

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ
ΑΠΟΛΙΘΩΜΕΝΩΝ ΟΣΤΩΝ

COMPARATIVE STUDY OF CLEANING METHODS OF
FOSSILIZED BONES

ΟΝΟΜ/ΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΩΝ:

ΥΦΑΝΤΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΑΜ: 52016038

ΑΝΕΜΟΓΙΑΝΝΗ ΦΙΛΙΠΠΑΔΑ

ΑΜ: 52016042

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΛΕΞΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ
ΑΠΟΛΙΘΩΜΕΝΩΝ ΟΣΤΩΝ

COMPARATIVE STUDY OF CLEANING METHODS OF FOSSILIZED
BONES

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής

Λαμπρόπουλος
Βασίλειος

Μαλέα
Αικατερίνη

Στεφανής
Αλέξιος

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι, Ανεμογιάννη Φιλιπιάδα του Γεωργίου με αριθμό μητρώου 52016042 και Υφαντής Βασίλειος του Χρήστου με αριθμό μητρώου 52016038, φοιτητές του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, της Σχολής Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού, του Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης δηλώνουμε υπεύθυνα ότι:

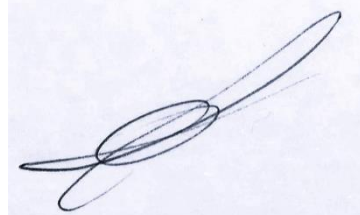
«Είμαστε συγγραφείς αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμάς αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μας, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μας ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Υφαντής Βασίλειος

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the left.

Ανεμογιάννη Φιλιπιάδα

A handwritten signature in blue ink, featuring a large, elongated loop on the right side and a horizontal stroke extending to the left.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρωτίστως θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον Επίκουρο Καθηγητή του τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και επιβλέποντα καθηγητή μας, κο. Στεφανή Αλέξιο, για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, την πολύτιμη βοήθεια του, την καθοδήγηση, την υπομονή και την άμεση ανταπόκριση του σε κάθε δυσκολία που συναντήσαμε κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Ακόμη ευχαριστούμε τον κο. Ρουσιάκη Σωκράτη, Επίκουρο καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας, του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, για την παραχώρηση του απολιθωμένου οστού. Τέλος ευχαριστούμε τον κο. Καραμπότσο Αθανάσιο, μέλος Εργαστηριακού Τεχνικού Προσωπικού του τμήματος μας, για την βοήθεια του κατά την χρήση του SEM/EDS καθώς και την κα. Γιαννουλάκη Μαρία, Επιστημονική Συνεργάτιδα του τμήματος μας, για την βοήθεια της κατά την χρήση Ψηγματοβολής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Μελέτη εστιάζει στις μεθόδους απομάκρυνσης των ίζημάτων σε απολιθωμένα οστά και στην αποτίμηση τους. Ως μελέτη περίπτωσης εξετάζεται απολιθωμένο οστό από το Μουσείο Παλαιοντολογίας του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η συγκριτική μελέτη διαφόρων δοκιμών καθαρισμού σε δείγματα απολιθωμένων οστών προκειμένου να οριστεί η καταλληλότερη για την απομάκρυνση του ιζήματος χωρίς να επηρεαστεί η επιφάνεια του υποκείμενου οστού με στόχο τη διαφύλαξη της ιστορικής δομικής και υλικής ακεραιότητάς του.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Απολίθωμα, Καθαρισμός απολιθωμάτων, Οστά, Χημικός καθαρισμός, Μηχανικός καθαρισμός

ABSTRACT

The study focuses on sediment removal methods in fossil bones and their assessment. A fossil bone from the Paleontology Museum of the National Kapodistrian University of Athens is examined, as a case study. The aim of this research is the comparative study of various cleaning tests on fossil bone samples in order to determine the most suitable for the removal of sediments without affecting the surface of the underlying bone in order to preserve its historical structural and material integrity.

KEYWORDS: Fossil, Fossil cleaning, Bones, Chemical cleaning, Mechanical cleaning

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

❖ ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	2
❖ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
❖ ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
❖ ABSTRACT	5
❖ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	8
❖ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	11
❖ ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
❖ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΠΟΛΙΘΩΜΑΤΑ.....	14
❖ 1.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΑΠΟΛΙΘΩΜΑΤΩΝ.....	17
❖ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ	18
❖ 2.1 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΒΟΥΡΤΣΑ.....	19
❖ 2.2 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΝΥΣΤΕΡΙ, ΣΜΙΛΕΣ, ΣΦΥΡΙ	19
❖ 2.3 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΛΕΙΑΝΣΗΣ ΜΕ ΑΕΡΑ (ΜΙΚΡΟΑΜΜΟΒΟΛΗ)	20
❖ 2.4 AIR PENS	21
❖ 2.5 MINIATURE AIR HAMMERS	21
❖ 2.6 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΙ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ ΚΑΙ LASER	22
❖ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ.....	24
❖ 3.1 ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΜΥΡΜΗΚΙΚΟ ΚΑΙ ΟΞΙΚΟ ΟΞΥ.....	25
❖ 3.2 ΑΝΑΓΩΓΗ ΣΙΔΗΡΟΥ.....	27
❖ 3.3 ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΝΕΡΟ	28
❖ 3.4 ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΔΙΑΛΥΤΕΣ	28
❖ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ.....	29
❖ 4.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ	29
❖ 4.2 ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΜΕ LASER.....	32
❖ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	37

❖ 5.1 ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟΛΙΘΩΜΑΤΩΝ - ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ.....	37
❖ 5.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	47
❖ 5.3 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ.....	47
❖ 5.4 ΨΗΓΜΑΤΟΒΟΛΗ	48
❖ 5.5 ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ	50
❖ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ.....	53
❖ 6.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ ΣΑΡΩΣΗΣ (SEM) ΣΥΝΔΙΑΣΜΕΝΗ ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ (EDS)	53
❖ 6.2 ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ (XRD).....	59
❖ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	62
❖ 7.1 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	62
❖ 7.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΩΝ.....	63
❖ 7.3 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	66
❖ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	67
❖ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	69

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1. : Απολιθωμένο οστό, Texas Beyond History, (2007), <i>Morhiss Mound</i> , [Online] Διαθέσιμο στο: https://www.texasbeyonddhistory.net/morhiss/evidence.html (Επίσκεψη ιστοσελίδας 27/02/2023), σελ:.....	15
Εικόνα 1.2.: Απολίθωμα Δεινοσαύρου, Lü J., & Brusatte. L.S., (2015), “A large, short-armed, winged dromaeosaurid (Dinosauria: Theropoda) from the Early Cretaceous of China and its implications for feather evolution”, <i>Scientific Reports</i> 5, 11775, [Online], Διαθέσιμο στο: https://www.nature.com/articles/srep11775 (Επίσκεψη ιστοσελίδας 27/02/2023), σελ:.....	16
Εικόνα 1.3.: Απολίθωμα φυτού, Natural History Museum of the Lesvos Petrified Forest, <i>Fossilized Plants of Greece</i> , [Online] Διαθέσιμο στο: https://www.lesvosmuseum.gr/en/collections/fossilized-plants-greece (Επίσκεψη ιστοσελίδας 27/02/2023) , σελ:.....	16
Εικόνα 1.4.: Απολιθώματα οστράκων, Abramis – Kythera, (2009), “Fossils”, <i>Kappagram</i> , [Online] Διαθέσιμο στο: https://abramis.gr/attraction/apolithomata/ , σελ:.....	16
Εικόνα 2.1.: Μηχανικός καθαρισμός με νυστέρι, Αλεξανδροπούλου Α., (2014), <i>Συγκριτική μελέτη μεθόδων καθαρισμού απολιθωμένων οστών</i> , Πτυχιακή Εργασία, Αθήνα: Τ.Ε.Ι. Αθήνας, σελ:.....	19
Εικόνα 2.2: Καθαρισμός Απολιθώματος με Αμμοβολή, Αλεξανδροπούλου Α., (2014), <i>Συγκριτική μελέτη μεθόδων καθαρισμού απολιθωμένων οστών</i> , Πτυχιακή Εργασία, Αθήνα: Τ.Ε.Ι. Αθήνας, σελ:.....	20
Εικόνα 4.1.: Καθαρισμός οστού με μηχανήμα laser, Lythou Conservation, <i>Laser Cleaning of Hippopotamus Jaw Bone</i> , [Online] Διαθέσιμο στο: https://www.conservationlasers.com/ , σελ:.....	32
Εικόνα 5.1.: Σκαρίφημα εμπρόσθιας όψης απολιθωμένου οστού, σελ:.....	38
Εικόνα 5.2.: Σκαρίφημα πλαϊνής όψης απολιθωμένου οστού, σελ:.....	38
Εικόνα 5.3.: Σκαρίφημα πλαϊνής όψης απολιθωμένου οστού, σελ:.....	38
Εικόνα 5.4.: Σκαρίφημα οπίσθιας όψης απολιθωμένου οστού, σελ:.....	39
Εικόνα 5.5.: Σκαρίφημα άνω όψης απολιθωμένου οστού, σελ:.....	39
Εικόνα 5.6.: Σκαρίφημα κάτω όψης απολιθωμένου οστού, σελ:.....	39
Εικόνα 5.7.: Στιγμιότυπο τρισδιάστου μοντέλου εμπρόσθιας όψης απολιθωμένου οστού, σελ:	40
Εικόνα 5.8.: Στιγμιότυπο τρισδιάστου μοντέλου πλαϊνής όψης απολιθωμένου οστού, σελ:.....	40
Εικόνα 5.9.: Στιγμιότυπο τρισδιάστου μοντέλου πλαϊνής όψης απολιθωμένου οστού, σελ:.....	41
Εικόνα 5.10.: Στιγμιότυπο τρισδιάστου μοντέλου οπίσθιας όψης απολιθωμένου οστού, σελ:.....	41

Εικόνα 5.11.: Στιγμιότυπο τρισδιάστου μοντέλου άνω όψης απολιθωμένου οστού, σελ:.....	42
Εικόνα 5.12.: Φωτογραφική απεικόνιση εμπρόσθιας όψης απολιθωμένου οστού με μετρήσεις διαστάσεων, σελ:.....	42
Εικόνα 5.13.: Φωτογραφική απεικόνιση πλαϊνής όψης απολιθωμένου οστού με μετρήσεις διαστάσεων, σελ:.....	42
Εικόνα 5.14.: Φωτογραφική απεικόνιση πλαϊνής όψης απολιθωμένου οστού με μετρήσεις διαστάσεων, σελ:.....	43
Εικόνα 5.15.: Φωτογραφική απεικόνιση οπίσθιας όψης απολιθωμένου οστού με μετρήσεις διαστάσεων, σελ:.....	43
Εικόνα 5.16.: Φωτογραφική απεικόνιση άνω όψης απολιθωμένου οστού με μετρήσεις διαστάσεων, σελ:.....	43
Εικόνα 5.17.: Φωτογραφική απεικόνιση κάτω όψης απολιθωμένου οστού με μετρήσεις διαστάσεων, σελ:	43
Εικόνα 5.18.: Φωτογραφική απεικόνιση δειγματοληψίας από το Στρώμα 1 , σελ:.....	44
Εικόνα 5.19.: Φωτογραφική απεικόνιση δειγματοληψίας από το Στρώμα 2 , σελ:.....	44
Εικόνα 5.20.: Φωτογραφική απεικόνιση δειγματοληψίας από το Στρώμα 3 , σελ:.....	44
Εικόνα 5.21.: Φωτογραφική απεικόνιση δειγματοληψίας από το Όστό , σελ:.....	44
Εικόνα 5.22.: Δείγμα Στρώματος 1 πριν τον χημικό καθαρισμό, σελ:.....	45
Εικόνα 5.23.: Δείγμα Στρώματος 1 μετά τον χημικό καθαρισμό 10% επίθεμα, σελ:	45
Εικόνα 5.24.: Δείγμα Στρώματος 2 πριν τον χημικό καθαρισμό, σελ:.....	45
Εικόνα 5.25.: Δείγμα Στρώματος 2 μετά τον χημικό καθαρισμό 10% επίθεμα, σελ:.....	45
Εικόνα 5.26.: Δείγμα Στρώματος 3 πριν τον χημικό καθαρισμό, σελ:.....	45
Εικόνα 5.27.: Δείγμα Στρώματος 3 μετά τον χημικό καθαρισμό 10% με επίθεμα,σελ:.....	45
Εικόνα 5.28.: Δείγμα Στρώματος 1 μετά τον χημικό καθαρισμό 20% με επίθεμα, σελ:.....	46
Εικόνα 5.29.: Δείγμα Στρώματος 2 μετά τον χημικό καθαρισμό 20% με επίθεμα, σελ:.....	46
Εικόνα 5.30.: Δείγμα Στρώματος 3 μετά τον χημικό καθαρισμό 20% με επίθεμα, σελ:.....	46
Εικόνα 5.31.: Δείγμα Στρώματος 1 μετά τον χημικό καθαρισμό 40% με επίθεμα, σελ:.....	46
Εικόνα 5.32.: Δείγμα Στρώματος 2 μετά τον χημικό καθαρισμό 40% με επίθεμα, σελ:.....	46
Εικόνα 5.33.: Δείγμα Στρώματος 3 μετά τον χημικό καθαρισμό 40% επίθεμα, σελ:.....	46
Εικόνα 5.34.: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος των Στρωμάτων 1,2 & 3 κατά την δοκιμή καθαρισμού του με Νυστέρι , σελ:.....	47
Εικόνα 5.35.: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος των Στρωμάτων 1,2 & 3 κατά την δοκιμή καθαρισμού του με Νυστέρι , σελ:	47

Εικόνα 5.58.: Φωτογραφική απεικόνιση δειγμάτων των Στρωμάτων 1, 2 & 3 κατά την τοποθέτηση οξικού οξέος σε συγκέντρωση 40% για 10,20 & 40 λεπτά, σελ:	51
Εικόνα 5.59.: Φωτογραφική απεικόνιση δειγμάτων των Στρωμάτων 1, 2 & 3 κατά την τοποθέτηση οξικού οξέος σε συγκέντρωση 40% για 10,20 & 40 λεπτά, σελ:	51
Εικόνα 5.60.: Φωτογραφική απεικόνιση δειγμάτων των Στρωμάτων 1, 2 & 3 κατά την τοποθέτηση οξικού οξέος σε συγκέντρωση 40% για 10,20 & 40 λεπτά, σελ:	51
Εικόνα 5.61.: Φωτογραφική απεικόνιση δειγμάτων των Στρωμάτων 1, 2 & 3 μετά την τοποθέτηση οξικού οξέος 10% για 24 ώρες, σελ:	52
Εικόνα 5.62.: Φωτογραφική απεικόνιση δειγμάτων των Στρωμάτων 1, 2 & 3 μετά την τοποθέτηση οξικού οξέος 20% για 24 ώρες, σελ:	52
Εικόνα 5.63.: Φωτογραφική απεικόνιση δειγμάτων των Στρωμάτων 1, 2 & 3 μετά την τοποθέτηση οξικού οξέος 40% για 24 ώρες, σελ:	52
Εικόνα 6.1.: SEM μικροφωτογραφία του δείγματος 1, σελ:.....	53
Εικόνα 6.2.: Φάσμα EDS του δείγματος 1, σελ:.....	53
Εικόνα 6.3.: Κατανομή στοιχείων στην επιφάνεια του δείγματος 1, σελ:	54
Εικόνα 6.4.: SEM μικροφωτογραφία του δείγματος 2, σελ:	55
Εικόνα 6.5.: Φάσμα EDS του δείγματος 2, σελ:	55
Εικόνα 6.6.: Κατανομή στοιχείων στην επιφάνεια του δείγματος 2, σελ:.....	55
Εικόνα 6.7.: SEM μικροφωτογραφία του δείγματος 3, σελ:.....	56
Εικόνα 6.8.: Φάσμα EDS του δείγματος 3, σελ:.....	56
Εικόνα 6.9.: Κατανομή στοιχείων στην επιφάνεια του δείγματος 3, σελ:.....	56
Εικόνα 6.10.: SEM μικροφωτογραφία του δείγματος 4, σελ:	57
Εικόνα 6.11.: Φάσμα EDS του δείγματος 4, σελ:	57
Εικόνα 6.12.: Κατανομή στοιχείων στην επιφάνεια του δείγματος 4, σελ:	57
Εικόνα 6.13.: SEM μικροφωτογραφία του δείγματος 5, σελ:	58
Εικόνα 6.14.: Φάσμα EDS του δείγματος 5, σελ:	58
Εικόνα 6.15.: Κατανομή στοιχείων στην επιφάνεια του δείγματος 5, σελ:.....	58
Εικόνα 6.16.: Αποτελέσματα XRD στρώματος 1, σελ:.....	59
Εικόνα 6.17.: Αποτελέσματα XRD στρώματος 2, σελ:	60
Εικόνα 6.18.: Αποτελέσματα XRD στρώματος 3, σελ:	60
Εικόνα 6.19.: Αποτελέσματα XRD απολιθωμένου οστού, σελ:.....	61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1.: American Museum of Natural History, PaleoPortal Fossil Preparation, [Online] Διαθέσιμο στο: http://preparation.paleo.amnh.org/42/chemical (Επίσκεψη ιστοσελίδας: 27/04/2023), σελ:.....	24
Πίνακας 4.1.: Αλεξανδροπούλου Α., (2014), <i>Συγκριτική μελέτη μεθόδων καθαρισμού απολιθωμένων οστών</i> , Πτυχιακή Εργασία, Αθήνα: Τ.Ε.Ι. Αθήνας, σελ:.....	36
Πίνακας 5.1.: Δοκιμές μηχανικού καθαρισμού, σελ:	47

Πίνακας 5.2.: Δοκιμές καθαρισμού με οξικό οξύ συγκέντρωσης 10% , σελ:....	50
Πίνακας 5.3.: Δοκιμές καθαρισμού με οξικό οξύ σε συγκέντρωση 20%, σελ:..	51
Πίνακας 5.4.: Δοκιμές καθαρισμού με οξικό οξύ σε συγκέντρωση 40%, σελ:..	51
Πίνακας 5.5.: Δοκιμές καθαρισμού με οξικό οξύ σε συγκέντρωση 10, 20 & 40 % για 24 ώρες , σελ:	52
Πίνακας 7.1.: Αποτελέσματα μηχανικού καθαρισμού, σελ:.....	63
Πίνακας 7.2.: Αποτελέσματα ψηγματοβολής, σελ:	64
Πίνακας 7.3.: Αποτελέσματα χημικού καθαρισμού με πιπέτα, σελ:.....	64
Πίνακας 7.4.: Αποτελέσματα χημικού καθαρισμού με επιθέματα, σελ:.....	65

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο οστό εννοούμε το μέλος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει μέλη εκείνων των τμημάτων που μαζί σχηματίζουν τον σκελετό των σπονδυλωτών ζώων. Μπορούν επίσης να υποδηλώνουν τον σκληρό, άκαμπτο ιστό από τον οποίο αποτελούνται τα σκελετικά συστατικά. Τα οστά εκτελούν πολλές λειτουργίες στα σώματα των ζωντανών οργανισμών. Υποστηρίζουν το σχήμα του ζώου ενάντια στη δύναμη της βαρύτητας, παρέχουν ένα άκαμπτο και προστατευτικό περίβλημα γύρω από ζωτικά όργανα και πολλαπλασιάζουν τις δυνάμεις που δημιουργούνται από τη συστολή των μυών, μετατρέποντάς τις σε κίνηση. Τα οστά είναι ο σκληρότερος ιστός του σώματος μετά την οδοντίνη και το σμάλτο, αλλά ταυτόχρονα διαθέτουν αξιοσημείωτη σκληρότητα και ανθεκτικότητα. Είναι ένας εξαιρετικά εξειδικευμένος συνδετικός ιστός που έχει προσαρμοστεί ώστε να αντέχει τις συμπιεστικές δυνάμεις που προκύπτουν από τη δύναμη της βαρύτητας και τα πολύπλοκα φορτία που επιβάλλονται από τις απαιτήσεις της κίνησης. Αυξημένη αντίσταση σε αυτά τα φορτία επιτυγχάνεται με τη διακυτταρική εναπόθεση ανόργανων ορυκτών αλάτων που αποτελούνται κυρίως από ασβέστιο, φωσφορικό και ανθρακικό άλας. Ταυτόχρονα, το οστό είναι σε θέση να αντιστέκεται στις δυνάμεις εφελκυσμού και έχει εξαιρετική αντοχή σε κρούση και παραμόρφωση λόγω της παρουσίας μακρών ινών κολλαγόνου (πρωτεΐνης) σε στενή σχέση με την ανόργανη φάση (Walker, 2015).

