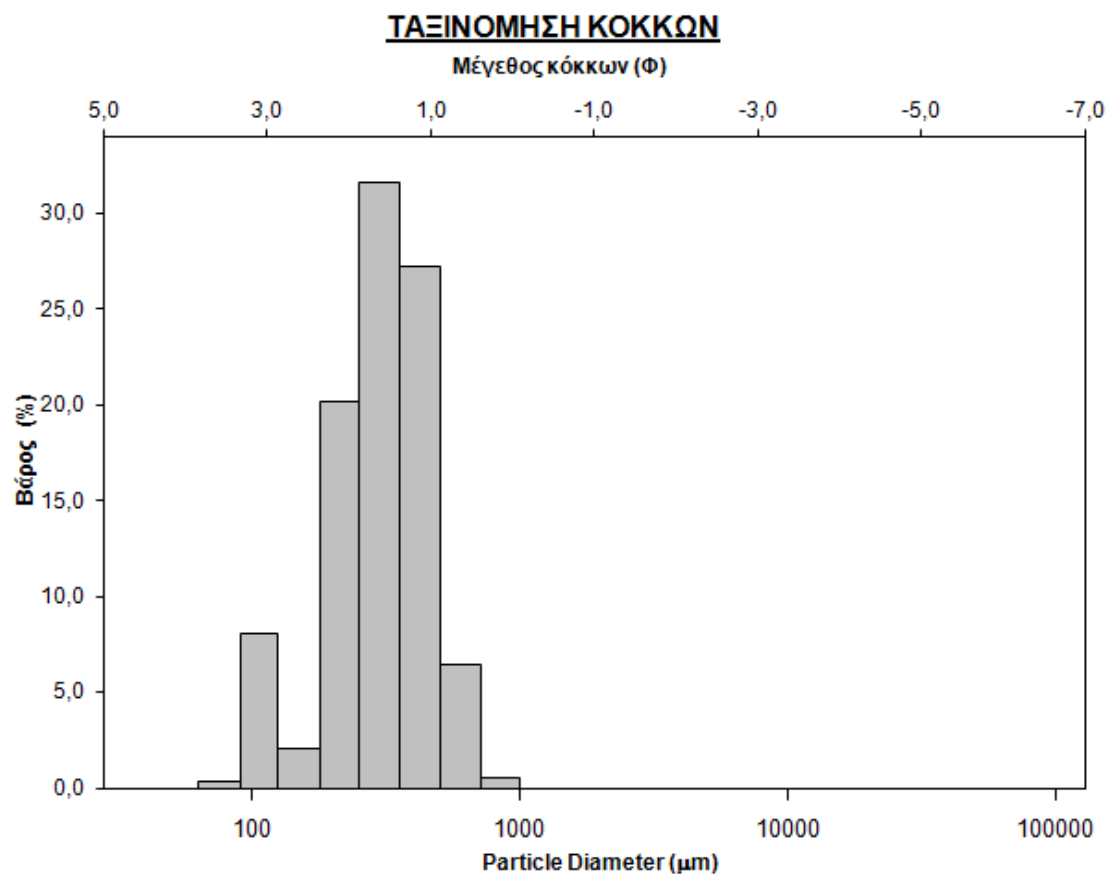
- Δείγμα St7_{2,9}



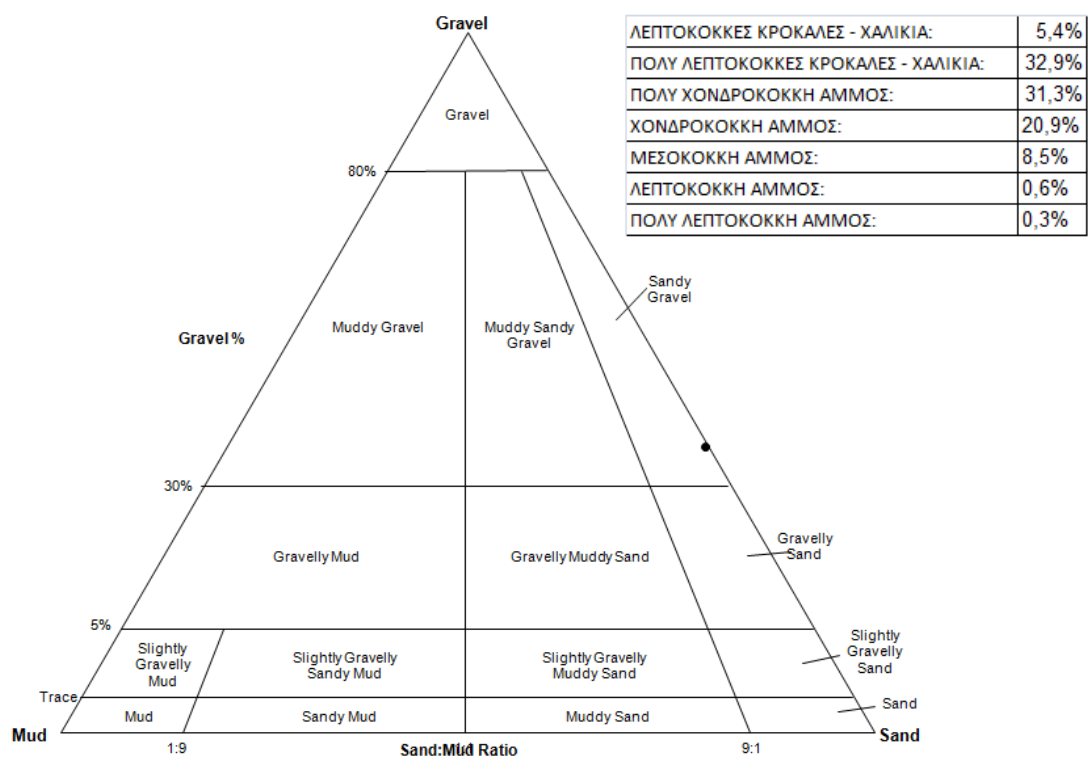
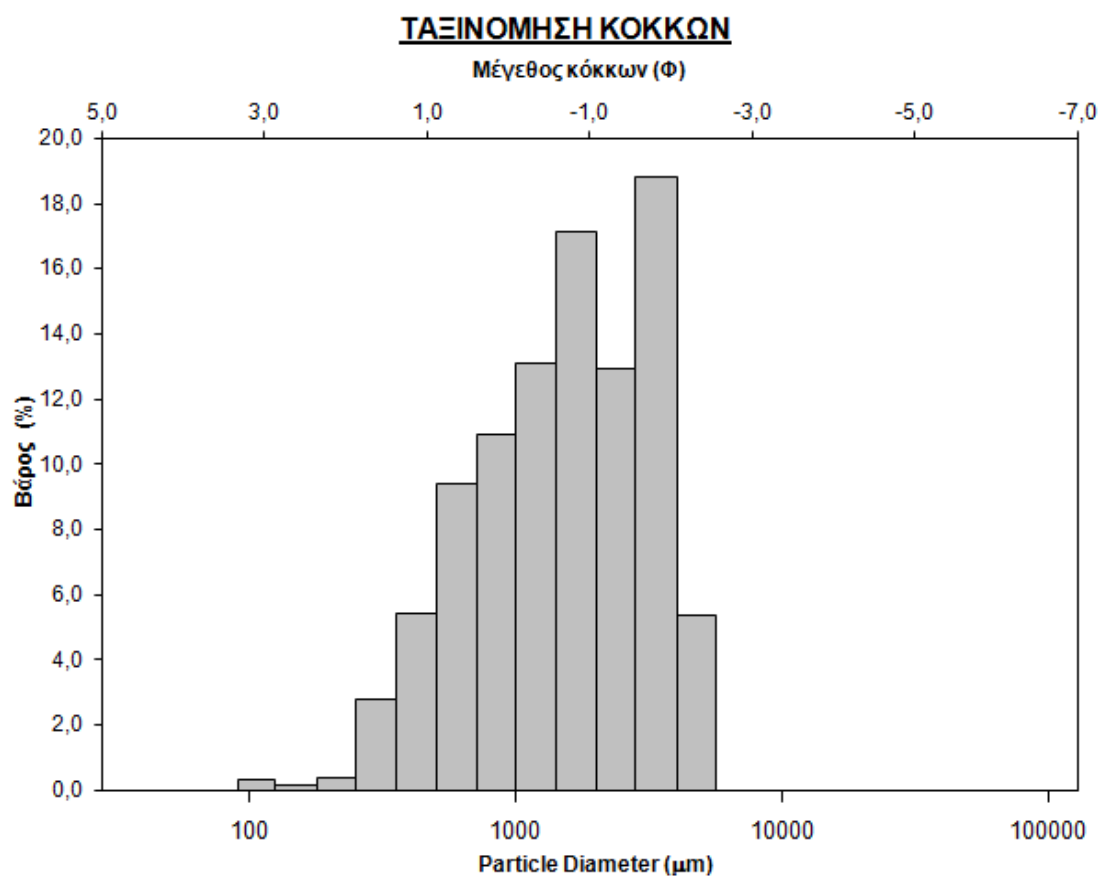
- Δείγμα St8₅



