



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΗΠΕΙΡΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ Ε.Π.  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΗΠΕΙΡΟΥ

**Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Περιφέρειας Ηπείρου  
2014-2020**



Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Επιχειρησιακού Προγράμματος Περιφέρειας Ηπείρου

Με την συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



**Έργο : «ΜΕΛΕΤΗ, ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ  
ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΔΕΛΤΑΪΚΗΣ  
ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ»  
Αρ. Σύμβασης : 5006050**

**«Π2.1» ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ  
«Αναλυτική τεχνική έκθεση με όλα τα δεδομένα των  
ιζηματολογικών, ορυκτολογικών και γεωχημικών  
αναλύσεων, τον προσδιορισμό του καθεστώτος των  
βροχοπτώσεων (παλαιοϋετός) και των θερμοκρασιακών  
αλλαγών του παρελθόντος»**

Ιωάννινα, 30/09/2018



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή .....	1
2. Εργασίες πεδίου και εργαστηριακές αναλύσεις επί της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά.....	3
2.1 Εργασίες Πεδίου.....	3
2.2 Εργαστηριακές αναλύσεις.....	4
2.2.1 Διάνοιξη πυρήνων στο εργαστήριο .....	4
2.2.2 Μακροσκοπική περιγραφή πυρήνων .....	6
2.2.3 Κοκκομετρική ανάλυση ιζημάτων .....	14
2.2.3.1 Διαδικασία ανάλυσης με τη μέθοδο του σιφωνίου .....	14
2.2.3.3 Υπολογισμός κοκκομετρικών στατιστικών παραμέτρων.....	17
2.2.3.2 Διαδικασία ανάλυσης χονδρόκοκκων υλικών .....	22
2.2.3.3 Λιθολογικός χαρακτηρισμός .....	24
2.2.4 Ορυκτολογικές αναλύσεις ιζημάτων.....	33
2.2.5 Γεωχημικές αναλύσεις ιζημάτων .....	34
2.2.5.1 Αποτελέσματα κύριων στοιχείων.....	34
2.2.5.2 Αποτελέσματα ιχνοστοιχείων .....	39
2.2.6 Εκτίμηση παλαιούετου και θερμοκρασιακών αλλαγών του παρελθόντος.....	44
Βιβλιογραφικές αναφορές .....	46

## 1. Εισαγωγή

Η ευρύτερη περιοχή του Δέλτα του ποταμού Καλαμά έχει ενταχθεί στο Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο Natura 2000 και είναι χαρακτηρισμένη ως Ειδική Ζώνη Διατήρησης (ΕΖΔ) (Special Area of Conservation-SAC) και Ζώνη Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) (Special Protection Area – SPA) καθώς και «Περιοχή Προστασίας της Φύσης», λόγω της ιδιαίτερης βιολογικής και οικολογικής της αξίας. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη (προβλεπόμενη να επιταχυνθεί) μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, θέτει μεγάλο τμήμα του ζωτικού της χώρου σε κίνδυνο κατατάσσοντάς την στα πλέον απειλούμενα οικοσυστήματα, με αναμενόμενη συνέπεια μεσοπρόθεσμες περιβαλλοντικές αλλά και κοινωνικο-οικονομικές επιπτώσεις για την περιοχή. Με την υλοποίηση του προτεινόμενου Έργου αναμένεται να προκύψουν νέα δεδομένα που θα οδηγήσουν σε τεκμηριωμένα μοντέλα πρόβλεψης της μελλοντικής μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης στην παράκτια ζώνη της περιοχής έρευνας, καθώς και στην εκπόνηση αξιόπιστων πιθανολογικών σεναρίων τα οποία θα βοηθήσουν στην ανάπτυξη ενός Ολοκληρωμένου Διαχειριστικού Σχεδίου. Έμφαση θα δοθεί στην αντιμετώπιση των διαβρωτικών και πλημμυρικών φαινομένων στη δελταϊκή ζώνη, για την αποτελεσματικότερη θωράκιση της προστασίας του υπάρχοντος ζωτικού χώρου και πεδίου, καθώς και των σχετιζόμενων υποδομών τους από την ήδη προελαύνουσα, ευστατική άνοδο, βραχυπρόθεσμης, μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης κλίμακας.

Το Έργο υλοποιείται από το Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος», το οποίο έχει αναλάβει να διεξάγει έρευνα στην ευρύτερη περιοχή του Δέλτα η οποία αφορά σε 1) χρονολογήσεις με την ενδεικνυόμενη μέθοδο της Οπτικά Διεγερμένης Φωταύγειας (OSL), ιζημάτων προερχόμενων από πυρήνες γεωτρήσεων και ψηφιδωπαγών αιγιαλών (beach-rocks), 2) ιζηματολογικές, ορυκτολογικές και γεωχημικές αναλύσεις σε ιζήματα προερχόμενα από πυρήνες γεωτρήσεων και 3) προσδιορισμό του ρυθμού ιζηματογένεσης κατά τα τελευταία 1000, περίπου, χρόνια, καθώς και εκτίμηση του καθεστώτος των βροχοπτώσεων (παλαιοϋετός) και των θερμοκρασιακών αλλαγών του παρελθόντος, με σκοπό τη σύνθεση ενός στρωματογραφικού μοντέλου βραχυπρόθεσμης, μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης εξέλιξης της ακτογραμμής του Δέλτα του ποταμού, ώστε να δοθεί μια σαφής εικόνα της μεταβλητότητάς της στο πέρασμα του χρόνου και-ιδιαίτέρως- της μελλοντικής προοπτικής της.

Επιτόπια μελέτη από το Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος» στην υπό εξέταση περιοχή σε συνδυασμό με τη συγκέντρωση πληροφοριών και αξιολόγηση δεδομένων από δημοσιευμένες μελέτες σχετικές με τη στρωματογραφία και τη λιθολογία της περιοχής έρευνας, καταδεικνύουν ότι το Δέλτα του ποταμού Καλαμά αποτελείται κυρίως από πρόσφατες δελταϊκές προσχώσεις, οι οποίες αναπτύσσονται αρκετά χιλιόμετρα προς το Ιόνιο Πέλαγος. Κατά μήκος της παράκτιας ζώνης, εντοπίζονται αμμώδεις παραλίες (Εικόνα 1) μικρής έκτασης και περιορισμένες σε αριθμό, στις οποίες αναπτύσσονται παράκτιες λωρίδες αμμωδών προσχώσεων του ποταμού, λόγω των παράκτιων, ΝΑ διευθύνσεων, ρευμάτων που επικρατούν στην περιοχή. Το μεγαλύτερο μέρος του νότιου τμήματος των εκβολών εμφανίζεται πλέον ανενεργό και χρησιμοποιείται για καλλιέργειες. Επιπλέον, φιλοξενεί οικότοπους οι οποίοι περιλαμβάνουν λιμνοθάλασσες και αλίπεδα. Το βόρειο τμήμα των εκβολών το οποίο είναι ενεργό αποτελείται από λιμνοθάλασσες με αλοφυτική βλάστηση, αλμυρά έλη και αλίπεδα τα οποία κατακλύζονται αρκετά συχνά από το νερό της θάλασσας. Στην ευρύτερη περιοχή του Δέλτα, επίσης, φιλοξενούνται διάφορα είδη φυτοκοινοτήτων

καθώς και οικογένειες ορνιθοπανίδας. Για την περάτωση της έρευνας πραγματοποιήθηκαν πυρηνοληπτικές γεωτρήσεις, με λήψη «σκοτεινών» πυρήνων, κατά μήκος της δελταϊκής ακτογραμμής. Τα στάδια που ακολουθήθηκαν περιλάμβαναν την εργασία πεδίου καθώς και την εφαρμογή διαφορετικών τεχνικών ανάλυσης, ώστε τα εξαγόμενα συμπεράσματα να βασίζονται σε πολλαπλές μεθόδους.

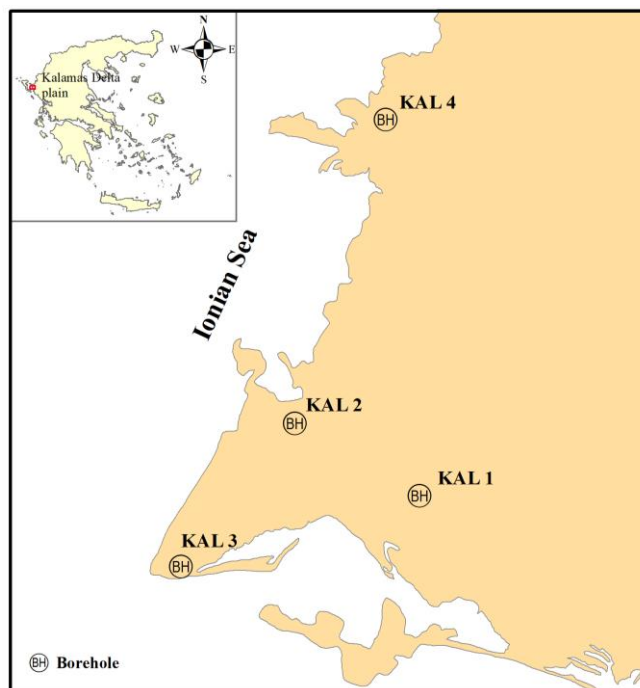


**Εικόνα 1: Περιοχή μελέτης.**

## 2. Εργασίες πεδίου και εργαστηριακές αναλύσεις επί της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά

### 2.1 Εργασίες Πεδίου

Τον Οκτώβριο του 2017, η ομάδα του εργαστηρίου Παλαιοπεριβάλλοντος και Αρχαίων Μεταλλικών Δομών του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος» πραγματοποίησε αποστολή στην ευρύτερη περιοχή του Δέλτα του ποταμού Καλαμά, προκειμένου να συλλέξει τέσσερις (4) πυρήνες ιζήματος προερχόμενους από πυρηνοληπτικές γεωτρήσεις που διεξήχθησαν σε τέσσερις (4) διαφορετικές θέσεις (Εικόνα 2), από τις οποίες οι τρεις (3) πραγματοποιήθηκαν στο νότιο τμήμα των εκβολών του ποταμού Καλαμά (KAL 1, KAL 2, KAL 3), ενώ μία (1) στο βόρειο τμήμα (KAL 4).



Εικόνα 2: Γεωγραφική κατανομή των θέσεων πυρηνοληψίας (ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», 2020c).

Όλες οι γεωτρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση περιστροφικού δειγματοληπτικού – πυρηνοληπτικού, με συνεχή πυρηνοληψία (rotary coring) και πυρηνολήπτη 7.5 cm (Εικόνα 3) και το μέγιστο βάθος των γεωτρήσεων φτάνει τα 16.30 m. Η επιλογή των θέσεων η έγινε με κριτήριο την ύπαρξη όσο το δυνατόν μεγαλύτερης χωρικής διασποράς, προκειμένου να μελετηθεί αναλυτικότερα η πιο πρόσφατη εξέλιξη των δελταϊκών αποθέσεων του ποταμού.



**Εικόνα 3: Πυρηνοληπτικός εξοπλισμός και εργασίες πεδίου.**

Για κάθε πυρήνα παρουσιάζονται η γεωγραφική θέση, το υψόμετρο από το επίπεδο της θαλάσσιας στάθμης καθώς και το βάθος του από την επιφάνεια διάτρησης (Πίνακας 1).

**Πίνακας 1: Βασικά στοιχεία (γεωγραφική θέση, υψόμετρο, βάθος) των τεσσάρων (4) πυρήνων.**

Πυρήνας Γεώτρησης	Γεωγραφικές Συντεταγμένες		Υψόμετρο από τη θάλασσα (m)	Βάθος από την επιφάνεια (m)
	N	E		
KAL 1	39.536556	20.179596	1	16.30
KAL 2	39.551601	20.159348	2	16.30
KAL 3	39.529267	20.143867	0	15.00
KAL 4	39.590575	20.1817513	1	15.30

Επιπλέον, έγινε προσπάθεια εντοπισμού παλαιοεδαφών για τον προσδιορισμό του καθεστώτος των βροχοπτώσεων (παλαιοϋετός) και των θερμοκρασιακών αλλαγών του παρελθόντος, ώστε να δοθεί μία σαφής εικόνα του παλαιοκλίματος. Ωστόσο, δεν κατέστη δυνατός ο εντοπισμός κατάλληλων γεωλογικών σχηματισμών στη λεκάνη απορροής του ποταμού καλαμά, και για τον λόγο αυτόν επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός του παλαιοϋετού και των θερμοκρασιακών αλλαγών του παρελθόντος μέσω της ανάλυσης των ιζημάτων των πυρήνων KAL-1,2,3,4.

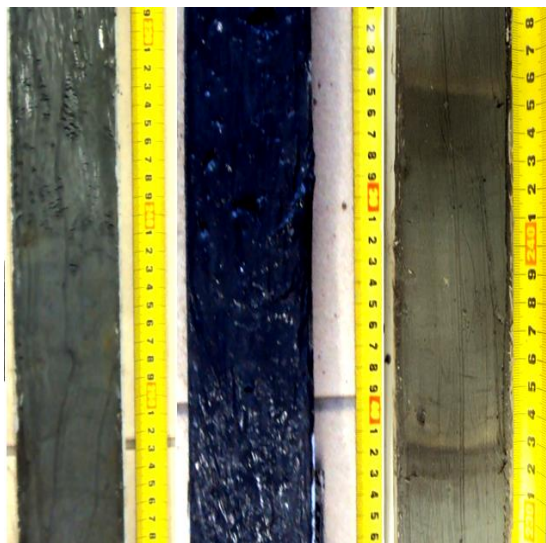
## 2.2 Εργαστηριακές αναλύσεις

Όλοι οι πυρήνες των γεωτρήσεων μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο φωταύγειας του Ινστιτούτου Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος», όπου πραγματοποιήθηκε η διάνοιξή τους από την ομάδα του εργαστηρίου.

### 2.2.1 Διάνοιξη πυρήνων στο εργαστήριο

Η διάνοιξη των πυρήνων αποσκοπεί στη χρήση της διαθέσιμης γεωλογικής πληροφορίας που εμπεριέχεται σε αυτούς τόσο για κοκκομετρικές και γεωχημικές αναλύσεις, όσο και για γεωχρονολογήσεις. Για το σκοπό αυτό, κάθε πυρήνας διαιρέθηκε σε 2 ίσα τμήματα κατά μήκος του άξονά του. Το ένα τμήμα του χρησιμοποιήθηκε για κοκκομετρικές και γεωχημικές αναλύσεις, ενώ το άλλο για χρονολόγηση με τη μέθοδο της Οπτικά Διεγειρόμενης Φωταύγειας καθώς και για πολυστοιχειακή ανάλυση με φασματογράφο

μαζών με επαγωγικά συνεζευγμένο πλάσμα (ICP-MS). Σε κάθε πυρήνα, η επιφάνεια του τμήματος που προορίστηκε για τις κοκκομετρικές και γεωχημικές αναλύσεις, καθαρίστηκε με τη βοήθεια πλαστικής σπάτουλας και στη συνέχεια ακολούθησε η μακροσκοπική περιγραφή του (Εικόνα 4).



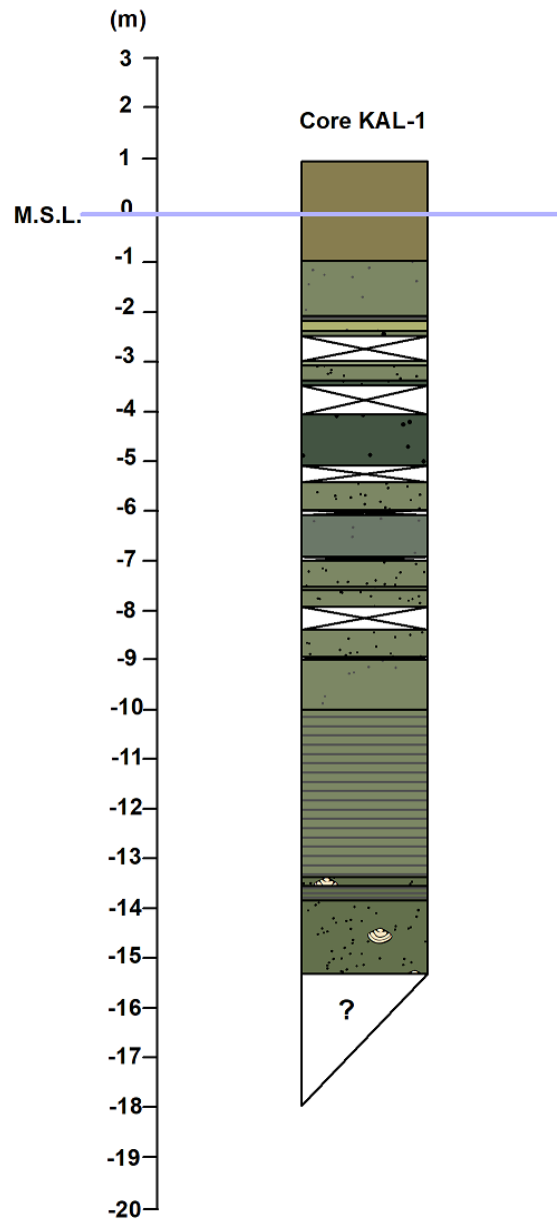
**Εικόνα 4: Διάνοξη και μακροσκοπική περιγραφή πυρήνων.**

Η οπτική παρατήρηση των διανοιγμένων πυρήνων, έδωσε σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τις ιζηματολογικές/λιθολογικές ενότητες που απαντώνται κατά μήκος αυτών καθώς και για την ύπαρξη φυτικών υπολλειμμάτων και θραυσμάτων κελυφών. Οι πληροφορίες αυτές σε συνδυασμό με τη χρωματική περιγραφή των ιζημάτων αλλά και την υφή τους απέδωσαν τις συνθήκες ιζηματογένεσης, γι'αυτό και κρίθηκε απαραίτητη η φωτογραφική αποτύπωσή τους. Η αποτύπωση των χρωμάτων πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά το άνοιγμα των πυρήνων, όταν το ίζημα ήταν ακόμη νωπό και έγινε βάσει των χρωματολογικών πινάκων Munsell soil-color charts (2015). Η ύπαρξη σκουρόχρωμων λαδοπράσινων αποχρώσεων υποδηλώνει ανοξικές συνθήκες ιζηματογένεσης, ενώ οι ανοιχτόχρωμες καφεκίτρινες αποχρώσεις υποδηλώνουν οξειδωτικές συνθήκες ιζηματογένεσης.

Στη συνέχεια, με βάση τη μακροσκοπική περιγραφή ακολούθησε η λήψη των κατάλληλων δειγμάτων, κατά μήκος του τμήματος των πυρήνων, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για τις κοκκομετρικές και γεωχημικές αναλύσεις. Το τμήμα κάθε πυρήνα που προορίστηκε για τις γεωχρονολογήσεις, μεταφέρθηκε μέσα σε σκοτεινό θάλαμο του εργαστηρίου, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η λήψη δειγμάτων τόσο για χρονολόγηση με τη μέθοδο της Οπτικά Διεγειρόμενης Φωταύγειας, όσο και για χημικές αναλύσεις με τη μέθοδο ICP-MS.