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εστιάζει στα απολιθωμένα οστά. Ειδικότερα έχει ως αντικείμενο τις μεθόδους καθαρισμού απολιθωμένων οστών. Θα αναπτυχθούν αρχικώς βιβλιογραφικά και στην συνέχεια πειραματικά οι μέθοδοι αυτές με σκοπό να αναδειχθεί η αποτελεσματικότερη για την αφαίρεση των ιζημάτων που έχουν δημιουργηθεί με την πάροδο των χρόνων, με γνώμονα την διαφύλαξη του υποκείμενου οστού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΠΟΛΙΘΩΜΑΤΑ

Οι επιστήμονες μελετούν τα απολιθωμένα οστά εδώ και γενιές, αλλά οι μηχανισμοί διατήρησης τους εξακολουθούν να αποτελούν μυστήριο. Απολίθωμα χαρακτηρίζεται η εναπομείνασα μαρτυρία για την ύπαρξη ζωής που κάποτε άκμασε στη Γη (Dermitzakis, 2006).

Υπάρχουν δύο είδη απολιθωμάτων: τα απολιθώματα σώματος, που μπορεί να είναι μέρη ή ολόκληρα τμήματα φυτών και ζώων και τα απολιθώματα ιχνών, που προκύπτουν από τη δράση των αρχαίων οργανισμών (Benton & Harper, 1997).

Στα απολιθώματα του σώματος ανήκουν τα οστά από σκελετούς ζώων ή ανθρώπων ή εντόμων, δόντια και νύχια, ενώ στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν: αυγά, φωλιές, φύλλα, πέταλα λουλουδιών, μίσχοι φυτών και αρχαία αποτυπώματα ποδιών, είτε ανθρώπων είτε δεινοσαύρων, που κάποτε ζούσαν στη Γη. Απολιθώματα, επίσης, θεωρούνται και τα ίχνη- μονοπάτια που άφηναν οι οργανισμοί όσο ζούσαν. Για παράδειγμα, τα σαλιγκάρια και τα σκουλήκια κάνουν μονοπάτια στη λάσπη τα οποία δηλώνουν την πορεία των οργανισμών. Γενικά, τα μέρη ενός οργανισμού που διατηρούνται κι επιδέχονται τη διαδικασία της απολίθωσης είναι κυρίως τα οστά, το ξύλα, κοχύλια και τα σκληρά μέρη του σώματος των εντόμων. Πιο σπάνια, μπορούν να διατηρηθούν το δέρμα και τα μαλλιά από το ανθρώπινο σώμα, τα φτερά στην περίπτωση του ζωικού βασιλείου και ζωτικά όργανα.

Η αρχή που ισχύει είναι ότι, τα οργανικά υπολείμματα θάβονται, τα ορυκτά σε υπερκείμενα ιζήματα διαλύονται και στη συνέχεια επαναεναποτίθενται σε χώρους πόρων εντός του απολιθώματος καθώς το κορεσμένο νερό κινείται μέσα από αυτά, ενώ ταυτόχρονα αφαιρεί τυχόν ενδογενή οργανικά συστατικά (Shipman, 1981).

Η διατήρηση της παλαιοντολογικής κληρονομιάς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποικιλομορφία και την πολυπλοκότητα των υλικών που συνθέτουν τόσο τα απολιθώματα όσο και τη μήτρα που τα περιλαμβάνει και τα περικλείει (Fernández et al, 2020). Γενικά, τα μέρη ενός οργανισμού που διατηρούνται κι επιδέχονται τη διαδικασία της απολίθωσης είναι κυρίως τα οστά, το ξύλα, κοχύλια και τα σκληρά μέρη του σώματος των εντόμων. Πιο σπάνια, μπορούν να διατηρηθούν το δέρμα και τα

μαλλιά από το ανθρώπινο σώμα, τα φτερά στην περίπτωση του ζωικού βασιλείου και ζωτικά όργανα (Dermitzakis, 2006).

Τις τελευταίες δεκαετίες μέσω νέων τεχνολογιών που έχουν εφαρμοστεί, αναγνωρίζεται ότι η «απολίθωση» μπορεί στην πραγματικότητα να συμβεί με πολλαπλά μέσα, και οι περιοχές ενός μόνο οστού μπορεί να διαφέρουν πολύ ως προς τη διατήρηση (D.E.G. Briggs, 1997). Ορισμένες περιοχές μπορεί να είναι ελάχιστα αλλοιωμένες, ενώ άλλες, που χωρίζονται μόνο με χιλιοστά, μπορεί να παρουσιάζουν πιο ακραία δια γενετική αλλοίωση. Ο βαθμός στον οποίο ένα απολίθωμα έχει αλλοιωθεί μέσω της δια γένεσης συνδέεται με τη μοριακή διατήρηση και ως εκ τούτου, ο ιστολογικός δείκτης (μικροσκοπική ακεραιότητα) θεωρείται ως υποκατάστατο για πιθανή μοριακή διατήρηση. Όσο λιγότερη αλλοίωση έχει συμβεί σε ακαθάριστο, μικροσκοπικό και στοιχειακό επίπεδο από τη ζωντανή κατάσταση, τόσο πιο πιθανό είναι να διατηρηθούν θραύσματα αρχικών βιομορίων (Schweitzer et al, 2008).

Μια συνήθης πρακτική στις επεξεργασίες προετοιμασίας απολιθωμάτων συνίσταται στην αφαίρεση μέρους της περιβάλλουσας μήτρας που, σε ορισμένες περιπτώσεις, εμποδίζει την άμεση πρόσβαση στα δείγματα ή θέτει σε κίνδυνο τη συντήρησή τους. Για τους λόγους αυτούς, είναι απαραίτητη η χρήση αξιόπιστων επεξεργασιών που δεν θέτουν σε κίνδυνο τη σταθερότητα των απολιθωμάτων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής. (Fernández et al, 2020).



Εικόνα 1.1.: Απολιθωμένο οστό (Texas Beyond History, 2007).



Εικόνα 1.2.: Απολίθωμα δεινοσαύρου (Lü J., & Brusatte. L.S., 2015).



Εικόνα 1.3.: Απολίθωμα φυτού (Natural History Museum of the Lesvos Petrified Forest).



Εικόνα 1.4.: Απολιθώματα οστράκων (Abramis – Kythera, 2009).

1.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΑΠΟΛΙΘΩΜΑΤΩΝ

Ο καθαρισμός συνίσταται στην αφαίρεση των αποθέσεων που περικλείουν ή οποιουδήποτε υλικού που εμποδίζει την καθαρή θέαση των απολιθωμάτων ή που ενέχει κίνδυνο για τη διατήρηση της ακεραιότητάς τους (για παράδειγμα, ρίζες, ευαίσθητα στο νερό ιζήματα που εκτίθενται σε ογκομετρικές αλλαγές κ.λπ.). Με τον όρο αυτό, εννοούμε την αφαίρεση του ιζήματος το οποίο περιβάλλει το απολίθωμα ή την απομάκρυνση οποιουδήποτε στοιχείου δεν του επιτρέπει να είναι καθαρά ορατό ή μπορεί να επηρεάσει τη διατήρηση της ακεραιότητάς του (Lopez-Polín et al, 2012).

Πρόκειται για την πιο σημαντική διαδικασία στην προσπάθεια διατήρησης και ανάδειξής τους και θα πρέπει να πραγματοποιείται πολύ προσεκτικά και με ακρίβεια έτσι ώστε να αποφευχθεί η καταστροφή της επιφάνειάς τους (Landucci et al, 2000). Μπορεί να επιτευχθεί με διάφορα χημικά «χημικός καθαρισμός» εργαλεία, ή συσκευές που έρχονται σε επαφή με το υλικό που απαιτεί αφαίρεση «μηχανικός καθαρισμός» (Polín L.L., 2011). Εκτός από αυτές τις δύο κατηγορίες, ο καθαρισμός μπορεί να γίνει και με νερό ή οργανικούς διαλύτες ή με υπερηχητικά κύματα και λέιζερ (López-Polín, 2011).

Ο μηχανικός καθαρισμός των απολιθωμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί με διαφορετικές συσκευές, από βούρτσες και μικρά μεταλλικά εργαλεία (νυστέρια, βελόνες, κ.λπ.) έως ισχυρότερα εργαλεία, είτε χειροκίνητα (όπως σμίλες) είτε αυτόματα (καθαρισμός υπερήχων, πεπιεσμένος αέρας, περιστροφικά εργαλεία, αμβοβολή). Μία τρίτη μέθοδος, η οποία βρίσκεται ακόμα υπό δοκιμή για την περίπτωση του καθαρισμού των απολιθωμάτων, είναι το laser, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί είτε μόνο του είτε σε συνδυασμό με κάποιο υγρό φορέα όπως είναι το νερό ή οι οργανικοί διαλύτες (Cooper, 1998).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Ο μηχανικός καθαρισμός είναι μια διαδεδομένη πρακτική (Rixon, 1976). Περιλαμβάνει μια ποικιλία από τεχνικών οι οποίες χρησιμοποιούνται προκειμένου να ελευθερώσουν τα οστά από το πέτρωμα - μήτρα στο οποίο περιέχονται (να τα ελευθερώσουν πλήρως ή μερικώς), χωρίς τη χρήση χημικών αντιδραστηρίων ή το φυσικοχημικό επιμερισμό του ιζήματος. Είναι χρήσιμη όταν τα χημικά δεν μπορούν να εισαχθούν με ασφάλεια στα δείγματα, και έχει το πλεονέκτημα ότι είναι μη τοξική τεχνική και χωρίς υπολείμματα.

Παρακάτω αναφέρονται οι τέσσερις κατηγορίες μεθόδων απομάκρυνσης και καθαρισμού πετρώματος με μηχανικά μέσα:

1. Οι κρουστικές μέθοδοι κατά τις οποίες αποσπάται το ίζημα χρησιμοποιώντας διάφορα εργαλεία, όπως καλέμια, σφυριά, βελόνες, εργαλεία χαρακτηριστικής οδοντιατρικής
2. Οι μέθοδοι με περιστρεφόμενα εργαλεία στις οποίες χρησιμοποιούνται τροχοί διαφόρων τύπων.
3. Η μικροαμμοβολή που αφορά μια συσκευή διοχέτευσης δέσμης πεπιεσμένου αέρα με σωματίδια κατάλληλα να αποσαθρώνουν διάφορα είδη ιζηματογενών πετρωμάτων
4. Η μέθοδος υπερήχων

Από τις τέσσερις μεθόδους, αυτή που θεωρείται από τη πιο επικίνδυνη για πιθανή φθορά του απολιθώματος είναι οι κρουστικές μέθοδοι, ενώ η μικροαμμοβολή θεωρείται η λιγότερο επικίνδυνη ως ελεγχόμενη αν και η κάθε περίπτωση καθαρισμού ενός απολιθώματος χαρακτηρίζεται ως μοναδική (Παπαγεωργίου, 1996).

Επιπροσθέτως ένα μειονέκτημα των μηχανικών καθαρισμών είναι ότι μέσω των δόνησης και της πίεσης μπορεί να προκληθεί αποκόλληση θραυσμάτων ή ακόμη και να προκαλέσουν σοβαρές φθορές στα δείγματα (López-Polín, 2011).

Ενώ τα απολιθώματα μπορούν εύκολα να προετοιμαστούν μηχανικά με το χέρι με την χρήση εργαλείων, όπως οδοντιατρικές αξίνες, βούρτσες, σπάτουλες, γωνίες καρφίτσας

- ακόμη και σφυρί και καλέμι, άλλα δείγματα μπορεί και να απαιτούν τη χρήση μηχανικών εργαλείων (Florida museum).

2.1 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΒΟΥΡΤΣΑ

Η χρήση μιας οδοντόβουρτσας ή μιας μικρής βούρτσας είναι αποτελεσματική στην απομάκρυνση του χρώματος, των φυκιών και άλλων επιφανειακών εναποθέσεων. Όπως πάντα, πρέπει να λαμβάνετε υπόψιν πως κατά τον καθαρισμό θα απομακρύνεται μόνο το ανεπιθύμητο υλικό και όχι το ίδιο το απολίθωμα (North Mississippi Gem and Mineral Society).

2.2 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΝΥΣΤΕΡΙ, ΣΜΙΛΕΣ, ΣΦΥΡΙ

Τα εργαλεία χειρός που χρησιμοποιούνται συχνά για την αφαίρεση της μήτρας είναι, σφυριά, σμίλες, νυστέρια, ξύστρες, βελόνες και περιστροφικά εργαλεία όπως το Dremel που περιλαμβάνουν πριόνια και λειαντήρες. Είναι σημαντικό να μειωθεί το μέγεθος του εργαλείου όσο πλησιάζει στο ίδιο το απολίθωμα και να αποφευχθεί η επαφή του απολιθώματος με αυτά τα εργαλεία. Επίσης η συνδυαστική χρήση βούρτσας με τα παραπάνω εργαλεία χρησιμοποιείται ευρέως αφού φέρει επιθυμητό αποτέλεσμα. (North Mississippi Gem and Mineral Society). Τα εργαλεία οδοντιατρικής θεωρούνται χρήσιμα στο καθαρισμό απολιθωμάτων (Καραμάνου & Λοίζου, 2010). Σε περιπτώσεις εύθραυστων και πολύπλοκων επιφανειών συστήνεται η χρήση τους σε συνδυασμό με μικροσκοπική παρατήρηση (Wagstaffe et al, 1968). Επιπλέον η εφύγραση της επιφάνειας μπορεί να διευκολύνει το καθαρισμό μαλακώνοντας το πέτρωμα αλλά και να διαχωρίζει το χρώμα του πετρώματος από το απολίθωμα (Rixon, 1976).



Εικόνα 2.1.: Μηχανικός καθαρισμός με νυστέρι (Αλεξανδροπούλου Α., 2014)

2.3 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΛΕΙΑΝΣΗΣ ΜΕ ΑΕΡΑ (ΜΙΚΡΟΑΜΜΟΒΟΛΗ)

Αυτές οι συσκευές είναι αναβαθμισμένες αμμοβολιστικές συσκευές που εκτοξεύουν ένα ρεύμα σωματιδίων που μοιάζουν με κόκκους και προωθούνται με πνευματική πίεση. Οι συσκευές λείανσης με αέρα είναι ιδανικές για λεπτομερείς εργασίες κατά την προετοιμασία μικροαπολιθωμάτων. Αυτός ο τύπος εργαλείου είναι επίσης καλός για τον καθαρισμό απολιθωμάτων ασπόνδυλων που βρίσκονται σε ασβεστόλιθους και άλλες σκληρές μήτρες. Κατά γενικό κανόνα, το λειαντικό αέρος χρησιμοποιείται μόνο αφού έχει αφαιρεθεί ο κύριος όγκος της μήτρας με άλλα μηχανικά ή χειροκίνητα εργαλεία. Ακόμα και με τους σκληρότερους κόκκους και τις υψηλότερες πιέσεις, η απομάκρυνση της μήτρας με αερολείανση μπορεί να είναι αργή εργασία. Είναι επίσης ένας πολύ δαπανηρός τρόπος για την αφαίρεση του όγκου της μήτρας, επειδή οι κόκκοι που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις συσκευές είναι αρκετά ακριβοί και δεν μπορούν να ανακυκλωθούν. Για τους λόγους αυτούς, οι συσκευές λείανσης με αέρα χρησιμοποιούνται κυρίως για εργασίες φινιρίσματος (Florida museum, vertebrate paleontology collection, preparation and conservation).

Η απουσία δονήσεων και ο έλεγχος τριών μεταβλητών, δηλαδή της σκληρότητας και κοκκομετρίας των σωματιδίων, του βαθμού διοχέτευσης των σωματιδίων και της έντασης της πίεσης του αέρα, καθιστούν τη μικροαμμοβολή μια ικανοποιητική μέθοδο καθαρισμού των απολιθωμάτων (Wilson, 1995).

Οι πιθανότητες φθοράς του απολιθώματος ελαχιστοποιούνται όταν είναι γνωστοί οι κίνδυνοι και ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία των ήδη καθαρισμένων επιφανειών. Απαραίτητος επίσης είναι ο συνεχής έλεγχος κατεύθυνσης της δέσμης. Για τη προστασία των εκτεθειμένων επιφανειών συστήνεται η επικάλυψή τους με επιστρώματα διαλυτών συγκολλητικών, λάστιχων ή κεριών.

Τα κεριά θεωρούνται καλύτερο προστατευτικό καθώς τα συγκολλητικά υλικά ανασηκώνονται στις άκρες με αποτέλεσμα τη συγκέντρωση των σωματιδίων της αμμοβολής (Παπαγεωργίου, 1996). Η μέθοδος της αμμοβολής θα πρέπει να πραγματοποιείται σε ειδικούς χώρους ή να κατασκευάζονται κατάλληλα κουτιά ώστε να μην θέτονται σε



Εικόνα 2.2.: Καθαρισμός απολιθώματος με αμμοβολή (Αλεξανδροπούλου Α., 2014)

κίνδυνο η υγεία και η ασφάλεια του συντηρητή.

2.4 AIR PENS

Ο πεπιεσμένος αέρας (που παράγεται από έναν αεροσυμπιεστή) χρησιμοποιείται για να σπρώξει μια γραφίδα μπρος-πίσω χιλιάδες ή δεκάδες χιλιάδες φορές το λεπτό. Διαφορετικοί τύποι και μεγέθη είναι κατάλληλα για διαφορετικές εργασίες, δηλαδή πολύ μεγάλα εργαλεία για περιπτώσεις όπου πρέπει να αφαιρεθεί πολύ σκληρό πέτρωμα, και πολύ λεπτά εργαλεία για την αφαίρεση ενός χιλιοστού πετρώματος κάθε φορά όταν εργάζεστε με εύθραυστα και ευαίσθητα απολιθώματα.

Μια πένα αέρα αποτελείται από ένα σώμα (ή χειρολαβή), μια γραφίδα ή μύτη (κατασκευασμένη από καρβίδιο βολφραμίου) και ένα δακτύλιο που συγκρατεί τη γραφίδα στη θέση της. Τα πιο ισχυρά εργαλεία είναι τα κρουστικά (τα οποία χρησιμοποιούν ένα έμβολο για να χτυπήσουν τη γραφίδα), και τα πιο ευαίσθητα εργαλεία είναι τα πιεστικά (όπου ο αέρας χρησιμοποιείται για να σπρώξει τη γραφίδα).

Η ιδέα είναι να αφαιρεθεί η κρούστα χωρίς να έρθει σε επαφή πραγματικά με το απολίθωμα από κάτω, πράγμα που είναι πολύ πιθανό να το καταστρέψει. Η γραφίδα, ή μύτη, χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση του πετρώματος κρατώντας το εργαλείο στη μήτρα και χρησιμοποιώντας μικρές, κανονικές κινήσεις χάραξης. Είναι σημαντικό να αφήνετε το εργαλείο να δουλέψει και να χρησιμοποιήσει τη δική του δύναμη για να αφαιρέσει τη μήτρα, αντί να το πιέζετε, πράγμα που μπορεί να προκαλέσει ζημιά στη γραφίδα από καρβίδιο του βολφραμίου (το οποίο είναι το υλικό που χρησιμοποιείται επειδή είναι πολύ σκληρό - κυρίως σκληρότερο από το πέτρωμα και ανθεκτικό στη λειαντική φύση του πετρώματος) (ZOIC PaleoTech).