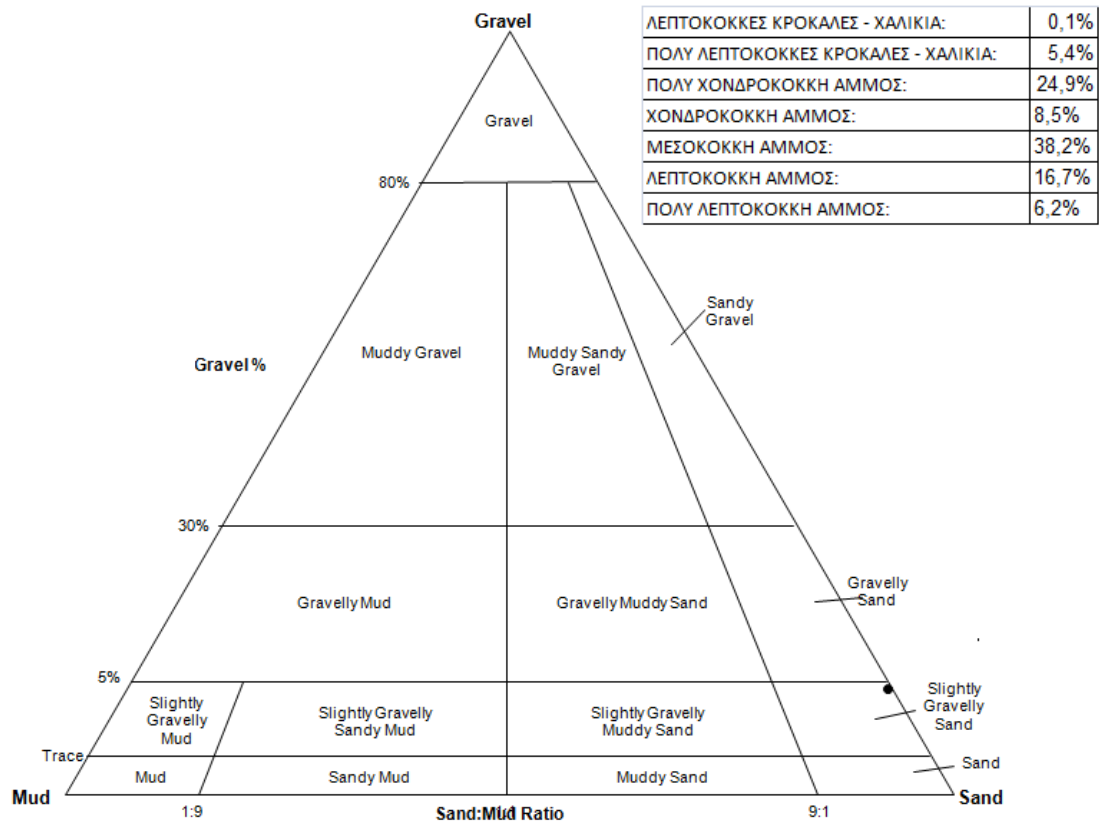
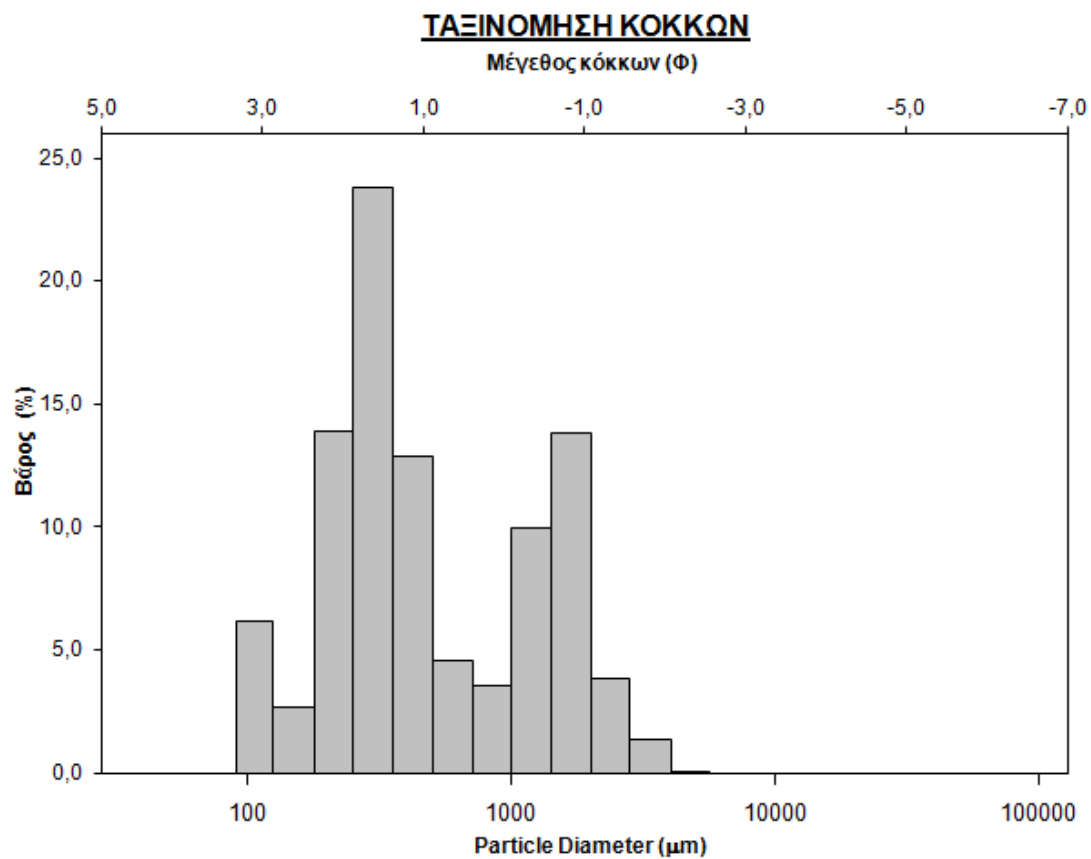
- Δείγμα St9_{2,7}