## 2.2.2 Μακροσκοπική περιγραφή πυρήνων

### Γεώτρηση KAL 1



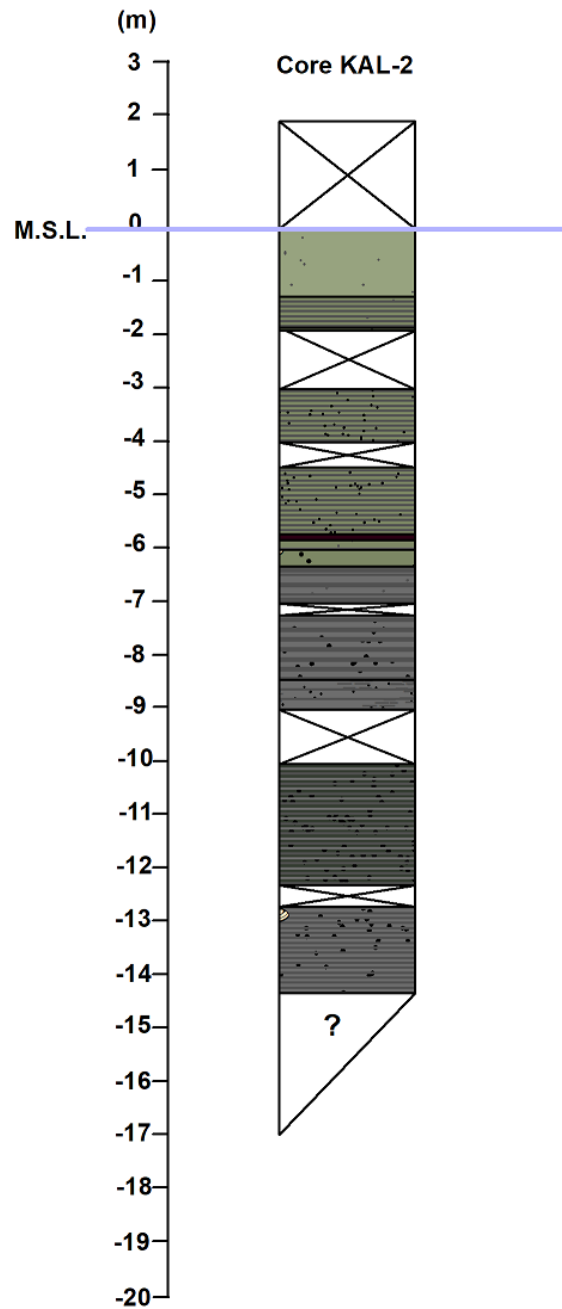
Εικόνα 5: Στρωματογραφική στήλη γεώτρησης KAL-1, όπου τα διαφορετικά χρώματα αποτυπώνουν την ταξινόμησή τους βάσει των χρωματολογικών πινάκων Munsell soil-color charts (2015). (M.S.L.: Mean Sea Level)

Ο πυρήνας έχει συνολικό μήκος 16.30 m (Εικόνα 5). Έπειτα από οπτική παρατήρησή του προκύπτουν τα ακόλουθα:



Από την κορυφή του πυρήνα μέχρι και το βάθος του 1 m, το υλικό εμφανίζεται να είναι χερσαίο και το ίζημα έχει μία σκουρόχρωμη απόχρωση του γκρι-καφέ (dark grayish brown; 10 YR 4/2). Έπειτα το υλικό εμφανίζεται υφάλμυρο σε όλο το μήκος του πυρήνα. Πιο συγκεκριμένα, μέχρι το βάθος των 2.20 m, το χρώμα του υλικού είναι σκούρο γκρι-πράσινο (dark greenish gray; GLEY1 10 Y 4/1), όπου στα 2.10-2.20 m εμφανίζονται ενδιαστρώσεις οργανικού υλικού. Στη συνέχεια, στο βάθος των 2.20-2.40 m το χρώμα του υλικού γίνεται πιο μαύρο (black, GLEY1 2.5 N), ενώ από τα 2.40 m έως τα 2.50 m το υλικό γίνεται πιο αμμώδες χρώματος σκούρου γκρι-πράσινου (dark greenish gray; GLEY1 10 Y 4/1). Στο βάθος των 2.50-3.00 m υπάρχει απουσία υλικού, ενώ από τα 3.00 m έως τα 3.10 είναι πιο λεπτόκοκκο χρώματος γκρι-πράσινου (greenish gray; GLEY1 10 Y 5/1). Από τα 3.10 m έως τα 3.40 m το υλικό γίνεται πιο χονδρόκοκκο χρώματος σκούρου γκρι-πράσινου (dark greenish gray; GLEY1 10 Y 4/1), ενώ στα 3.40-3.50 m το υλικό παραμένει χονδρόκοκκο αλλά η απόχρωσή του διαφοροποιείται σε λιγότερο σκούρο γκρι-πράσινο (dark greenish gray; GLEY1 5 GY 4/1). Στο βάθος 3.50-4.10 m υπάρχει απουσία υλικού, ενώ στα 4.10-5.10 m το υλικό παραμένει χονδρόκοκκο, ίδιου χρώματος, όμως παρατηρείται παρουσία θραυσμάτων κοχυλιών. Από τα 5.10 m έως τα 5.45 m, υπάρχει απουσία υλικού, ενώ μέχρι τα 6.00 m το υλικό εμφανίζεται λιγότερο αδρομερές, χρώματος σκούρου γκρι-πράσινου (dark greenish gray; GLEY1 10 Y 4/1), με απουσία θραυσμάτων κοχυλιών. Από τα 6.00 m έως τα 6.10 m υπάρχει απουσία υλικού, ενώ μέχρι τα 6.95 m το υλικό εμφανίζεται ακόμη πιο λεπτόκοκκο χρώματος λιγότερο γκρι-πράσινου (greenish gray; GLEY1 5 GY 5/1). Στα 6.95-7.10 m υπάρχει απουσία υλικού, ενώ στα 7.10-7.55 m το υλικό είναι μείγμα λεπτόκοκκου-χονδρόκοκκου χρώματος σκούρου γκρι-πράσινου (dark greenish gray; GLEY1 10 Y 4/1). Από τα 7.55 m έως τα 7.60 m παρατηρείται ίδια απόχρωση υλικού αλλά πολύ λεπτόκοκκου. Στο βάθος των 7.60-7.95 m το υλικό παραμένει ίδιου χρώματος αλλά η σύστασή του είναι μείγμα λεπτόκοκκου-χονδρόκοκκου. Στο βάθος των 7.95-8.40 m υπάρχει απουσία υλικού, μέχρι τα 8.95 m παρατηρείται πάλι μείγμα λεπτόκοκκου-χονδρόκοκκου ίδιου χρώματος. Στο βάθος 8.95-9.10 m υπάρχει απουσία υλικού, ενώ μέχρι τα 10.00 m το υλικό είναι ίδιου χρώματος αλλά πολύ λεπτόκοκκο. Στη συνέχεια, μέχρι το βάθος των 13.35 m το υλικό παραμένει ίδιου χρώματος και η σύστασή του είναι λεπτόκοκκη με ενδιαστρώσεις πολύ λεπτόκοκκες. Από τα 13.35 m έως τα 13.55 m το υλικό είναι χρώματος πολύ σκούρου γκρι-πράσινου (very dark greenish gray; GLEY1 10 Y 3/1), πιο αδρομερές με παρουσία θραυσμάτων κοχυλιών. Από τα 13.55 m έως τα 13.85 m το υλικό εμφανίζεται ίδιου χρώματος, πιο λεπτόκοκκο με έντονες ενδιαστρώσεις οργανικού υλικού. Έπειτα, μέχρι το τέλος του πυρήνα (15.30 m) το υλικό παραμένει ίδιου χρώματος με τη σύστασή του να διαφοροποιείται σε πιο αδρομερές υλικό με την παρουσία λίγων θραυσμάτων κοχυλιών.

## Γεώτρηση KAL 2



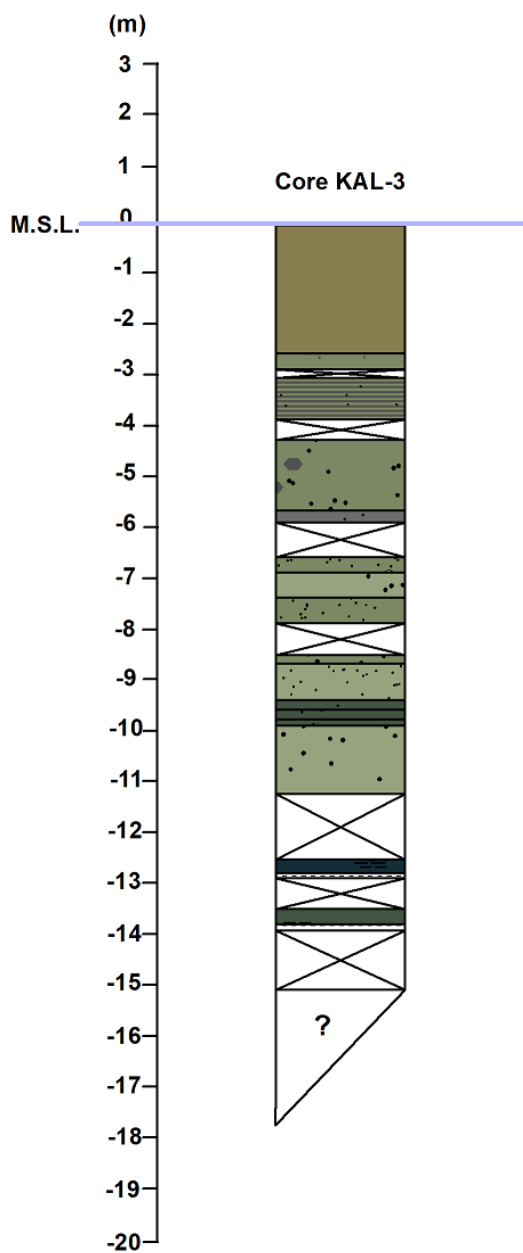
Εικόνα 6: Στρωματογραφική στήλη γεώτρησης KAL-2, όπου τα διαφορετικά χρώματα αποτυπώνουν την ταξινόμησή τους βάσει των χρωματολογικών πινάκων Munsell soil-color charts (2015). (M.S.L.: Mean Sea Level)

Ο πυρήνας έχει συνολικό μήκος 16.30 m (Εικόνα 6). Έπειτα από οπτική παρατήρησή του προκύπτουν τα ακόλουθα:

Από την αρχή του πυρήνα έως και την επιφάνεια της θαλάσσιας στάθμης υπάρχει απουσία υλικού. Μέχρι το βάθος των 1.30 m το υλικό εμφανίζεται λεπτόκοκκο υγρού περιβάλλοντος με απόχρωση γκρι-πράσινη (greenish gray; GLEY1 10 Y 5/1). Από τα 1.30 m έως τα 4.00 m το υλικό εμφανίζει μία απόχρωση σκούρα γκρι-πράσινη (dark greenish gray; GLEY1 10 Y 4/1), η

οποία διατηρείται μέχρι και το βάθος των 6.35 m, το υλικό είναι λεπτόκοκκο με εναλλαγές πιο αδρόκοκκου πλούσιου σε οργανικά, εντός του οποίου υπάρχει απουσία υλικού από το βάθος των 1.90 m έως το βάθος των 3.00 m. Στη συνέχεια, υπάρχει απουσία υλικού μέχρι το βάθος των 4.45 m, ενώ στο βάθος των 4.45-5.70 m παρατηρείται υλικό λεπτόκοκκο πιο αδρομερές με εναλλαγές ακόμη πιο αδρόκοκκου υλικού, πλούσιου σε οργανικά καθώς και παρουσία θραυσμάτων κοχυλιών. Στο βάθος των 5.73-5.75 m εντοπίζεται ορίζοντας οργανικού υλικού, ενώ μέχρι το βάθος των 6.00 m το υλικό είναι λεπτοφυές με ενδιαστρώσεις αδρομερούς υλικού. Από τα 6.00 m έως τα 6.35 m το υλικό είναι αδρόκοκκο με παρουσία θραυσμάτων κοχυλιών, ενώ στο βάθος των 6.35-7.00 m το υλικό εμφανίζεται λεπτόκοκκο με ενδιαστρώσεις οργανικών και αδρόκοκκου υλικού και η απόχρωσή του διαφοροποιείται σε λιγότερο σκούρο γκρι-πράσινη (dark greenish gray; GLEY1 5 GY 4/1), η οποία διατηρείται μέχρι το βάθος των 9.00 m. Στο βάθος των 7.00-7.20 m υπάρχει απουσία υλικού, ενώ μέχρι τα 7.70 m το υλικό εμφανίζεται αδρομερές με ενδιαστρώσεις περισσότερο αδρομερούς υλικού. Από τα 7.70 m έως τα 8.45 m, το υλικό παρουσιάζεται αδρομερές-αμμώδες με παρουσία θραυσμάτων κοχυλιών. Έπειτα, μέχρι το βάθος των 9.00 m το υλικό είναι αμμώδες πιο λεπτόκοκκο με εναλλαγές λεπτόκοκκου και πλούσιο σε οργανικό υλικό. Στο βάθος των 9.00-10.00 m παρατηρείται απουσία υλικού, από τα 10.00 m έως τα 12.30 m, η απόχρωση του υλικού διαφοροποιείται σε πολύ σκούρα γκρι-πράσινη (very dark greenish gray; GLEY1 5 GY 3/1) και το υλικό εμφανίζεται αδρόκοκκο με εναλλαγές λεπτόκοκκου-οργανικού υλικού καθώς και με παρουσία θραυσμάτων κοχυλιών. Στο βάθος των 12.30-12.70 m υπάρχει απουσία υλικού, ενώ η ίδια λιθολογική σύσταση παρατηρείται μέχρι το τέλος του πυρήνα (14.30 m). Ωστόσο, το χρώμα του υλικού εμφανίζεται λιγότερο σκούρο γκρι-πράσινο (dark greenish gray; GLEY1 5 GY 4/1).

### Γεώτρηση KAL 3



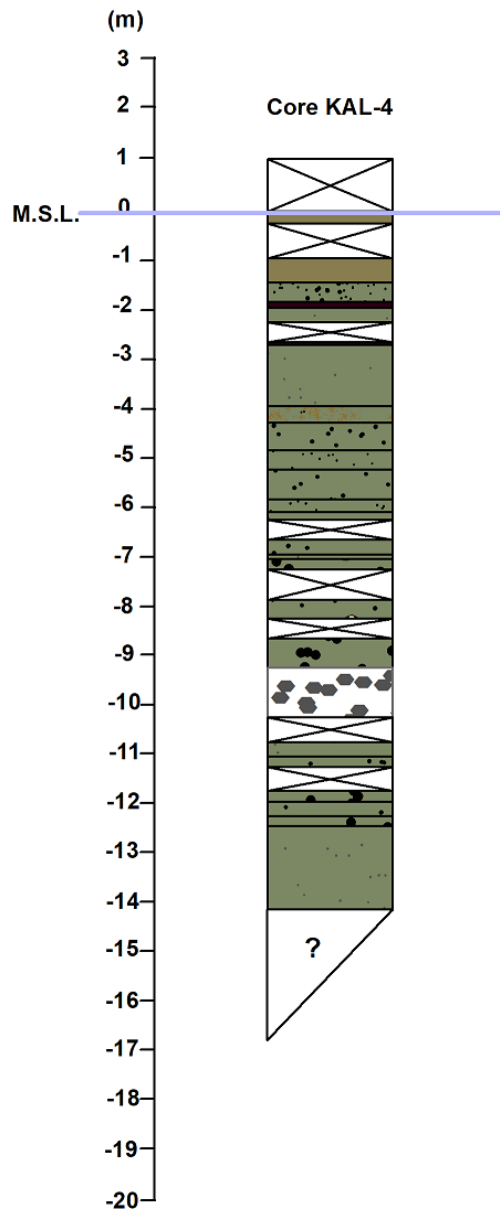
Εικόνα 7: Στρωματογραφική στήλη γεώτρησης KAL-3, όπου τα διαφορετικά χρώματα αποτυπώνουν την ταξινόμησή τους βάσει των χρωματολογικών πινάκων Munsell soil-color charts (2015). (M.S.L.: Mean Sea Level)

Ο πυρήνας έχει συνολικό μήκος 15.00 m (Εικόνα 7). Έπειτα από οπτική παρατήρησή του προκύπτουν τα ακόλουθα:

Από την αρχή του πυρήνα έως το βάθος των 2.50 m το υλικό είναι χερσαίο, ενώ μέχρι το βάθος των 2.80 m γίνεται λεπτόκοκκο-λασπώδες με απόχρωση σκούρα γκρι-πράσινη (dark greenish gray; GLEY1 10 Y 4/1), η οποία διατηρείται μέχρι το βάθος των 5.60 m. Στο βάθος των 2.80-3.00 m υπάρχει απουσία υλικού, ενώ μέχρι το βάθος των 3.80 m το υλικό γίνεται πολύ λεπτόκοκκο, λασπώδες, με εναλλαγή οργανικών και παρουσία θραυσμάτων κελυφών.

Στο βάθος των 3.80-4.20 m υπάρχει απουσία υλικού, ενώ μέχρι το βάθος των 5.60 m, παρατηρείται αδρόκοκκη άμμος, με παρουσία κροκαλών και θραυσμάτων κελυφών. Από το βάθος των 5.60 m έως τα 6.80 m, εμφανίζεται αδρόκοκκη άμμος πιο λεπτόκοκκη και παρουσία θραυσμάτων κελυφών. Στο βάθος των 6.80-7.30 m, εντοπίζεται χονδρόκοκκη άμμος με απόχρωση γκρι-πράσινη (greenish gray; GLEY1 10 Y 5/1), ενώ μέχρι το βάθος των 7.80 m, η άμμος γίνεται πιο λεπτόκοκκη και η απόχρωσή της διαφοροποιείται σε σκούρα γκρι-πράσινη (dark greenish gray; GLEY1 10 Y 4/1). Στη συνέχεια, υπάρχει απώλεια υλικού από το βάθος των 7.80 m έως το βάθος των 8.45 m, ενώ μέχρι τα 8.60 m η απόχρωση παραμένει η ίδια, αλλά η άμμος εμφανίζεται πιο χονδρόκοκκη. Μέχρι το βάθος των 9.30 m, η άμμος γίνεται πιο λεπτόκοκκη και το χρώμα του υλικού γίνεται γκρι-πράσινο (greenish gray; GLEY1 10 Y 5/1). Στο βάθος των 9.30-9.80 m, η άμμος εμφανίζεται με απόχρωση λιγότερο σκούρο γκρι-πράσινη (dark greenish gray; GLEY1 5 GY 4/1) και πιο λεπτόκοκκη με εναλλαγές οργανικών, ενώ μέχρι τα 11.15 m, η απόχρωση διαφοροποιείται σε γκρι-πράσινη (greenish gray; GLEY1 10 Y 5/1) και το υλικό γίνεται πιο αδρόκοκκο όπου εντοπίζονται θραύσματα κελυφών. Έπειτά, από τα 11.15 m έως τα 12.45 m, υπάρχει απουσία υλικού, ενώ μέχρι το βάθος των 12.70 m εντοπίζονται πολλά οργανικά και το χρώμα του υλικού είναι μπλε-μάυρο (bluish black; GLEY2 5 PB 2.5/1). Από το βάθος των 12.70 m έως το βάθος των 12.80 m, εμφανίζεται μία επαφή αμμώδους-πηλώδους, ίδιας απόχρωσης, με την παρουσία οργανικής ύλης (φυτικά υπολείματα). Στο βάθος των 12.80-13.40 m, υπάρχει απώλεια υλικού, ενώ στο βάθος των 13.40-13.70 m παρατηρούνται πολλά οργανικά χρώματος λιγότερο σκούρου γκρι-πράσινου (dark greenish gray; GLEY1 5 GY 4/1). Τέλος, από το βάθος των 13.70 m έως το βάθος των 13.80 m εμφανίζεται μία επαφή αμμώδους-πηλώδους, ίδιας απόχρωσης, με την παρουσία οργανικής ύλης (ίνες), ενώ μέχρι το τέλος του πυρήνα (15.00 m) υπάρχει απώλεια υλικού.