2.5 MINIATURE AIR HAMMERS

Αυτά τα πνευματικά εργαλεία λειτουργούν με παλινδρομική κίνηση μιας σκληρής κωνικής γραφίδας, η οποία εκτελεί έως και 40.000 κινήσεις ανά λεπτό. Η δύναμη που εφαρμόζεται από τη γραφίδα και ο αριθμός των κύκλων ανά λεπτό μπορούν να προσαρμοστούν στις ανάγκες κάθε συγκεκριμένης εργασίας.

Όπως συμβαίνει με όλα τα μηχανικά εργαλεία, οι συσκευές αυτές καταστρέφουν τα απολιθώματα εξίσου εύκολα όσο κόβουν τη μήτρα, οπότε πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την χρήση αυτών των εργαλείων. Ο ρυθμός αφαίρεσης της μήτρας ελέγχεται με τη ρύθμιση της ποσότητας του αέρα, η οποία με τη σειρά της ελέγχει τον αριθμό των παλινδρομικών κινήσεων ανά λεπτό που θα κάνει το εργαλείο. Η γραφίδα χειρός μπορεί επίσης να εξοπλιστεί με σμίλες διαφορετικού σχήματος που έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά κοπής. Απαιτείται πολύ λίγη δύναμη, στην πραγματικότητα, μόλις αρκετή για να συγκρατηθεί η γραφίδα, για να λειτουργήσει το αερόσφυρο με τη μέγιστη απόδοση. Όταν η εργασία γίνεται κοντά σε ένα εύθραυστο μέρος ενός δείγματος, καλό είναι να επιβραδύνετε η κίνηση και η δύναμη του αεροσφυριού για να αποφύγετε υπερβολικές δονήσεις ή άλλες ζημιές. Αλλάζοντας τη γωνία προσβολής από κατακόρυφη σε σχεδόν οριζόντια, η σμίλη μεταβαίνει από μια θέση σκαψίματος, υψηλής κρούσης σε μια θέση τριβής ή ήπιας δόνησης της μήτρας (Florida museum, vertebrate paleontology collection, preparation and conservation). Θεωρούνται πολύ ισχυρά εργαλεία για τον καθαρισμό απολιθωμάτων και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά για την απομάκρυνση μεγάλου πάχους και σκληρότητας πετρώματος. Χαρακτηρίζονται εύχρηστα και δρουν όπως το σφυρί με το καλέμι (Rixon, 1976).

2.6 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΙ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ ΚΑΙ LASER

Τα λουτρά υπερήχων συνδυάζουν την επίδραση των κυμάτων υπερήχων με ένα υγρό, κυρίως νερό (προαιρετικά με απορρυπαντικό), και χρησιμοποιούνται ευρέως για τον καθαρισμό εδώ και πολλά χρόνια (Pojeta et al, 1989). Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και ο διαβαθμιστής υπερήχων, κατάλληλος για πιο προσεκτικό και ακριβή καθαρισμό. (Αλεξανδροπούλου, 2014). Μια άλλη ευρέως χρησιμοποιούμενη συσκευή είναι ο αποξεστήρας υπερήχων, ο οποίος χρησιμοποιείται επίσης για πιο ακριβή καθαρισμό του δείγματος (Fedak, 2000).

Ένα πιο σύγχρονο εργαλείο καθαρισμού, το λέιζερ, καθαρίζει με αφαίρεση, η οποία είναι ένας συνδυασμός εξάτμισης και εξάχνωσης των συστατικών μέσω φωτοθερμικών και φωτοχημικών διεργασιών (Cooper, 1998). Εφαρμόζεται κυρίως σε λίθινα

αντικείμενα, καθώς και σε αντικείμενα που έχουν πολύ ευαίσθητη επιφάνεια, όπως τα υφάσματα και τα έργα ζωγραφικής. Έχει χρησιμοποιηθεί επίσης για τον καθαρισμό οστών, κυρίως αυτών που έχουν εύθραυστη επιφάνεια και σε περιπτώσεις όπου είναι απαραίτητο να αποφευχθεί η επαφή του εργαλείου με την επιφάνεια του οστού. Τέλος, αυτή η μέθοδος καθαρισμού, έχει εφαρμοστεί και για τον καθαρισμό απολιθωμάτων (Αλεξανδροπούλου, 2014).

Ο καθαρισμός ενός δείγματος απαιτεί συχνά το συνδυασμό δύο ή περισσότερων τεχνικών. Ο συνδυασμός αυτός μπορεί να είναι διαδοχικός (π.χ. πρώτα σμίλη, στη συνέχεια οξύ), αλλά πρέπει να σημειωθεί ότι διαφορετικές τεχνικές μπορούν επίσης να συνδυαστούν ταυτόχρονα, ιδίως όταν χρησιμοποιούνται μικρά εργαλεία. Για παράδειγμα, το βούρτσισμα με ένα υγρό μέσο συνδυάζει την επίδραση του νερού με τη δράση της βούρτσας, η εφαρμογή διαλυτών με μπατονέτες προσθέτει τη μηχανική δράση του βαμβακιού στην επίδραση του διαλύτη, κ.λπ.(López-Polín, 2011).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Ο χημικός καθαρισμός των απολιθωμάτων οστών πραγματοποιείται βασικά για την απομάκρυνση ασβεστολιθικών επικαθίσεων με εμβάπτιση σε όξινα υδατικά διαλύματα (Rixon, 1976).

Επιλογή του κατάλληλου χημικού

Η επιλογή της χημικής ουσίας εξαρτάται από τη φύση της μήτρας που περιβάλλει το απολίθωμα. Ορισμένα παραδείγματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.

Chemical	Used on
Acetic Acid/ Οξικό οξύ	Carbonate matrices (e.g., calcite)/ Ανθρακικά στρώματα (π.χ. ασβεστίτης)
Formic Acid/Μυρμηκικό οξύ*	Carbonate matrices/ Ανθρακικά στρώματα
Thioglycollic (Mercaptoacetic Acid)/Θειογλυκολικό (Μερκαπτοοξικό οξύ)	Iron-rich matrices/ Πλούσια σε σίδηρο στρώματα
EDTA (ethylenediamine tetraacetic acid)	Iron-rich matrices/ Πλούσια σε σίδηρο στρώματα
Hydrofluoric Acid/ Υδροφθορικό οξύ	Siliceous matrices (e.g., quartz and clay minerals)/ Πυριτικά στρώματα (π.χ. χαλαζία και αργιλικά ορυκτά)
Water/Νερό	Water-soluble minerals, such as nitrates, borates and sulfates/ Υδατοδιαλυτά ορυκτά, όπως νιτρικά, βορικά και θειικά άλατα

Πίνακας 3.1.: Παραδείγματα χημικών όσον αφορά την εφαρμογή τους σε κατάλληλο υλικό (American Museum of Natural History).

*Συχνά προστίθεται επίσης ρυθμιστικός παράγοντας για την προστασία του οστού, π.χ. όταν χρησιμοποιείται μυρμηκικό οξύ, μπορεί να χρησιμοποιηθεί φωσφορικό ασβέστιο ως ρυθμιστικός παράγοντας.

3.1 ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΜΥΡΜΗΚΙΚΟ ΚΑΙ ΟΞΙΚΟ ΟΞΥ

Το **οξικό** και το **μυρμηκικό οξύ** επιλέγονται συχνότερα επειδή προκαλούν μικρή βλάβη στα οστά. Αυτή η μέθοδος καθαρισμού μπορεί να είναι η ασφαλέστερη σε ορισμένες περιπτώσεις, δεδομένου ότι δεν συνεπάγεται με πιέσεις ή δονήσεις στις επικαθίσεις. Έχει επίσης το πλεονέκτημα ότι μπορεί να εισχωρήσει και να αφαιρέσει ακόμη και από τα πιο στενά σημεία, όπου τα μηχανικά εργαλεία δεν μπορούν πάντα να φτάσουν. Ωστόσο, τα οξέα μπορούν επίσης να βλάψουν το φωσφορικό ασβέστιο και το ανθρακικό ασβέστιο στα απολιθώματα. Συνήθως χρησιμοποιούνται πολύ αραιές (3-7%) συγκεντρώσεις οξικού ή μυρμηκικού οξέος σε νερό, μαζί με ένα ρυθμιστικό διάλυμα για την προστασία του φωσφορικού ασβεστίου που περιλαμβάνει το απολιθωμένο οστό (American Museum of Natural History).

Πιο συγκεκριμένα, Το **οξικό οξύ** (CH_3COOH) είναι το πιο συνηθισμένο οξύ που χρησιμοποιείται στον καθαρισμό των απολιθωμάτων. Κατά την εφαρμογή του, το απολίθωμα τοποθετείται σε διάλυμα 10% σε απιονισμένο νερό και αφήνεται μέχρι το ίζημα να διαλυθεί ή να γίνει πιο μαλακό και να φτάσει τα 3 mm [το οξύ διαλύει το ανθρακικό ασβέστιο που βρίσκεται στο ίζημα κι έτσι το αποδυναμώνει. Αυτό μπορεί να ελεγχθεί καθαρίζοντας την εκτεθειμένη επιφάνεια του οστού με μαλακή βούρτσα όσο το δείγμα είναι μέσα στο οξύ. Εν συνεχεία, το απολίθωμα τοποθετείται σε λουτρό απιονισμένου νερού ώστε να απομακρυνθεί η περίσσεια του οξικού οξέος. Το νερό θα πρέπει να αλλάζεται ανά οκτώ ώρες ενώ η εφαρμογή αυτού του σταδίου θα πρέπει να έχει τον τριπλάσιο χρόνο από αυτόν της εφαρμογής του οξέος. Αφού ολοκληρωθεί κι αυτό το στάδιο, το δείγμα τοποθετείται σε φούρνο στους 60 C προκειμένου να στεγνώσει. Αν τα αποτελέσματα δεν είναι τα επιθυμητά, τότε μπορεί να επαναληφθεί όλη η διαδικασία από την αρχή. Ένα από τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει το οξικό οξύ είναι η έντονη μυρωδιά του, η οποία μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στον συντηρητή όταν το εφαρμόζει. Για το λόγο αυτό, πολλοί συντηρητές, όπως ο Rixon , το αντικατέστησαν με μυρμηκικό οξύ (HCOOH) το οποίο είναι ένα ασθενές οργανικό οξύ και χρησιμοποιήθηκε αρκετά μεταγενέστερα. Το μυρμηκικό οξύ έχει την ικανότητα να διαλύει ιζήματα που το οξικό είτε δεν τα διαλύει καθόλου, είτε τα διαλύει πολύ αργά. Έτσι, σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιείται πρώτα το οξικό οξύ και κατά

το δεύτερο στάδιο της εφαρμογής χημικού καθαρισμού, χρησιμοποιείται το μυρμηκικό. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να πλυθεί πολύ καλά το δείγμα προκειμένου να απομακρυνθούν όλα τα υπολείμματα του οξικού οξέος γιατί εάν έρθουν σε επαφή τα δύο οξέα μπορεί να καταστρέψουν το οστό.

(Αλεξανδροπούλου, 2014).

Εκτός από τις δοκιμές του οξικού και μυρμηκικού οξέος έχουν πραγματοποιηθεί και άλλες δοκιμές με άλλα οξέα, όπου πολλά δεν φέρουν θετικά αποτελέσματα. Κάποια από τα χημικά είναι:

Κιτρικό οξύ ($C_6H_8O_7$): το οξύ αυτό προσβάλλει και διαλύει το ανθρακικό ασβέστιο. Όταν αυτό έρθει σε επαφή με το διοξείδιο του άνθρακα δημιουργείται το κιτρικό ασβέστιο το οποίο είναι αδιάλυτο άλας στο νερό και θεωρητικά επιτίθεται στην επιφάνεια του οστού. Η διαδικασία όμως αυτή σταματάει σχεδόν αμέσως με τη δράση του αδιάλυτου κιτρικού. Παράλληλα, το αδιάλυτο άλας που δημιουργείται εναποτίθεται και μέσα στο ίζημα με αποτέλεσμα η δράση του κιτρικού οξέος να σταματάει σχετικά γρήγορα. Για το λόγο αυτό, η εφαρμογή του δεν φέρει αποτελέσματα (Αλεξανδροπούλου, 2014).

Υδροφθορικό οξύ (HF): πιστεύεται ότι δεν αποτελεί και τόσο καλή μέθοδο καθώς, κάνει το οστό πολύ εύθραυστο. Όμως, περεταίρω έρευνα θα έδινε πιο ολοκληρωμένα αποτελέσματα, καθώς, σύμφωνα με τον Rixon, το συγκεκριμένο αποτέλεσμα δεν έγκειται στο οξύ αλλά στο υλικό πάνω στο οποίο εφαρμόστηκε το οποίο ήταν θραύσματα οστών (Αλεξανδροπούλου, 2014).

Υδροχλωρικό οξύ (HCl): δε χρησιμοποιείται για να αφαιρεθεί το οστό από το ίζημα - μήτρα, αλλά για να καταστρέψει το οστό και να δημιουργήσει ένα φυσικό καλούπι σε μήτρες από πυρίτιο. Θεωρείται αρκετά επικίνδυνο για το απολίθωμα. Συνδυασμός Υδροφθορικού και Υδροχλωρικού οξέος: έχει χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση οξειδίων του σιδήρου και ιζήματα του πυριτίου από το απολίθωμα με ικανοποιητικά αποτελέσματα (Αλεξανδροπούλου, 2014).

Θειογλυκολικό οξύ ($C_2H_4O_2S$): Πρώτος το δοκίμασε ο Howie το 1974 για την αφαίρεση οστού από ίζημα από αιματίτη με ενθαρρυντικά αποτελέσματα (Rixon, 1976). Συγκεκριμένα πειραματίστηκε με διάλυμα 5% θειογλυκολικού οξέος και 0.9% ορθοφωσφορικού ασβεστίου σε απιονισμένο νερό. Το διάλυμα αυτό μετατρέπει τα ιόντα τρισθενούς σιδήρου σε διαλυτό άλας δισθενούς σιδήρου. Στη συνέχεια εμβάπτισε το δείγμα σε διάλυμα 5% υδροξειδίου του αμμωνίου και το ξέπλυνε. Η εφαρμογή αυτού του οξέος αποτελεί μια πολύ σημαντική εξέλιξη στην εφαρμογή χημικού καθαρισμού, εκθέτει όμως το οστό σε μεγαλύτερο κίνδυνο σε σχέση με το οξικό ή το μυρμηκικό οξύ. Παρ' όλα αυτά, η εφαρμογή του και σε άλλα είδη ιζημάτων είναι απαραίτητη, ώστε να υπάρχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την αποτελεσματικότητα αυτού του υλικού (Αλεξανδροπούλου, 2014).

Επιπρόσθετος συνιστάται πάντα η προστασία των οστών και η σταθεροποίηση τους πριν την έκθεση τους σε οξέα. Επιπλέον, μετά την επεξεργασία με οξέα, απαιτείται μια διεξοδική διαδικασία πλύσης/εκπλύσεων για να εξασφαλιστεί η απομάκρυνση όλων των ιχνών του οξέος ή των αλάτων που παράγονται κατά την επεξεργασία μέσω μιας χημικής αντίδρασης (Wilson, 1995).

3.2 ΑΝΑΓΩΓΗ ΣΙΔΗΡΟΥ

Σε ορισμένα δείγματα, οι καφέ κρούστες και οι κρύσταλλοι που σχηματίζονται από οξείδιο του σιδήρου μπορεί να κρύψουν τις περισσότερες λεπτομέρειες του υποκείμενου δείγματος. Η αναγωγή του σιδήρου είναι μια μέθοδος καθαρισμού αυτής της κρούστας με την αναγωγή του σιδήρου σε υδροξείδιο του σιδήρου, το οποίο είναι πιο διαλυτό. Υπάρχουν δύο τεχνικές: το θειογλυκολικό οξύ και η "μέθοδος Waller". Η μέθοδος Waller, η οποία δεν χρησιμοποιεί οξέα και επομένως δεν είναι διαβρωτική, τείνει να προτιμάται για τα απολιθώματα. Λειτουργεί καλά στα περισσότερα πυριτικά, ανθρακικά και φωσφορικά ορυκτά, αλλά δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε υλικά ευαίσθητα στο pH, όπως τα πολύ διαλυτά ορυκτά ασβεστίου. Η μέθοδος Waller

χρησιμοποιείται επίσης ως μέθοδος για τη σταθεροποίηση δειγμάτων που έχουν "ασθένεια πυρίτη"(American Museum of Natural History).

3.3 ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΝΕΡΟ

Το νερό χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό των οστών τα οποία είναι ανθεκτικά, διότι κατά την ξήρανση μπορούν να υπάρξουν φθορές όπως ράγισμα. Οι αποθέσεις αργίλου και αφαιρούνται συνήθως με νερό, το οποίο έχει το πλεονέκτημα ότι είναι εύκολα διαθέσιμο, χαμηλού κόστους και μη τοξικό. Είναι σημαντικό να προσέξουμε ότι το νερό της βρύσης μπορεί να περιέχει διάφορα διαλυτά άλατα και άλλους ρύπους, γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται απιονισμένο ή αποσταγμένο νερό. Το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ή χωρίς απορρυπαντικά, αλλά αν χρησιμοποιείται απορρυπαντικό πρέπει να μην περιέχει λευκαντικές ουσίες (Wilson, 1995).

3.4 ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΔΙΑΛΥΤΕΣ

Οι διαλύτες (ακετόνη, αλκοόλη κ.λπ.) χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς, όπως η απομάκρυνση των στερεωτικών ή άλλων οργανικών ουσιών, όπως το λίπος, από τα αντικείμενα (π.χ. που προκύπτουν από το χειρισμό του δείγματος). Ορισμένοι από αυτούς, όπως η αιθανόλη, χρησιμοποιούνται μερικές φορές αντί για νερό για να μαλακώσουν κάποια ύλη, όπως π.χ. πηλό ή άμμο. Οι διαλύτες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν επιπλέον του νερού για να ληφθεί ένα πιο πτητικό μείγμα από το καθαρό νερό. Άλλες κοινές τεχνικές καθαρισμού δεν εντάσσονται εξ ολοκλήρου σε αυτές τις κατηγορίες (López-Polín, 2011).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

Ο καθαρισμός απολιθωμένων οστών μπορεί να είναι επιβλαβής και δύσκολος. Εξαιτίας αυτού, αρκετοί συντηρητές έχουν διερευνήσει τα τελευταία χρόνια διαφορετικές τεχνικές καθαρισμού για να καθορίσουν ποια είναι η καλύτερη για το υλικό. Για τον καθαρισμό των δειγμάτων, όλες οι τεχνικές που δημιουργήθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο έχουν εφαρμοστεί περισσότερο ή λιγότερο συχνά. Τα κεφάλαια που ακολουθούν εξετάζουν μερικά παραδείγματα.

4.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ

Πολλοί συντηρητές έχουν δοκιμάσει διάφορες τεχνικές μηχανικού και υγρού καθαρισμού, εστιάζοντας κυρίως στις επιζήμιες επιπτώσεις τους σε δείγματα απολιθωμένων οστών. Αναλυτικότερα:

1. Ο Bromage το 1984 έκανε διάφορα πειράματα πάνω σε δοκίμια οστών χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνικές λείανσης. Συγκεκριμένα χρησιμοποίησε μικροψηγματοβολή, υαλόχαρτο, υδροβολή με παράλληλη χρήση βούρτσας, δίνοντας έμφαση στο κατά πόσο αυτές οι μέθοδοι διαφοροποιούν την επιφάνεια τοπογραφικά, παρατηρώντας τη στο μικροσκόπιο. Διαπίστωσε πως και τα τέσσερα εργαλεία επηρεάζουν την επιφάνεια του οστού, άλλα σε μικρότερο κι άλλα σε μεγαλύτερο βαθμό. Επίσης, πειραματίστηκε με τη χρήση οξικού οξέος σε οστό, θέλοντας να δει κατά πόσο κι αυτό το χημικό υλικό επηρεάζει την επιφάνειά του. Διαπίστωσε πως την επηρεάζει ελαφρώς καθώς διαλύει τον βιοαπατίτη (Αλεξανδροπούλου,2014).
2. Δύο χρόνια αργότερα, το 1986, οι Matienzo και Snow, έκαναν νέα πειράματα πάνω σε ελεφαντόδοντο (όχι σε οστά όπως ο Bromage) δοκιμάζοντας διαφορετικούς οργανικούς διαλύτες. Συγκεκριμένα, εμβάπτισαν τα δείγματα ελεφαντόδοντου σε ακετόνη, αλκοόλη και τολουόλη καταλήγοντας στο συμπέρασμα πως οι διαλύτες δε διαφοροποιούν την επιφάνεια των δειγμάτων. Εκτός όμως από οργανικούς διαλύτες, έκαναν δοκιμές και με υδροχλωρικό οξύ, το οποίο προκάλεσε μεγάλη

αλλοίωση της επιφάνειας του ελεφαντόδοντου, καθώς διέλυσε τον ασβεστίτη, παρ' όλο που ξεπλύθηκε με απιονισμένο νερό αμέσως μετά την εφαρμογή (Αλεξανδροπούλου, 2014).