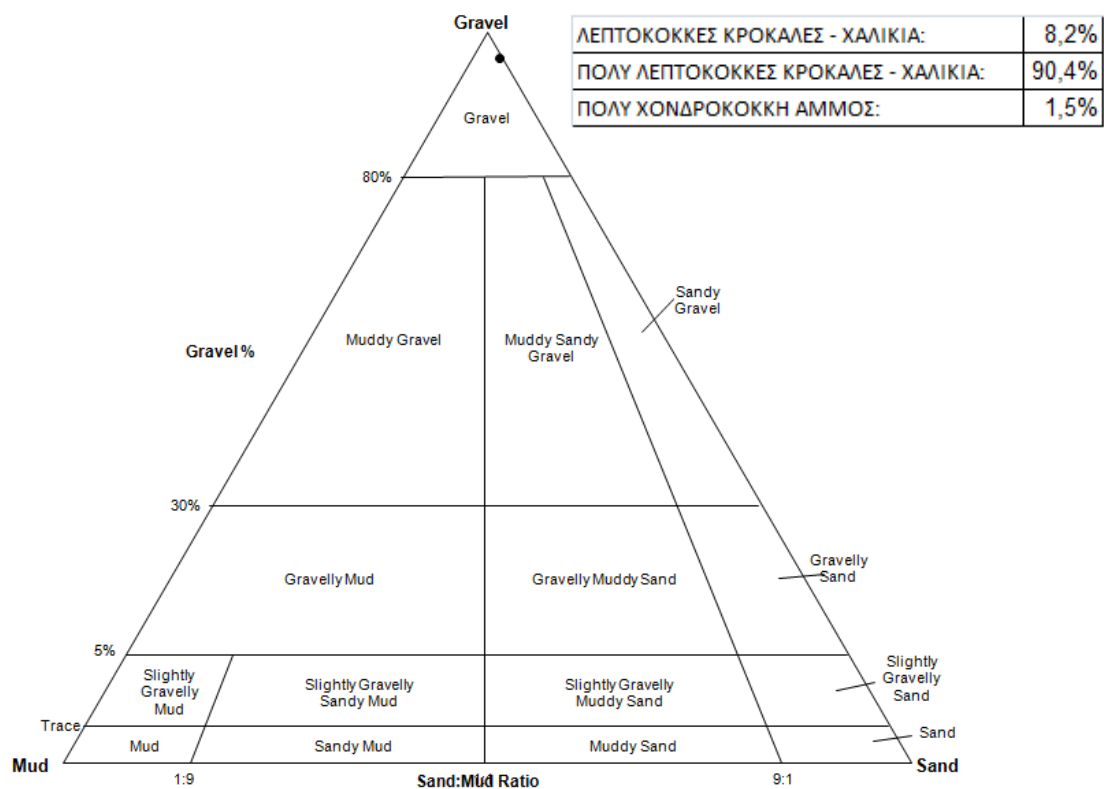
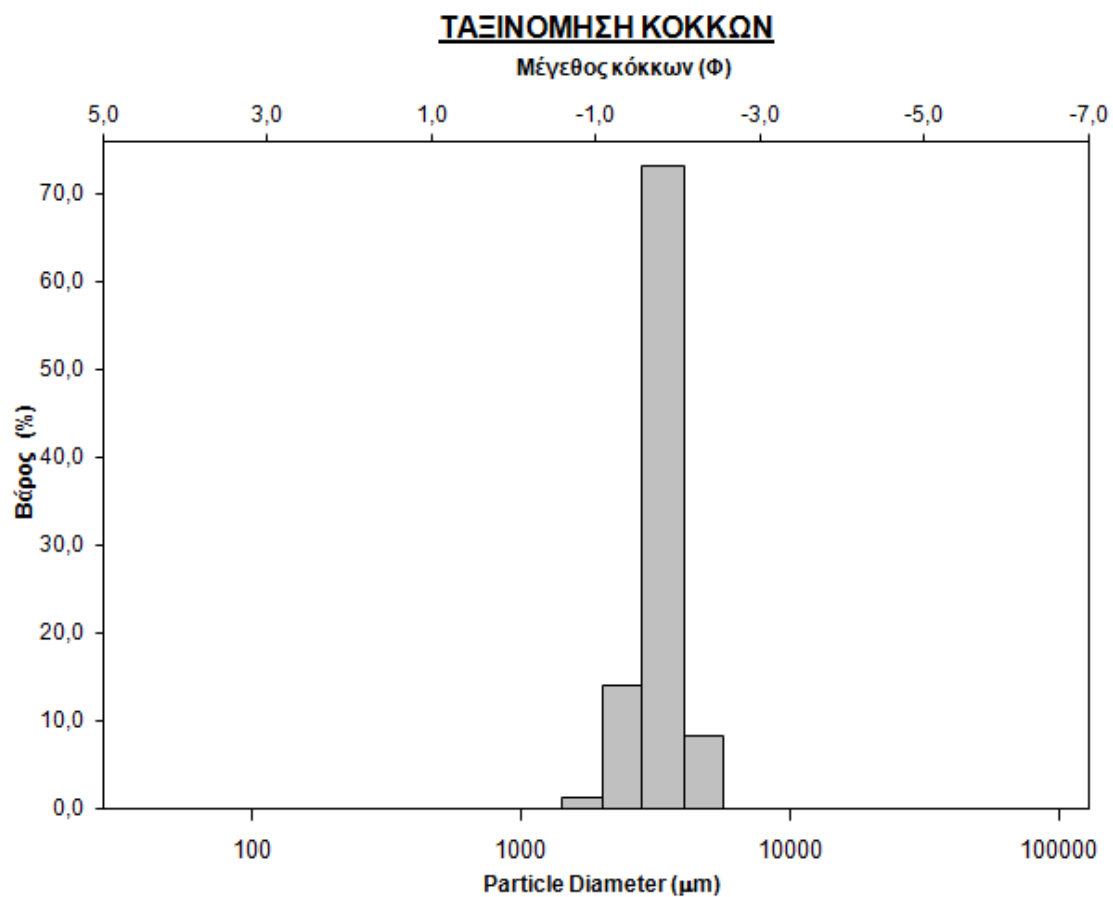
- Δείγμα St10_{1,9}



- Δείγμα St11₃



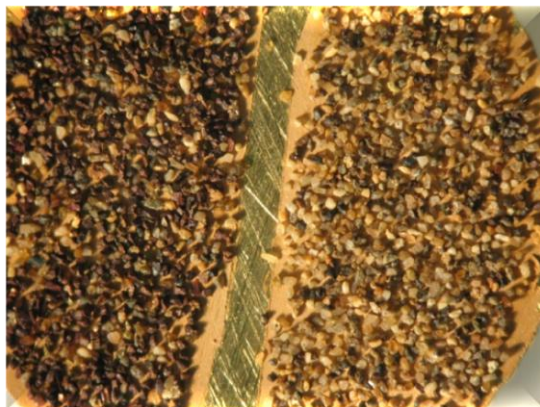
- Δείγμα St12_{1,5}



Παράρτημα V (Κεφάλαιο 4.3)

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος C1₀

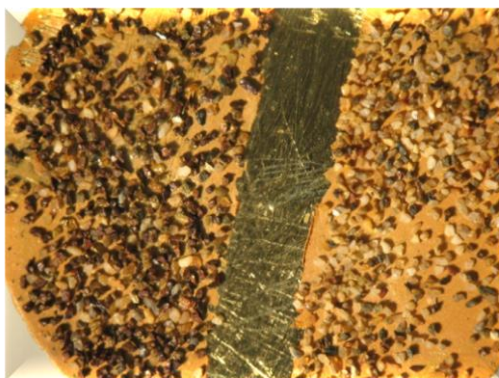
Πίνακας 2.3.2.4. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος C1 ₀ Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό 102,3268 gr			
	2Φ		2,5Φ
Κλάσματα	1	2	1
Ειδικό βάρος	4,59	3,345	4,577
Βάρος δείγματος	4,1798	0,8281	10,1215



Εικόνα 1: Δείγμα C1₀ 2Φ (μεγέθυνση x0.65)

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος C2₀

Πίνακας 2.3.2.1. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος C2 ₀ Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό 102,3268 gr					
	2Φ			2,5Φ	
Κλάσματα	1	2	1	2	3
Ειδικό βάρος	4,45	3,045	4,4168	3,1822	2,85
Βάρος δείγματος	2,1505	3,03	0,6369	0,2498	1,1008



Εικόνα 2: Δείγμα C2₀ 2Φ (μεγέθυνση x0.65)