## Γεώτρηση KAL 4



**Εικόνα 8:** Στρωματογραφική στήλη γεώτρησης KAL-4, όπου τα διαφορετικά χρώματα αποτυπώνουν την ταξινόμησή τους βάσει των χρωματολογικών πινάκων Munsell soil-color charts (2015). (M.S.L.: Mean Sea Level)

Ο πυρήνας έχει συνολικό μήκος 15.30 m (Εικόνα 8). Έπειτα από οπτική παρατήρησή του προκύπτουν τα ακόλουθα:

Από την αρχή του πυρήνα έως και 5 cm πάνω από την επιφάνεια της θαλάσσιας στάθμης, υπάρχει απουσία υλικού, ενώ μέχρι το βάθος των 30 cm το ίζημα είναι χερσαίο αδρόκοκκο με μία σκουρόχρωμη απόχρωση του γκρι-καφέ (dark grayish brown; 10 YR 4/2), η οποία διατηρείται μέχρι το βάθος του 1.50 m. Στη συνέχεια, μέχρι το βάθος του 1 m, υπάρχει απουσία υλικού, ενώ στο βάθος των 1.00-1.50 m το υλικό παραμένει χερσαίο αλλά πιο λεπτόκοκκο. Στο βάθος των 1.50-1.90 m, το ίζημα εμφανίζεται να είναι μείγμα λεπτόκοκκου

με πιο αδρόκοκκο χρώματος σκούρου γκρι-πράσινου (dark greenish gray; GLEY1 10 Y 4/1), το οποίο διατηρείται σε όλο το μήκος του πυρήνα έως τα 12.30 m. Στο βάθος των 1.90-2.00 m παρατηρείται οριζοντας οργανικού υλικού (παρουσία φυκιών), ενώ μέχρι τα 2.30 m το ίζημα γίνεται πολύ λεπτόκοκκο. Στο βάθος των 2.30-2.70 m, υπάρχει απουσία υλικού, ενώ από το βάθος των 2.70-2.75 m εντοπίζεται οριζοντας οργανικού υλικού. Από το βάθος των 3.30 m έως το βάθος των 4.00 m, το ίζημα γίνεται πιο αδρόκοκκο και στη συνέχεια μέχρι το βάθος των 4.35 m, το υλικό εμφανίζεται λεπτόκοκκο όπου υπάρχει παρουσία κοκκινωπού υλικού (πιθανώς χερσαίου?). Στο βάθος των 4.35-4.90 m, εντοπίζεται αδρόκοκκη άμμος, η οποία γίνεται πιο λεπτόκοκκη μέχρι τα 5.30 m. Έπειτα, μέχρι το βάθος των 5.90 m, εμφανίζεται πάλι αδρόκοκκη άμμος, η οποία στο βάθος των 5.90-6.15 m γίνεται λεπτόκοκκη. Από το βάθος των 6.15 m έως το βάθος των 6.30 m, η άμμος είναι πολύ αδρόκοκκη όπου υπάρχει παρουσία θραυσμάτων κελυφών. Στη συνέχεια, μέχρι το βάθος των 6.70 m, υπάρχει απουσία υλικού, ενώ μέχρι το βάθος των 7.00 m, η άμμος εμφανίζεται χονδρόκοκκη με την παρουσία θραυσμάτων κελυφών. Στο βάθος των 7.00-7.10 m, το ίζημα είναι λεπτόκοκκο, ενώ μέχρι και τα 7.30 m, η άμμος γίνεται πολύ χονδρόκοκκη, όπου υπάρχει παρουσία θραυσμάτων κελυφών. Στο βάθος των 7.30-7.90 m, υπάρχει απουσία υλικού και έπειτα, μέχρι τα 8.30 m η άμμος είναι χονδρόκοκκη με την παρουσία, πάλι, θραυσμάτων κελυφών. Από το βάθος των 8.30 m έως το βάθος των 8.70 m, υπάρχει απουσία υλικού και στη συνέχεια, έως το βάθος των 9.30 m η άμμος εμφανίζεται πολύ χονδρόκοκκη. Στο βάθος των 9.30-10.30 m, παρατηρούνται κατά βάση μικρές κροκάλες με χαλίκι, ενώ μέχρι τα 10.80 m υπάρχει απουσία υλικού. Στο βάθος των 10.80-11.10 m, εντοπίζεται μείγμα λεπτόκοκκου με κροκάλες, ενώ μέχρι τα 11.30 m εμφανίζεται αδρόκοκκη άμμος. Από τα 11.30 m έως τα 11.80 m, υπάρχει απουσία υλικού, ενώ στο βάθος των 11.80-12.00 m το ίζημα είναι πολύ αδρόκοκκο και παρατηρείται παρουσία θραυσμάτων κελυφών. Μέχρι το βάθος των 12.30 m, εμφανίζεται χονδρόκοκκη άμμος με την παρουσία θραυσμάτων κελυφών, ενώ μέχρι το βάθος των 12.50 m η άμμος γίνεται πολύ χονδρόκοκκη και η απόχρωση διαφοροποιείται σε γκρι (gray; GLEY1 N 6). Μέχρι το τέλος του πυρήνα (14.20 m) το ίζημα εμφανίζεται λεπτόκοκκο με μία απόχρωση λιγότερο σκούρα γκρι-πράσινη (dark greenish gray; GLEY1 5 GY 4/1).

### 2.2.3 Κοκκομετρική ανάλυση ιζημάτων

Οι ιζηματογενείς αποθέσεις δίνουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τις χημικές, φυσικές και βιολογικές διεργασίες, οι οποίες έπαιξαν ουσιαστικό ρόλο στον σχηματισμό τους και αποκαλύπτουν σημαντικότερα στοιχεία σχετικά με τη γεωμορφολογική και τεκτονική τους εξέλιξη καθώς και τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής. Συνεπώς θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σαν εργαλείο για την παλαιογεωγραφική εξέλιξη μιας περιοχής και γενικότερα την κατανόηση της εξέλιξης της επιφάνειας της γης.

Οι κόκκοι των ορυκτών της ιζηματογενούς απόθεσης διαφέρουν μεταξύ τους επειδή έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες (μορφή, μέγεθος, σχήμα) και δύσκολα παρουσιάζουν τις ίδιες ιδιότητες ακόμη κι αν βρίσκονται στην ίδια απόθεση. Είναι δυνατόν όμως να εμφανίζουν παρόμοιες ιδιότητες γι' αυτό και κατηγοριοποιούνται σε ομάδες, κάτι το οποίο αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για τους ιζηματολόγους, οι οποίοι μελετώντας τα χαρακτηριστικά του ιστού (κοκκομετρικές στατιστικές παράμετροι) όλων των κόκκων μπορούν να διεξάγουν συμπεράσματα σχετικά με τον βαθμό των φυσικών διεργασιών που έχουν επιδράσει πάνω σε κάθε κόκκο κατά τη μεταφορά και απόθεσή του (Selley, 1976).

Προκειμένου να γίνει ο καθορισμός της λιθολογίας και ο προσδιορισμός των κοκκομετρικών παραμέτρων για την περιγραφή της κοκκομετρικής κατανομής των ιζημάτων πραγματοποιείται κοκκομετρική ανάλυση ιζημάτων. Στην παρούσα έρευνα, πραγματοποιήθηκε κοκκομετρική ανάλυση σε 26 δείγματα συνολικά.

#### ➤ Προπαρασκευή δειγμάτων για ανάλυση

Από κάθε δείγμα χρησιμοποιήθηκε ποσότητα δείγματος 100 gr με τη χρήση ζυγού ακριβείας Mettler AE240. Κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε ποτήρι ζέσεως προκειμένου να πραγματοποιηθεί η διαδικασία απομάκρυνσης των ανθρακικών αλάτων με την προσθήκη 10% HCl και της οργανικής ύλης με την προσθήκη 10% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Μετά την προσθήκη του HCl πραγματοποιούνται εκπλύσεις και φυγοκέντρωση του δείγματος σε 2000 στροφές/λεπτό για 10 min για την απομάκρυνση του οξέος. Στη συνέχεια, γίνεται ξήρανση του δείγματος σε κλίβανο σε θερμοκρασία 50°C και ζύγιση του ξηρού δείγματος, ώστε να γίνει ο υπολογισμός της απώλειας σε βάρος από το αρχικό ξηρό δείγμα που αποτελεί και την ποσότητα των ανθρακικών που εμπεριέχονται στο αρχικό δείγμα. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και μετά την προσθήκη του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, όπου η ποσότητα των οργανικών υλικών που υπήρχε στο δείγμα πριν από την απομάκρυνσή τους. Τέλος, υπολογίζεται η (%) αναλογία των αλάτων κατά βάρος.

Το επόμενο βήμα που ακολουθεί αφορά στον υπολογισμό του ποσοστού των λεπτόκοκκων και των χονδρόκοκκων υλικών που εμπεριέχονται στο αρχικό δείγμα. Ο υπολογισμός των λεπτόκοκκων υλικών έγινε με τη μέθοδο του σιφωνίου και στη συνέχεια ακολούθησε ο υπολογισμός των χονδρόκοκκων υλικών ο οποίος έγινε με τη μέθοδο του κοσκινίσματος.

#### 2.2.3.1 Διαδικασία ανάλυσης με τη μέθοδο του σιφωνίου

Αρχικά, μετά την απομάκρυνση των ανθρακικών αλάτων και της ανόργανης ύλης, ζυγίζονται 20 g υλικού από το δείγμα και εισάγονται σ' ένα φλασκοειδές δοχείο όπου προστίθενται περίπου 500 ml απιονισμένου νερού. Έπειτα, προστίθενται 20 ml



εξαμεταφωσφορικού νατρίου, γνωστό στο εμπόριο με το όνομα Calgon, για τη διατήρηση των κόκκων του υλικού σε διασπορά έτσι ώστε να μην συσσωματωθούν μέσα στο νερό. Ο παράγοντας διασποράς είναι πάντοτε σε διάλυση με απεσταγμένο νερό (1:3).

Στη συνέχεια, σφραγίζεται καλά το δοχείο και τοποθετείται σ' ένα δονητή για αρκετή ώρα. Αφού αναδευτεί καλά εισάγεται σε ογκομετρικό κύλινδρο των 1000 ml όπου προστίθεται απεσταγμένο νερό μέχρι τα 1000 ml. Έπειτα, αναδύεται καλά και με ένα σιφώνιο των 20 ml γίνεται λήψη δειγμάτων σε διαφορετικούς χρόνους, οι οποίοι αντιστοιχούν σε διαφορετικά κοκκομετρικά κλάσματα. Οι χρόνοι δειγματοληψίας και οι αντίστοιχες διαμέτροι των κόκκων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 2: Χρόνος δειγματοληψίας με τις αντίστοιχες διαμέτρους κόκκων.**

mm	Φ	Χρόνος		
		h	min	sec
0.0625	4.0			25
0.0442	4.5			50
0.0312	5.0		1	39
0.0221	5.5		3	18
0.0154	6.0		6	48
0.0110	6.5		13	19
0.0078	7.0		26	30
0.0055	7.5		53	18
0.0039	8.0	1	46	02
0.0027	8.5	3	41	14
0.0019	9.0	7	26	46

Με βάση τους χρόνους και τις αντίστοιχες κοκκομετρίες του παραπάνω πίνακα (πίνακας 2) ελήφθησαν συνολικά 11 υποδείγματα των 20ml με κοκκομετρίες από 2 μm έως 63 μm, για κάθε ένα από τα 26 δείγματα. Στη συνέχεια, ακολούθησε η ξήρανσή τους σε κλίβανο (Εικόνα 9) σε θερμοκρασία 50°C και ζύγιση του ξηρού δείγματος, ώστε να γίνει ο υπολογισμός του καθαρού βάρους (βάρος δοχείου + δείγματος) - (Βάρος δοχείου) των υποδειγμάτων και έπειτα ο υπολογισμός του ποσοστού του κάθε υποδείγματος (πίνακας 3-6).



Εικόνα 9: Ξήρανση στον κλίβανο σε θερμοκρασία 50 °C.

Πίνακας 3: Κοκκομετρική ανάλυση ιζημάτων πυρήνα KAL 1 με τη μέθοδο του σιφωνιού και υπολογισμός των αθροιστικών (%) ποσοστών σε κάθε κλάσμα μεγέθους.

Πυρήνας KAL-1																					
mm	Φ	Χρόνος			Βάρος εξαμεταφυοσφορικού οξέος / 20 ml (gr)	Αθροιστικό % ποσοστό															
						KAL 1-2		KAL 1-2		KAL 1-4		KAL 1-5		KAL 1-7		KAL 1-10		KAL 1-12		KAL 1-14	
		h	min	sec		Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα		
0.0625	4.0			25	0.002	84.5	15.5	90.75	9.25	58.25	41.75	79.5	20.5	82	18	69.5	30.5	79.5	20.5	42	58
0.0442	4.5			50	0.002	79.5	20.5	87	13	47	53	68.25	31.75	62	38	55.75	44.25	72	28	35.75	64.25
0.0312	5.0	1		39	0.002	74.5	25.5	83.25	16.75	35.75	64.25	59.5	40.5	52	48	37	63	54.5	45.5	29.5	70.5
0.0221	5.5	3		18	0.002	70.75	29.25	77	23	28.25	71.75	47	53	49.5	50.5	24.5	75.5	34.5	65.5	24.5	75.5
0.0154	6.0	6		48	0.002	67	33	69.5	30.5	19.5	80.5	32	68	27	73	15.75	84.25	19.5	80.5	18.25	81.75
0.0110	6.5	13		19	0.002	38.25	61.75	44.5	55.5	17	83	20.75	79.25	22	78	9.5	90.5	7	93	14.5	85.5
0.0078	7.0	26		30	0.002	4.5	95.5	12	88	12	88	12	88	9.5	90.5	8.25	91.75	7	93	12	88
0.0055	7.5	53		18	0.002	3.25	96.75	8.25	91.75	7	93	13.25	86.75	4.5	95.5	5.75	94.25	4.5	95.5	7	93
0.0039	8.0	1	46	02	0.002	3.25	96.75	4.5	95.5	4.5	95.5	7	93	2	98	17	83	4.5	95.5	5.75	94.25
0.0027	8.5	3	41	14	0.002	3.25	96.75	4.5	95.5	3.25	96.75	3.25	96.75	4.5	95.5	4.5	95.5	2	98	5.75	94.25
0.0019	9.0	7	26	46	0.002	3.25	96.75	4.5	95.5	3.25	96.75	0.75	99.25	2	98	4.5	95.5	4.5	95.5	5.75	94.25

Πίνακας 4: Κοκκομετρική ανάλυση ιζημάτων πυρήνα KAL 2 με τη μέθοδο του σιφωνιού και υπολογισμός των αθροιστικών (%) ποσοστών σε κάθε κλάσμα μεγέθους.

Πυρήνας KAL-2																	
mm	Φ	Χρόνος			Βάρος εξαμεταφυοσφορικού οξέος / 20 ml (gr)	Αθροιστικό % ποσοστό											
						KAL 2-1		KAL 2-2		KAL 2-4		KAL 2-7		KAL 2-12		KAL 2-14	
		h	min	sec		Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα
0.0625	4.0			25	0.002	79.5	20.5	84.5	15.5	87	13	87	13	39.5	60.5	79.5	20.5
0.0442	4.5			50	0.002	73.25	26.75	67	33	78.25	21.75	78.25	21.75	32	68	62	38
0.0312	5.0	1		39	0.002	64.5	35.5	47	53	64.5	35.5	64.5	35.5	25.75	74.25	42	58
0.0221	5.5	3		18	0.002	50.75	49.25	29.5	70.5	52	48	52	48	20.75	79.25	42	58
0.0154	6.0	6		48	0.002	34.5	65.5	17	83	42	58	42	58	17	83	19.5	80.5
0.0110	6.5	13		19	0.002	24.5	75.5	12	88	24.5	75.5	24.5	75.5	13.25	86.75	13.25	86.75
0.0078	7.0	26		30	0.002	12	88	7	93	5.75	94.25	5.75	94.25	12	88	10.75	89.25
0.0055	7.5	53		18	0.002	4.5	95.5	7	93	2	98	2	98	8.25	91.75	7	93
0.0039	8.0	1	46	02	0.002	2	98	4.5	95.5	5.75	94.25	5.75	94.25	7	93	19.5	80.5
0.0027	8.5	3	41	14	0.002	3.25	96.75	7	93	3.25	96.75	3.25	96.75	5.75	94.25	4.5	95.5
0.0019	9.0	7	26	46	0.002	0.75	99.25	7	93	3.25	96.75	3.25	96.75	2	98	4.5	95.5

**Πίνακας 5: Κοκκομετρική ανάλυση ιζημάτων πυρήνα KAL 3 με τη μέθοδο του σιφωνίου και υπολογισμός των αθροιστικών (%) ποσοστών σε κάθε κλάσμα μεγέθους.**

Πυρήνας KAL-3															
mm	Φ	Χρόνος			Βάρος εξαιεταφωσφορικού οξέος / 20 ml (gr)	Αθροιστικό % ποσοστό									
						KAL 3-5		KAL 3-6		KAL 3-12		KAL 3-13		KAL 3-15	
		h	min	sec		Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα
0.0625	4.0			25	0.002	89.5	10.5	10.75	89.25	14.5	85.5	14.5	85.5	42	58
0.0442	4.5			50	0.002	88.25	11.75	18.25	81.75	14.5	85.5	12	88	37	63
0.0312	5.0		1	39	0.002	79.5	20.5	7	93	13.25	86.75	12	88	33.25	66.75
0.0221	5.5		3	18	0.002	72	28	7	93	12	88	8.25	91.75	29.5	70.5
0.0154	6.0		6	48	0.002	55.75	44.25	7	93	9.5	90.5	8.25	91.75	24.5	75.5
0.0110	6.5		13	19	0.002	42	58	4.5	95.5	8.25	91.75	8.25	91.75	20.75	79.25
0.0078	7.0		26	30	0.002	29.5	70.5	3.25	96.75	5.75	94.25	7	93	17	83
0.0055	7.5		53	18	0.002	19.5	80.5	2	98	4.5	95.5	4.5	95.5	13.25	86.75
0.0039	8.0	1	46	02	0.002	14.5	85.5	2	98	5.75	94.25	4.5	95.5	10.75	89.25
0.0027	8.5	3	41	14	0.002	9.5	90.5	2	98	4.5	95.5	3.25	96.75	7	93
0.0019	9.0	7	26	46	0.002	4.5	95.5	0.75	99.25	4.5	95.5	2	98	4.5	95.5

**Πίνακας 6: Κοκκομετρική ανάλυση ιζημάτων πυρήνα KAL 4 με τη μέθοδο του σιφωνίου και υπολογισμός των αθροιστικών (%) ποσοστών σε κάθε κλάσμα μεγέθους.**

Πυρήνας KAL-4																	
mm	Φ	Χρόνος			Βάρος εξαιεταφωσφορικού οξέος / 20 ml (gr)	Αθροιστικό % ποσοστό											
						KAL 4-2		KAL 4-4		KAL 4-6		KAL 4-8		KAL 4-13		KAL 4-15	
		h	min	sec		Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα	Λεπτότερα	Χονδρότερα
0.0625	4.0			25	0.002	90.75	9.25	94.5	5.5	28.25	71.75	82	18	4.5	95.5	95.75	4.25
0.0442	4.5			50	0.002	89.5	10.5	94.5	5.5	25.75	74.25	77	23	4.5	95.5	94.5	5.5
0.0312	5.0		1	39	0.002	87	13	88.25	11.75	22	78	74.5	25.5	4.5	95.5	88.25	11.75
0.0221	5.5		3	18	0.002	84.5	15.5	80.75	19.25	17	83	73.25	26.75	3.25	96.75	82	18
0.0154	6.0		6	48	0.002	75.75	24.25	67	33	14.5	85.5	62	38	3.25	96.75	67	33
0.0110	6.5		13	19	0.002	38.25	61.75	40.75	59.25	10.75	89.25	7	93	3.25	96.75	28.25	71.75
0.0078	7.0		26	30	0.002	4.5	95.5	24.5	75.5	8.25	91.75	2	98	0.75	99.25	4.5	95.5
0.0055	7.5		53	18	0.002	3.25	96.75	15.75	84.25	4.5	95.5	2	98	0.75	99.25	3.25	96.75
0.0039	8.0	1	46	02	0.002	4.5	95.5	9.5	90.5	7	93	2	98	0.75	99.25	0.75	99.25
0.0027	8.5	3	41	14	0.002	3.25	96.75	5.75	94.25	2	98	0.75	99.25	0.25	99.75	0.75	99.25
0.0019	9.0	7	26	46	0.002	3.25	96.75	3.25	96.75	2	98	0.75	99.25	0.25	99.75	0.75	99.25

### 2.2.3.3 Υπολογισμός κοκκομετρικών στατιστικών παραμέτρων

Για την εξαγωγή ποσοτικών συμπερασμάτων χρησιμοποιούνται οι κοκκομετρικές στατιστικές παράμετροι (Folk and Ward, 1957), οι οποίες περιγράφουν ποσοτικά ορισμένα χαρακτηριστικά των καμπυλών. Οι παράμετροι αυτές μπορούν να συγκριθούν άμεσα, ενώ ορισμένοι συνδυασμοί των τιμών τους αποτελούν σημαντικό εργαλείο για τον χαρακτηρισμό των περιβαλλόντων απόθεσης από τα οποία έγινε η δειγματοληψία. Ο υπολογισμός των κοκκομετρικών στατιστικών παραμέτρων μπορεί να γίνει με δυο μεθόδους, τη μαθηματική και τη γραφική μέθοδο, που αποτελεί την πλέον κλασική μέθοδο για τους ιζηματολόγους. Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε η γραφική μέθοδος.