3. Πιο πρόσφατα πειράματα έχουν πραγματοποιηθεί το 2008 από τους Fernandez Jalvo και Marin Monfort, οι οποίοι δοκίμασαν εκ νέου οργανικούς διαλύτες σε απολιθωμένο οστό. Αναλυτικότερα, δοκίμασαν αλκοόλη, ακετόνη, και διάλυμα των δύο διαλυτών, επιλέγοντας δύο τρόπους εφαρμογής: με βούρτσα και με μπατονέτα. Αρχικά, όσον αφορά τη μέθοδο εφαρμογής που επιλέχθηκε, συμπέραναν τα εξής: η βούρτσα κάλυψε με το περιβάλλον ίζημα κάποια από τα χαρακτηριστικά του οστού που μπορούσαν να γίνουν ορατά μικροσκοπικά. Επίσης, οι τρίχες της βούρτσας προκαλούσαν εκδορές στην επιφάνεια και ιδιαίτερα με την παράλληλη χρήση της αλκοόλης και της ακετόνης. Οι οργανικοί διαλύτες αλλοίωναν τα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά του οστού. Αντίθετα, οι μπατονέτες επέτρεπαν μεγαλύτερη ακρίβεια κατά τον καθαρισμό, όμως προκαλούσαν κι αυτές εκδορές, αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό. Το γενικό συμπέρασμα που εξάγεται από τα παραπάνω πειράματα έγκειται στο ότι οι οργανικοί διαλύτες λειτουργούν ως αποξεστικά με τις μεθόδους εφαρμογής που αναφέρθηκαν και για το λόγο αυτό προτείνεται να αποφεύγεται η χρήση τους για τον καθαρισμό των απολιθωμάτων (Αλεξανδροπούλου, 2014).
4. Ένα χρόνο αργότερα, το 2009, ολοκληρώθηκε η έρευνα που πραγματοποιήθηκε από μία ομάδα συντηρητών του Τ.Ε.Ι. Αθήνας, πάνω σε ανασκαφικό μάρμαρο, το οποίο συμπεριφέρεται στις διάφορες μεθόδους καθαρισμού όπως το ίζημα που περιβάλλει ένα απολίθωμα. Τα δείγματα ανασκαφικού μαρμάρου προέρχονταν από το Μνημείο του Αυγούστου στη Νικόπολη. Συνολικά έγινε συλλογή 69 δειγμάτων εκ των οποίων τα 44 διέθεταν ανάγλυφο διάκοσμο ενώ τα υπόλοιπα 25 δεν διέθεταν γλυπτό διάκοσμο και προορίζονταν για περαιτέρω μελέτη στο εργαστήριο. Στα 25 αυτά δείγματα πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις προκειμένου να προσδιοριστεί η ορυκτολογική τους σύσταση, το είδος των αποθέσεων στην επιφάνειά τους και η σύσταση του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο βρέθηκαν. Συγκεκριμένα, έγινε ορυκτολογική ανάλυση με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας ακτίνων X (XRD), δημιουργήθηκαν στιλπνές τομές ώστε να παρατηρηθούν στο οπτικό μικροσκόπιο

και στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) και τέλος, δημιουργήθηκαν και λεπτές τομές για μελέτη στο πετρογραφικό μικροσκόπιο. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε αφαίρεση του περιβάλλοντος χώματος από τα δείγματα με μηχανικά μέσα και έκπλυση της επιφάνειας με απιονισμένο νερό. Από το χώμα και τα εκπλύματα παρασκευάστηκαν διαλύματα και έγιναν αναλύσεις ώστε να μετρηθεί το pH, η αγωγιμότητα, η ολική σκληρότητα και η ανθρακική σκληρότητα του νερού, και να γίνει μέτρηση της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου. Από αυτές τις μετρήσεις, διαπιστώθηκε πως η σύσταση του ανασκαφικού μαρμάρου αποτελείται από Ασβεστίτη (CaCO_3) σε μεγάλη αναλογία, από Δολομίτη σε πολύ μικρό ποσοστό, από Χαλαζία (SiO_2) και Άστριους. Επιπλέον, έγινε κατηγοριοποίηση των φθορών οι οποίες είναι δενδριτικής μορφής, συνεκτικές αποθέσεις (κρούστες) -ασβεστιτικής κυρίως σύστασης - και επιφανειακές αποθέσεις. Ύστερα από βιβλιογραφική μελέτη αποφασίστηκε να εφαρμοστούν οι εξής μέθοδοι καθαρισμού ώστε να απομακρυνθούν οι αποθέσεις χωρίς να επηρεαστεί η επιφάνεια του μαρμάρου:

- Επιθέματα προσροφητικών αργίλων
- Μηχανικές μέθοδοι: εργαλεία χειρός, μικροψηγματοβολή και ξέστρο υπερήχων
- Χημικές μέθοδοι: σύνθετα χημικά επιθέματα τύπου Mora (Mora, Mora modified, EDTA Plus,)
- Laser
- Μέθοδοι καθαρισμού με βάση το νερό: Διαβροχή, Υδροβολή, Εκνέφωση νερού
- Χημικά διαλύματα: Αμμωνία (NH_3) και υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2)
- Συνδυασμός κάποιων από τις παραπάνω μεθόδους (π.χ. Mora με ξέστρο υπερήχων)

Από όλες τις δοκιμές καθαρισμού σε μάρμαρο που προαναφέρθηκαν, αυτές που παρουσιάζουν ειδικό ενδιαφέρον για τον τομέα του καθαρισμού των απολιθωμάτων, είναι αυτές που εφαρμόστηκαν για να απομακρυνθούν οι διαφορετικές κρούστες από την επιφάνεια του μαρμάρου. Κάποιες μέθοδοι καθαρισμού φέρουν πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα ενώ άλλες δεν απομακρύνουν καθόλου την κρούστα.

Αναλυτικότερα, η μέθοδος της μικροψηγατοβολής δεν ήταν ικανοποιητική, καθώς είναι πιθανό να προκληθεί φθορά στο υπόστρωμα. Ομοίως, μη αποτελεσματικές ήταν και η μέθοδος των σύνθετων χημικών επιθεμάτων και η μέθοδος της ατμοβολής, αφού δεν αφαίρεσαν τις κρούστες αλλά ούτε και μείωσαν το πάχος τους. Μερικώς αποτελεσματική θεωρήθηκε η μέθοδος του ζέστρου υπερήχων, η οποία αφαίρεσε τις κρούστες με αργυλοπυριτική σύσταση και μείωσε το πάχος των ασβεστιτικών.

Τέλος, το σύστημα laser που επιλέχθηκε ήταν το Nd:YAG laser τύπου Q-switched στα 1064nm (Modelo: SPECTRON SL805) με εύρος παλμού 10ns, το οποίο αφαιρούσε ικανοποιητικά την κρούστα ασβεστιτικής σύστασης χωρίς να επηρεάζεται το υπόστρωμα στις εξής συνθήκες: πυκνότητα ενέργειας 1,43 J/cm², ρυθμό επαναληψιμότητας στα 10Hz και με ποικίλο αριθμό παλμών ανάλογα με το πάχος των επικαθίσεων που εκτιμήθηκε εμπειρικά. Παρατηρήθηκαν όμως υπολείμματα στην επιφάνεια του λίθου τα οποία έπρεπε να απομακρυνθούν εν συνεχεία με το ζέστρο υπερήχων (Αλεξανδροπούλου, 2014).

4.2 ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΜΕ LASER

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το laser έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται στην επιστήμη της συντήρησης πρόσφατα. Ως αποτέλεσμα, έχει αρχίσει σταδιακά να επηρεάζει την τεχνολογία λείζερ, στη μελέτη του καθαρισμού στο θέμα της διατήρησης απολιθωμένων οστών.



Εικόνα 4.1.: Καθαρισμός οστού με μηχανήμα laser (Lytho Conservation).

Έχουν γίνει διάφορα πειράματα σε δείγματα καθ' όλη τη διάρκεια των τελευταίων δέκα ετών, κάποια από αυτά εξετάζονται παρακάτω.

1. Το 2000 συλλέχθηκαν από τον Landucci F. και την ομάδα του, δύο είδη απολίθωμάτων, προερχόμενα από περιοχές της Ιταλίας : το πρώτο ήταν οστά θηλαστικών μέσα σε σκούρο γκρι σκληρό και αμμώδες ίζημα (η σύσταση του οποίου ήταν θραύσματα πέτρας, χαλαζία, άστριοι και ασβεστίτης σε αργιλική μήτρα) ενώ το δεύτερο από κόκκινο - καφέ, χαλαρό/σαθρό ίζημα (το οποίο αποτελούνταν από ασβεστίτη, χαλαζία, άστριους, δολομίτη και φυλλοπυρίτη). Τα στάδια που ακολουθήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία ήταν τα εξής: αρχικά, έγινε ανάλυση με περίθλαση ακτίνων X (XRD Philips, ακτινοβολία CuKα/Ni στα 40kV, 20 mA), στη συνέχεια, παρατηρήθηκαν λεπτές εγκάρσιες τομές σε μικροσκόπιο πόλωσης (Zeiss) προκειμένου να αναλυθεί η ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων αλλά και να ελεγχθεί η επιφάνεια του οστού μετά την εφαρμογή του laser. Ακόμη, προσδιορίστηκε το ποσοστό φθορίου και ορίστηκε ο βαθμός της απολίθωσης με τη βοήθεια υγρής χρωματογραφίας υψηλής πίεσης. Τέλος, με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (Philips 515 SEM, Edax 9800 EDS) ολοκληρώθηκε η μορφολογική εξέταση και η χημική ανάλυση της επιφάνειας του ιζήματος και του οστού πριν και μετά την εφαρμογή του laser. Αφού ολοκληρώθηκαν τα προκαταρκτικά στάδια ανάλυσης του δείγματος, αφαιρέθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό του ιζήματος με τη βοήθεια υπεροξειδίου του υδρογόνου και στη συνέχεια εφαρμόστηκε το laser. Χρησιμοποιήθηκε το σύστημα laser Nd:YAG με διάρκεια παλμού στα 20μs. Στην αρχή, η ενέργεια της ακτινοβολίας που εφαρμόστηκε ήταν στα 20 J/cm², με ρυθμό επανάληψης 20Hz. Πλησιάζοντας προς την επιφάνεια του οστού, η ενέργεια μειώθηκε στα 5 J/cm², με ρυθμό επανάληψης 10 Hz. Τα αποτελέσματα του καθαρισμού κατά τον Landucci ήταν ιδιαίτερα ικανοποιητικά, χωρίς μάλιστα να επηρεάζεται η επιφάνεια των οστών. Οι ερευνητές όμως, κρίνουν την εφαρμογή πολύ χρονοβόρα, σε ορισμένες περιπτώσεις. Επίσης, θεωρούν πως η διαδικασία απομάκρυνσης του ιζήματος με laser από το απολίθωμα μπορεί να επιτευχθεί πολύ πιο εύκολα και γρήγορα, εφόσον συντρέχουν οι συνθήκες ισχυρής οπτικής απορρόφησης της ακτινοβολίας από το ίζημα που πρέπει να αφαιρεθεί (Αλεξανδροπούλου, 2014).

2. Το 2003 οι F. Landucci και μια ομάδα Συντηρητών χρησιμοποίησαν το laser σε δείγματα απολιθωμάτων σπονδυλόζων. Η πρώτη ομάδα δειγμάτων αποτελούνταν από διάφορα οστά θηλαστικών από το Matassino της Ιταλίας το ιζήμα των οποίων ήταν σκούρο γκρι, σκληρό και αμμώδες. Έπειτα από ορυκτολογική ανάλυση, αποδείχθηκε ότι αποτελούνταν από υδροξυαπατίτη $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ με μικρή περιεκτικότητα σε φθόριο ($<0,05\text{ppm}$), ενώ η πετρογραφική ανάλυση έδειξε την ύπαρξη φυλλοπυρίτη σε μεγάλη αναλογία, χαλαζία και άστριοι σε μικρότερη αναλογία και ίχνη από ασβεστίτη. Η δεύτερη ομάδα δειγμάτων περιελάμβανε ένα δόντι από υποπόταμο μέσα σε γκρι αμμώδες ιζήμα. Κατά το πρώτο στάδιο της πειραματικής διαδικασίας, πραγματοποιήθηκε ορυκτολογική και πετρογραφική ανάλυση. Κατά το δεύτερο στάδιο, έγιναν αναλύσεις προκειμένου να οριστεί το σημείο επαφής μεταξύ του οστού και του ιζήματος. Συγκεκριμένα, έγινε φωτογράφιση με ακτίνες X και σπειροειδής αξονική τομογραφία(SCT). Στο επόμενο στάδιο, αφαιρέθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό του ιζήματος από την επιφάνεια του οστού με υπεροξείδιο του υδρογόνου. Η εφαρμογή ολοκληρώθηκε με τη χρήση μηχανικού καθαρισμού (με νυστέρι, οδοντιατρική μήλη κτλ.). Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε μικροαμμοβολή με πούδρα από οξείδια του αλουμινίου (200-50 μm) ώστε το πάχος του ιζήματος να φτάνει τα 2-3mm. Τέλος, χρησιμοποιήθηκε το σύστημα laser Nd:YAG (Modelo Smart Clean) με μήκος κύματος στα 1064nm και με διάρκεια παλμού στα 20 μs . Το laser εφαρμόστηκε με ενέργεια πάνω από 1J ανά παλμό με ρυθμό επανάληψης στα 10 Hz. Συνεπώς, η ενέργεια που χρειάστηκε ήταν στα 15-30 J/cm². Πριν την εφαρμογή των μεθόδων καθαρισμού που επιλέχθηκαν έγιναν αναλύσεις XRD (XRD Philips, ακτινοβολία CuK α /Ni στα 40kV, 20 mA) και παρατήρηση λεπτών εγκάρσιων τομών σε μικροσκόπιο πόλωσης (Zeiss) από το οποίο λήφθηκαν και φωτογραφίες. Τέλος το ποσοστό φθορίου προσδιορίστηκε με τη βοήθεια υγρής χρωματογραφίας υψηλής πίεσης στα δείγματα από τη Ιταλία. Τα αποτελέσματα ήταν γενικά πολύ ενθαρρυντικά, αλλά η εφαρμογή ήταν χρονοβόρα, επειδή το ιζήμα ήταν σκληρό, και πολύ καλά συνδεδεμένο με το οστό και κατά συνέπεια, η απορροφητικότητα στο συγκεκριμένο μήκος κύματος της ακτινοβολίας laser ήταν χαμηλή (Αλεξανδροπούλου, 2014).

3. Η πιο πρόσφατη πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε το 2008 από τις Lopez-Polin L. και Olle A. σε δείγματα μακρών οστών από θηλαστικά τα οποία είχαν στην επιφάνειά τους υπολείμματα ανθρακικού ιζήματος. Αρχικά, αφαιρέθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό του ιζήματος με μηχανικά μέσα προκειμένου να φτάσει το πάχος του στην επιφάνεια των οστών περίπου στο 1mm. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε το σύστημα laser SFR Nd:YAG (με οπτική ίνα) στα 1064nm. Ύστερα από πειράματα που έγιναν σε άλλα δείγματα, οι παράμετροι που ορίστηκαν για τον καθαρισμό των οστών είναι οι εξής: ενέργεια ανάμεσα στα 0.7 – 1 J, διάμετρος ίχνους αλληλεπίδρασης στα 6mm, πυκνότητα ενέργειας μεταξύ 2.5 και 3.6 J/cm² και συχνότητα 4 και 10 Hz. Πριν εφαρμοστεί το laser τα οστά χωρίστηκαν στα δύο, η μια μεριά των οποίων παρέμεινε στεγνή ενώ η άλλη υγράνθηκε με απιονισμένο νερό. Η χρήση του laser στην πλευρά όπου το οστό ήταν υγρό, δεν επέφερε καταστροφή στην επιφάνεια του και γενικά κανενός είδους μεταβολή. Αντίθετα, στην στεγνή πλευρά, η σάρωση με το laser προκάλεσε ορατές γκρι και μαύρες γραμμές. Εκτός αυτού, η υπερβολική έκθεση στην ακτινοβολία προκάλεσε οπές στην επιφάνεια του οστού και κρακελαρίσματα δίνοντας την αίσθηση της αποδυνάμωσης του οστού. Αυτές οι αλλαγές προκλήθηκαν από την υψηλή θερμοκρασία στην επιφάνεια. Τα αποτελέσματα του laser εξετάστηκαν με στερεοσκόπιο Olympus SZ11, με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης JEOL 6400 και με FEI Quanta 600 SEM. Από τα παραδείγματα που αναπτύχθηκαν, συμπεραίνεται ότι γενικά τα αποτελέσματα της εφαρμογής ακτινοβολίας laser για τον καθαρισμό απολιθωμένων οστών είναι ικανοποιητικά. Σε μερικές περιπτώσεις η εφαρμογή του laser είναι πολύ αποτελεσματική και μπορεί να απομακρύνει ρύπους από την επιφάνεια των οστών (όταν πλέον έχει απομακρυνθεί το μεγαλύτερο ποσοστό του ιζήματος που το περιβάλλει) που με άλλες μεθόδους θα ήταν σχεδόν αδύνατο. Σε ορισμένες εργασίες, αντίθετα, έχει αναφερθεί ότι το laser δεν απομακρύνει τους ρύπους ενώ παρατηρείται αλλοίωση στο χρώμα της επιφάνειας του οστού (Αλεξανδροπούλου, 2014).

Παρακάτω στον Πίνακα 4.1. παρατίθεται μία επισκόπηση όλων των πειραμάτων καθαρισμού σε δείγματα απολιθωμένων οστών που συζητήθηκαν παραπάνω μετά τον καθαρισμό με laser.