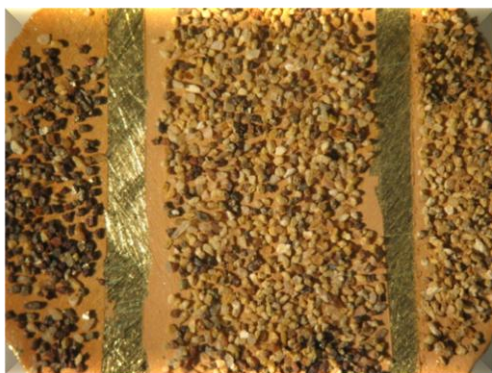


Εικόνα 3: Δείγμα C2₀ 2.5Φ (μεγέθυνση x0.65)

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος C3₀

Πίνακας 2.3.2.2. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος C3₀

	Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό 102,3268 gr			Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό 103,6760 gr			
	2Φ			2,5Φ			
Κλάσματα	1	2	3	1	2	3	4
Ειδικό βάρος	4,3762	3,2539	1,7931	4,29	3,81	3,12	2,78
Βάρος δείγματος	0,7457	0,7357	2,8315	0,535	0,5954	0,955	2,5414



Εικόνα ...: Δείγμα C3 2Φ (μεγέθυνση x0.65)

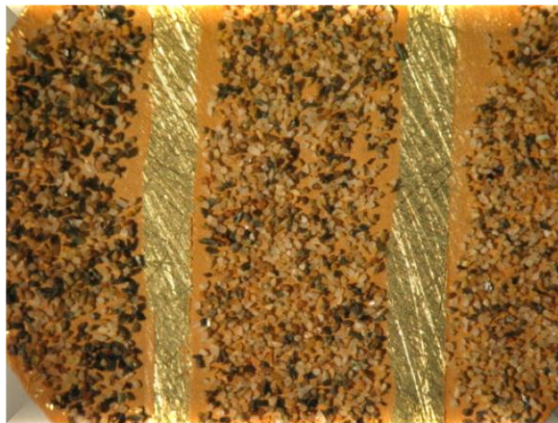


Εικόνα ...: Δείγμα C3 2.5Φ (μεγέθυνση x0.65)

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος C5₀

Πίνακας 2.3.2.5. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος C5₀

	Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό	Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό		
	102,3268 gr	103,6760 gr		
	2Φ	2,5Φ		
Κλάσματα	1	1	2	3
Ειδικό βάρος	2,7821	6,905	4,41	2,9079
Βάρος δείγματος	10,0012	0,1812	1,5637	0,655



Εικόνα 4: Δείγμα C50 2.5Φ (μεγέθυνση x0.65)

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος C60

Πίνακας 2.3.2.3. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος C60

	Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό 102.3268γρ	
	2Φ	2,5Φ
Κλάσματα	1	1
Ειδικό βάρος	2,6663	2,6882
Βάρος δείγματος	10,1782	10,007

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος St1_{5,7}

Πίνακας 2.3.2.7. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος St1_{5,7}

	Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό 103,6760gr	Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό 102.3268γρ
	2Φ	2,5Φ
Κλάσματα	1	1
Ειδικό βάρος	2,78	2,884

Βάρος δείγματος

10,0805

10,1108

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος St_{2,4}

Πίνακας 2.3.2.17. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος St_{2,4}

Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό 102,3268 gr						
	2Φ			2,5Φ		
Κλάσματα	1	2	3	1	2	3
Ειδικό βάρος	5,3023	4,0603	2,8358	4,6177	3,6789	2,8532
Βάρος δείγματος	0,114	1,32	3,9965	1,7418	0,6898	3,0147



Εικόνα 5: Δείγμα St_{2,4} 2Φ (μεγέθυνση x0.65)



Εικόνα 6: Δείγμα St_{2,4} 2.5Φ (μεγέθυνση x0.65)

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος St_{3,9}

Πίνακας 2.3.2.8. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος St_{3,9}

Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό 102.3268gr		
	2Φ	2,5Φ
Κλάσματα	1	1
Ειδικό βάρος	2,7453	2,8542
Βάρος δείγματος	10,014	10,2117

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος St4_{9,5}

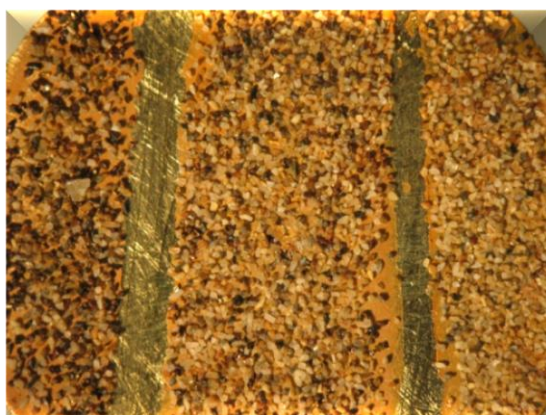
Πίνακας 2.3.2.16. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος St4_{9,5}

Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό 102.3268γρ		
	2Φ	2,5Φ
Κλάσματα	1	1
Ειδικό βάρος	2,762	2,8096
Βάρος δείγματος	10,0769	10,3171

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος St5_{5,5}

Πίνακας 2.3.2.9. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος St5_{5,5}

Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό 102,3268 gr				
	2Φ		2,5Φ	
Κλάσματα	1	1	2	3
Ειδικό βάρος	2,75	3,8894	3,1496	2,7842
Βάρος δείγματος	10,4706	0,2672	0,7855	3,1818



Εικόνα 7: Δείγμα St5_{5,5} 2.5Φ (μεγέθυνση x0.65)

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος St6_{2,5}

Πίνακας 2.3.2.14. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος St6_{2,5}

Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό 102.3268γρ		
	2Φ	2,5Φ
Κλάσματα	1	1
Ειδικό βάρος	2,6665	2,6142

Βάρος δείγματος	10,0637	10,3064
-----------------	---------	---------

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος St7_{2,9}

Πίνακας 2.3.2.10. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος St7_{2,9}

Βάρος ληκτύθου με απιονισμένο νερό 102.3268γρ		
	2Φ	2,5Φ
Κλάσματα	1	1
Ειδικό βάρος	2,706	2,754
Βάρος δείγματος	10,3824	10,0633

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος St8₅

Πίνακας 2.3.2.15. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος St8₅

Βάρος ληκτύθου με απιονισμένο νερό 102.3268γρ		
	2Φ	2,5Φ
Κλάσματα	1	1
Ειδικό βάρος	2,7091	2,751
Βάρος δείγματος	8,1532	10,1448

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος St9_{2,7}

Πίνακας 2.3.2.11. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος St9_{2,7}