Για την εκτίμηση των στατιστικών παραμέτρων με τη γραφική μέθοδο, αρχικά, γίνεται η κατασκευή της κοκκομετρικής καμπύλης αθροιστικών συχνοτήτων και η ανάγνωση διάφορων αθροιστικών ποσοστών. Οι στατιστικές κοκκομετρικές παράμετροι περιγράφουν ποσοτικά την κοκκομετρική σύσταση ενός δείγματος ιζήματος και οι σημαντικότερες είναι οι εξής (Καρύμπαλης, 2010):

- 1) το μέσο μέγεθος (M)
- 2) η σταθερή απόκλιση (σ)
- 3) η λοξότητα (sk)
- 4) και η κύρτωση (ku)

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τους τύπους υπολογισμού των κοκκομετρικών στατιστικών παραμέτρων.

Πίνακας 7: Τύποι υπολογισμού στατιστικών παραμέτρων.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΞΙΣΩΣΗ
Γραφικό μέσο μέγεθος	$Mz = (\emptyset 16 + \emptyset 50 + \emptyset 84) / 3$
Γραφική σταθερά απόκλιση	$S_D = [(\emptyset 84 - \emptyset 16) / 4] + [(\emptyset 95 - \emptyset 5) / 6.6]$
Γραφική κύρτωση	$K_G = (\emptyset 95 - \emptyset 5) / 2.44(\emptyset 75 - \emptyset 25)$
Γραφική λοξότητα	$Sk = [(\emptyset 16 + \emptyset 84 - 2\emptyset 50) / 2(\emptyset 84 - \emptyset 16)] + [(\emptyset 5 + \emptyset 95 - 2\emptyset 50) / 2(\emptyset 95 - \emptyset 5)]$

#### Γραφικό μέσο μέγεθος (M)

Το μέσο μέγεθος (M) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του μεγέθους των κόκκων από τους οποίους αποτελείται το δείγμα. Ουσιαστικά δίνει πληροφορία σχετικά με το αν το υλικό του δείγματος είναι χονδρόκοκκο ή λεπτόκοκκο.

#### Γραφική σταθερή απόκλιση (σ)

Η σταθερή απόκλιση μετράει τη συγκέντρωση των κόκκων του δείγματος γύρω από τον μέσο όρο του. Ουσιαστικά, εξετάζει πόσο ομοιογενές ή ανομοιογενές κοκκομετρικά είναι το ιζημα εξετάζοντας την ταξινόμησή του ως προς το μέγεθος των κόκκων. Κόκκοι με την ίδια ή παρόμοια διάμετρο, υποδηλώνουν καλή ταξινόμηση, ενώ κόκκοι διαφορετικής διαμέτρου, υποδηλώνουν φτωχή ταξινόμηση (Πίνακας 8). Όταν οι τιμές της σταθερής απόκλισης είναι μεγάλες τότε η ταξινόμηση είναι φτωχή, το οποίο σημαίνει ότι κατά τη μεταφορά και την απόθεση του ιζήματος έλαβε χώρα περιορισμένη διαλογή των κόκκων του, ενώ όταν οι τιμές της είναι μικρές τότε είναι καλή η διαλογή των κόκκων του ιζήματος από το μέσο μεταφοράς και απόθεσής του.

Πίνακας 8: Βαθμός ταξινόμησης ιζημάτων με βάση την σταθερή απόκλιση (Καρύμπαλης, 2010).

<i>Αποκλειστική σταθερή απόκλιση σI</i>	<i>Ταξινόμηση</i>
< 0.35 Φ	Πολύ καλή
0.35-0.50 Φ	Καλή
0.50-0.71 Φ	Μετρίως καλή
0.71-1.0 Φ	Μέτρια
1.0-2.0 Φ	Κακή-Φτωχή
2.0-4.0 Φ	Πολύ κακή-φτωχή
> 4.0 Φ	Εξαιρετικά κακή-φτωχή

#### Λοξότητα(sk)

Η παράμετρος της λοξότητας χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του βαθμού της ασυμμετρίας, δηλαδή του βαθμού απόκλισης μιας κατανομής μεγέθους κόκκων από μία κανονική κατανομή και λαμβάνει τιμές από -1 έως +1 (Πίνακας 9). Ουσιαστικά, η λοξότητα εκφράζει το κατά πόσο μια καμπύλη έχει ασύμμετρη ουρά προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά, κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό αφού οι "ουρές" της καμπύλης είναι τα

πιο κρίσιμα σημεία, προκειμένου να παρατηρηθούν διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Τιμές κοντά στο μηδέν είναι ενδεικτικές μίας συμμετρικής καμπύλης, θετικές τιμές υποδηλώνουν πλεονάζον λεπτόκοκκο υλικό (ουρά προς τα δεξιά), ενώ αρνητικές τιμές υποδηλώνουν πλεονάζον χονδροκόκκο υλικό (ουρά προς τα αριστερά). Όσο μεγαλύτερη είναι η απόκλιση, τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός ασυμμετρίας. Στα αιολικά ιζήματα λαμβάνονται θετικές τιμές λοξότητας, σε αντίθεση με τα παράκτια όπου λαμβάνονται αρνητικές τιμές.

**Πίνακας 9: Τιμές λοξότητας (Καρύμπαλης, 2010).**

<i>Όρια τιμών λοξότητας SKI</i>	<i>Χαρακτηρισμός ιζήματος</i>
1.00 έως 0.30	Πολύ θετική (λεπτόκοκκη) λοξότητα
0.30 έως 0.10	Θετική (λεπτόκοκκη) λοξότητα
0.10 έως -0.10	Συμμετρικό
0.10 έως 0.30	Αρνητική (χονδροκόκκη) λοξότητα
0.30 έως 1.30	Πολύ αρνητική (χονδροκόκκη) λοξότητα

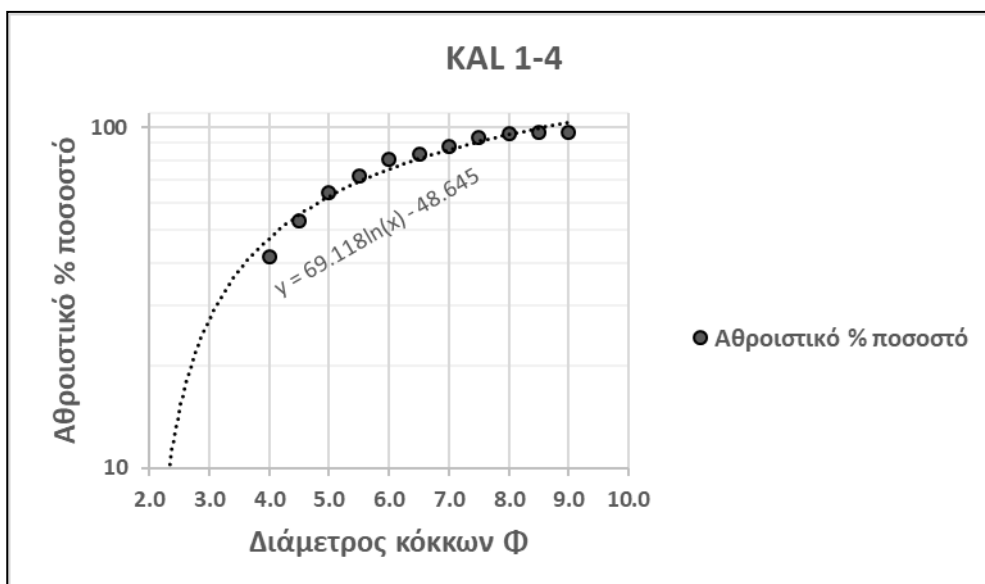
### Κύρτωση

Η κύρτωση υπολογίζει το λόγο μεταξύ της διαβάθμισης στην ουρά της καμπύλης και της διαβάθμισης στο κεντρικό τμήμα αυτής. Η κύρτωση χαρακτηρίζεται ως λεπτόκυρτη όταν το κεντρικό τμήμα είναι καλύτερα διαβαθμισμένο από τα άκρα, το οποίο υποδηλώνει μεγάλη συγκέντρωση κόκκων κοντά στο μέσο όρο. Ως μεσόκυρτη χαρακτηρίζεται όταν η κατανομή των κόκκων είναι κανονική γύρω από τον μέσο όρο και ως πλατύκυρτη όταν η ουρά είναι καλύτερα διαβαθμισμένη από το κεντρικό τμήμα, δηλαδή υπάρχει μεγάλη διασπορά κατανομής των κόκκων σε σχέση με τον μέσο όρο (Πίνακας 10).

**Πίνακας 10: Χαρακτηρισμός ιζημάτων με βάση την κύρτωση (Καρύμπαλης, 2010).**

<i>Όρια τιμών κύρτωσης K<sub>G</sub></i>	<i>Χαρακτηρισμός ιζήματος</i>
$K_G < 0.67$	Πολύ πλατύκυρτο
$0.67 < K_G < 0.90$	Πλατύκυρτο
$0.90 < K_G < 1.11$	Μεσόκυρτο
$1.11 < K_G < 1.50$	Λεπτόκυρτο
$1.50 < K_G < 3.00$	Πολύ λεπτόκυρτο
$K_G > 3.00$	Πάρα πολύ λεπτόκυρτο

Για τον υπολογισμό των κοκκομετρικών στατιστικών παραμέτρων με τη γραφική μέθοδο, αρχικά, τοποθετήθηκε το αθροιστικό ποσοστό των λεπτόκοκκων κλασμάτων σε λογαριθμική κλίμακα συναρτήσεως της διαμέτρου των κόκκων  $\Phi$  σε ένα σύστημα αξόνων, από τα οποία προέκυψε μία λογαριθμική καμπύλη για κάθε δείγμα (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Λογαριθμική καμπύλη με τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης του δείγματος KAL 1-4, αντιπροσωπευτική των υπόλοιπων συλλεχθέντων δειγμάτων.

Στη συνέχεια, βάσει των τύπων και της κλίμακας ταξινόμησης των ιζημάτων έγινε ο υπολογισμός τους (Πίνακας 11-15).

Πίνακας 11: Κλίμακα ταξινόμησης των ιζημάτων ανάλογα με τις τιμές των στατιστικών παραμέτρων (Folk and Ward,1957).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΟΡΙΑ	ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ
<b>ΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ</b>	< 0.35 Ø	Πολύ καλά διαβαθμισμένα
	0.35 – 0.50 Ø	Καλά διαβαθμισμένα
	0.50 – 0.71 Ø	Μετρίως καλά διαβαθμισμένα
	0.71 – 1.00 Ø	Μετρίως διαβαθμισμένα
	1.00 – 2.00 Ø	Φτωγά διαβαθμισμένα
	2.00 – 4.00 Ø	Πολύ φτωγά διαβαθμισμένα
	> 4.00 Ø	Εξαιρετικά φτωγά διαβαθμισμένα
<b>ΓΡΑΦΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ</b>	(+1.00) – (+0.30)	Ισχυρά λεπτο-λοξεμένα
	(+0.30) – (+0.10)	Λεπτο-λοξεμένα
	(+0.10) – (-0.10)	Σχεδόν λεπτο-λοξεμένα
	(-0.10) – (-0.30)	Αδρο-λοξεμένα
	(-0.30) – (-1.00)	Ισχυρά αδρο-λοξεμένα
<b>ΓΡΑΦΙΚΗ ΚΥΡΤΩΣΗ</b>	< 0.67	Πολύ πλατύκυρτα
	0.67 – 0.90	Πλατύκυρτα
	0.90 – 1.11	Μεσόκυρτα
	1.11 – 1.50	Λεπτόκυρτα
	1.50 – 3.00	Πολύ λεπτόκυρτα
	> 3.00	Εξαιρετικά λεπτόκυρτα

Πίνακας 12: Τιμές στατιστικών παραμέτρων για τα ιζήματα του πυρήνα KAL 1.

Πυρήνας KAL 1				
Δείγμα	Γραφικός μέσος όρος μεγέθους (M)	Γραφική σταθερή απόκλιση ( $\sigma$ )	Γραφική Λοξότητα (sk)	Γραφική κύρτωση (ku)
KAL 1-2 1.65-1.70	3.98	0.65	-0.16	-1.55
KAL 1-2 2.25-2.30	6.16	1.29	0.01	0.75
KAL 1-4	4.51	1.77	0.02	0.77
KAL 1-5	5.45	1.47	0.01	0.75
KAL 1-7	5.32	1.44	0.01	0.75
KAL 1-10	4.71	1.70	0.02	0.77
KAL 1-12	6.02	1.58	-0.18	-0.76
KAL 1-14	3.82	2.06	0.04	0.81

Πίνακας 13: Τιμές στατιστικών παραμέτρων για τα ιζήματα του πυρήνα KAL 2.

Πυρήνας KAL 2				
Δείγμα	Γραφικός μέσος όρος μεγέθους (M)	Γραφική σταθερή απόκλιση ( $\sigma$ )	Γραφική Λοξότητα (sk)	Γραφική κύρτωση (ku)
KAL 2-1	5.52	1.38	0.01	0.75
KAL 2-2	5.14	1.48	0.01	0.76
KAL 2-4	5.63	1.33	0.01	0.75
KAL 2-7	4.87	1.57	0.01	0.76
KAL 2-12	3.56	2.07	0.04	0.83
KAL 2-14	5.14	1.61	0.01	0.76

Πίνακας 14: Τιμές στατιστικών παραμέτρων για τα ιζήματα του πυρήνα KAL 3.

Πυρήνας KAL 3				
Δείγμα	Γραφικός μέσος όρος μεγέθους (M)	Γραφική σταθερή απόκλιση ( $\sigma$ )	Γραφική Λοξότητα (sk)	Γραφική κύρτωση (ku)
KAL 3-5	6.25	1.46	0.01	0.75
KAL 3-6	1.30	1.35	0.17	1.44
KAL 3-12	1.45	1.55	0.18	1.61
KAL 3-13	1.32	1.42	0.19	1.66
KAL 3-15	2.87	1.57	0.04	0.82

Πίνακας 15: Τιμές στατιστικών παραμέτρων για τα ιζήματα του πυρήνα KAL 4.

Πυρήνας KAL 4				
Δείγμα	Γραφικός μέσος όρος μεγέθους (M)	Γραφική σταθερή απόκλιση ( $\sigma$ )	Γραφική Λοξότητα (sk)	Γραφική κύρτωση (ku)
KAL 4-2	6.16	1.22	0.00	0.75
KAL 4-4	6.32	1.30	0.00	0.75
KAL 4-6	2.91	2.02	0.06	0.88
KAL 4-8	5.73	1.25	0.01	0.75
KAL 4-13	1.14E+11	1.37E+11	0.25	9.35
KAL 4-15	6.09	1.14	0.00	0.75

### 2.2.3.2 Διαδικασία ανάλυσης χονδρόκοκκων υλικών

#### Μεθοδος υγρού κοσκινίσματος

Μετά τη διαδικασία της ανάλυσης των λεπτόκοκκων υλικών ακολούθησε η διαδικασία ανάλυσης των χονδρόκοκκων υλικών με τη μέθοδο του υγρού κοσκινίσματος. Σκοπός της ανάλυσης αυτής ήταν ο διαχωρισμός της ιλύος, της άμμου και των κροκαλών-χαλικιών. Για τη συγκεκριμένη διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν κόσκινα με σπές διαμέτρου 63 $\mu$ m και 2mm (Εικόνα 11) με τα οποία, σύμφωνα με τον Πίνακα 16, διαχωρίστηκε η ιλύς από την άμμο και η άμμος από τις κροκάλες-χαλίκια.



Εικόνα 11: Κόσκινα με σπές διαμέτρου 63 $\mu$ m και 2mm.

Πίνακας 16: Ταξινόμηση κόκκων με βάση το μέγεθος.

κόκκοι > 2 mm	Κροκάλες-χαλίκια (gravel)	ψηφίτες
κόκκοι 2 mm-0.0625 mm	Άμμος (sand)	ψαμμίτες
κόκκοι 0.0625 mm-0.0020 mm	Ιλύς (silt)	πηλίτες



Τα κόσκινα τοποθετήθηκαν το ένα πάνω με τις διαμέτρους να αυξάνουν από κάτω προς τα πάνω. Έπειτα, το υλικό που βρισκόταν στον ογκομετρικό σωλήνα εγχύθηκε στο επάνω κόσκινο το οποίο έχει και τη μεγαλύτερη διάμετρο και με τη βοήθεια τρεχούμενου απιονισμένου νερού έγινε ο διαχωρισμός του χονδροκόκκου υλικού. Μετά το κοσκίνισμα, τα δείγματα κάθε κόσκινου τοποθετήθηκαν σε δοχεία και ξηράθηκαν στον κλίβανο. Τα ξηρά δείγματα ζυγίστηκαν προκειμένου να βρεθούν τα ποσοστά της άμμου και των κροκαλών-χαλικιών (Πίνακας 17-20).

**Πίνακας 17: Ποσοστά άμμου των ιζημάτων του πυρήνα KAL 1.**

<b>Πυρήνας KAL 1</b>	
<b>Δείγμα</b>	<b>Ποσοστό (%) Άμμου</b>
<b>KAL 1-2 1.65-1.70</b>	9.70
<b>KAL 1-2 2.25-2.30</b>	2.73
<b>KAL 1-4</b>	35.68
<b>KAL 1-5</b>	20.28
<b>KAL 1-7</b>	8.65
<b>KAL 1-10</b>	16.20
<b>KAL 1-12</b>	4.55
<b>KAL 1-14</b>	56.45

**Πίνακας 18: Ποσοστά άμμου των ιζημάτων του πυρήνα KAL 2.**

<b>Πυρήνας KAL 2</b>	
<b>Δείγμα</b>	<b>Ποσοστό (%) Άμμου</b>
<b>KAL 2-1</b>	12.80
<b>KAL 2-2</b>	12.63
<b>KAL 2-4</b>	4.00
<b>KAL 2-7</b>	15.20
<b>KAL 2-12</b>	55.98
<b>KAL 2-14</b>	16.70

**Πίνακας 19: Ποσοστά άμμου των ιζημάτων του πυρήνα KAL 3.**

<b>Πυρήνας KAL 3</b>	
<b>Δείγμα</b>	<b>Ποσοστό (%) Άμμου</b>
<b>KAL 3-5</b>	4.10
<b>KAL 3-6</b>	84.23
<b>KAL 3-12</b>	74.25
<b>KAL 3-13</b>	81.73
<b>KAL 3-15</b>	54.88

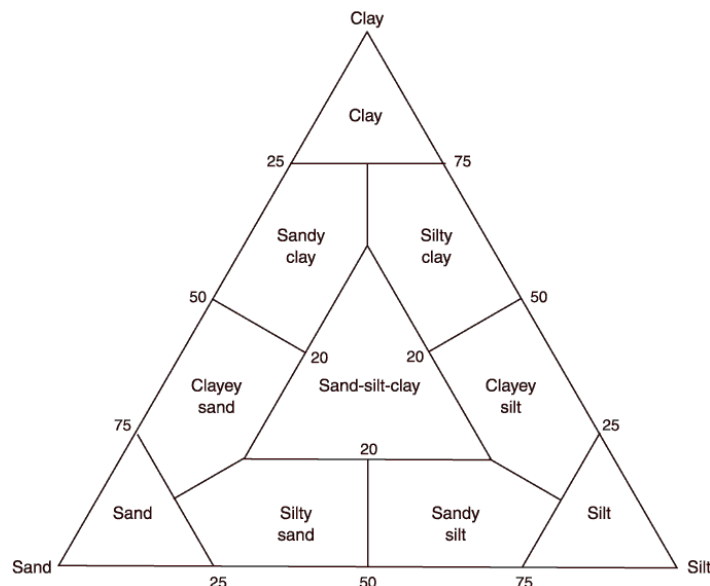
Πίνακας 20: Ποσοστά άμμου των ιζημάτων του πυρήνα ΚΑΛ 4.