YEAR	AUTHOR	OBJECT	MATRIX	EXAMINATIONS OF THE OBJECT	LASER	CONCLUSION
2000	Landucci, F. et al	Mammals fossils Mammals and birds	Hard, grayish by quartz, feldspars, phyllosilicate, calcite Porous matrix of red-brown by calcite, quartz, feldspars, phyllosilicates, dolomite	XRD (CuK α /Ni at 40KV, 20mA) Zeiss Polarising microscope HPLC SEM	Prior washing in hydrogen peroxide Nd:YAG (20J/cm 2 , 20Hz. Close to the bone surface 5J/cm 2 , 10Hz)- in water-assisted conditions (keeping the surface wet during laser irradiation)*laser pulses have a non-standard duration of 20 μ s.	Very good results. Easier and faster operation can be obtained when the laser operations can be assisted by optical absorption selectivity. When the covering matrix is darker than the surface of the bone, lower absorption of the laser light in the latter can terminate of the cleaning process.
2003	Landucci, F. et al	Various mammalian bones Tooth of hippopotamus	Dark-grey, hard, sandy material with rock fragments, quartz, feldspars, calcite Grey sandy materials- composition similar to the real object. (which is formed by clastic deposits with volcano-clastic intercalations)	XRD (CuK α /Ni at 40KV, 20mA) X-ray photography SCT (localize the interface between the fossil surface and the matrix) Zeiss Polarising microscope HPLC	Prior washing in hydrogen peroxide (60vol.)+ mechanical tools (scalpels, probes) Micro-sandblasting with aluminium oxide (200-50 μ m) Nd: YAG (1064, 20 μ s, max fluencies 15-30J/cm 2 , 10Hz, equipped with optical fibre and a hand piece allowing adjustable spot size. With water.	Very progressive removal. Microscope control allowed high precision laser operation to disclose finer details of the original bone surface. Time-consuming when the matrix is hard, strongly cemented to the bone and shows low absorption of laser light (due to the clear colour and the inclusion of quartz crystals) The results were effective due to the combined cleaning procedure: laser application was enhanced by SCT and conventional cleaning techniques and they helped to reach faster to the surface of the bone.
2008	Lopez-Polin et Olle, A.	Macromammal bones	Remains of carbonate sediment	Olympus SZ11 stereoscope JEOL 6400 Scanning Electron Microscope FEI Quanta 600 Environmental SEM	Mechanical cleaning Nd:YAG with optical fiber (1064nm) in the SFR, fluencies 2.5-3.5J/cm 2 , frequency 4 and 10 Hz	Dry area: grey or black lines, excessive exposure produce small holes, craquelures and molten appearance. Wet area: mostly unaltered using the same parameters. Efficient to the layers up to 1mm.

Πίνακας 4.1.: Σύνοψη των αποτελεσμάτων από μελέτες καθαρισμού με λέιζερ σε δείγματα απολιθωμένου οστού (Αλεξανδροπούλου Α., 2014).

Παρά τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα που έχουν αναφερθεί από τους ειδικούς, είναι κοινώς αποδεκτό πως χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για τη δράση της μεθόδου καθαρισμού με laser, σε μεγαλύτερη ποικιλία τόσο απολιθωμάτων όσο και ιζημάτων που μπορεί να περιβάλλουν ένα οστό. Με αυτό τον τρόπο θα γίνει περισσότερο κατανοητή η διαδικασία του καθαρισμού και κατ' επέκταση θα υπάρχει δυνατότητα βελτίωσης της μεθόδου ώστε να επιτευχθούν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα στον καθαρισμό των απολιθωμάτων (Αλεξανδροπούλου, 2014).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

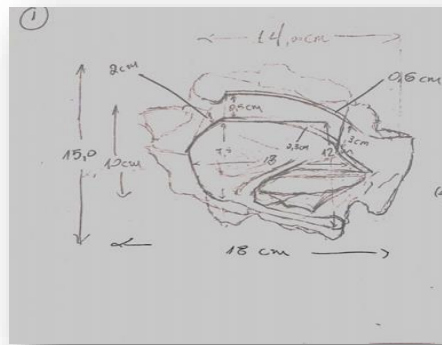
Προκειμένου να διατηρηθεί η ιστορική, και υλική δομική ακεραιότητα του απολιθωμένου οστού, στόχος αυτής της έρευνας είναι να συγκριθούν τα αποτελέσματα διαφόρων δοκιμών καθαρισμού σε δείγματα ιζημάτων απολιθωμένου οστού, ώστε να καθοριστεί ποια είναι η καλύτερη μέθοδος για την απομάκρυνση αυτών χωρίς να καταστραφεί η επιφάνεια του υποκείμενου οστού.

5.1 ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟΛΙΘΩΜΑΤΩΝ - ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Στο πλαίσιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας με τίτλο “Συγκριτική Μελέτη Μεθόδων Καθαρισμού Απολιθωμένων Οστών” επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί η μελέτη σε απολιθωμένο οστό το οποίο ανήκει στο Μουσείο Παλαιοντολογίας του ΕΚΠΑ. Το συγκεκριμένο οστό ανήκει σε χελώνα ενώ παρατηρήθηκαν 3 διαφορετικά στρώματα ιζημάτων ως εξής : Το εξωτερικό και ανώτερο στρώμα ιζήματος, είναι αρκετά εύθρυπτο και μαλακό και χρώματος καφέ (στρώμα 1), το επόμενο στρώμα ιζήματος είναι χρώματος μαύρου – γκρι, λεπτό και συμπαγές (στρώμα 3) και το τελευταίο στρώμα είναι συμπαγές με μεγάλο πάχος και χρώματος μπεζ – καφέ (στρώμα 2) ενώ κάτω από το τελευταίο βρίσκεται το απολιθωμένο οστό χελώνας.

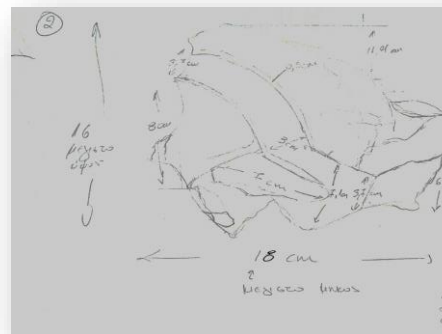
Παρακάτω παρατίθεται σχεδιαστική και φωτογραφική τεκμηρίωση του απολιθωμένου οστού, καθώς και η δειγματοληψία των τριών στρωμάτων.

Σκαρίφημα 1



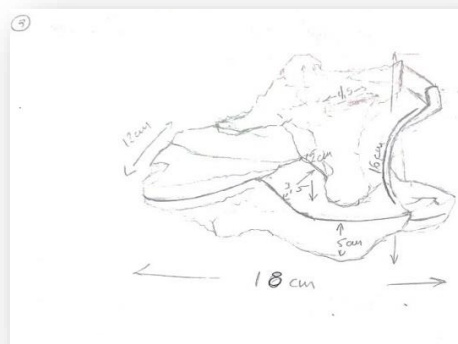
Εικόνα 5.1.: Σκαρίφημα εμπρόσθιας όψης απολιθωμένου οστού

Σκαρίφημα 2



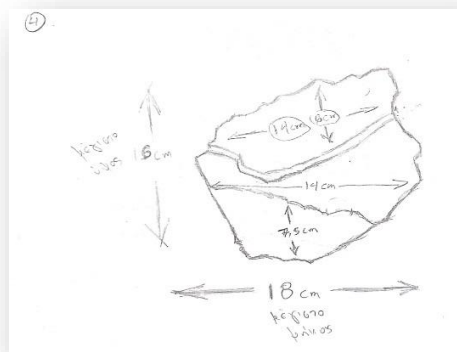
Εικόνα 5.2.: Σκαρίφημα πλαϊνής όψης απολιθωμένου οστού

Σκαρίφημα 3



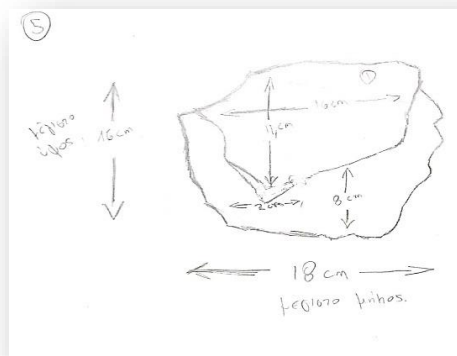
Εικόνα 5.3.: Σκαρίφημα πλαϊνής όψης απολιθωμένου οστού

Σκαρίφημα 4



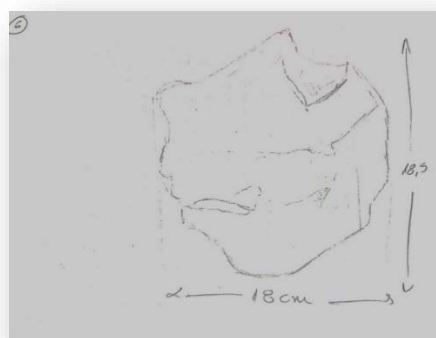
Εικόνα 5.4: Σκαρίφημα οπίσθιας όψης απολιθωμένου οστού

Σκαρίφημα 5



Εικόνα 5.5.: Σκαρίφημα άνω όψης απολιθωμένου οστού

Σκαρίφημα 6



Εικόνα 5.6.: Σκαρίφημα κάτω όψης απολιθωμένου οστού

Αφού προηγήθηκε οπτική παρατήρηση και φωτογράφιση του αντικειμένου με φωτογραφική μηχανή DSLR, μάρκας Nikon, μοντέλο D3500, υπό το φως Led λαμπτήρων ψυχρού φωτισμού, δημιουργήθηκε το 3D μοντέλο του αντικειμένου, με την χρήση του προγράμματος Autodesk ReCap Photo ενώ με την χρήση Photoshop σχεδιάστηκαν οι αναγραφόμενες διαστάσεις των παρακάτω φωτογραφιών.



***Εικόνα 5.7.:** Στιγμιότυπο τρισδιάστου μοντέλου εμπρόσθιας όψης απολιθωμένου οστού*



***Εικόνα 5.8.:** Στιγμιότυπο τρισδιάστου μοντέλου πλαϊνής όψης απολιθωμένου οστού*



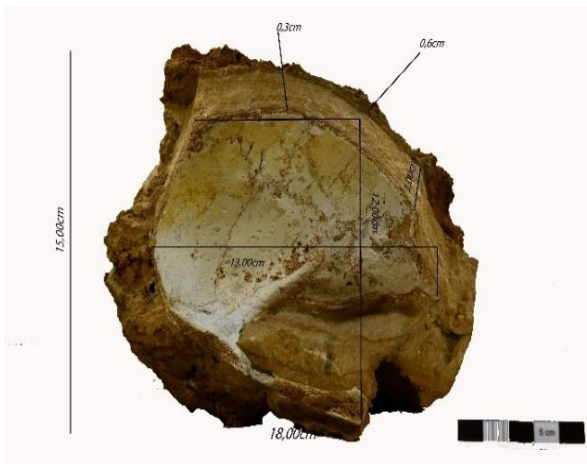
***Εικόνα 5.9.** Στιγμιότυπο τρισδιάστου μοντέλου
πλαϊνής όψης απολιθωμένου οστού*



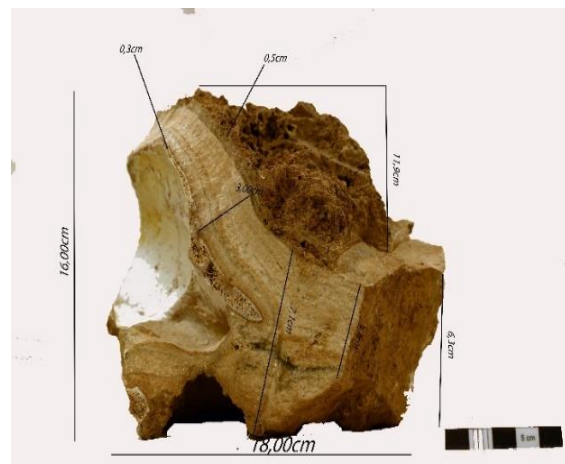
***Εικόνα 5.10.** Στιγμιότυπο τρισδιάστου μοντέλου
οπίσθιας όψης απολιθωμένου οστού*



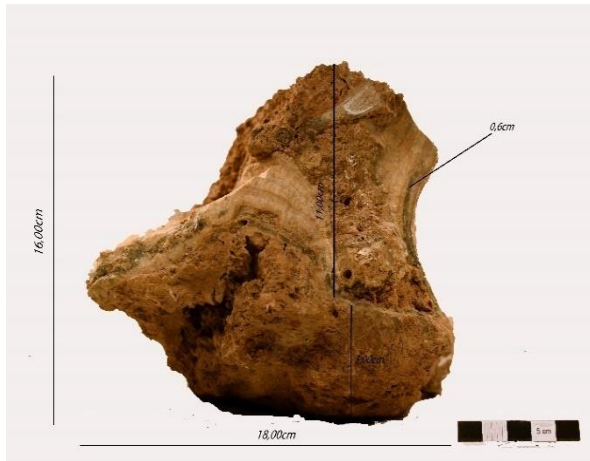
Εικόνα 5.11.: Στιγμιότυπο τρισδιάστου μοντέλου άνω όψης απολιθωμένου οστού



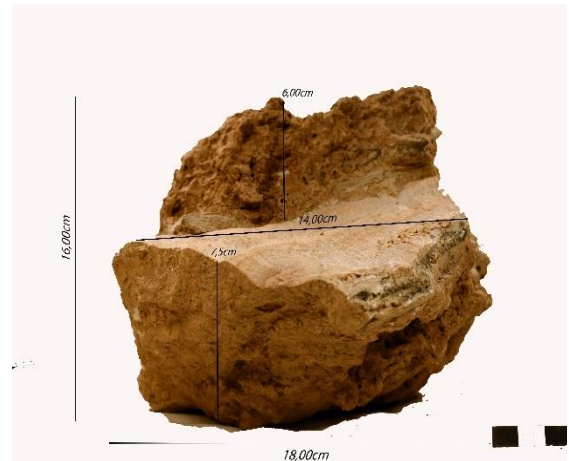
Εικόνα 5.12.: Φωτογραφική απεικόνιση εμπρόσθιας όψης απολιθωμένου οστού με μετρήσεις διαστάσεων



Εικόνα 5.13.: Φωτογραφική απεικόνιση πλαϊνής όψης απολιθωμένου οστού με μετρήσεις διαστάσεων



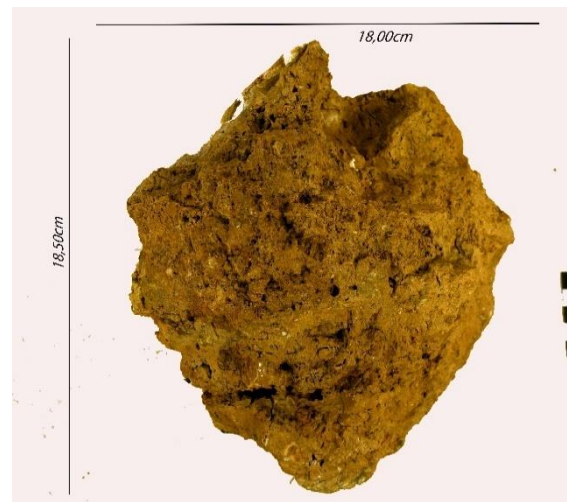
Εικόνα 5.14.: Φωτογραφική απεικόνιση πλαιϊνής όψης απολιθωμένου οστού με μετρήσεις διαστάσεων



Εικόνα 5.15.: Φωτογραφική απεικόνιση οπίσθιας όψης απολιθωμένου οστού με μετρήσεις διαστάσεων



Εικόνα 5.16.: Φωτογραφική απεικόνιση άνω όψης απολιθωμένου οστού με μετρήσεις διαστάσεων



Εικόνα 5.17.: Φωτογραφική απεικόνιση κάτω όψης απολιθωμένου οστού με μετρήσεις διαστάσεων

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Κατά το στάδιο αυτό αποσπάστηκαν: 12 δείγματα συνολικά, 4 από κάθε στρώμα ιζήματος με σκοπό να χρησιμοποιηθούν σε χημικούς καθαρισμούς, 6 δείγματα συνολικά, 2 από κάθε στρώμα ιζήματος με σκοπό να αναλυθούν (SEM – XRD) και 2 δείγματα συνολικά από το απολιθωμένο οστό με σκοπό να αναλυθούν (SEM – XRD)



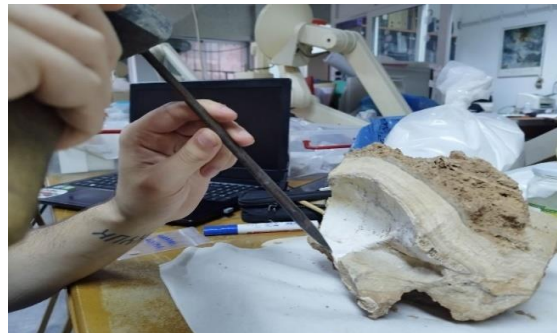
*Εικόνα 5.18.: Φωτογραφική απεικόνιση δειγματοληψίας από το **Στρώμα 1***



*Εικόνα 5.19.: Φωτογραφική απεικόνιση δειγματοληψίας από το **Στρώμα 2***



*Εικόνα 5.20.: Φωτογραφική απεικόνιση δειγματοληψίας από το **Στρώμα 3***



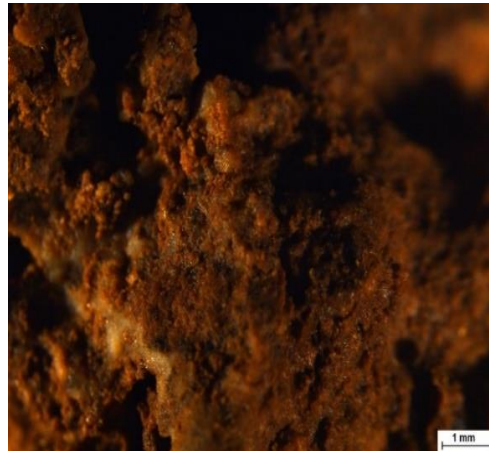
*Εικόνα 5.21.: Φωτογραφική απεικόνιση δειγματοληψίας από το **Οστό***

Τα δείγματα που εξήχθησαν από τα 3 στρώματα ιζημάτων καθώς και το δείγμα του οστού παρατηρήθηκαν πριν και μετά, τις δοκιμές καθαρισμού με χημικό καθαρισμό. Η μακροσκοπική εξέταση πραγματοποιήθηκε σε στερεοσκόπιο Zoom μάρκας Olympus SZ61, με την παρατήρηση να γίνεται σε οθόνη υπολογιστή με τη βοήθεια του συνοδευτικού software «Infinity Capture». Το στερεοσκόπιο που χρησιμοποιήθηκε έχει προσοφθαλμιαίο φακό με μεγέθυνση x10 και αντικειμενικό φακό που δίνει μεγεθύνσεις από x0,67 έως x4,5. Ο φωτισμός έγινε με προσαρμοζόμενους LED λαμπτήρες.

Παρακάτω παρατίθεται φωτογραφικό υλικό από την μακροσκοπική παρατήρηση των δειγμάτων.



***Εικόνα 5.22.:** Δείγμα Στρώματος 1 πριν τον χημικό καθαρισμό.*



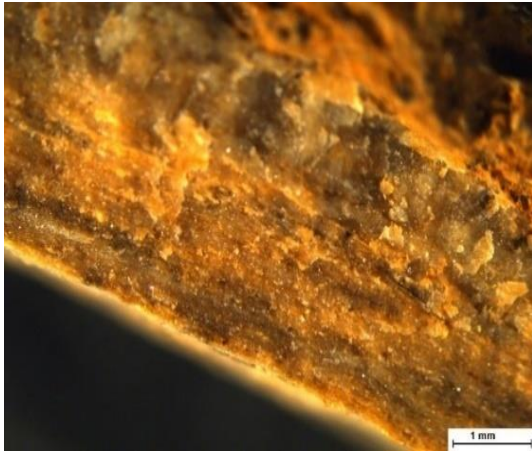
***Εικόνα 5.23.:** Δείγμα Στρώματος 1 μετά τον χημικό καθαρισμό 10% επίθεμα.*



***Εικόνα 5.24.:** Δείγμα Στρώματος 2 πριν τον χημικό καθαρισμό.*



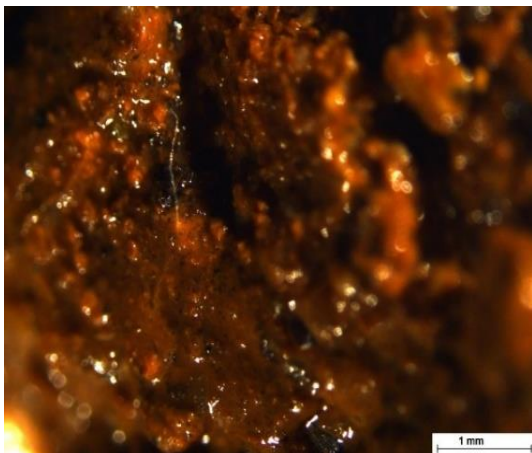
***Εικόνα 5.25.:** Δείγμα Στρώματος 2 μετά τον χημικό καθαρισμό 10% επίθεμα.*



Εικόνα 5.26.: Δείγμα Στρώματος 3 πριν τον χημικό καθαρισμό.