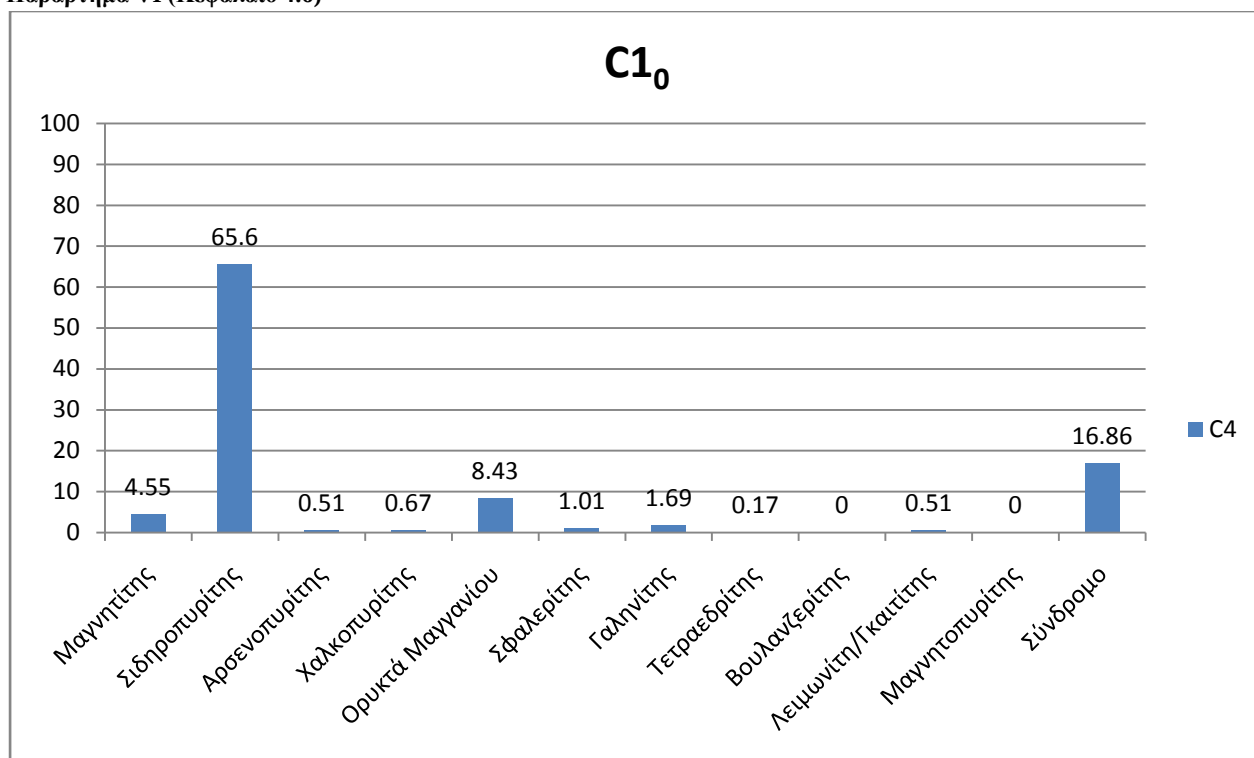
Βάρος ληκτύθου με απιονισμένο νερό 102.3268γρ		
	2Φ	2,5Φ
Κλάσματα	1	1
Ειδικό βάρος	2,656	2,684
Βάρος δείγματος	10,2338	10,5577

➤ Ειδικό βάρος κλάσεων του δείγματος St11₃

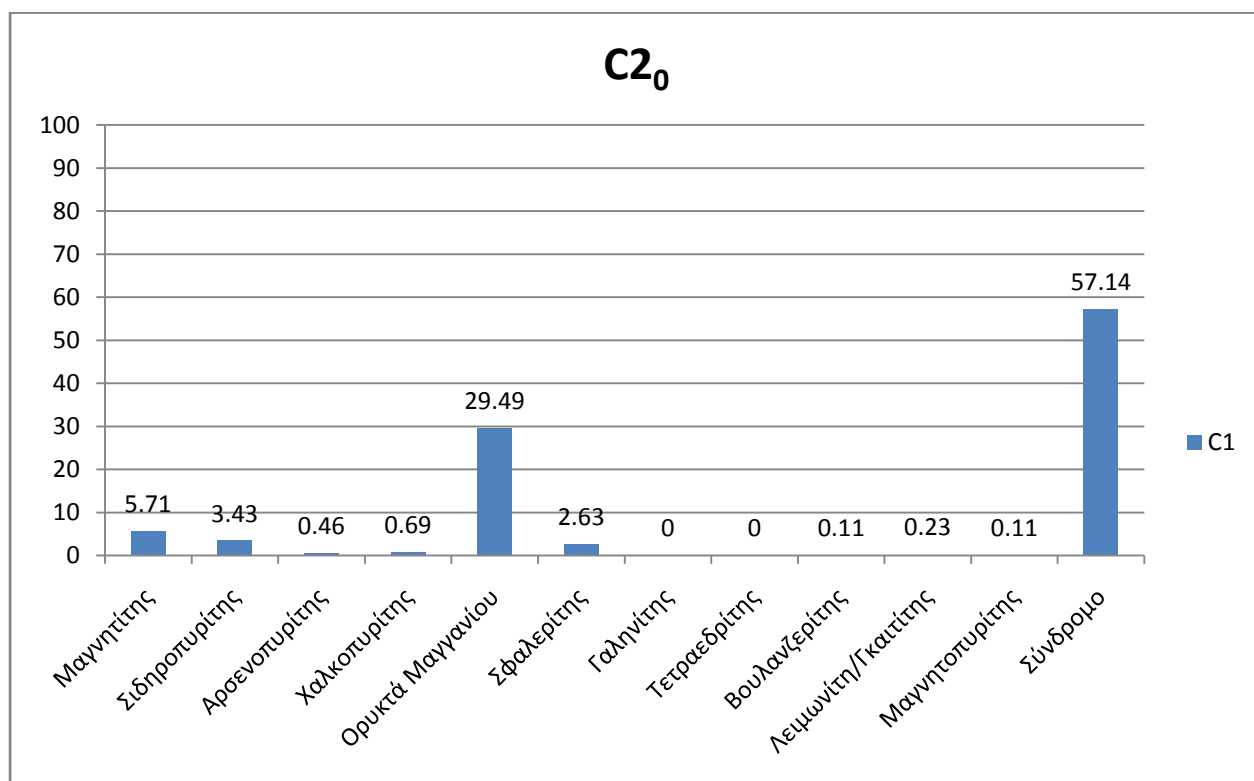
Πίνακας 2.3.2.12. Ειδικό βάρος και βάρος του δείγματος St11₃

Βάρος ληκύθου με απιονισμένο νερό 103,87γρ		
	2Φ	2,5Φ
Κλάσματα	1	1
Ειδικό βάρος	2,6149	2,622
Βάρος δείγματος	10,0715	10,0206

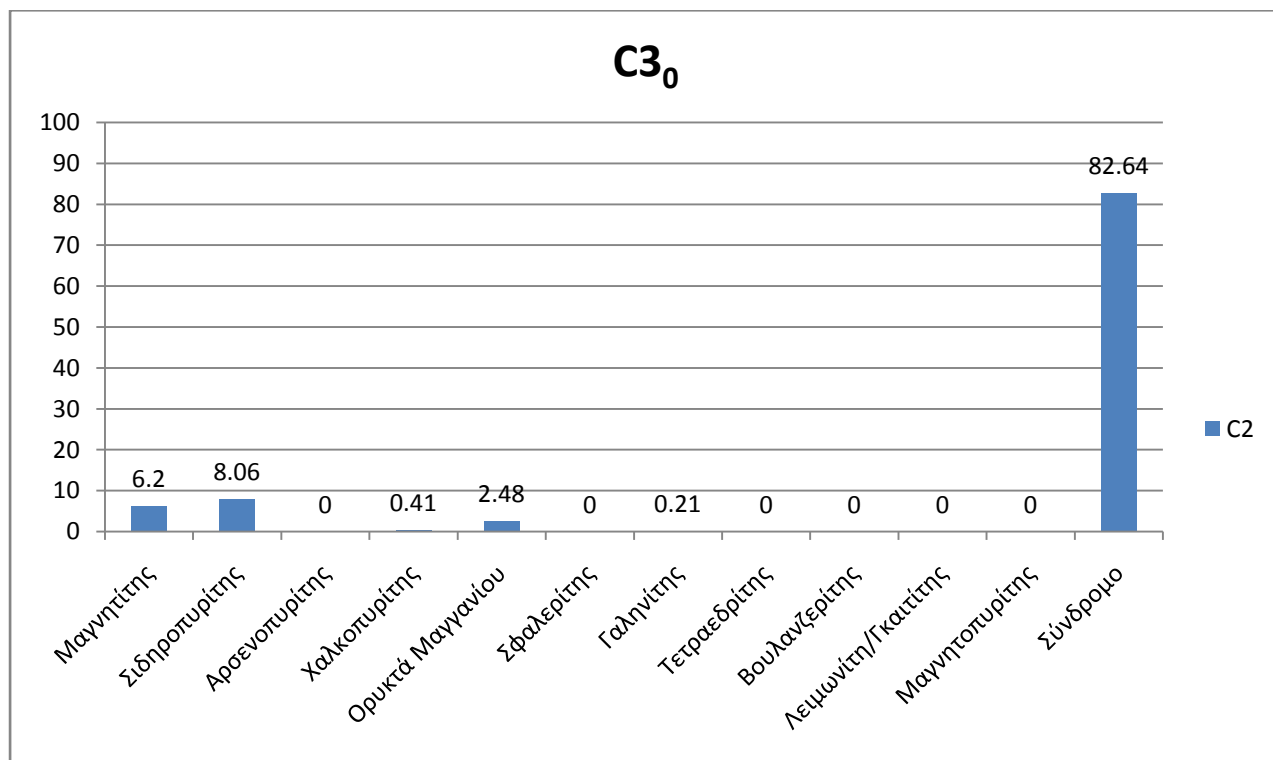
Παράρτημα VI (Κεφάλαιο 4.6)