Πυρήνας ΚΑΛ 4	
Δείγμα	Ποσοστό (%) Άμμου
ΚΑΛ 4-2	1.33
ΚΑΛ 4-4	0.18
ΚΑΛ 4-6	69.60
ΚΑΛ 4-8	16.03
ΚΑΛ 4-13	87.83
ΚΑΛ 4-15	1.28

Έπειτα, υπολογίστηκε το κατά βάρος ποσοστό της άμμου (2 mm-0.0625 mm), της ιλύος (0.0625 mm-0.0020 mm) και της αργίλου (< 0.0020 mm) για κάθε δείγμα ανά πυρήνα, με βάση του μεγέθους των κόκκων και προσδιορίστηκε ο λιθολογικός τους χαρακτηρισμός. Τα ποσοστά συμμετοχής κάθε αναλυθείσας τάξης μεγέθους σε κάθε δείγμα, αποτυπώθηκαν διαγραμματικά με στόχο, την εκτίμηση μιας γενικής εικόνας της λιθολογικής κατάστασης της περιοχής μελέτης.

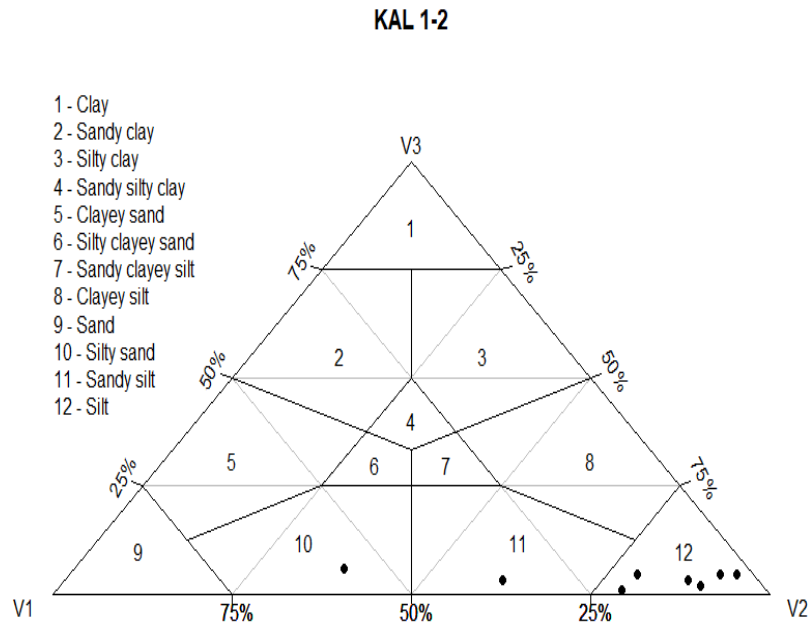
### 2.2.3.3 Λιθολογικός χαρακτηρισμός

Ο λιθολογικός χαρακτηρισμός των ιζημάτων προέκυψε σύμφωνα με το παρακάτω τριγωνικό διάγραμμα (Εικόνα 12) (Shepard, 1954).

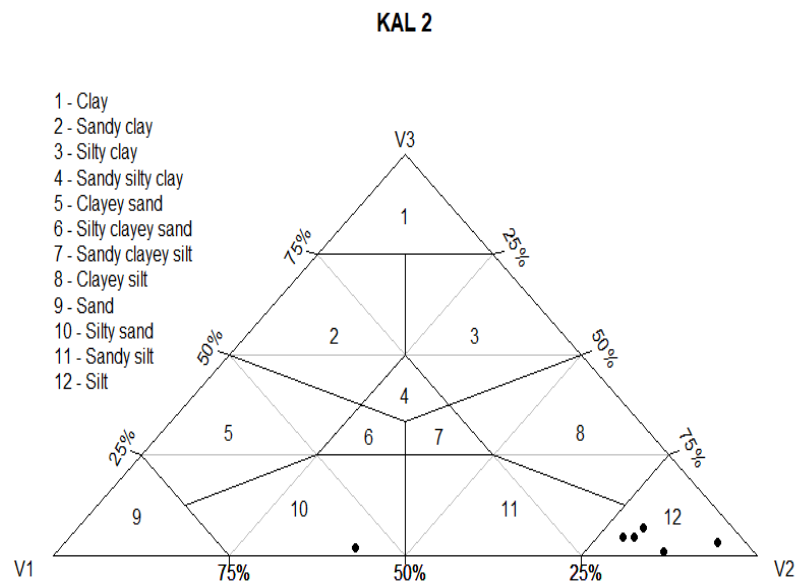


Εικόνα 12: Τριγωνικό διάγραμμα ταξινόμησης ιζημάτων κατά Shepard, (1954).

Το κατά βάρος ποσοστό της άμμου, της ιλύος και της αργίλου για κάθε δείγμα ανά πυρήνα (Εικόνα 13-16) και αντίστοιχα ο λιθολογικός τους χαρακτηρισμός παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 21-24).

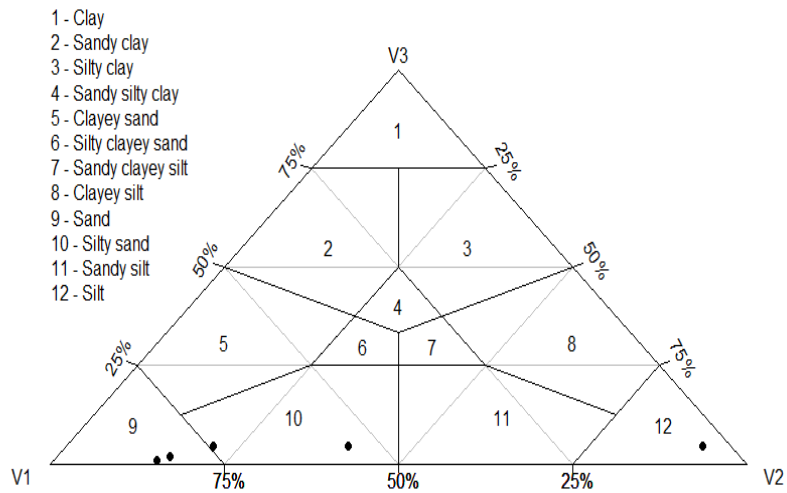


**Εικόνα 13:** Χαρακτηρισμός των ιζημάτων του πυρήνα της γεώτρησης KAL 1 με βάση την κοκκομετρική τους σύσταση κατά Shepard, (1954).



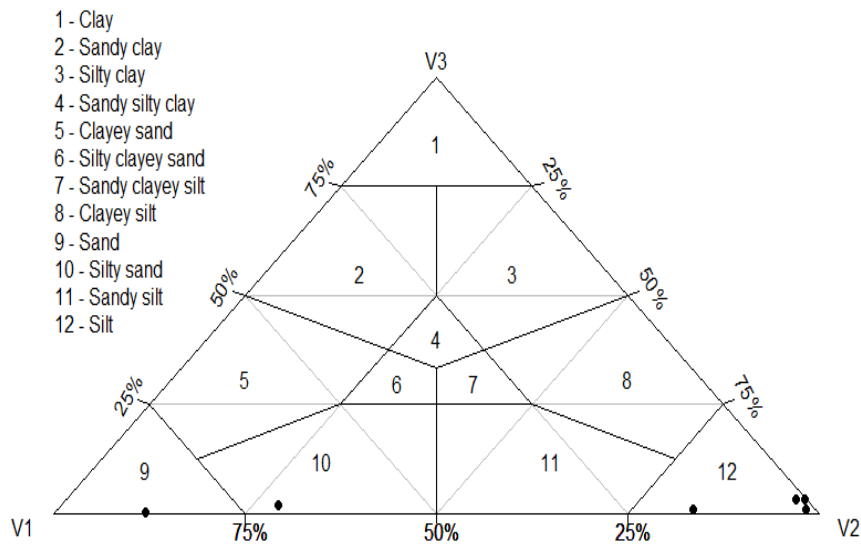
**Εικόνα 14:** Χαρακτηρισμός των ιζημάτων του πυρήνα της γεώτρησης KAL 2 με βάση την κοκκομετρική τους σύσταση κατά Shepard, (1954).

### KAL 3



Εικόνα 15: Χαρακτηρισμός των ιζημάτων του πυρήνα της γεώτρησης KAL 3 με βάση την κοκκομετρική τους σύσταση κατά Shepard, (1954).

### KAL 4



Εικόνα 16: Χαρακτηρισμός των ιζημάτων του πυρήνα της γεώτρησης KAL 4 με βάση την κοκκομετρική τους σύσταση κατά Shepard, (1954).

**Πίνακας 21: Ποσοστά κοκκομετρικών κλασμάτων και χαρακτηρισμός ιζημάτων για κάθε βάθος δειγματοληψίας του πυρήνα ΚΑΛ 1.**

<b>ΔΕΙΓΜΑ</b>	<b>ΒΑΘΟΣ (m)</b>	<b>ΑΜΜΟΣ (%)</b>	<b>ΙΛΥΣ (%)</b>	<b>ΑΡΓΙΛΟΣ (%)</b>	<b>ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ</b>
<b>ΚΑΛ 1-2a</b>	1.75	9.70	87.05	3.25	SILT
<b>ΚΑΛ 1-2b</b>	2.25	2.28	92.78	4.50	SILT
<b>ΚΑΛ 1-4</b>	4.1	35.68	61.08	3.25	SANDY SILT
<b>ΚΑΛ 1-5</b>	5.9	20.28	78.98	0.75	SILT
<b>ΚΑΛ 1-7</b>	7.8	8.65	89.35	2.00	SILT
<b>ΚΑΛ 1-10</b>	10.8	16.20	79.30	4.50	SILT
<b>ΚΑΛ 1-12</b>	12.8	4.55	90.95	4.50	SILT

**Πίνακας 22: Ποσοστά κοκκομετρικών κλασμάτων και χαρακτηρισμός ιζημάτων για κάθε βάθος δειγματοληψίας του πυρήνα ΚΑΛ 2.**

<b>ΔΕΙΓΜΑ</b>	<b>ΒΑΘΟΣ (m)</b>	<b>ΑΜΜΟΣ (%)</b>	<b>ΙΛΥΣ (%)</b>	<b>ΑΡΓΙΛΟΣ (%)</b>	<b>ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ</b>
<b>ΚΑΛ 2-1</b>	2.8	12.8	86.45	0.75	SILT
<b>ΚΑΛ 2-2</b>	3.35	12.625	80.375	7	SILT
<b>ΚΑΛ 2-4</b>	5.8	4	92.75	3.25	SILT
<b>ΚΑΛ 2-7</b>	8.75	15.2	80.3	4.5	SILT
<b>ΚΑΛ 2-12</b>	13.8	55.975	42.025	2	SILTY SAND
<b>ΚΑΛ 2-14</b>	16.1	16.7	78.8	4.5	SILT

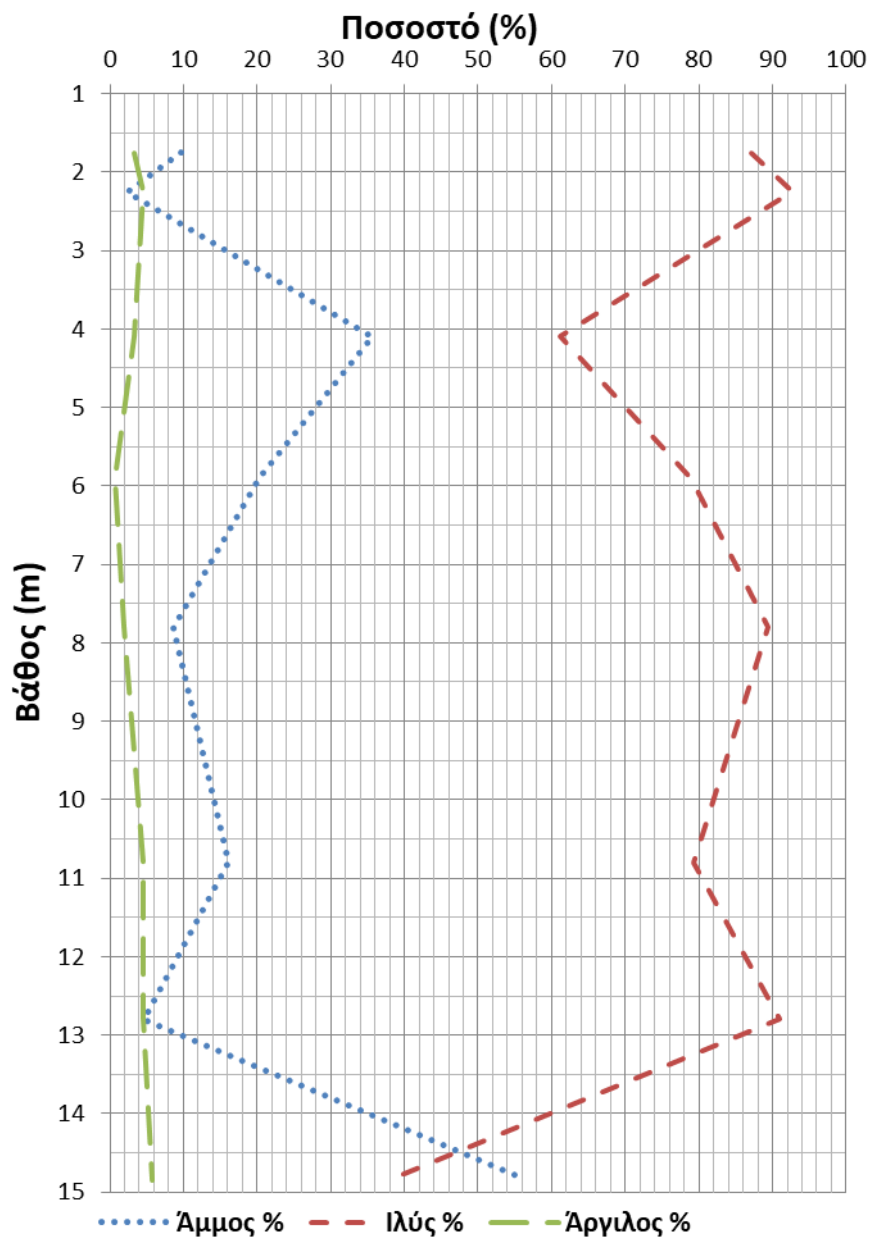
**Πίνακας 23: Ποσοστά κοκκομετρικών κλασμάτων και χαρακτηρισμός ιζημάτων για κάθε βάθος δειγματοληψίας του πυρήνα KAL 3.**

<b>ΔΕΙΓΜΑ</b>	<b>ΒΑΘΟΣ (m)</b>	<b>ΑΜΜΟΣ (%)</b>	<b>ΙΛΥΣ (%)</b>	<b>ΑΡΓΙΛΟΣ (%)</b>	<b>ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ</b>
KAL 3-5	3.2	4.1	91.4	4.5	SILT
KAL 3-6	4.65	84.225	15.025	0.75	SAND
KAL 3-12	10.6	74.25	21.25	4.5	SILTY SAND
KAL 3-13	11.6	81.725	16.275	2	SAND
KAL 3-15	13.6	54.875	40.625	4.5	SILTY SAND

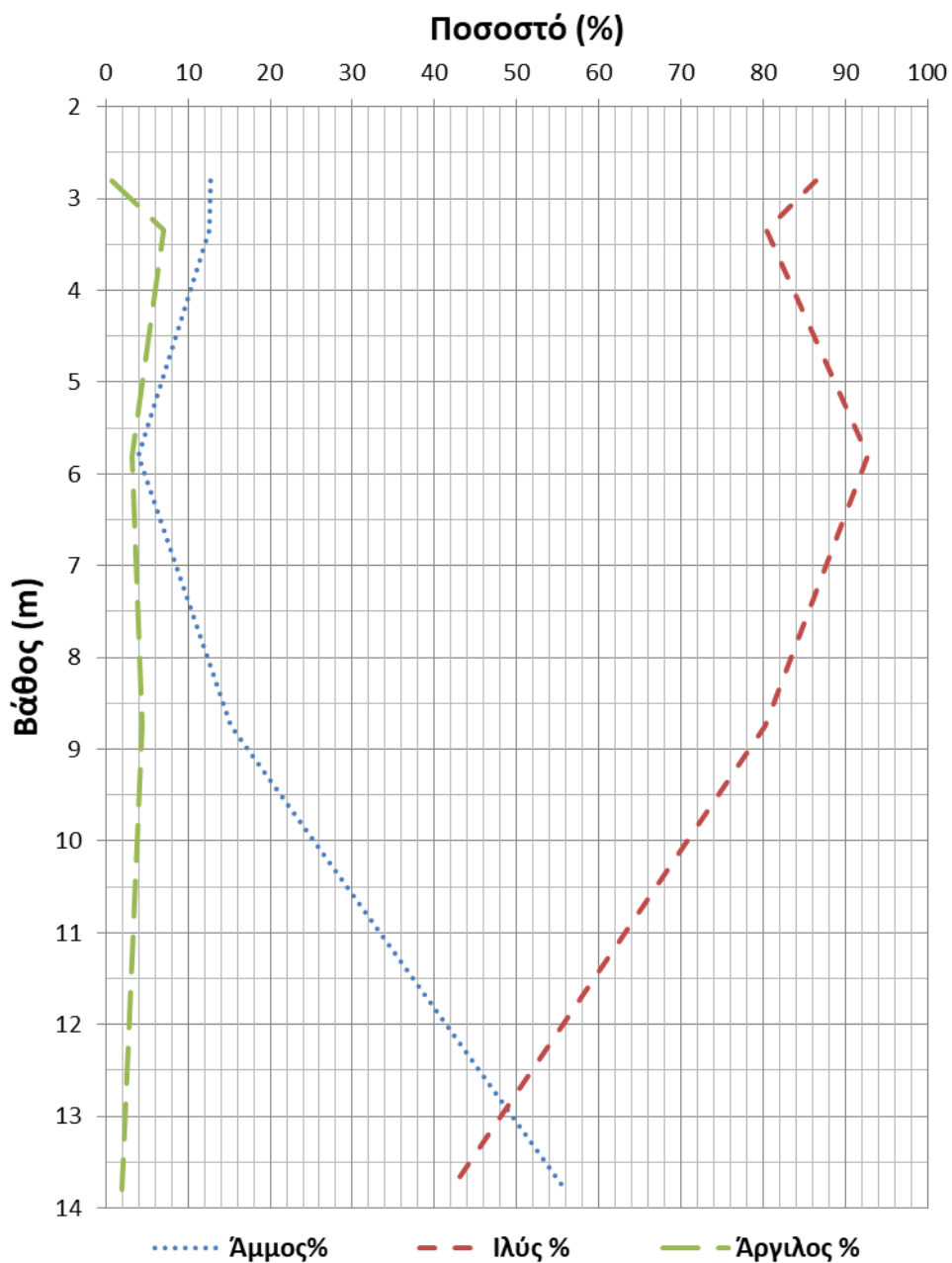
**Πίνακας 24: Ποσοστά κοκκομετρικών κλασμάτων και λιθολογικός χαρακτηρισμός ιζημάτων για κάθε βάθος δειγματοληψίας του Πυρήνα KAL 4.**

<b>ΔΕΙΓΜΑ</b>	<b>ΒΑΘΟΣ (m)</b>	<b>ΑΜΜΟΣ (%)</b>	<b>ΙΛΥΣ (%)</b>	<b>ΑΡΓΙΛΟΣ (%)</b>	<b>ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ</b>
KAL 4-2	2.15	1.325	95.425	3.25	SILT
KAL 4-4	4.05	0.175	96.575	3.25	SILT
KAL 4-6	5.8	69.6	28.4	2	SILTY SAND
KAL 4-8	7.8	16.025	83.225	0.75	SILT
KAL 4-13	13	87.825	11.925	0.25	SAND
KAL 4-15	14.85	1.275	97.975	0.75	SILT

Τα ποσοστά συμμετοχής κάθε αναλυθείσας τάξης μεγέθους σε κάθε δείγμα, αποτυπώθηκαν διαγραμματικά με στόχο, την εκτίμηση μιας γενικής εικόνας της λιθολογικής κατάστασης της περιοχής μελέτης (Διάγραμμα 1-4).