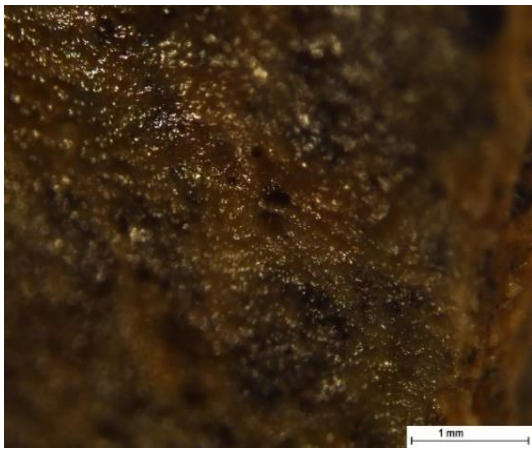
Εικόνα 5.27.: Δείγμα Στρώματος 3 μετά τον χημικό καθαρισμό 10% με επίθεμα.



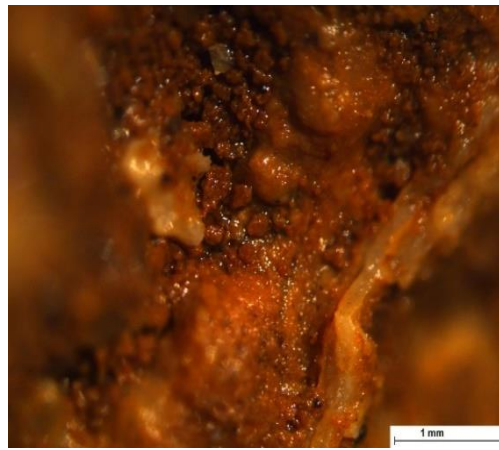
Εικόνα 5.28.: Δείγμα Στρώματος 1 μετά τον χημικό καθαρισμό 20% με επίθεμα.



Εικόνα 5.29.: Δείγμα Στρώματος 2 μετά τον χημικό καθαρισμό 20% με επίθεμα.



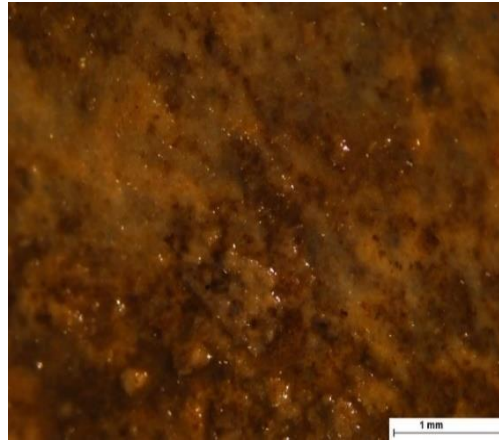
Εικόνα 5.30.: Δείγμα Στρώματος 3 μετά τον χημικό καθαρισμό 20% με επίθεμα.



Εικόνα 5.31.: Δείγμα Στρώματος 1 μετά τον χημικό καθαρισμό 40% με επίθεμα.



Εικόνα 5.32.: Δείγμα Στρόματος 2 μετά τον χημικό καθαρισμό 40% με επίθεμα.



Εικόνα 5.33: Δείγμα Στρόματος 3 μετά τον χημικό καθαρισμό 40% επίθεμα.

5.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Κατά το στάδιο της πειραματικής διαδικασίας έπειτα από συζήτηση αποφασίστηκε να υλοποιηθούν 3 διαφορετικές δοκιμές καθαρισμού, μηχανικός καθαρισμός, χημικός καθαρισμός και ψηγατοβολή.










Στηριζόμενοι σε πειραματικές διαδικασίες που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια ορίστηκε η χρήση νυστεριού, καλεμιού καθώς και βούρτσας για τον μηχανικό καθαρισμό ενώ για τον χημικό καθαρισμό η χρήση οξικού οξέος σε διαλύματα της τάξεως 10%, 20% και 40% σε απιονισμένο νερό. Για την ψηγατοβολή χρησιμοποιήθηκε ως μέσω καθαρισμού σφαιρίδια τριοξειδίου του αργιλίου.

Στόχος των δοκιμών αυτών είναι να παρατηρηθεί ποια μέθοδος εστιάζει στην πιο αποτελεσματική απομάκρυνση των ιζημάτων καθώς και το ποια είναι η πιο ασφαλής μέθοδος καθαρισμού για το οστό.

5.3 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Στηριζόμενοι στις βιβλιογραφικές αναφορές, για την απομάκρυνση των ιζημάτων με μηχανικά μέσα, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές καθαρισμού με νυστέρι, βούρτσα καθώς και με καλέμι και σφυρί.

Οι δοκιμές παρατίθενται παρακάτω στον παρακάτω Πίνακα 5.1

ΥΛΙΚΟ	ΣΤΡΩΜΑ 1	ΣΤΡΩΜΑ 2	ΣΤΡΩΜΑ 3
Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος των Στρωμάτων 1,2 & 3 κατά την δοκιμή καθαρισμού του με Νυστέρι			
	<i>Εικόνα 5.34.</i>	<i>Εικόνα 5.35.</i>	<i>Εικόνα 5.36.</i>
Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος των Στρωμάτων 1,2 & 3 κατά την δοκιμή καθαρισμού του με Βούρτσα			
	<i>Εικόνα 5.37.</i>	<i>Εικόνα 5.38.</i>	<i>Εικόνα 5.39.</i>
Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος των Στρωμάτων 1,2 & 3 κατά την δοκιμή καθαρισμού του με Καλέμι και Σφυρί			
	<i>Εικόνα 5.40.</i>	<i>Εικόνα 5.41.</i>	<i>Εικόνα 5.42.</i>

Πίνακας 5.1. :Δοκιμές μηχανικού καθαρισμού

5.4 ΨΗΓΜΑΤΟΒΟΛΗ

Μία ακόμη μέθοδος καθαρισμού του απολιθωμένου οστού που επιλέχθηκε και αναφέρθηκε παραπάνω είναι η ψηγματοβολή. Στην διαδικασία αυτή εφαρμόστηκαν δοκιμές καθαρισμού και στα 3 στρώματα ιζήματος του οστού, που απέκτησε κατά την διάρκεια της απολίθωσης με το πέρασμα των χρόνων.

Ο καθαρισμός αυτός πραγματοποιήθηκε με σφαιρίδια τριοξειδίου του αργιλίου (αλουμίνα) σε κοκκομετρία 50 μm/400-500 mesh. Παρακάτω παρατίθεται φωτογραφικό υλικό της μεθόδου.



***Εικόνα 5.43.:** Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος του **Στρώματος 1** κατά την δοκιμή καθαρισμού του με Ψηγματοβολή*



***Εικόνα 5.44.** Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος του **Στρώματος 2** κατά την δοκιμή καθαρισμού του με Ψηγματοβολή*





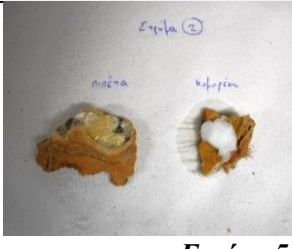



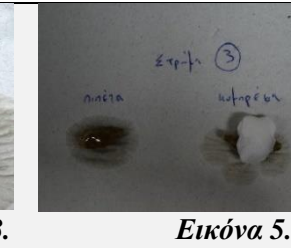


***Εικόνα 5.45.:** Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος του **Στρώματος 3** κατά την δοκιμή καθαρισμού του με Ψηγματοβολή*

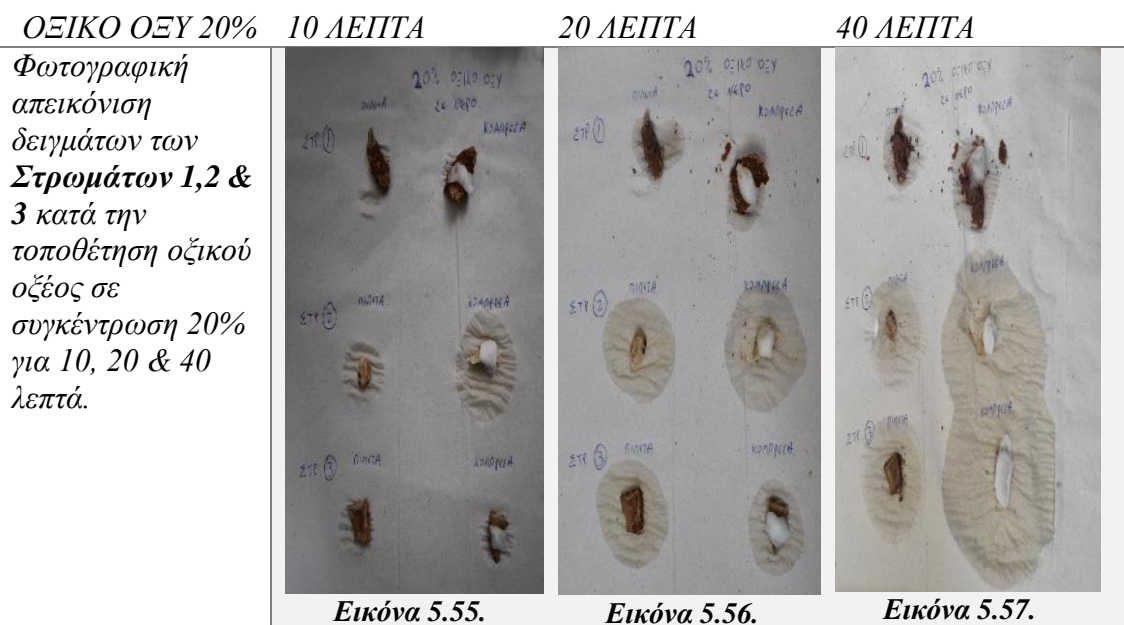
5.5 ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Για το χημικό καθαρισμό απολιθωμένων οστών έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως το οξικό οξύ καθώς και σε μικρότερη κλίμακα το μυρμηκικό οξύ. Όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί το οξικό οξύ ως μέσω καθαρισμού σε διαλύματα των 10%, 20% και 40% σε απιονισμένο νερό. Τα οξέα εφαρμόστηκαν στα δειγμάτων των τριών στρωμάτων ιζήματος με πιπέτα αλλά και με την δημιουργία επίθεματος και αφέθηκαν στο οξύ στους εξής χρόνους: 10 λεπτά, 20 λεπτά, 40 λεπτά και 24 ώρες.

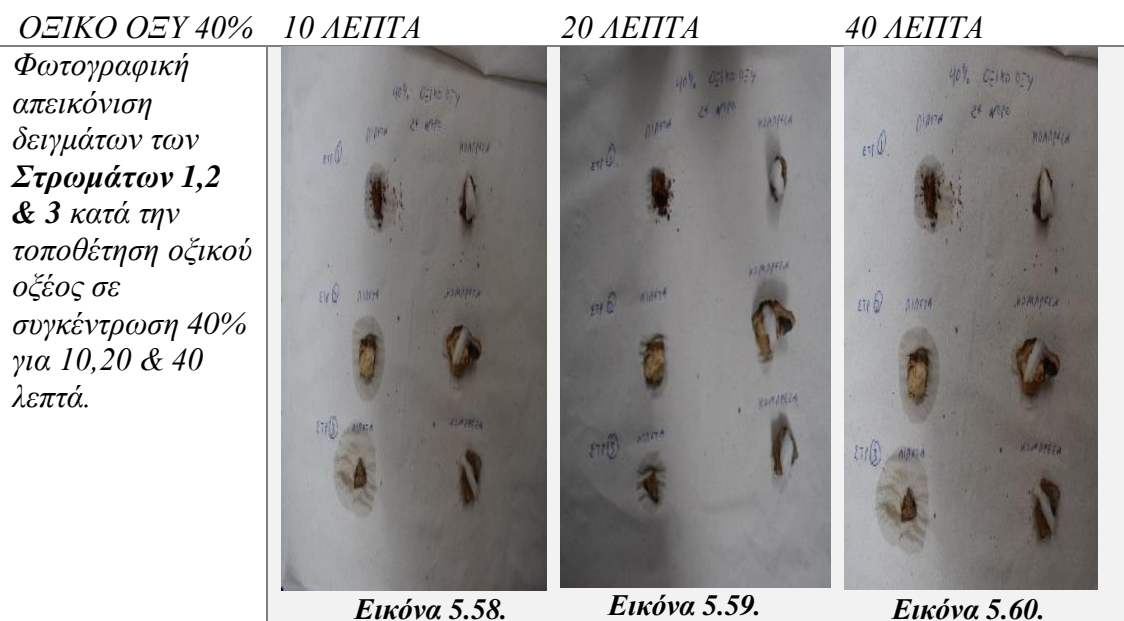
Παρακάτω στους Πίνακες 5.2., 5.3., 5.4. & 5.5. παρατίθενται οι δοκιμές καθαρισμού που εφαρμόστηκαν με πιπέτα καθώς και με επιθέματα.

	ΟΞΙΚΟ ΟΞΥ 10%	10 ΛΕΠΤΑ	20 ΛΕΠΤΑ	40 ΛΕΠΤΑ
Φωτογραφική απεικόνιση δειγμάτων του Στρώματος 1 κατά την τοποθέτηση οξέος σε συγκέντρωση 10% για 10, 20 & 40 λεπτά.				Εικόνα 5.46. Εικόνα 5.47. Εικόνα 5.48.
Φωτογραφική απεικόνιση δειγμάτων του Στρώματος 2 κατά την τοποθέτηση οξικού οξέος σε συγκέντρωση 10% για 10, 20 & 40 λεπτά.				Εικόνα 5.49. Εικόνα 5.50. Εικόνα 5.51.
Φωτογραφική απεικόνιση δειγμάτων του Στρώματος 3 κατά την τοποθέτηση οξικού οξέος σε συγκέντρωση 10% για 10, 20 & 40 λεπτά.				Εικόνα 5.52. Εικόνα 5.53. Εικόνα 5.54.

Πίνακας 5.2. :Δοκιμές καθαρισμού με οξικό οξύ συγκέντρωσης 10%



Πίνακας 5.3. :Δοκιμές καθαρισμού με οξικό οξύ σε συγκέντρωση 20%



Πίνακας 5.4. :Δοκιμές καθαρισμού με οξικό οξύ σε συγκέντρωση 40%

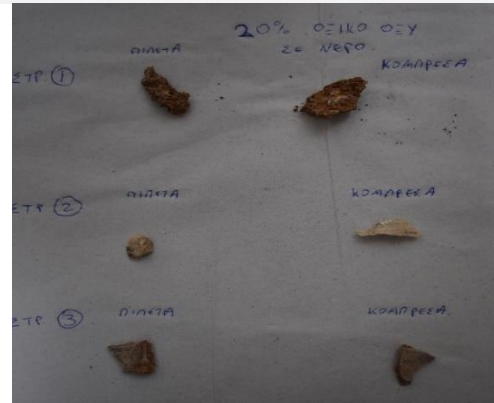
24 ΩΡΕΣ

Φωτογραφική απεικόνιση δειγμάτων των **Στρωμάτων 1,2 & 3** μετά την τοποθέτηση οξικού οξέος 10% για 24 ώρες



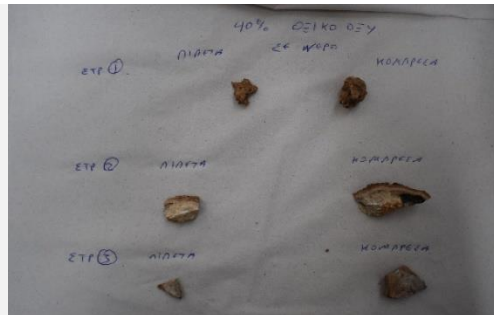
Εικόνα 5.61.

Φωτογραφική απεικόνιση δειγμάτων των **Στρωμάτων 1,2 & 3** μετά την τοποθέτηση οξικού οξέος 20% για 24 ώρες



Εικόνα 5.62.

Φωτογραφική απεικόνιση δειγμάτων των **Στρωμάτων 1,2 & 3** μετά την τοποθέτηση οξικού οξέος 40% για 24 ώρες



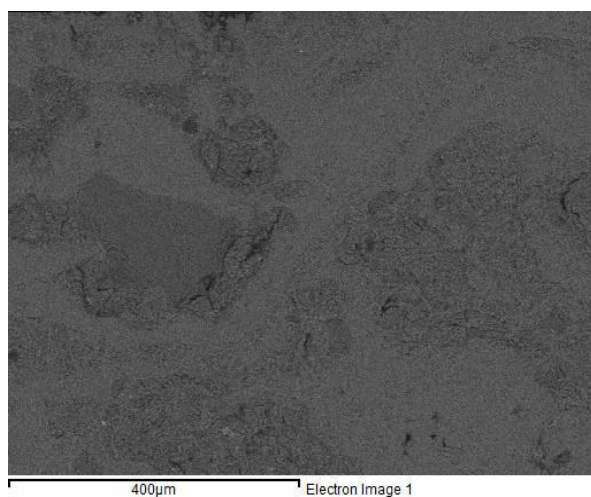
Εικόνα 5.63.

Πίνακας 5.5. :Δοκιμές καθαρισμού με οξικό οξύ σε συγκέντρωση 10, 20 & 40 % για 24 ώρες.

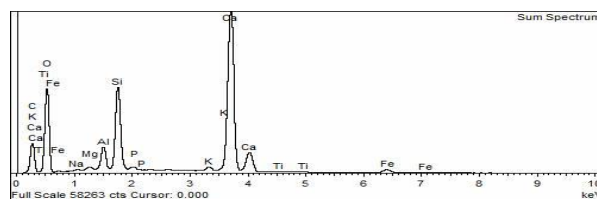
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

6.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ ΣΑΡΩΣΗΣ (SEM) ΣΥΝΔΙΑΣΜΕΝΗ ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ (EDS)

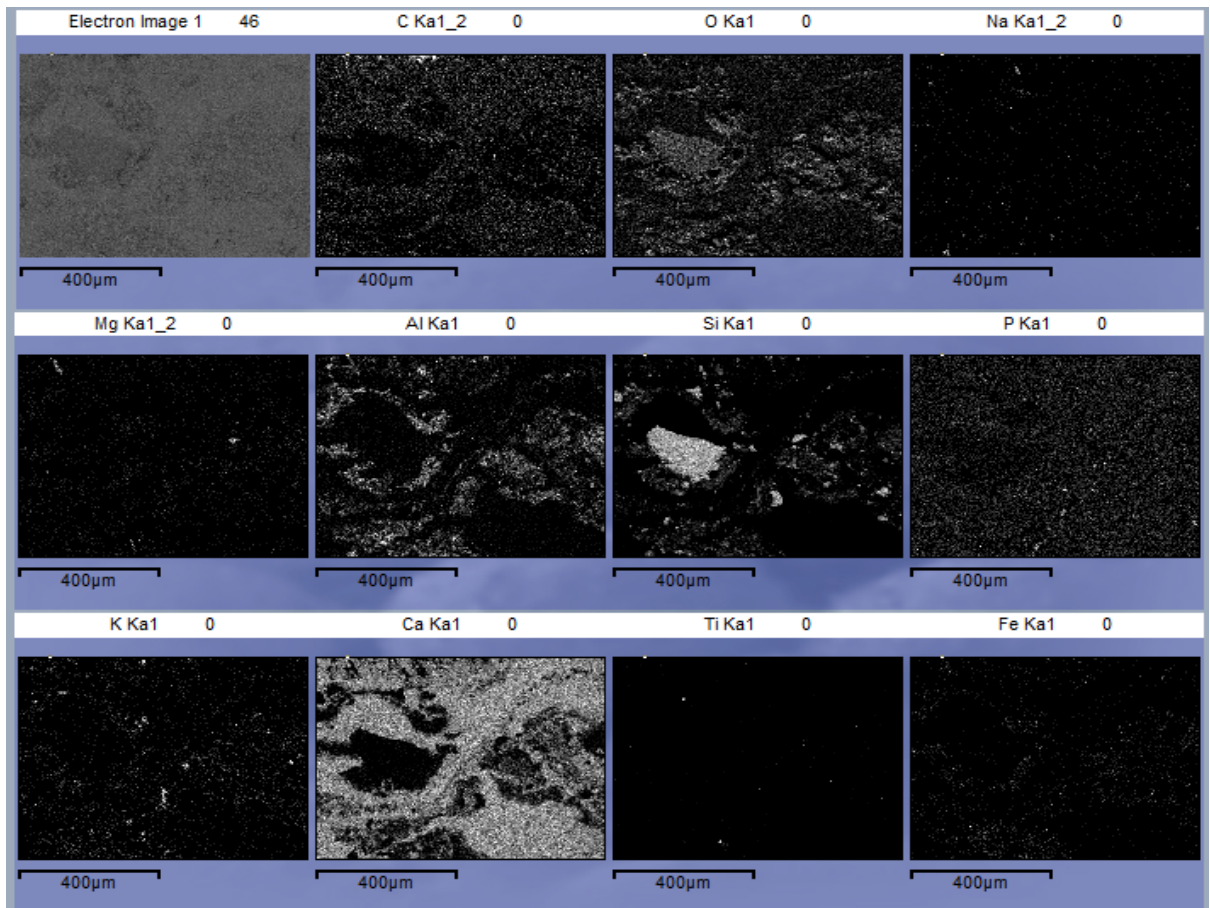
Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλα τα πεδία που μας ενδιαφέρει η γεωμετρία και η σύσταση της μικροδομής. Η προετοιμασία των δειγμάτων περιλαμβάνει δημιουργία στιλπνής τομής, ενώ σε πολλές περιπτώσεις, απαιτείται το δείγμα να έχει επιγραφισθεί προκειμένου να είναι αγώγιμο (Swapp, S, 2019).