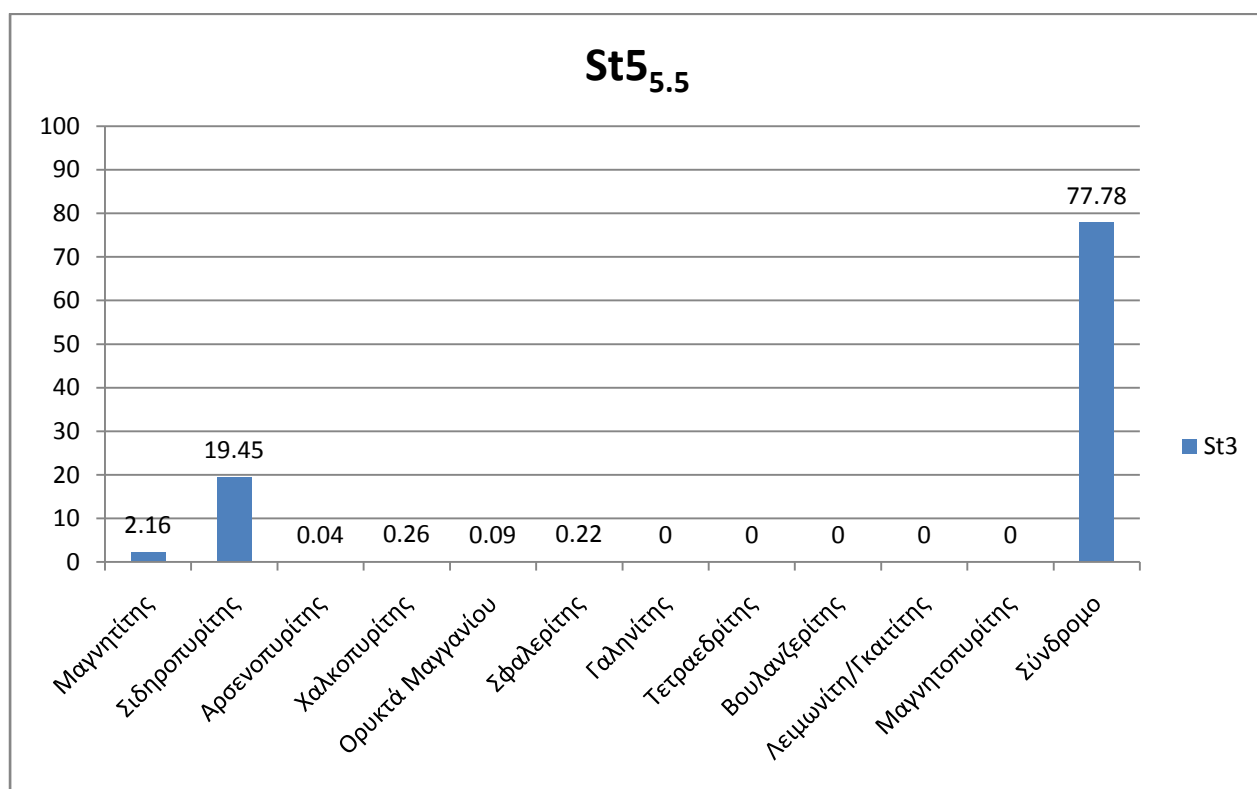
Διάγραμμα 1. Διάγραμμα περιεκτικότητας ορυκτών στο δείγμα C1₀ (Παραλία Στρατωνίου)



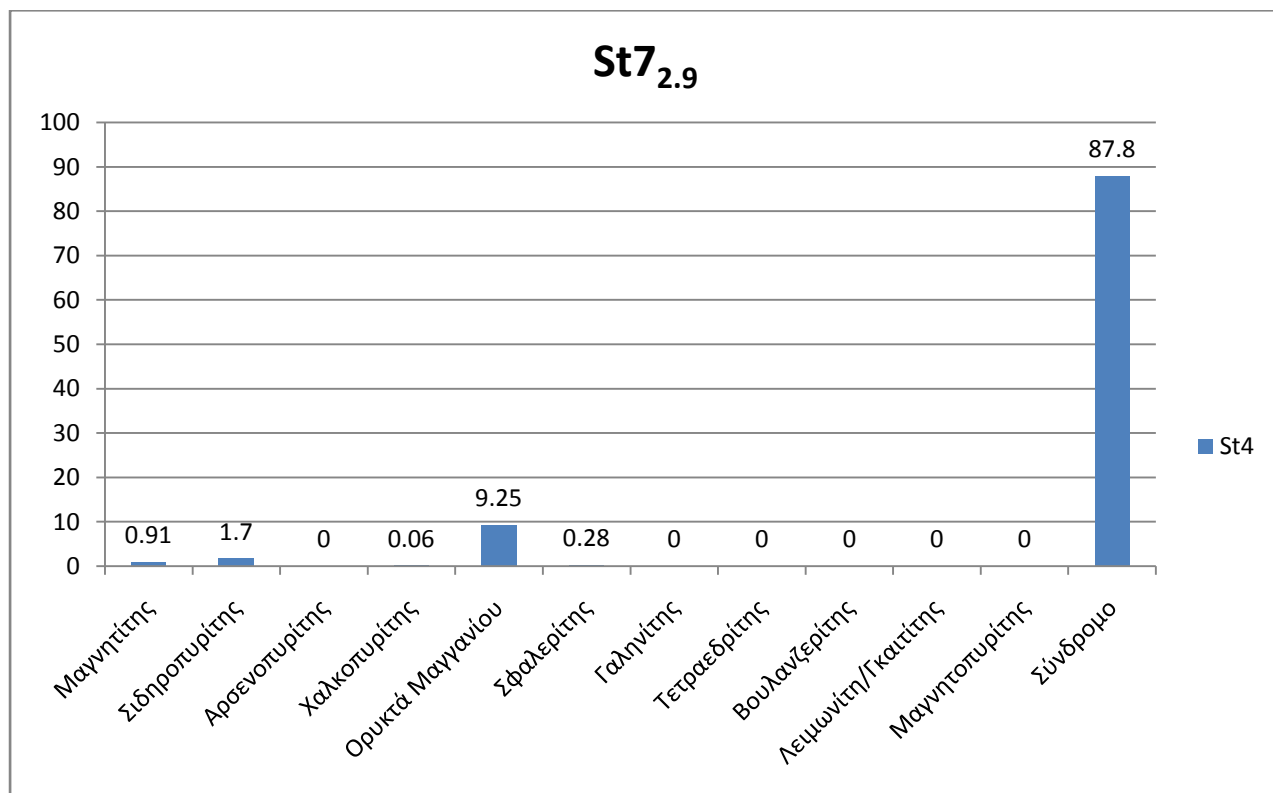
Διάγραμμα 2. Διάγραμμα περιεκτικότητας ορυκτών στο δείγμα C2₀ (Παραλία Στρατωνίου)



Διάγραμμα 3. Διάγραμμα περιεκτικότητας ορυκτών στο δείγμα C3₀ (Παραλία Στρατωνίου)



Διάγραμμα 4. Διάγραμμα περιεκτικότητας ορυκτών στο δείγμα St5_{5.5} (Περιοχή Στρατωνίου- Βάθος 5,5m)



Διάγραμμα 5. Διάγραμμα περιεκτικότητας ορυκτών στο δείγμα St7_{2.9} (Περιοχή Στρατωνίου-Εκβολές Κοκκινόλακα- Βάθος 2,9m)