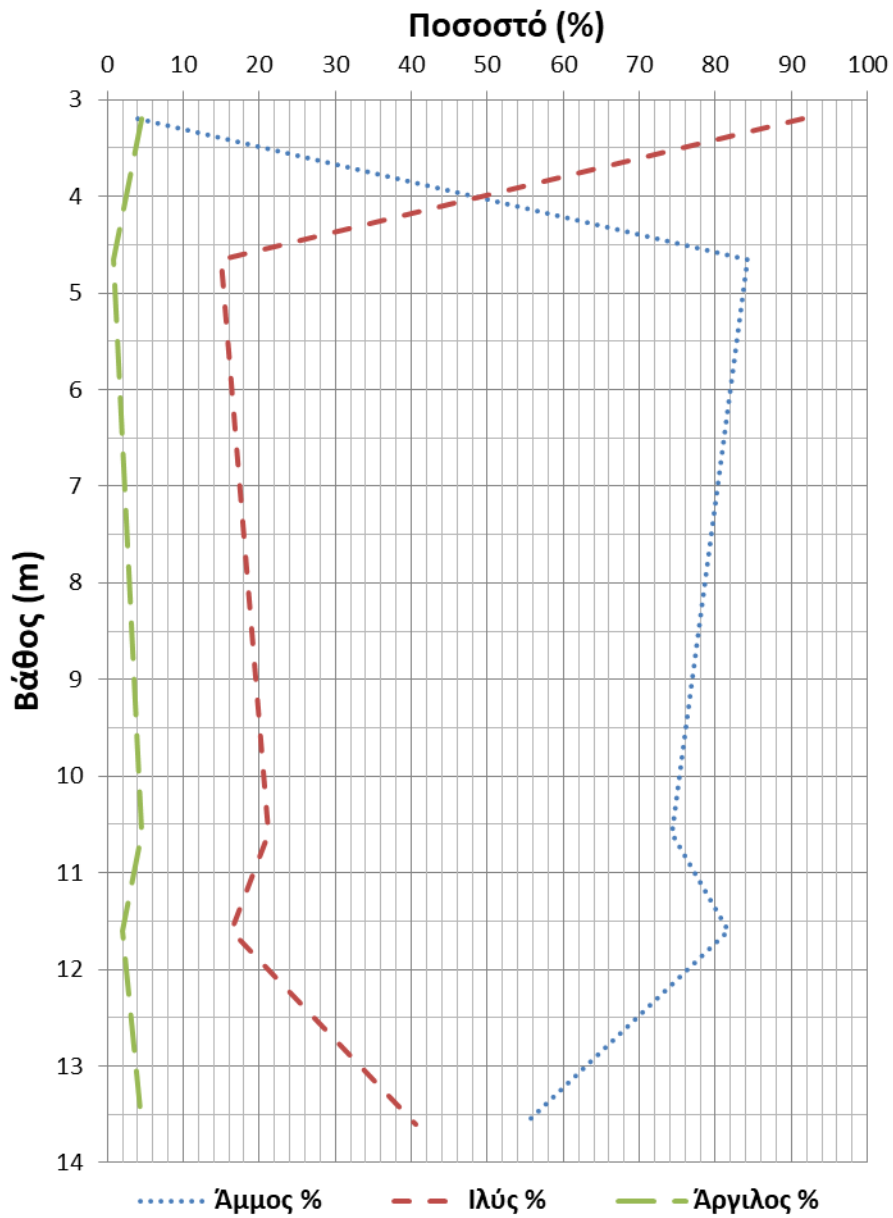


Διάγραμμα 1: Κατακόρυφο διάγραμμα μεταβολής των βασικών τάξεων μεγέθους (άμμος, ιλύς και άργιλος) με το βάθος, για τη γεώτρηση KAL 1.

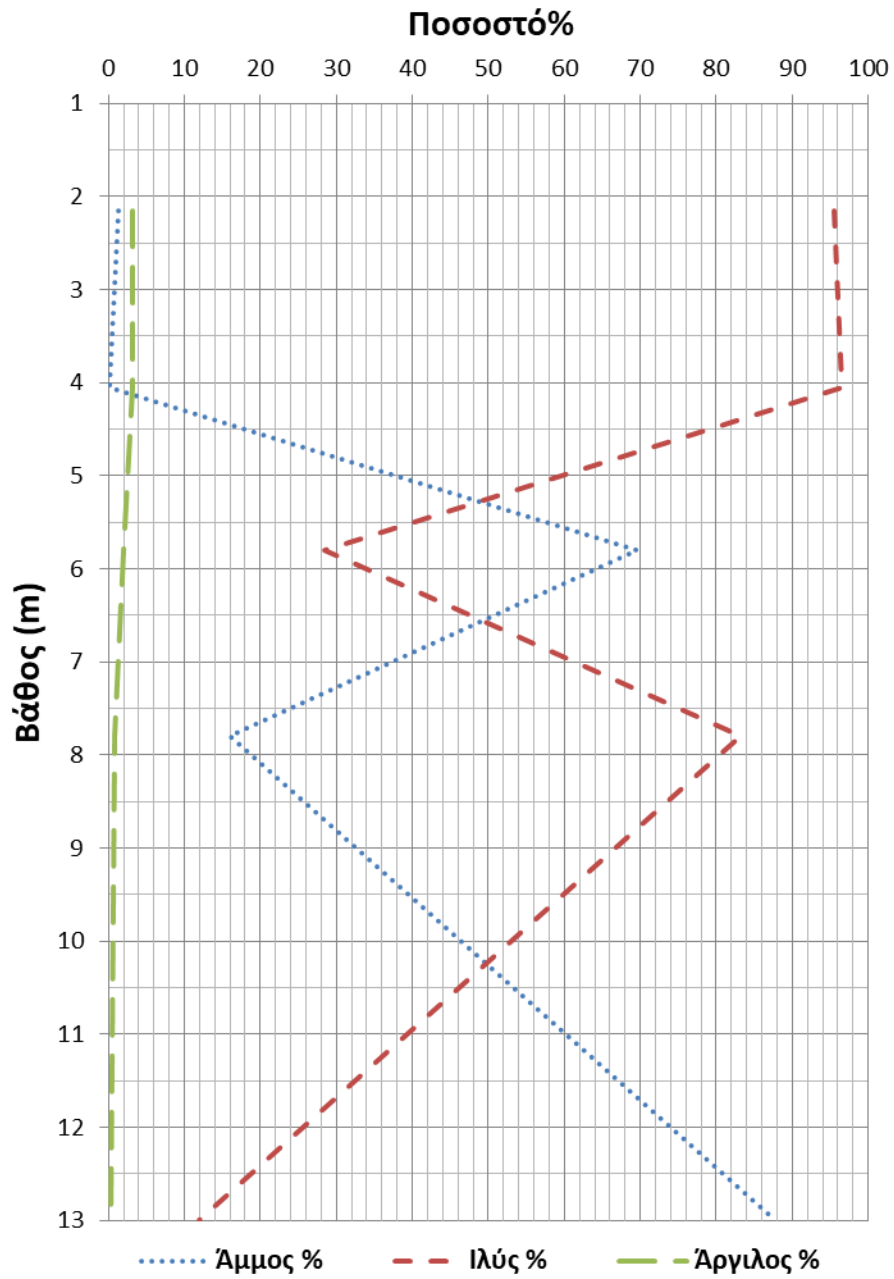


Διάγραμμα 2: Κατακόρυφα διαγράμματα μεταβολής των βασικών τάξεων μεγέθους (άμμος, ιλύς και άργιλος) με το βάθος, για τη γεώτρηση ΚΑΛ 2.





Διάγραμμα 3: Κατακόρυφα διαγράμματα μεταβολής των βασικών τάξεων μεγέθους (άμμος, ιλύς και άργιλος) με το βάθος, για τη γεώτρηση KAL 3.



Διάγραμμα 4: Κατακόρυφα διαγράμματα μεταβολής των βασικών τάξεων μεγέθους (άμμος, ιλύς και άργιλος) με το βάθος, για τη γεώτρηση KAL 4.

## 2.2.4 Ορυκτολογικές αναλύσεις ιζημάτων

Από κάθε δείγμα προετοιμάστηκε παρασκεύασμα κόνωσης με τυχαίο προσανατολισμό ακτινογραφήθηκε σε εύρος 2θ: 3° έως 63°, σε διάταξη περιθλασιμετρίας Siemens D500, με χρήση λυχνίας Cu και βήμα σάρωσης 1° /min. Η ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων παρουσιάζεται στους Πίνακες 25-28.

Πίνακας 25: Ορυκτολογική ανάλυση των ιζημάτων του πυρήνα KAL 1.

Πυρήνας KAL 1					
Δείγμα	Χαλαζίας	Ασβεσίτης	Αλβίτης	Μοσχοβίτης/Ιλίτης	Χλωρίτης/Καολινίτης
KAL 1-2 1.65-1.70	***	**	*	*	*
KAL 1-2 2.25-2.30	***	**	*	*	*
KAL 1-4	***	**	*	*	*
KAL 1-5	***	**	*	*	*
KAL 1-7	***	**	*	*	*
KAL 1-10	***	**	*	*	*
KAL 1-12	***	**	*	*	*
KAL 1-14	***	**	*	*	*

Πίνακας 26: Ορυκτολογική ανάλυση των ιζημάτων του πυρήνα KAL 2.

Πυρήνας KAL 2					
Δείγμα	Χαλαζίας	Ασβεσίτης	Αλβίτης	Μοσχοβίτης/Ιλίτης	Χλωρίτης/Καολινίτης
KAL 2-1	***	**	*	*	*
KAL 2-2	***	**	*	*	*
KAL 2-4	***	**	*	*	*
KAL 2-7	***	**	*	*	*
KAL 2-11	***	**	*	*	*
KAL 2-12	***	**	*	*	*

KAL 2-14	***	**	*	*	*
----------	-----	----	---	---	---

Πίνακας 27: Ορυκτολογική ανάλυση των ιζημάτων του πυρήνα KAL 3.

#### Πυρήνας KAL 3

Δείγμα	Χαλαζίας	Ασβεστίτης	Αλβίτης	Μοσχοβίτης/Ιλίτης	Χλωρίτης/Καολινίτης
KAL 3-5	***	**	*	*	*
KAL 3-6	***	**	*	*	*
KAL 3-12	***	**	*	*	*
KAL 3-13	***	**	*	*	*
KAL 3-15	***	**	*	*	*

Πίνακας 28: Ορυκτολογική ανάλυση των ιζημάτων του πυρήνα KAL 4.

#### Πυρήνας KAL 4

Δείγμα	Χαλαζίας	Ασβεστίτης	Αλβίτης	Μοσχοβίτης/Ιλίτης	Χλωρίτης/Καολινίτης
KAL 4-4	***	**	*	*	*
KAL 4-6	***	**	*	*	*
KAL 4-8	***	**	*	*	*
KAL 4-13	***	**	*	*	*

### 2.2.5 Γεωχημικές αναλύσεις ιζημάτων

Οι γεωχημικές αναλύσεις των ιζημάτων έγιναν με τη μέθοδο του επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος-φασματομετρίας μάζας - ELAN 9000 ICP-MS by PerkinElmer, Inc. Αναλύθηκαν συνολικά 26 δείγματα από τους 4 πυρήνες. Για την παρούσα εργασία επιλέχθηκαν να παρουσιαστούν τα κύρια στοιχεία Al, P, K, Ca, Ti, Fe, Na, Mg, S, και τα ιχνοστοιχεία As, Ba, Co, Cu, Cr, Ni, Pb, Sr, Zn.

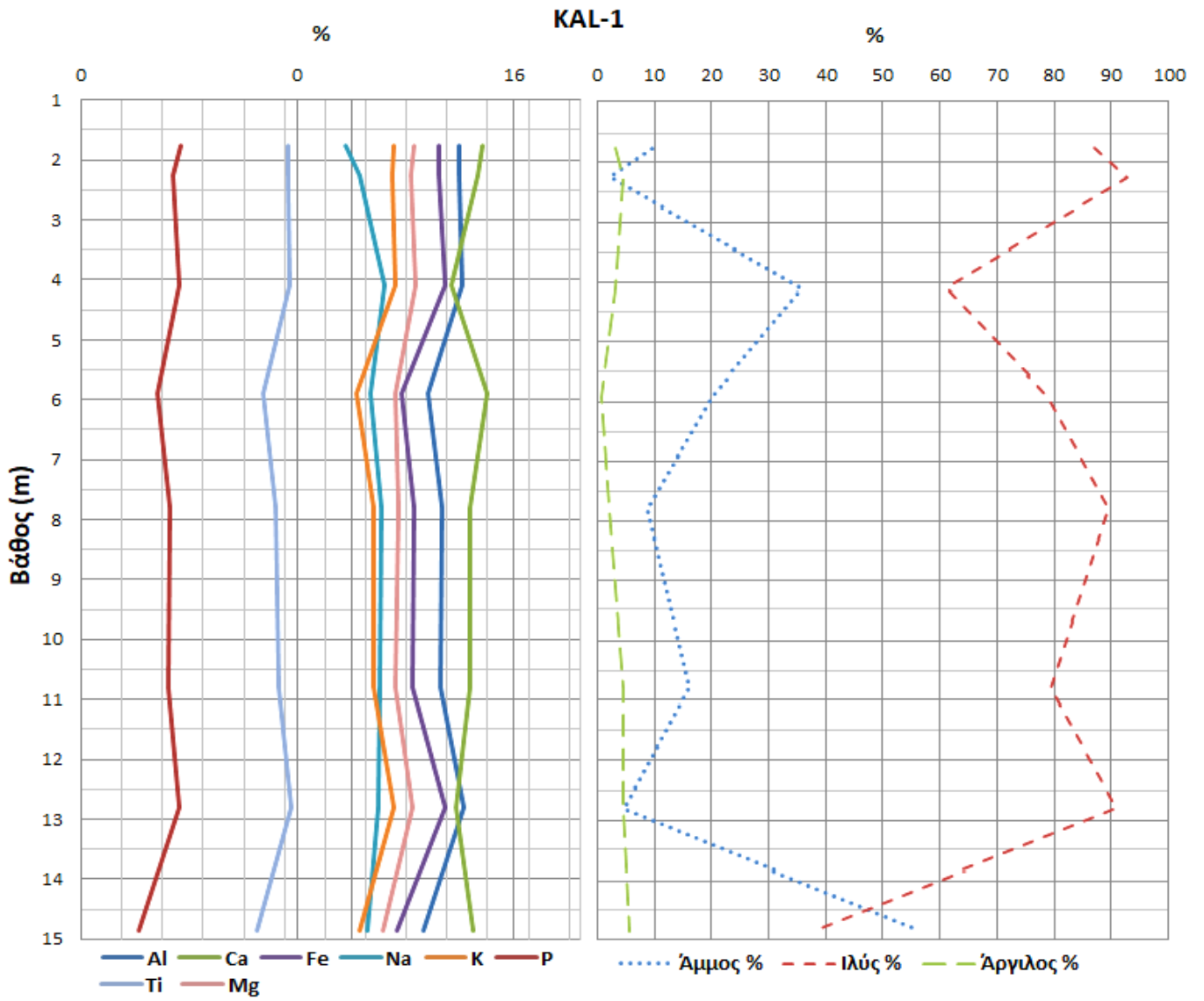
#### 2.2.5.1 Αποτελέσματα κύριων στοιχείων

Τα κύρια στοιχεία εμφανίζονται στον Πίνακα 29. Επιπλέον, επιλέχθηκε η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των κύριων στοιχείων υπό μορφή διαγραμμάτων κατανομής κατά μήκος των πυρήνων των γεωτρήσεων (Εικόνα 17-20).

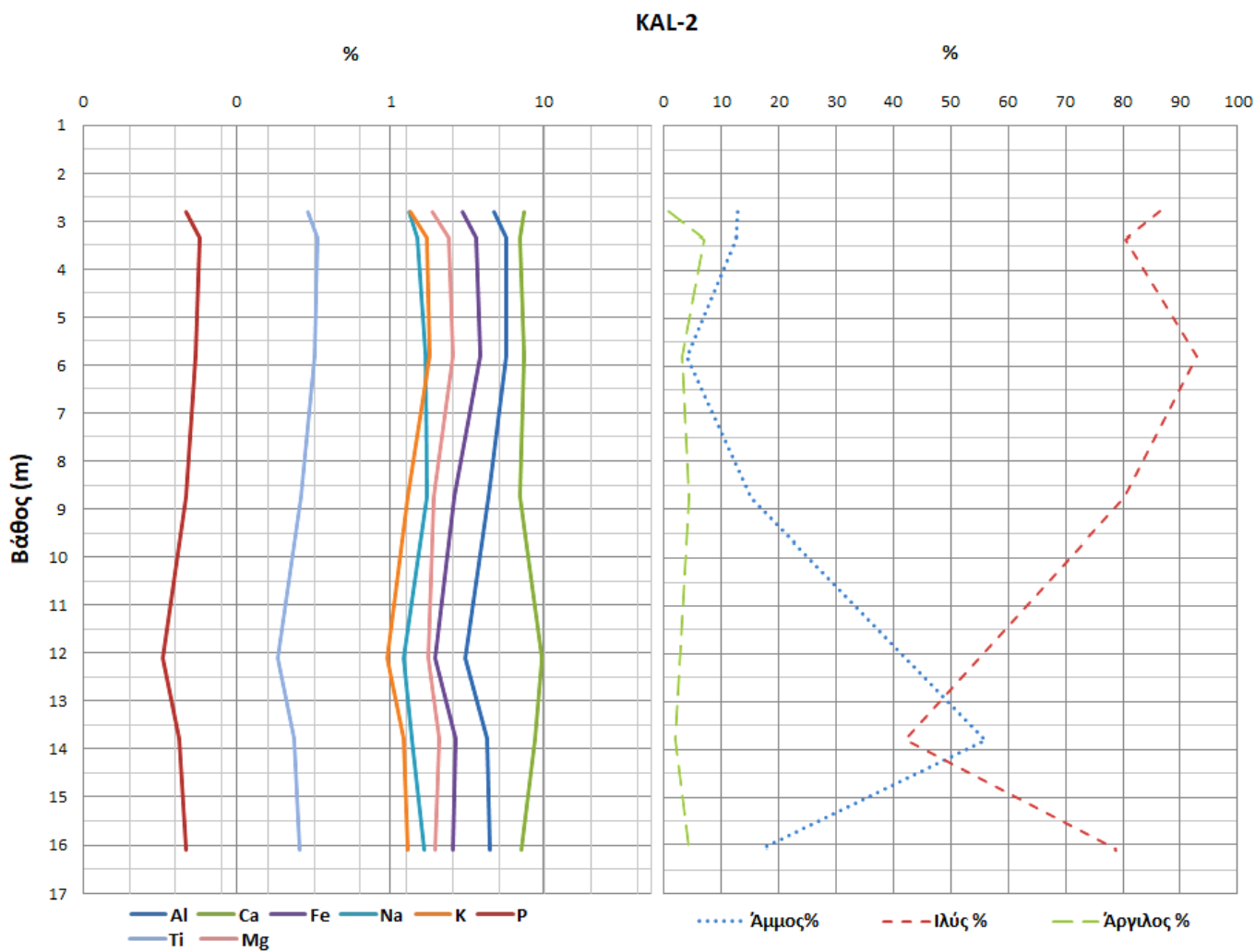
Πίνακας 29: Συγκέντρωση κύριων στοιχείων για κάθε βάθος δειγματοληψίας.