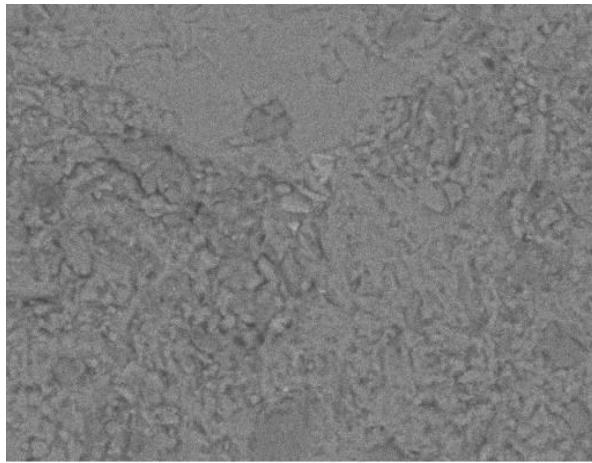
Εικόνα 6.1.: SEM μικροφωτογραφία του δείγματος 1



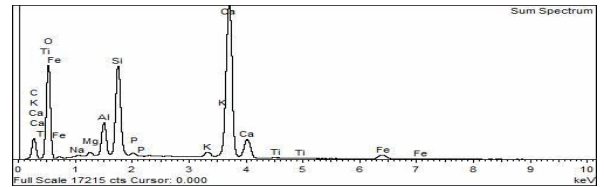
Εικόνα 6.2.: Φάσμα EDS του δείγματος 1



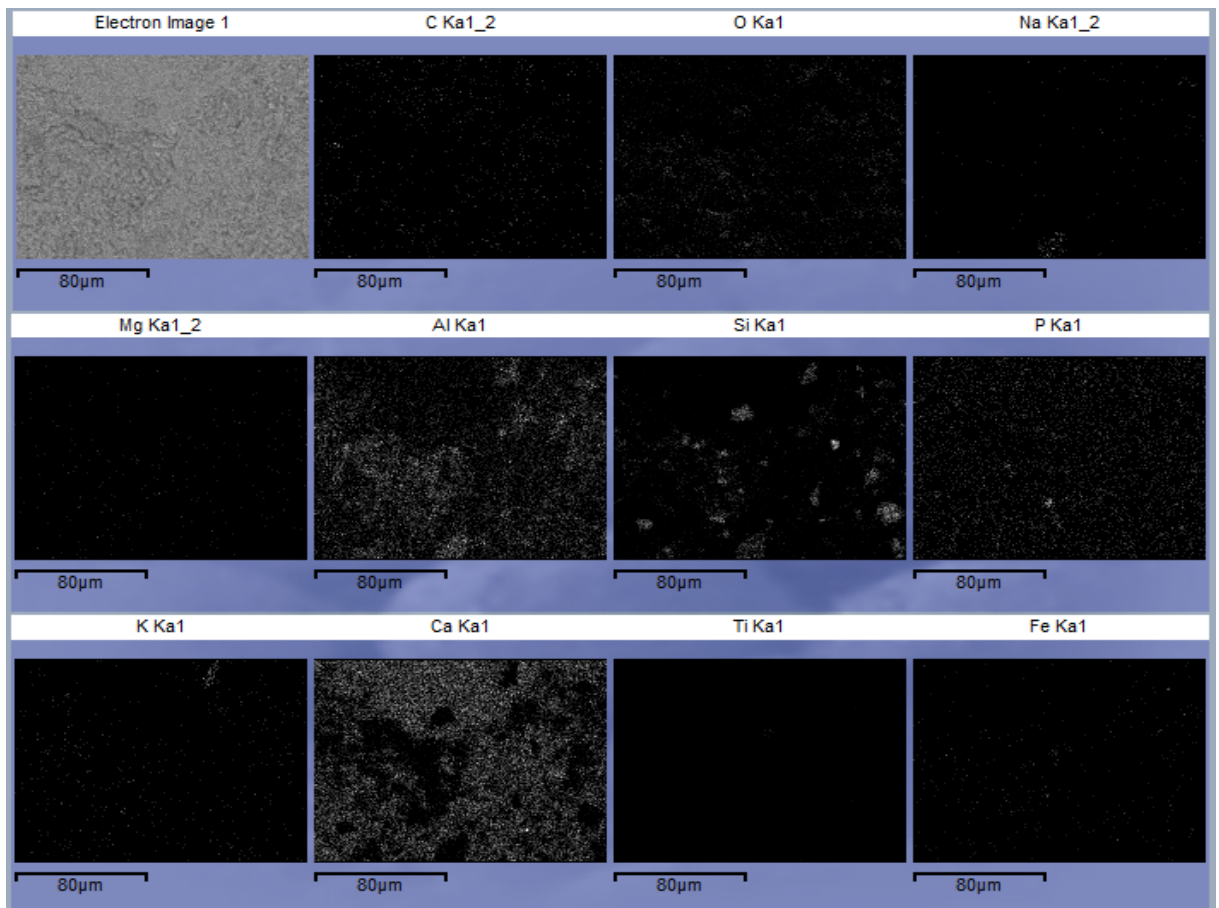
Εικόνα 6.3.: Κατανομή στοιχείων στην επιφάνεια του δείγματος 1
 Στο δείγμα 1 (στρώμα 1) ανιχνεύθηκε μαγνήσιο , αργίλιο, πυρίτιο , φώσφορος, κάλιο, ασβέστιο, τιτάνιο και σίδηρος.



Εικόνα 6.4.: SEM μικροφωτογραφία του δείγματος 2

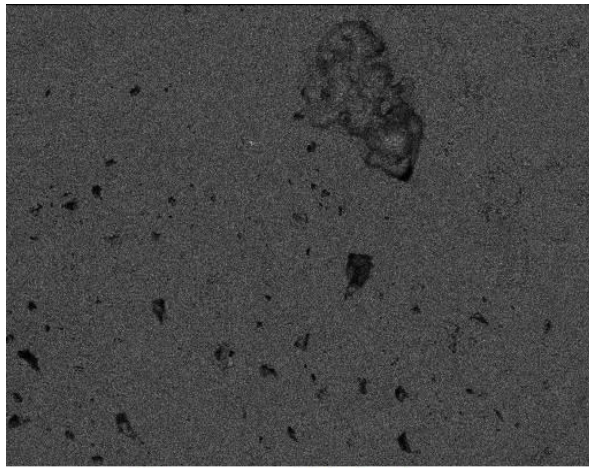


Εικόνα 6.5.: Φάσμα EDS του δείγματος 2

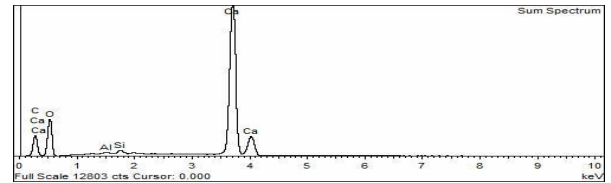


Εικόνα 6.6.: Κατανομή στοιχείων στην επιφάνεια του δείγματος 2

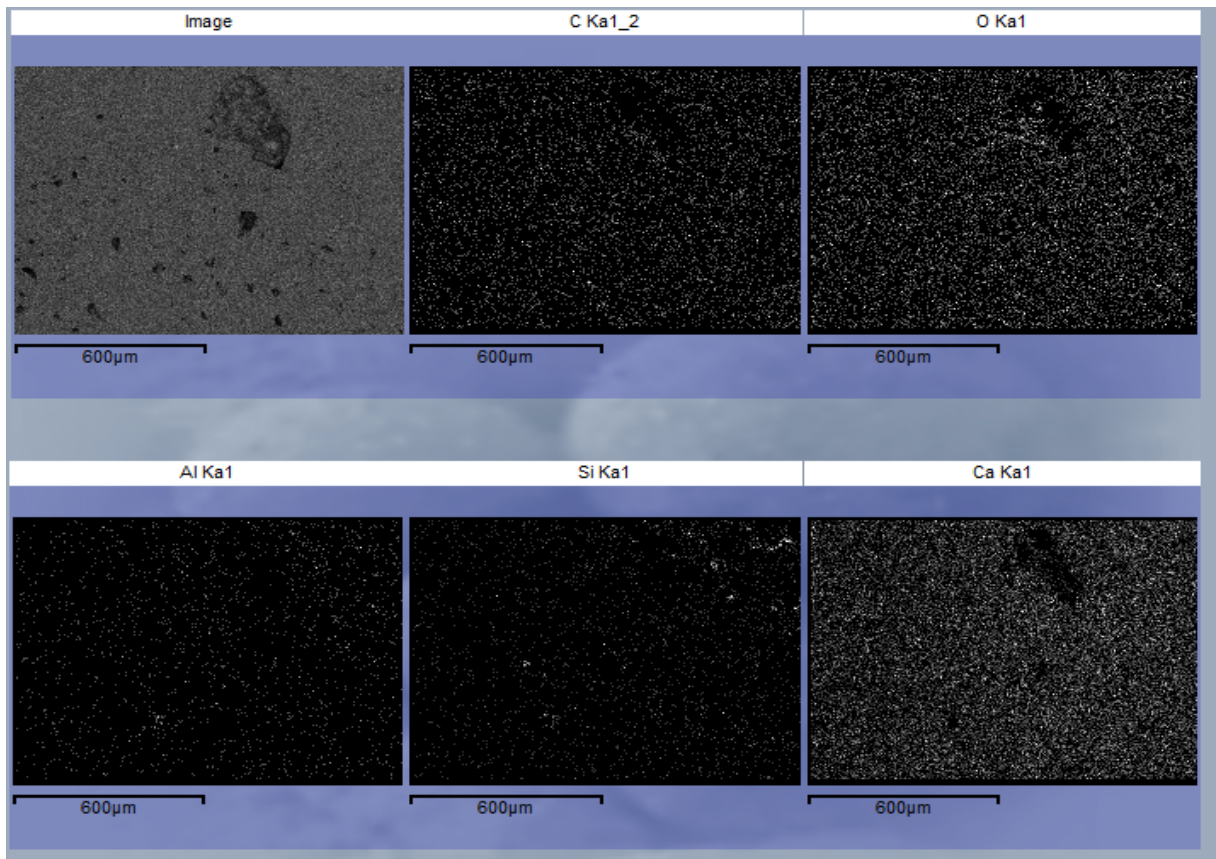
Στο δείγμα 2 (στρώμα 1) ανιχνεύθηκε μαγνήσιο , αργίλιο, πυρίτιο , φώσφορος, κάλιο, ασβέστιο, τιτάνιο και σίδηρος.



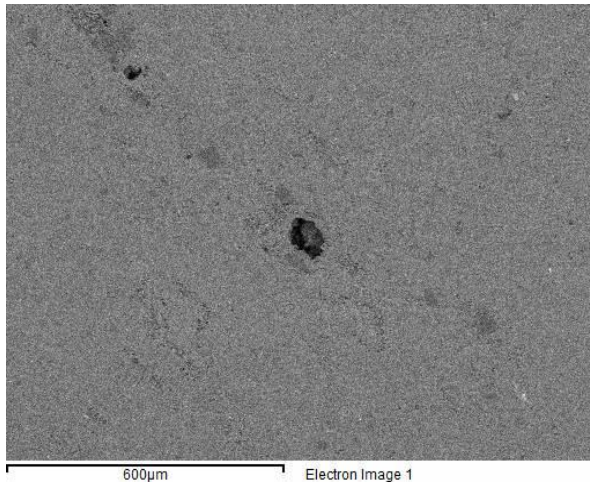
Εικόνα 6.7.: SEM μικροφωτογραφία του δείγματος 3



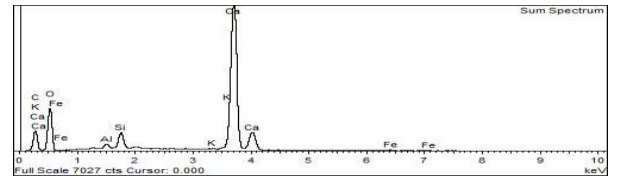
Εικόνα 6.8.: Φάσμα EDS του δείγματος 3



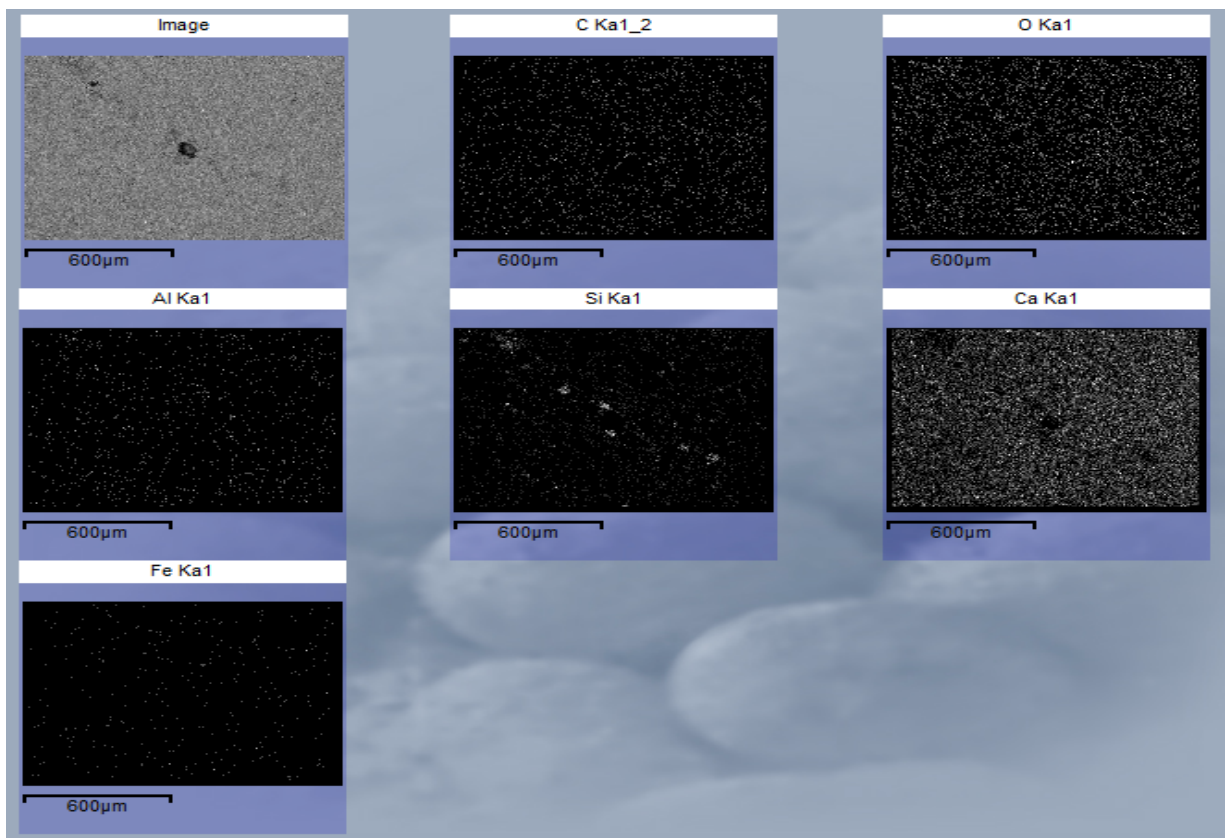
Εικόνα 6.9.: Κατανομή στοιχείων στην επιφάνεια του δείγματος 1
Στο δείγμα 3 (στρώμα 2) ανιχνεύθηκε αργίλιο, πυρίτιο και ασβέστιο.



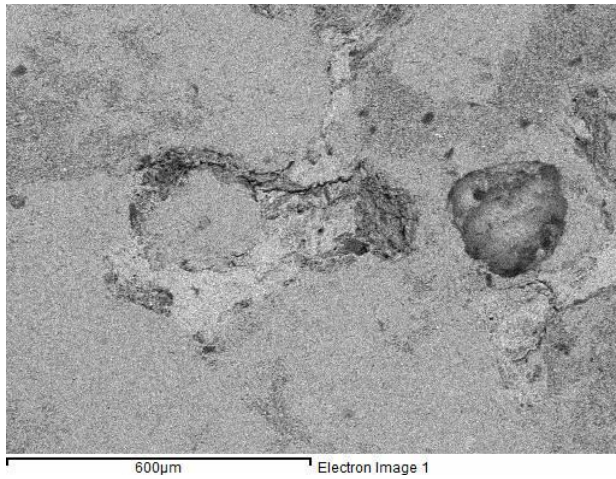
Εικόνα 6.10.: SEM μικροφωτογραφία του δείγματος 4



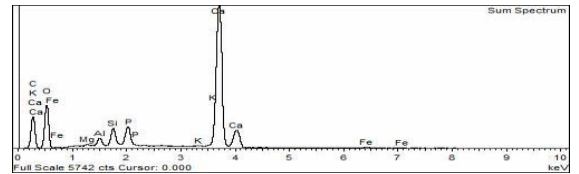
Εικόνα 6.11.: Φάσμα EDS του δείγματος 4



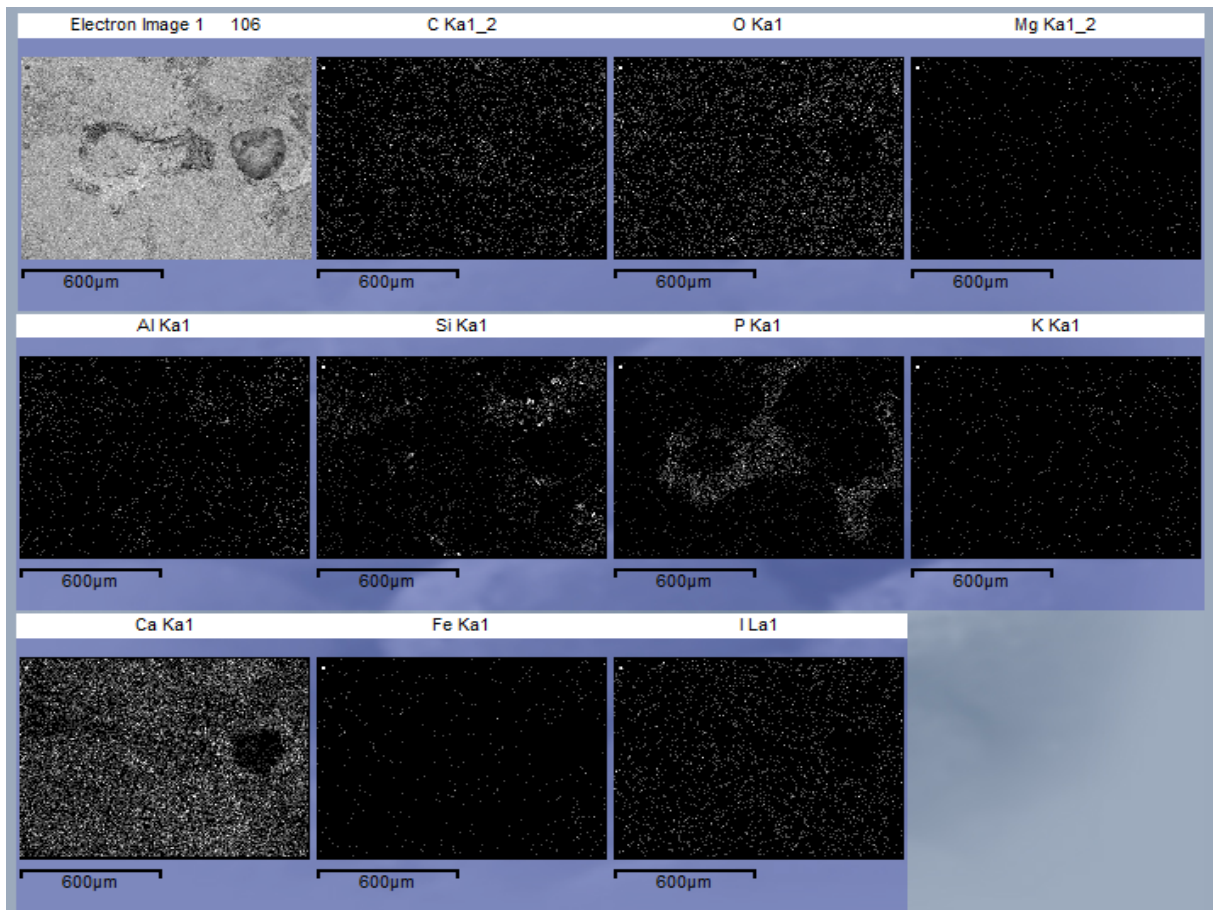
Εικόνα 6.12.: Κατανομή στοιχείων στην επιφάνεια του δείγματος
Στο δείγμα 4 (στρώμα 3) ανιχνεύθηκε αργίλιο, πυρίτιο, ασβέστιο και σίδηρος.