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1.2.1: Χάρτης Νομού Χαλκιδικής με τους δήμους (URL 1)	11
Σχήμα 1.2.2: Απεικόνιση των Εδαφικών Πόρων σε % στο νομό Χαλκιδικής (ΕΣΥΕ 1981)	12
Σχήμα 1.4.1: Μεταλλευτικός χάρτης περιοχής μελέτης. Πηγή: Φύλλα χάρτη Στρατονίκης και Ιερισσού από ΙΓΜΕ (1978) επεξεργασμένα με το πρόγραμμα ArcMAP	17
Σχήμα 2.1.1: Χάρτης περιοχής κόλπου Ιερισσού. Πηγή: Stamatis N, et al, 2001	20
Σχήμα 2.2.1.1: Γεωτεκτονικό σχήμα των ζωνών της Ελλάδος Πηγή: Μουντράκης, 1985.....	21
Σχήμα 2.2.2.1: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής μελέτης. Πηγή: Φύλλα χάρτη Στρατονίκης και Ιερισσού από ΙΓΜΕ (1978) επεξεργασμένα με το πρόγραμμα ArcMAP	23
Σχήμα 2.3.1: Τεκτονικός χάρτης ευρύτερης περιοχής μελέτης. Πηγή: Φύλλα χάρτη Στρατονίκης και Ιερισσού από ΙΓΜΕ (1978) επεξεργασμένα με το πρόγραμμα ArcMAP	27
Σχήμα 2.3.2: Χάρτης ΝΑ χερσονήσου της Χαλκιδικής (Ιερισσός, περιοχή Στρατωνίου) που δείχνει την κύρια σεισμική διάρρηξη του 1932, καθώς και τα ρήγματα της ευρύτερης περιοχής (έντονες γραμμές) (Pavlidis & Tranos, 1991).	28
Σχήμα 2.4.1.1: Χάρτης ρεμάτων που εκρέουν στον κόλπο της Ιερισσού Χαλκιδικής Πηγή: Φύλλα χάρτη Στρατονίκης και Ιερισσού από ΙΓΜΕ (1978) επεξεργασμένα με το πρόγραμμα ArcMAP	30
Σχήμα 2.5.1: Patterns κυκλοφορίας στον κόλπο Ιερισσού για Ανατολικό, Βόρειο και Βορειοανατολικό άνεμο 3bft (Χατζή Π. 2012)	33
Σχήμα 2.5.2: Patterns κυκλοφορίας στον κόλπο Ιερισσού για Ανατολικό, Βόρειο και Βορειοανατολικό άνεμο 5bft (Χατζή 2012)	33
Σχήμα 3.1.1.1: Βαθυμετρικός χάρτης του κόλπου της Ιερισσού και τα σημεία δειγματοληψίας.	38
Σχήμα 3.1.1.2: Σημεία δειγματοληψίας περιοχή Στρατωνίου.	39
Σχήμα 3.1.1.3: Σημεία δειγματοληψίας στην περιοχή της Ιερισσού.	39
Σχήμα 3.2.2.3.2.1: Εξοπλισμός για το πείραμα της καθίζησης	45
Σχήμα 3.2.2.3.2.2: Δείγμα St2 ₀₋₄ διαχωρισμένο μέσα στην προχοίδα	45
Σχήμα 3.2.2.3.2.3: Πινακίδιο μετά τη διαδικασία της καθίζησης. Δείγμα St2 ₀₋₄	45
Σχήμα 4.4.2.1: Κόκκοι μη μεταλλικών ορυκτών μεγέθους -1Φ (2mm) και -1,5 Φ (3mm) καθίζησαν μαζί με τους κόκκους των βαρέων ορυκτών, 0Φ (1mm) και 0,5 Φ (0.707mm)	55
Σχήμα 4.4.2.2: Κλάσμα 1. Κόκκοι βαρέων ορυκτών μεγέθους 0Φ (1mm) και 0,5 Φ (0.707mm) μαζί με αδρανή ορυκτά (πυριτικά) μεγέθους -1Φ (2mm) και -1,5 Φ (3mm).....	56
Σχήμα 4.4.2.3: Κλάσμα 2. Κόκκοι βαρέων ορυκτών μεγέθους 0Φ (1mm) και 0,5 Φ (0.707mm) μαζί με αδρανή ορυκτά (πυριτικά) μεγέθους -1Φ (2mm) και -1,5 Φ (3mm).....	56
Σχήμα 4.4.2.4: Κλάσμα 3. Κόκκοι βαρέων ορυκτών μεγέθους 0Φ (1mm) και 0,5 Φ (0.707mm) μαζί με αδρανή ορυκτά (πυριτικά) μεγέθους -1Φ (2mm) και -1,5 Φ (3mm).....	57
Σχήμα 4.5.1: Ποσοστά (%) βαρέων ορυκτών και αργιλοπυριτικών στα κλάσματα των δειγμάτων με μέγεθος 2Φ (0,25mm).	61
Σχήμα 4.5.2: Ποσοστά (%) βαρέων ορυκτών και αργιλοπυριτικών στα κλάσματα των δειγμάτων με μέγεθος 2,5Φ (0,177mm).	61
Σχήμα 4.5.3: Ποσοστά (%) βαρέων ορυκτών και αργιλοπυριτικών ανά θέση και ανά βάθος	62
Σχήμα 4.6.1: Επι % ποσοστό σφαλερίτη στις θέσεις δειγματοληψίας	66
Σχήμα 4.6.2: Υπιδιόμορφος κόκκος σφαλερίτη (sph) μαζί με ιδιόμορφο αρσеноπυρίτη (Apy) και σιδηροπυρίτη (Py), δείγμα St5 (5,5m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	67
Σχήμα 4.6.3: Σφαλερίτης (sph) με εγκλείσματα χαλκοπυρίτη (Cpy), μαζί με αρσеноπυρίτη (Apy) και ορυκτά του μαγνήτιου, δείγμα St5 (5,5m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης	67
Σχήμα 4.6.4: Επι % ποσοστό σιδηροπυρίτη στις θέσεις δειγματοληψίας	68
Σχήμα 4.6.5: Ιδιόμορφος κρύσταλλος σιδηροπυρίτη (Py), δείγμα St3 (5,9m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	69
Σχήμα 4.6.6: Χαλαζίας (Qtz) με εγκλείσματα σιδηροπυρίτη (Py), δείγμα C1 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	69
Σχήμα 4.6.7: Σιδηροπυρίτης (Py) σε σύμφυση με χαλαζία (Qtz), δείγμα St5 (5.5m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	69
Σχήμα 4.6.8: Επι % ποσοστό αρσеноπυρίτη στις θέσεις δειγματοληψίας.....	70