ΔΕΙΓΜΑ	ΒΑΘΟΣ (m)	Al (%)	S (%)*	P (%)	K (%)	Ca (%)	Ti (%)	Fe (%)	Na (%)	Mg (%)	Mn (ppm)
KAL 1-2a	1.75	6.32	<0.1	0.055	2.08	9.39	0.340	4.49	0.92	2.89	1203
KAL 1-2b	2.25	6.37	1.3	0.048	1.99	8.66	0.340	4.51	1.15	2.80	909
KAL 1-4	4.1	6.62	1.6	0.053	2.11	5.58	0.348	4.96	1.76	3.02	1039
KAL 1-5	5.9	3.68	0.3	0.037	1.10	10.21	0.222	2.38	1.40	2.12	829
KAL 1-7	7.8	4.76	<0.1	0.046	1.47	7.48	0.279	2.88	1.67	2.22	818
KAL 1-10	10.8	4.6	<0.1	0.044	1.46	7.66	0.290	2.82	1.64	2.11	793
KAL 1-12	12.8	6.79	<0.1	0.053	2.08	5.96	0.362	4.99	1.57	2.87	924
KAL 1-14	14.85	3.38	0.6	0.027	1.15	7.89	0.199	2.17	1.30	1.73	648
KAL 2-1	2.8	4.79	<0.1	0.047	1.37	7.40	0.288	2.99	1.34	1.89	884
KAL 2-2	3.35	5.76	<0.1	0.057	1.72	6.97	0.335	3.65	1.51	2.43	1108
KAL 2-4	5.8	5.73	0.1	0.054	1.81	7.46	0.325	3.89	1.72	2.56	950
KAL 2-7	8.75	4.37	<0.1	0.047	1.29	6.96	0.260	2.63	1.73	1.94	837
KAL 2-11	12.1	3.06	<0.1	0.033	0.95	9.80	0.187	1.96	1.23	1.77	746
KAL 2-12	13.8	4.26	<0.1	0.042	1.23	8.72	0.238	2.65	1.39	2.07	840
KAL 2-14	16.1	4.48	<0.1	0.047	1.29	7.17	0.257	2.58	1.67	1.96	808
KAL 3-5	3.2	5.44	<0.1	0.059	1.49	6.45	0.327	3.38	1.209	2.04	993
KAL 3-6	4.65	0.88	<0.1	0.012	0.27	6.64	0.05	0.69	0.397	0.47	449
KAL 3-12	10.6	1.42	<0.1	0.022	0.44	8.62	0.066	1.11	0.647	1.26	625
KAL 3-13	11.6	1.27	<0.1	0.021	0.44	9.67	0.062	1.09	0.635	1.14	643
KAL 3-15	13.6	2.65	<0.1	0.034	0.83	10.85	0.153	1.84	1.052	1.95	887
KAL 4-2	2.15	7.24	<0.1	0.071	1.88	6.49	0.374	4.65	0.572	2.71	959
KAL 4-4	4.05	5.04	<0.1	0.042	1.36	9.39	0.302	3.26	0.923	1.71	918
KAL 4-6	5.8	2.69	<0.1	0.025	0.77	11	0.215	1.97	0.742	1.63	725
KAL 4-8	7.8	2.15	<0.1	0.023	0.62	12.01	0.117	1.54	0.434	1.28	844
KAL 4-13	13	0.83	<0.1	0.017	0.27	12.95	0.036	0.51	0.272	0.53	437

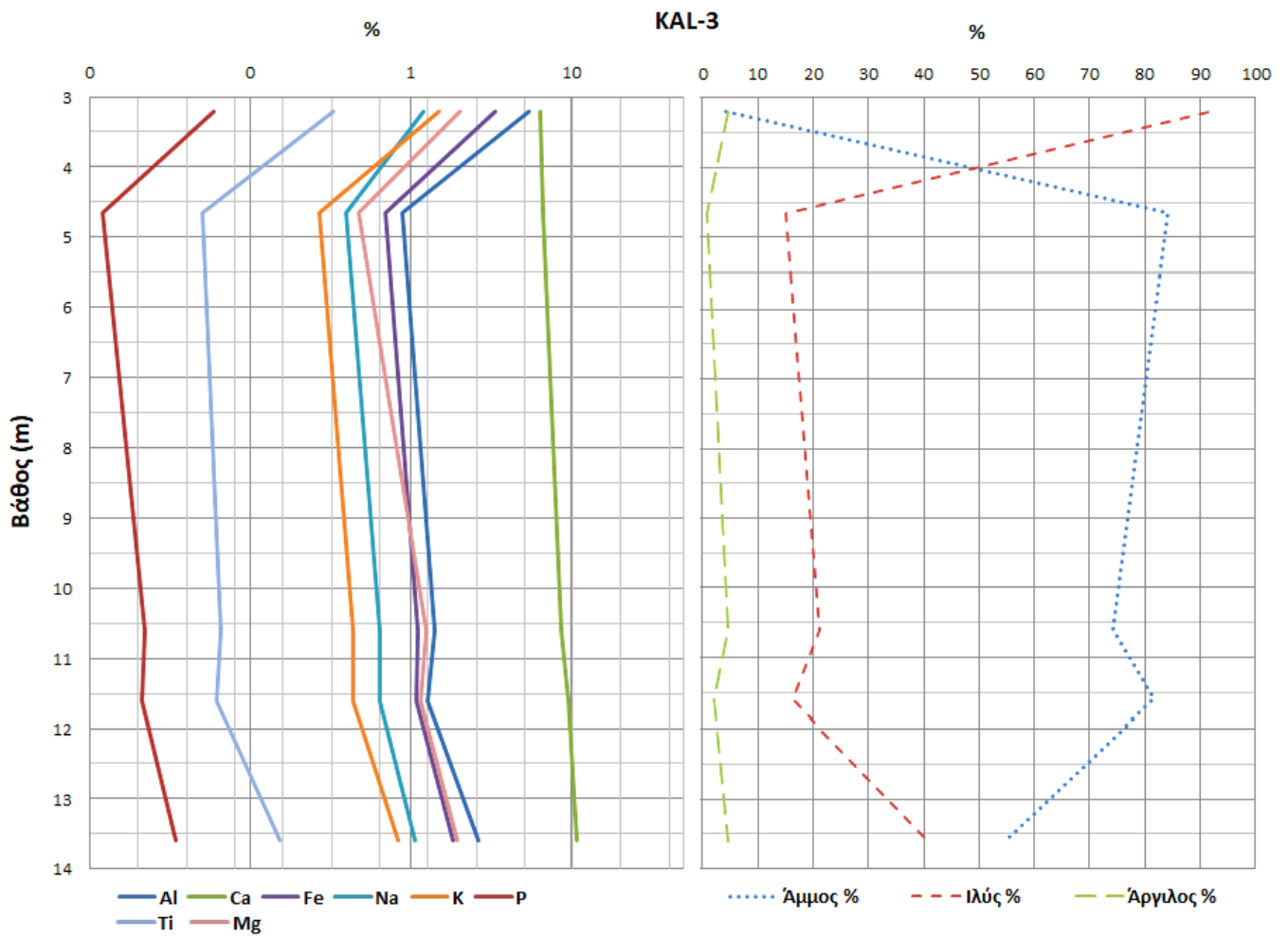
\*Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι περιεκτικότητες του S είναι κάτω από το όριο ανιχνευσιμότητας (0.1 ppm), γι' αυτό δεν μπορεί να ανιχνευτεί σε κάποια δείγματα.



Εικόνα 17: Μεταβολή των κύριων στοιχείων στη γεώτρηση KAL 1, καθώς και των κλασμάτων της άμμου, της ιλύος και της αργίλου (%), με το βάθος.

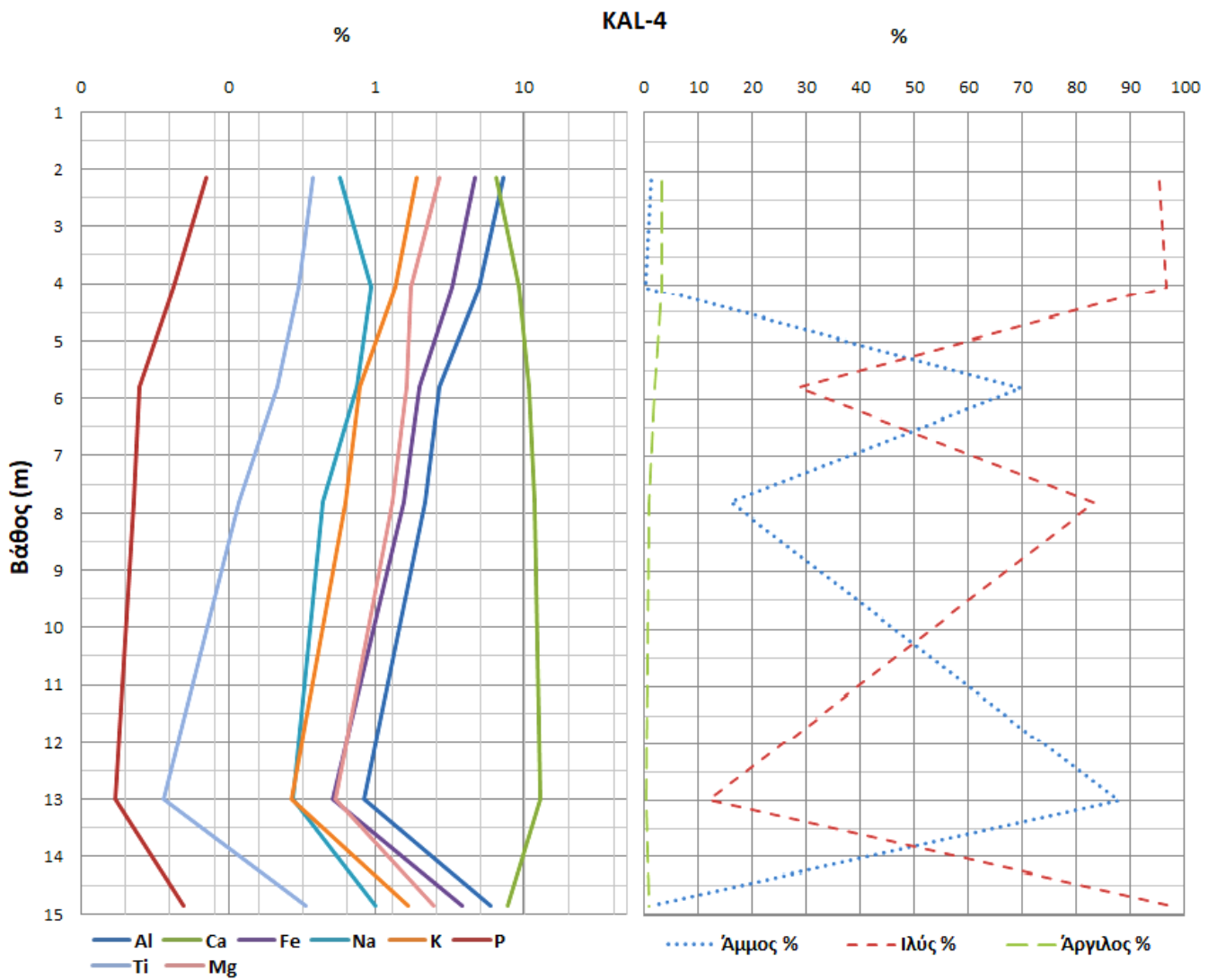


Εικόνα 18: Μεταβολή των κύριων στοιχείων στη γεώτρηση KAL 2, καθώς και των κλασμάτων της άμμου, της ιλύος και της αργίλου (%), με το βάθος.



Εικόνα 19: Μεταβολή των κύριων στοιχείων στη γεώτρηση KAL 3, καθώς και των κλασμάτων της άμμου, της ιλύος και της αργίλου (%), με το βάθος.





Εικόνα 20: Μεταβολή των κύριων στοιχείων στη γεώτρηση KAL 4, καθώς και των κλασμάτων της άμμου, της ιλύος και της αργίλου (%), με το βάθος.

### 2.2.5.2 Αποτελέσματα ιχνοστοιχείων

Οι συγκεντρώσεις των επιλεγμένων ιχνοστοιχείων και οι συντελεστές συσχέτισης Pearson εμφανίζονται στους Πίνακες 30-31. Επιπλέον, η παρουσίαση των δεδομένων των ιχνοστοιχείων γίνεται υπό μορφή διαγραμμάτων κατανομής κατά μήκος των πυρήνων της γεώτρησης (Εικόνα 21-24).

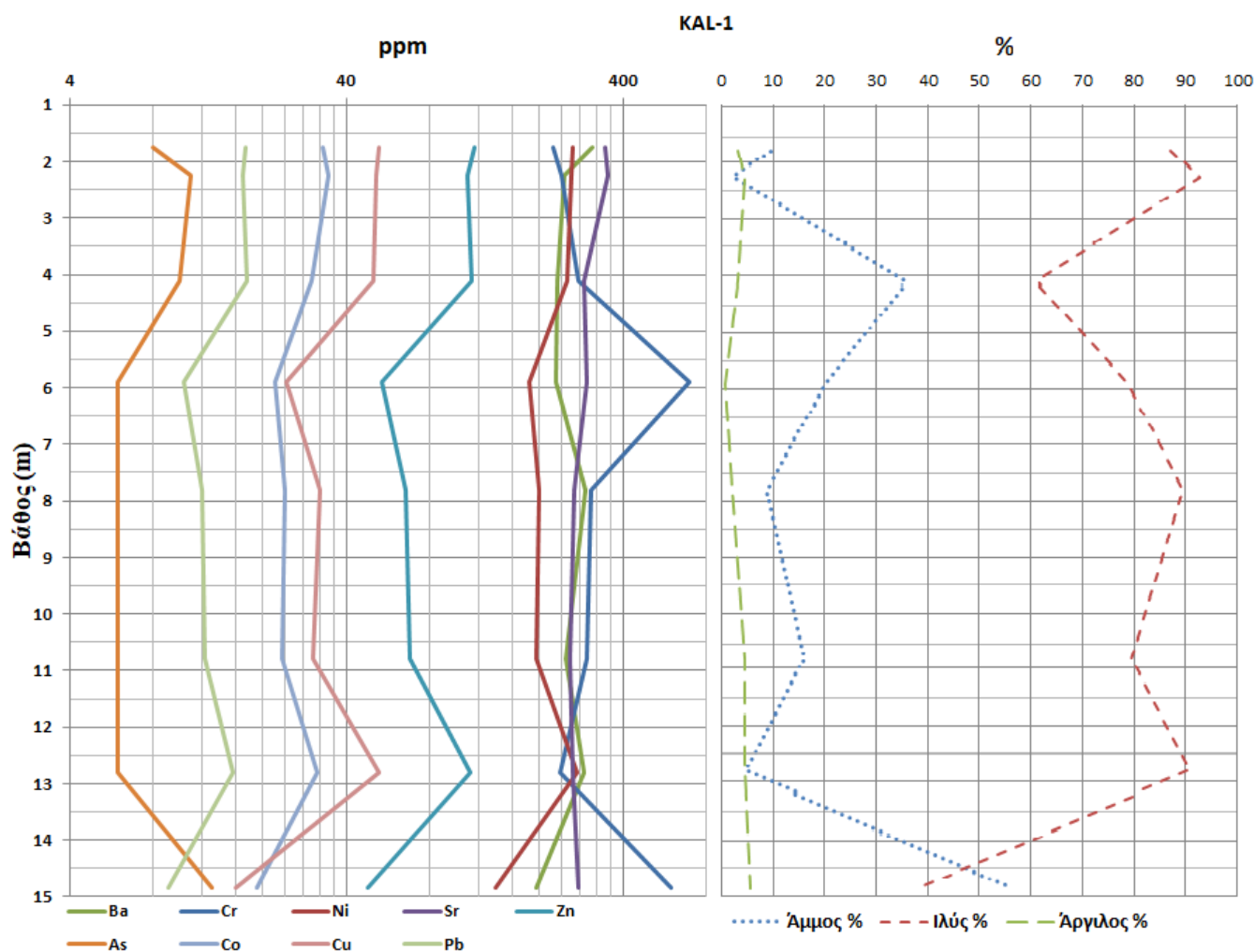
Πίνακας 30: Συγκεντρώσεις επιλεγμένων ιχνοστοιχείων στους πυρήνες KAL 1, KAL 2, KAL 3 και KAL 4.

ΔΕΙΓΜΑ	ΒΑΘΟΣ (m)	As (ppm)	Ba (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Sr (ppm)	Zn (ppm)
KAL 1-2a	1.75	8	310	33	225	52	265	17	347	116
KAL 1-2b	2.25	11	245	34	239	51	262	17	355	110
KAL 1-4	4.1	10	231	30	276	50	250	18	288	114
KAL 1-5	5.9	6	229	22	692	24	183	10	295	54
KAL 1-7	7.8	6	292	24	306	32	200	12	268	66
KAL 1-10	10.8	6	250	24	297	30	194	12	257	68
KAL 1-12	12.8	6	291	31	237	53	275	16	264	113
KAL 1-14	14.85	13	195	19	596	16	138	9	277	48
KAL 2-1	2.8	5	282	24	326	33	192	13	225	69
KAL 2-2	3.35	5	365	32	271	44	245	15	243	91
KAL 2-4	5.8	8	268	28	245	44	231	16	262	98
KAL 2-7	8.75	4	257	23	325	28	182	12	250	62
KAL 2-11	12.1	4	210	19	539	20	160	9	267	42
KAL 2-12	13.8	5	237	24	482	29	195	11	264	60
KAL 2-14	16.1	4	260	23	296	29	183	13	235	59
KAL 3-5	3.2	6	317	30	323	39	216	14	215	75
KAL 3-6	4.65	2	99	6	70	11	40	3	132	16
KAL 3-12	10.6	5	128	16	86	15	112	7	199	21
KAL 3-13	11.6	4	132	12	81	15	100	7	216	21
KAL 3-15	13.6	5	194	22	331	21	176	10	279	35
KAL 4-2	2.15	7	344	34	264	58	282	18	287	125
KAL 4-4	4.05	5	298	27	252	37	217	14	272	73
KAL 4-6	5.8	2	199	21	1503	16	159	9	289	45
KAL 4-8	7.8	3	146	16	159	16	115	7	273	33
KAL 4-13	13	2	93	5	45	8	37	6	247	10
KAL 4-15	14.85	6	273	30	282	44	232	14	274	94

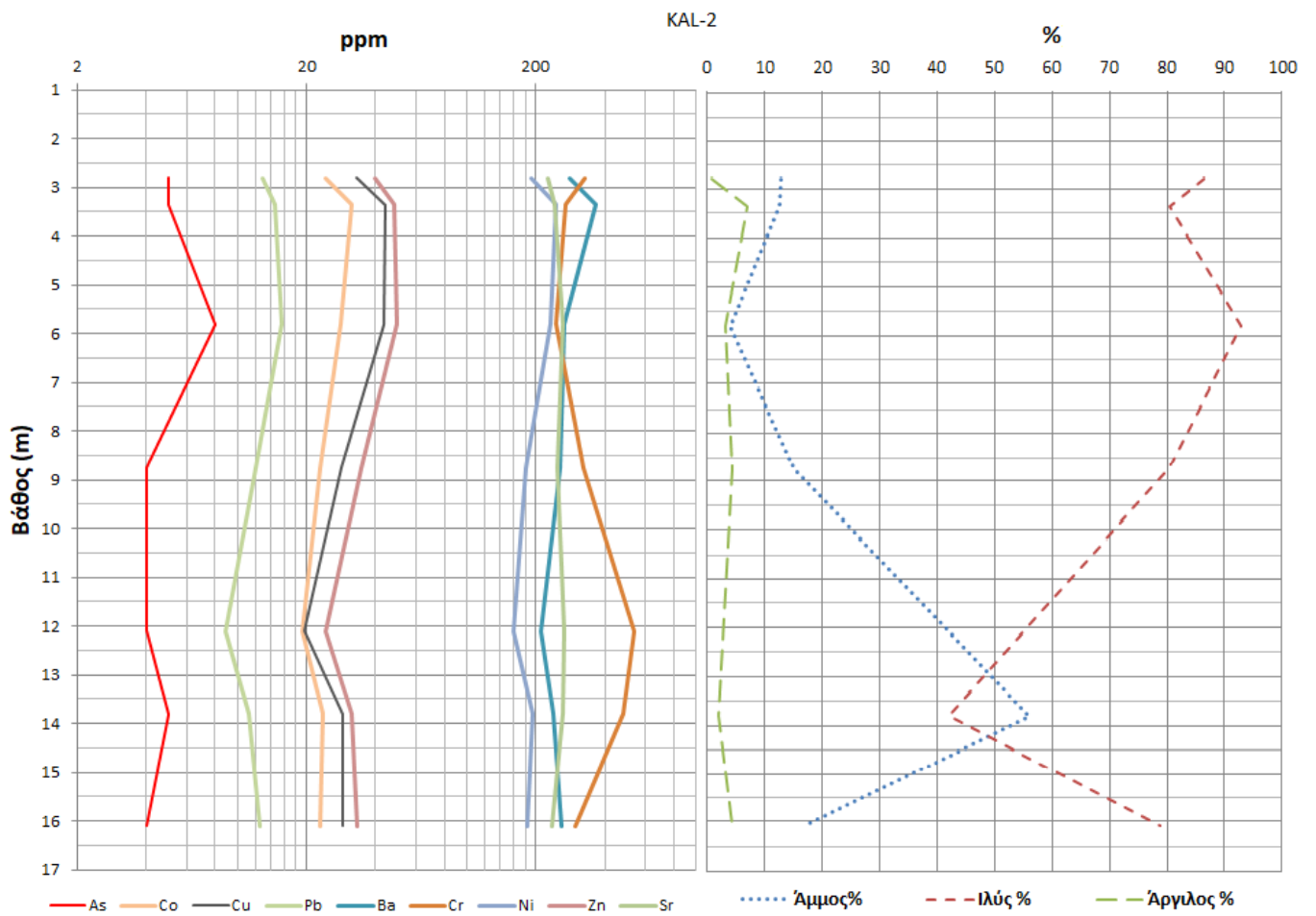
Για να εκτιμηθεί ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ των χημικών στοιχείων, υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης Pearson για τα ιχνοστοιχεία και απεικονίστηκαν σε πίνακα συσχέτισμού (Πίνακας 31). Ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ των χημικών στοιχείων υποδεικνύει κοινό περιβάλλον απόθεσης, ενώ οι αρνητικές τιμές υποδηλώνουν μια αντίστροφη συσχέτιση στοιχείων.

**Πίνακας 31: Συντελεστές συσχέτισης Pearson για τα επιλεγμένα ιχνοστοιχεία στους πυρήνες KAL-1, KAL-2, και KAL-3.**

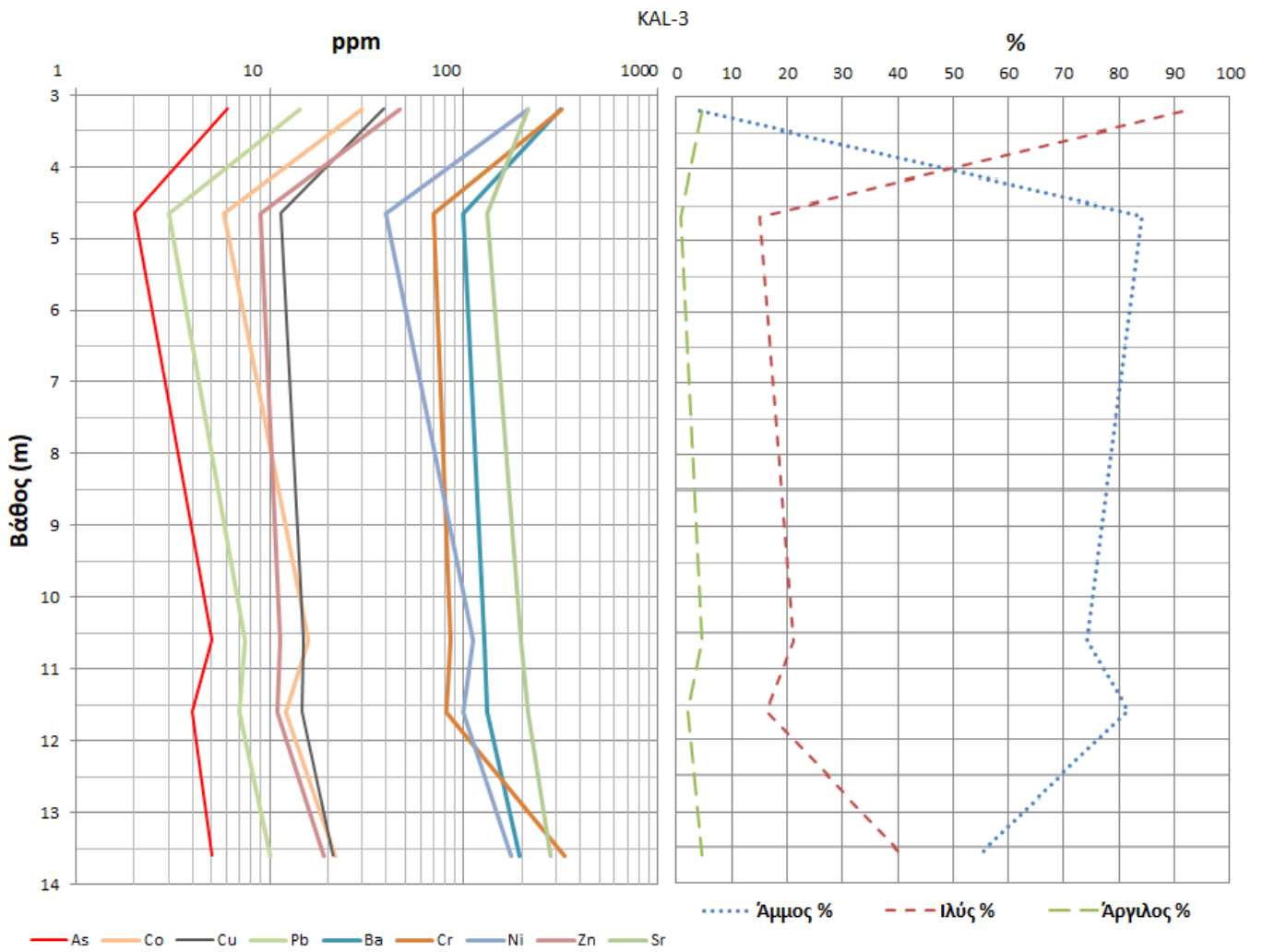
	As	Ba	Co	Cr	Cu	Hf	La	Mn	Mo	Nb	Ni	Pb	Rb	Sb	Sc	Sn	Sr	Th	V	Y	Zn	Zr
As	1	0.35	0.564	-0.04	0.53	0.586	0.567	0.414	0.72	0.569	0.543	0.587	0.636	0.756	0.593	0.561	0.5336	0.566	0.599	0.567	0.594	0.565
Ba		1	0.894	0.08	0.824	0.855	0.886	0.824	-0.08	0.887	0.89	0.854	0.789	0.753	0.811	0.834	0.3797	0.885	0.787	0.88	0.82	0.874
Co			1	0.088	0.929	0.954	0.944	0.882	0.011	0.95	0.989	0.961	0.92	0.797	0.926	0.927	0.5988	0.941	0.893	0.957	0.935	0.95
Cr				1	-0.16	-0.02	-0.04	0.01	0.151	-0.03	0.079	-0.02	-0.09	-0.06	-0.07	-0.07	0.2997	-0.06	-0.26	-0.03	-0.04	-0.06
Cu					1	0.971	0.964	0.812	-0.07	0.971	0.94	0.96	0.977	0.781	0.981	0.976	0.4972	0.967	0.982	0.968	0.984	0.98
Hf						1	0.988	0.802	0.018	0.991	0.954	0.972	0.975	0.818	0.978	0.976	0.5572	0.988	0.954	0.982	0.981	0.992
La							1	0.826	0.021	0.991	0.937	0.971	0.961	0.846	0.961	0.963	0.5216	0.986	0.949	0.993	0.972	0.989
Mn								1	-0.12	0.814	0.875	0.855	0.792	0.727	0.799	0.803	0.5481	0.801	0.777	0.866	0.806	0.826
Mo									1	0.024	-0.03	-0	0.074	0.395	0.029	-0.01	0.2055	0.022	0.027	0.005	0.031	0.001
Nb										1	0.953	0.971	0.977	0.845	0.975	0.979	0.5199	0.996	0.957	0.984	0.981	0.997
Ni											1	0.964	0.932	0.784	0.941	0.94	0.6054	0.943	0.902	0.955	0.947	0.954
Pb												1	0.96	0.825	0.958	0.948	0.5972	0.959	0.938	0.982	0.964	0.972
Rb													1	0.842	0.991	0.984	0.5527	0.974	0.961	0.991	0.982	
Sb														1	0.811	0.808	0.3955	0.855	0.829	0.822	0.839	
Sc															1	0.985	0.5462	0.971	0.971	0.963	0.992	0.983
Sn																1	0.5108	0.98	0.966	0.958	0.983	0.983
Sr																	1	0.484	0.45	0.585	0.564	0.515
Th																		1	0.958	0.974	0.975	0.994
V																			1	0.944	0.967	0.968
Y																				1	0.974	0.984
Zn																					1	0.986
Zr																						1



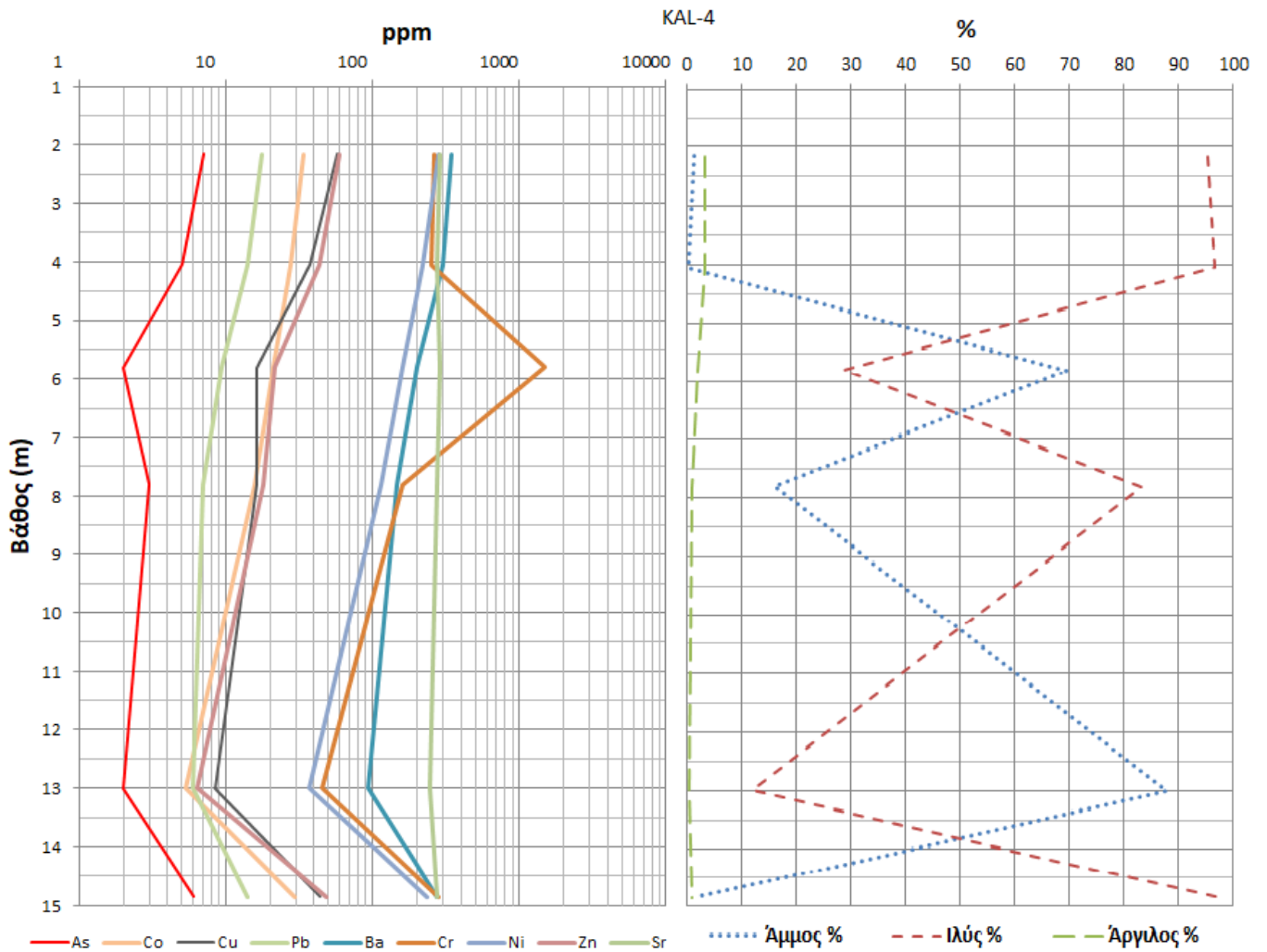
**Εικόνα 21: Μεταβολή των ιχνοστοιχείων στη γεωτρήση KAL 1, καθώς και των κλασμάτων της άμμου, της ιλύος και της αργίλου (%), με το βάθος.**



Εικόνα 22: Μεταβολή των ιχνοστοιχείων στη γεωτρήση KAL 2, καθώς και των κλασμάτων της άμμου, της ιλύος και της αργίλου (%), με το βάθος.



**Εικόνα 23:** Μεταβολή των ιχνοστοιχείων στη γεωτρήση KAL 3, καθώς και των κλασμάτων της άμμου, της ιλύος και της αργίλου (%), με το βάθος.



Εικόνα 24: Μεταβολή των ιχνοστοιχείων στη γεωτρήση KAL 4, καθώς και των κλασμάτων της άμμου, της ιλύος και της αργίλου (%), με το βάθος.

### 2.2.6 Εκτίμηση παλαιοϋετού και θερμοκρασιακών αλλαγών του παρελθόντος

Για την εκτίμηση του παλαιοϋετού και των θερμοκρασιακών αλλαγών του παρελθόντος πραγματοποιήθηκε έρευνα για τον εντοπισμό παλαιοεδαφών στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλαμά. Ωστόσο, δεν εντοπίστηκαν παλαιοεδάφη, για τον λόγο αυτόν πραγματοποιήθηκε ανάλυση των ιζημάτων που συλλέχθηκαν από τους πυρήνες KAL-1, KAL-2, KAL-3, KAL-4.

Συνολικά αναλύθηκαν 4 δείγματα, ένα από κάθε πυρήνα, με σκοπό τον προσδιορισμό των χημικών στοιχείων [Na], [K], [Al] μέσω ανάλυσης με φασματογράφο μαζών με επαγωγικά συνεζευγμένο πλάσμα (ICP-MS). Η εκτίμηση της παλαιοθερμοκρασίας πραγματοποιήθηκε μέσω της σχέσης που πρότειναν οι Sheldon et al. (2002) και δίνεται από την παρακάτω εξίσωση.

$$\text{Εξ. (1)} \quad T(^{\circ}\text{C}) = -18.5S + 17.3$$

όπου,

$$S = \frac{[Na] + [K]}{[Al]}$$

με [Na], [K], [Al] οι μοριακές συγκεντρώσεις των αντίστοιχων χημικών στοιχείων.

Μια ακόμα παλαιοκλιματική παράμετρος που μπορεί να εκτιμηθεί από τα δεδομένα του εδαφικού αυτού ορίζοντα είναι ο παλαιοϋετός. Σύμφωνα με τους Sheldon & Tabor (2009) για την εκτίμηση του μέσου ετήσιου ύψους παλαιοϋετού σε εδαφικούς ορίζοντες δύναται να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω εξισώσεις.

$$\text{Εξ. (2)} \quad P(\text{mm yr}^{-1}) = 221 \cdot 1e^{0.0197(\text{CIA} - [\text{K}])}$$

όπου,

$$\text{CIA} = 100 \frac{[\text{Al}]}{[\text{Al}] + [\text{Na}] + [\text{K}] + [\text{Ca}]}$$

$$\text{Εξ. (3)} \quad P(\text{mm yr}^{-1}) = -259.3 \ln \left( \frac{\Sigma \text{Bases}}{[\text{Al}]} \right) + 759$$

όπου,

$$\Sigma \text{Bases} = [\text{Mg}] + [\text{Na}] + [\text{K}] + [\text{Ca}]$$

με [Al], [Na], [K], [Ca], [Mg] οι μοριακές συγκεντρώσεις των αντίστοιχων χημικών στοιχείων. Δίνεται επίσης πως η σταθερή τυπική απόκλιση για την Εξίσωση 2 είναι  $\pm 181 \text{ mm yr}^{-1}$  και για την Εξίσωση 3,  $\pm 235 \text{ mm yr}^{-1}$ .

Όπως προέκυψε από τα αποτελέσματα των αναλύσεων, οι εκτιμώμενες τιμές παλαιοθερμοκρασιών και παλαιοϋετού δεν μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστες γι' αυτό και δεν λαμβάνονται υπόψη στην ερμηνεία των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούσαν στην περιοχή μελέτης κατά το παρελθόν.

## Βιβλιογραφικές αναφορές

- Aitken, MJ. 1985. Thermoluminescence dating. Academic Press, London
- Duller, G. A. T. 2004. Luminescence dating of Quaternary sediments: recent advances. *Journal of Quaternary Science* 19, 183-192
- Guérin, G. Mercier, N. 2012. Preliminary insight into dose deposition processes in sedimentary media on a scale of single grains: Monte Carlo modelling of the effect of water on the gamma dose rate. *Radiation Measurements* 47, 541-547.
- Munsell soil color charts (2015)
- Murray, AS. Wintle, AG. 2000. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements* 32, 57-73.
- Nathan, P. Mauz, B. 2008. On the dose-rate estimate of carbonate-rich sediments for trapped charge dating. *Radiation Measurements* 43, 14-25
- Prescott JR. Hutton, JT. 1994. Cosmic ray contribution to dose rates for luminescence and ESR dating: large depths and long-term time variations. *Radiation Measurements* 23(2-3), 497-500.
- Prescott, JR. Hutton, JT. 1988. Cosmic ray and gamma ray dosimetry for TL and ESR. *International Journal of Radiation Applications and Instrumentation. Part D. Nuclear Tracks and Radiation Measurements* 14,223-227.
- Prescott, JR. Stephan, LG. 1982. The contribution of cosmic radiation to the environmental dose for thermoluminescence dating, Latitude, altitude and depth dependencies. *Journal of the European Study Group on Physical, Chemical and Mathematical Techniques Applied to Archaeology* 6, 17-25.
- Selley, R.C., 1976, An introduction to sedimentology, Academic Press Ltd., London, 408p
- Sheldon N.D. and Tabor N.J. 2009. Quantitative Paleoenvironmental and Paleoclimatic Reconstruction Using Paleosols, *Earth-Science Reviews*, 95, 1-52.
- Sheldon N.D., Retallack G.J. and Tanaka S., 2002. Geochemical climofunctions from North America soils and application to paleosols across the Eocene–Oligocene boundary in Oregon, *Journal of Geology* 110, 687–696.
- Shepard F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24, 151-158.
- Spooner, N.A. Questiaux, D.G. Aitken, M.J. 2000. The use of sodium lamps for low-intensity laboratory safelighting for optical dating: *Ancient TL*, 18 (2), 45-49.
- Tsakalos, E. Christodoulakis, J. Charalambous, L. 2014. The Dose Rate calculator (DRc) - A Java application for dose rate and age determination based on luminescence and ESR dating. *Archaeometry*. DOI: 10.1111/arcm.12162
- Καρούμπαλης Ε. 2010. Παράκτια Γεωμορφολογία, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 2010.