Σχήμα 4.6.9: Αρσеноπυρίτης (Apy) ακανόνιστου σχήματος, δείγμα C1 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	71
Σχήμα 4.6.10: Έγκλεισμα αρσеноπυρίτη (Apy) σε σφαλερίτη (sph), μαζί με τετραεδρίτη/τεναντίτη (Tetr/Ten), σιδηροπυρίτη (Py), γαληνίτη (Ga) και οξείδια του σιδήρου, δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	71
Σχήμα 4.6.11: Κόκκος χαλκοπυρίτη (Cpy) ακανόνιστου σχήματος, δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	72
Σχήμα 4.6.12: Απόμειξη χαλκοπυρίτη (Cpy) μέσα σε σφαλερίτη (Sph), δείγμα St5 (5.5m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	72
Σχήμα 4.6.13: Έγκλεισματα γαληνίτη (Ga) και σφαλερίτη (Sph) μέσα σε σιδηροπυρίτη (Py), δείγμα C2(0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	73
Σχήμα 4.6.14: Σιδηροπυρίτης (Py) με έγκλεισμα γαληνοβισμούθινη και οξείδιο του σιδήρου, δείγμα C1 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	73
Σχήμα 4.6.15: Οξείδιο του μαγγανίου, δείγμα C2 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	74
Σχήμα 4.6.16: Ορυκτο μαγγανίου και σφαλερίτης (sph), δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	74
Σχήμα 4.6.17: Επι % ποσοστό των οξειδίων του σιδήρου στις θέσεις δειγματοληψίας	75
Σχήμα 4.6.18: Οξείδιο του σιδήρου, δείγμα St3 (5.9m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	76
Σχήμα 4.6.19: Οξείδιο του σιδήρου, δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	76
Σχήμα 4.6.20: Μαγνητίτης (mt), οξείδια του σιδήρου και πυρόξενο (Px), δείγμα St7 (2,9m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	76
Σχήμα 4.6.21: Ιδιόμορφος κρύσταλλος αιματίτης (ht), δείγμα C2 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	76
Σχήμα 4.6.22: Ακανόνιστοι κρύσταλλοι αιματίτης (ht) και μαγνητίτης (mt), δείγμα C2 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	77
Σχήμα 4.6.23: Χαλαζίας (Qtz) με εγκλείσματα γκαϊτίτη (gt), δείγμα C2 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	77
Σχήμα 4.6.24: Σιδηροπυρίτης (Py) με εγκλείσματα γαληνίτης (ga) και γκαϊτίτης (gt), δείγμα C1 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	77
Σχήμα 4.6.25: Ιλμενίτης (ilm) με σιδηροπυρίτη (Py), δείγμα St7 (2,9m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	77
Σχήμα 4.6.26: Σιδηροπυρίτης (Py) με εγκλείσματα βουλανζερίτη (Boul), δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	78
Σχήμα 4.6.27: Έγκλεισματα τιτανίτη (Ttn) και σιδηροπυρίτη (Py) μέσα σε βιοτίτη (Bt), δείγμα C1 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	79
Σχήμα 4.6.28: Πρισματικός κρύσταλλος γύψου πάνω σε σιδηροπυρίτη, δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	80
Σχήμα 4.6.29: Χαλαζίας (Qtz) με πρισματικούς κρυστάλλους γύψου (gy), δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	80
Σχήμα 4.6.30: Χαλαζίας (Qtz) με πρισματικούς κρυστάλλους γύψου (gy), δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης, Λεπτομέρεια της εικόνας 4.3.24	80
Σχήμα 4.6.31: Πλακίδια γύψου (gy), δείγμα C3 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	80
Σχήμα 4.6.32: Μετατροπή του οξειδίου του σιδήρου (λειμωνίτης/γκαϊτίτης) σε γιαροσίτη (jar), δείγμα St7 (2.9m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	81
Σχήμα 4.6.33: Κρύσταλλος καολίνη, δείγμα C2 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	83
Σχήμα 4.6.34: Ιλμενίτης (ilm) μαζί με αλανίτη/ορθίτη (aln) και ζirkόνιο (Zirc) δείγμα St7 (2.9m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	83
Σχήμα 4.6.35: Κόκκος Επιδότου, δείγμα C2-0m, εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης	83
Σχήμα 4.6.36: Χλωρίτης (Chl) με άστριο (Fsp) και έγκλεισμα ρουτίλιου (Rt), δείγμα St7 (2.9m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης	83
Σχήμα 4.6.37: Κόκκος αστρίου, δείγμα C1 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης	83
Σχήμα 4.6.38: Γρανάτης, δείγμα C1 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης	83

Σχήμα 4.6.39: Δολομίτης (Dol) με εγκλείσματα σιδηροπυρίτη (Py), δείγμα St5 (5.5m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	84
Σχήμα 4.6.40: Σύμπτυξη Σιδηροπυρίτη (Py), Ασβεστίτη (cal) και οξειδίων του σιδήρου, δείγμα St5 (5.5m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	84
Σχήμα 4.6.41: Ροδοχρωσίτης, δείγμα St3 (5,9m), εικόνα από στερεοσκόπιο	84
Σχήμα 4.6.42: Χαλαζίας (Qtz) με εγκλείσματα ροδοχρωσίτη, δείγμα C2 (0m), εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	84
Σχήμα 5.1: Κατά βάρος αναλογία μαγνητικών/παραμαγνητικών ορυκτών στα δείγματα όπως προέκυψε από το Μαγνητικό Διαχωριστή (χωρίς περαιτέρω επεξεργασία).....	89
Σχήμα 5.2: Κατά βάρος αναλογία ορυκτών μικρού/μεγάλου ειδικού βάρους στα δείγματα, όπως προέκυψαν με τη μέθοδο της καθίζησης.	90
Σχήμα 5.3: Κατά βάρος συμμετοχή των ιζηματογενών κόκκων στο δείγμα ανάλογα με το μέσο ειδικό τους βάρος.	91

Πίνακες

Πίνακας 1.2.1: Χρήση εδαφικών πόρων στο Νομό Χαλκιδικής (ΕΣΥΕ 1981).....	12
Πίνακας 2.5.1: Μέσες μηνιαίες τιμές βασικών κλιματολογικών χαρακτηριστικών.....	32
Πίνακας 3.1.1.1: Θέσεις σταθμών δειγματοληψίας Σεπτέμβριος 2011-Μάρτιος 2012	37
Πίνακας 3.2.2.2.1: Πίνακας σειράς κοσκίνων με μεταβαλλόμενη διάμετρο πλέγματος που χρησιμοποιήθηκαν στην μηχανική ανάλυση των δειγμάτων ιζήματος.....	41
Πίνακας 3.2.2.3.2.1: Μαγνητικά και μη μαγνητικά ορυκτά και Ειδικά βάρη.....	44
Πίνακας 4.1.1: Στατιστικές αναλύσεις κοκκομετρική διαβάθμισης του υλικού.....	49
Πίνακας 4.1.1 (...συνέχεια): Στατιστικές αναλύσεις κοκκομετρική διαβάθμισης του υλικού	50
Πίνακας 4.2.1: Ποσοστά μαγνητικών (M) και μη μαγνητικών (M.M.) κλασμάτων	51
Πίνακας 4.3.1.: Πίνακας Βαρών, Ειδικών Βαρών (E.B.), ταχύτητας (U) και χρόνου καθίζησης (τ)	52
Πίνακας 4.5.1: Πίνακας με το βάρος (gr) των υπό εξέταση δειγμάτων, με το ειδικό τους βάρος (E.B.) και με τα ποσοστά (%) των βαρέων ορυκτών (B.O.) στα δείγματα.	58
Πίνακας 4.6.1: Μεταλλικά ορυκτά στα δείγματα της περιοχής έρευνας.....	65
Πίνακας 4.6.2: Διαφανή ορυκτά στα δείγματα της περιοχής έρευνας	65
Πίνακας 4.6.3: Χημικές αναλύσεις σφαλερίτη από τις περιοχές δειγματοληψίας στον Κόλπο της Ιερισσού.	66
Πίνακας 4.6.4: Χημικές αναλύσεις σιδηροπυρίτη από τις περιοχές δειγματοληψίας στον Κόλπο της Ιερισσού.	68
Πίνακας 4.6.5: Χημικές αναλύσεις σιδηροπυρίτη με As από τις περιοχές δειγματοληψίας στον Κόλπο της Ιερισσού.	68
Πίνακας 4.6.6: Χημικές αναλύσεις αρσеноπυρίτη από τις περιοχές δειγματοληψίας στον Κόλπο της Ιερισσού.	70
Πίνακας 4.6.7: Χημικές αναλύσεις χαλκοπυρίτη από τις περιοχές δειγματοληψίας στον Κόλπο της Ιερισσού.	71
Πίνακας 4.6.8: Χημικές αναλύσεις χαλκοπυρίτη από τις περιοχές δειγματοληψίας στον Κόλπο της Ιερισσού.	72
Πίνακας 4.6.9: Χημικές αναλύσεις βουλανζερίτη από το σημείο δειγματοληψίας C3 (0m) στον Κόλπο της Ιερισσού.	78
Πίνακας 5.1: Βαρέα μεταλλικά ορυκτά και η επί της εκατό (%) συγκέντρωσή τους στα δείγματα της περιοχής του Στρατωνίου	86