Εικόνα 6.13.: SEM μικροφωτογραφία του δείγματος 5



Εικόνα 6.14.: Φάσμα EDS του δείγματος 5



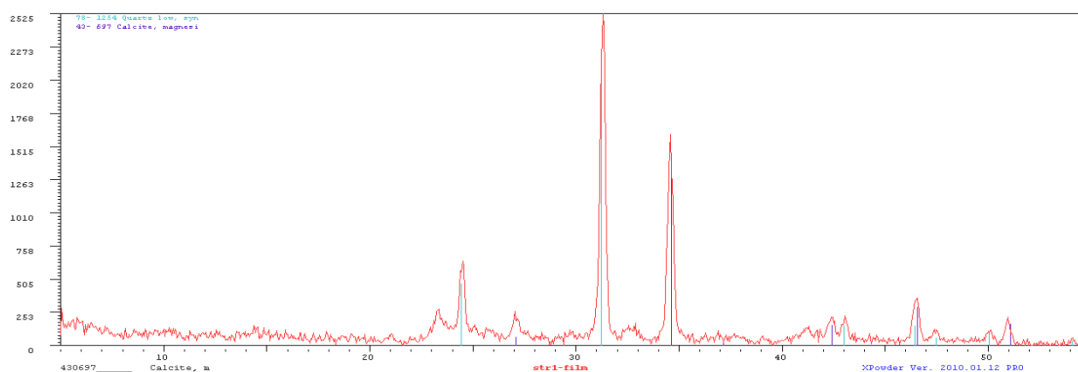
Εικόνα 6.15.: Κατανομή στοιχείων στην επιφάνεια του δείγματος 5

Στο δείγμα 5 (απολιθωμένο οστό) ανιχνεύθηκε αργίλιο, πυρίτιο, φώσφορος, κάλιο, ασβέστιο, σίδηρος και υδροξυαπατίτης.

6.2 ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ (XRD)

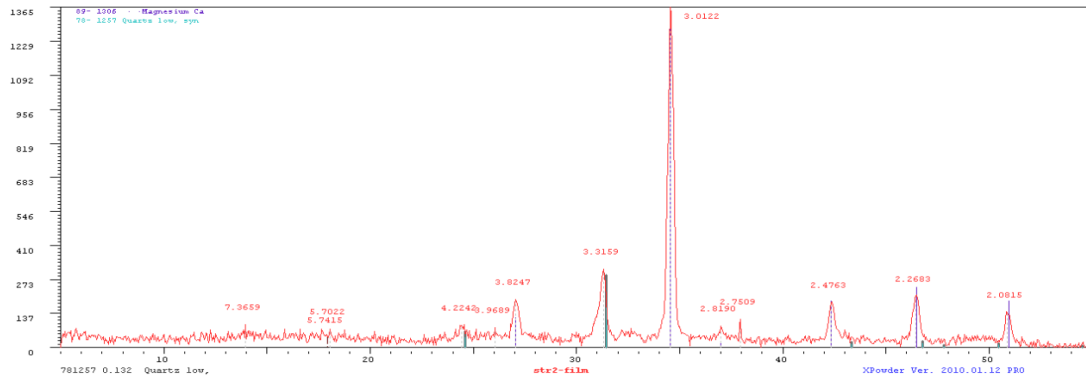
Η περιθλασιμετρία ακτίνων Χ (XRD) αφορά καταστρεπτική μέθοδο ανάλυσης που ταυτοποιεί και προσδιορίζει τις διάφορες κρυσταλλικές φάσεις υλικών, μέθοδος που βασίζεται στην μικροκρυσταλλική τους δομή, πραγματοποιείται δηλαδή μια ορυκτολογική ανάλυση. Το διάγραμμα που προκύπτει από το δείγμα, συγκρίνεται με διεθνή βάση δεδομένων που περιέχει πάνω από 70.000 γνωστά διαγράμματα ώστε να ταυτοποιηθεί (Εργαστήριο Συντήρησης Λίθου, 2008).

Αποτελέσματα **Στρώματος 1**: Η μέγιστη κορυφή του φάσματος είναι του αυτή χαλαζία Quartz low(διοξείδιο του πυριτίου) και ακολουθεί αυτή του ασβεστίτη Calcite.



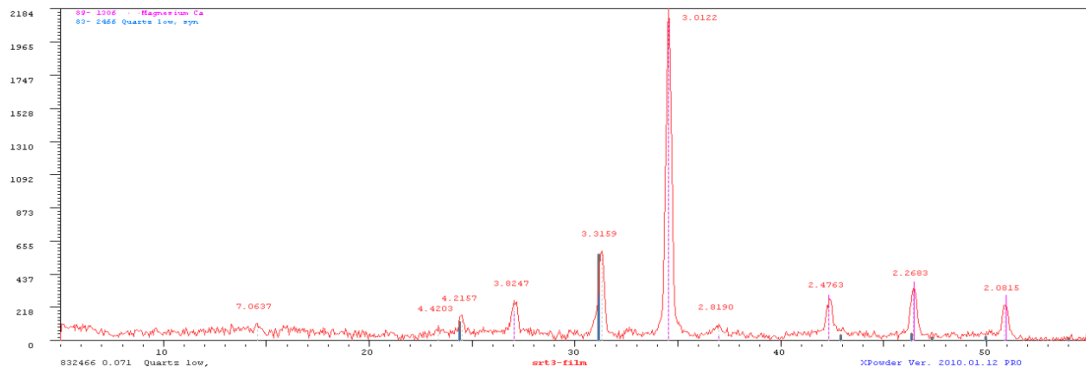
Εικόνα 6.16.: Αποτελέσματα XRD στρώματος 1

Αποτελέσματα **Στρώματος 2**: Η μέγιστη κορυφή του φάσματος είναι του ανθρακικού μαγνησίου Magnesium Ca(μαγνησίτης) και ακολουθεί αυτή του χαλαζία Quartz low(διοξείδιο του πυριτίου).



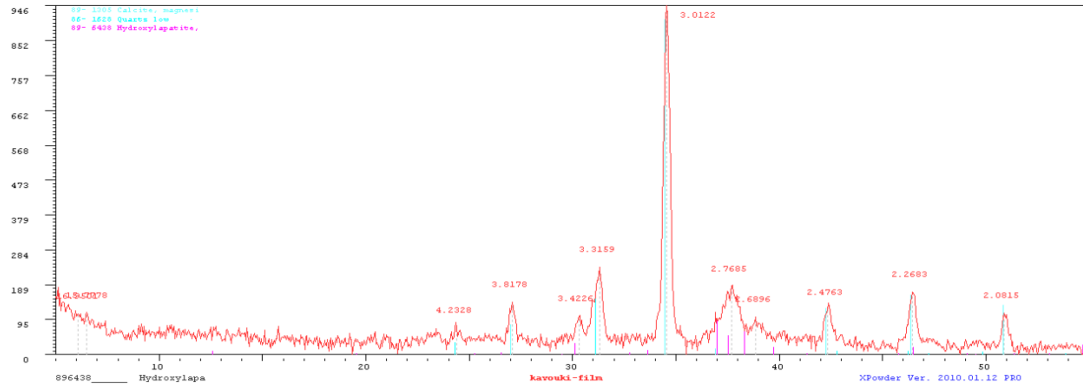
Εικόνα 6.17.: Αποτελέσματα XRD στρώματος 2

Αποτελέσματα **Στρώματος 3**: Η μέγιστη κορυφή του φάσματος είναι του ανθρακικού μαγνησίου Magnesium Ca(μαγνησίτης) και ακολουθεί αυτή του χαλαζία Quartz low(διοξείδιο του πυριτίου).



Εικόνα 6.18.: Αποτελέσματα XRD στρώματος 3

Αποτελέσματα **απολιθωμένου οστού** (καβούκι χελώνας): Η μέγιστη κορυφή του φάσματος είναι αυτή του ασβεστίτη Calcite ενώ ακολουθούν αυτές του χαλαζία Quartz low(διοξείδιο του πυριτίου) και του υδροξυαπατίτη Hydroxylapatite.



Εικόνα 6.19. Αποτελέσματα XRD απολιθωμένου οστού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

7.1 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Τα αποτελέσματα από τις δοκιμές καθαρισμού που πραγματοποιήθηκαν σε εργαστηριακή και πιλοτική κλίμακα, συγκεντρώθηκαν και παρουσιάζονται παρακάτω. Η αποτίμηση της κάθε μεθόδου έγινε με βάση τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων και των μακροσκοπικών χαρακτηριστικών που απέκτησε η επιφάνεια των θραυσμάτων μετά τις δοκιμές καθαρισμού. Οι μέθοδοι στη συνέχεια χαρακτηρίστηκαν με βάση την εξής κλίμακα:

1. **Μέθοδος αποτελεσματική.** Ο καθαρισμός ήταν επιτυχής. Αφαιρούνται οι αποθέσεις χωρίς να διαταράσσεται το υπόστρωμα. Διατηρείται το στρώμα της πάτινας.
2. **Μέθοδος μερικώς αποτελεσματική.** Ισχύει μία από τις παρακάτω περιπτώσεις: Το πάχος των αποθέσεων μειώνεται αλλά ο καθαρισμός δεν επιτυγχάνεται πλήρως. Απαιτείται η εφαρμογή συμπληρωματικής μεθόδου. Μπορεί να εφαρμοσθεί σε ειδικές υπό-περιπτώσεις.
3. **Μέθοδος μη αποτελεσματική.** Ισχύει μία από τις παρακάτω περιπτώσεις: Ο καθαρισμός δεν επιτυγχάνεται και οι αποθέσεις δεν αφαιρούνται. Η μέθοδος δεν είναι ήπια ενώ προκαλείται φθορά στο υπόστρωμα.

7.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΩΝ

1. Μηχανικός Καθαρισμός

<u>ΣΤΡΩΜΑ 1</u>	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ
ΝΥΣΤΕΡΙ	Αποτελεσματική
ΒΟΥΡΤΣΑ	Αποτελεσματική
ΚΑΛΕΜΙ	Αποτελεσματική
<u>ΣΤΡΩΜΑ 2</u>	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ
ΝΥΣΤΕΡΙ	Μη Αποτελεσματική
ΒΟΥΡΤΣΑ	Μη Αποτελεσματική
ΚΑΛΕΜΙ	Μερικώς Αποτελεσματική
<u>ΣΤΡΩΜΑ 3</u>	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ
ΝΥΣΤΕΡΙ	Μη Αποτελεσματική
ΒΟΥΡΤΣΑ	Μη Αποτελεσματική
ΚΑΛΕΜΙ	Μερικώς Αποτελεσματική

Πίνακας 7.1.: Αποτελέσματα μηχανικού καθαρισμού.

2. Ψηγματοβολή

<u>ΣΤΡΩΜΑ 1</u>	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ
ΨΗΓΜΑΤΟΒΟΛΗ	Μη Αποτελεσματική
<u>ΣΤΡΩΜΑ 2</u>	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ
ΨΗΓΜΑΤΟΒΟΛΗ	Μη Αποτελεσματική
<u>ΣΤΡΩΜΑ 3</u>	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ
ΨΗΓΜΑΤΟΒΟΛΗ	Μη Αποτελεσματική

Πίνακας 7.2.: Αποτελέσματα ψηγματοβολής.

3. Χημικός καθαρισμός

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω πραγματοποιήθηκαν δοκιμές καθαρισμού με οξικό οξύ με πιπέτα και επιθέματα σε ποσοστά 10%,20% και 40% σε απιονισμένο νερό, τα οποία αφέθηκαν για 10, 20 και 40 λεπτά καθώς και 24 ώρες.

Τα αποτελέσματα αναφέρονται συγκεντρωτικά στους παρακάτω πίνακες

<u>ΠΙΠΕΤΑ</u>	<u>10%ΟΞΙΚΟ ΟΞΥ</u>	<u>20%ΟΞΙΚΟ ΟΞΥ</u>	<u>40%ΟΞΙΚΟ ΟΞΥ</u>
<u>ΣΤΡΩΜΑ 1</u>	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ
10 ΛΕΠΤΑ	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική
20 ΛΕΠΤΑ	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική
40 ΛΕΠΤΑ	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική
24 ΩΡΕΣ	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική
<u>ΣΤΡΩΜΑ 2</u>	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ
10 ΛΕΠΤΑ	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική

20 ΛΕΠΤΑ	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική
40 ΛΕΠΤΑ	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική
24 ΩΡΕΣ	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική
<u>ΣΤΡΩΜΑ 3</u>	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ
10 ΛΕΠΤΑ	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική
20 ΛΕΠΤΑ	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική
40 ΛΕΠΤΑ	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική
24 ΩΡΕΣ	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική

Πίνακας 7.3.: Αποτελέσματα χημικού καθαρισμού με πιπέτα.

<u>ΕΠΙΘΕΜΑ</u>	<u>10%ΟΞΙΚΟ ΟΞΥ</u>	<u>20%ΟΞΙΚΟ ΟΞΥ</u>	<u>40%ΟΞΙΚΟ ΟΞΥ</u>
<u>ΣΤΡΩΜΑ 1</u>	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ
10 ΛΕΠΤΑ	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική
20 ΛΕΠΤΑ	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική
40 ΛΕΠΤΑ	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική
24 ΩΡΕΣ	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική	Αποτελεσματική
<u>ΣΤΡΩΜΑ 2</u>	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ
10 ΛΕΠΤΑ	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική
20 ΛΕΠΤΑ	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική
40 ΛΕΠΤΑ	Μη Αποτελεσματική	Μερικώς Αποτελεσματική	Μερικώς Αποτελεσματική
24 ΩΡΕΣ	Μερικώς Αποτελεσματική	Μερικώς Αποτελεσματική	Μερικώς Αποτελεσματική

ΣΤΡΩΜΑ 3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ
10 ΛΕΠΤΑ	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική
20 ΛΕΠΤΑ	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική	Μη Αποτελεσματική
40 ΛΕΠΤΑ	Μη Αποτελεσματική	Μερικώς Αποτελεσματική	Μερικώς Αποτελεσματική
24 ΩΡΕΣ	Μερικώς Αποτελεσματική	Μερικώς Αποτελεσματική	Μερικώς Αποτελεσματική

Πίνακας 7.4.: Αποτελέσματα χημικού καθαρισμού με επιθέματα.

7.3 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τις μηχανικές μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν όλες απεδείχθησαν αποτελεσματικές όσον αφορά το πρώτο στρώμα του ιζήματος, εκτός από την μέθοδο της ψηγματοβολής που δεν έφερε αποτελέσματα για κανένα από τα τρία στρώματα των ιζημάτων. Η μοναδική μέθοδος που απεδείχθη είτε αποτελεσματική είτε μερικώς αποτελεσματική σε όλα τα στρώματα, παρατηρήθηκε πως ήταν αυτή με χρήση καλεμιού και σφυριού.

Η χημική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτή της τοποθέτησης οξικού οξέος είτε με πιπέτα είτε με επίθεμα, σε συγκεντρώσεις 10%, 20% & 40% και για 10 λεπτά, για 20 λεπτά, για 40 λεπτά και για 24 ώρες. Για το στρώμα 1 η μέθοδος αποδείχθηκε αποτελεσματική ανεξάρτητα με την χρόνο, την συγκέντρωση ή την μέθοδο (πιπέτα/επίθεμα) κάτι που ήταν αναμενόμενο λόγω της μαλακής σύστασης του στρώματος. Στα στρώματα 2 & 3 οι μέθοδοι που έφεραν μερικώς αποτέλεσμα ήταν αυτές της τοποθέτησης εμποτισμένου επιθέματος, σε οξικό οξύ συγκέντρωσης 10% για 24 ώρες και 20% και 40%, για 40 λεπτά και για 24 ώρες.

Αναφορικά με τις αναλύσεις και μελετώντας τα διαγράμματα διαπιστώνεται πως ανιχνεύθηκαν τα στοιχεία, Ca, K, Fe, Al, Ti, Mg & Si, τα οποία αποτελούν το ιζήμα και τα στοιχεία Ca, P & I στοιχεία από τα οποία αποτελείται το οστό. Πρόκειται για ασβεστοπυριτικά ιζήματα και η σύσταση τους αποτελείται από μαγνησίτη και ασβεστίτη με χαλαζιακές προσμίξεις ενώ η σύσταση του οστού απαρτίζεται από ασβεστίτη, διοξείδιο του πυριτίου και υδροξυαπατίτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν στην παρούσα μετά την πειραματική διαδικασία και όσον αφορά την μεθοδολογία καθαρισμού απολιθωμένων οστών είναι τα εξής:

ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Για ασβεστοπυριτικά ιζήματα η αποτελεσματικότερη μέθοδος καθαρισμού αναδείχθηκε αυτή με την χρήση καλεμιού συνδυαστικά με σφυρί.

Παρόλα τα θετικά αποτελέσματα που έφερε η χρήση καλεμιού και σφυριού, κατά την διάρκεια καθαρισμού των στρωμάτων 2 και 3, χρειάστηκε να ασκηθεί μεγάλη δύναμη και πίεση, αφήνοντας ερωτηματικά για την καταλληλότητα της μεθόδου, με σκοπό τον πλήρη καθαρισμό του απολιθωμένου οστού.

ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Κατά την διενέργεια του χημικού καθαρισμού με την χρήση εμποτισμένου επιθέματος σε οξικό οξύ, διαπιστώθηκε πως σε εύθρυπτα ιζήματα όπως το στρώμα 1, είναι αποτελεσματική η μέθοδος, ανεξάρτητα με την συγκέντρωση και τον χρόνο, ενώ στις περιπτώσεις πιο συμπαγών ιζημάτων, όπως τα στρώματα 2 και 3, χρειάστηκε να παραμείνουν τα επιθέματα για μεγάλο χρονικό διάστημα πάνω στα δείγματα, ανεξάρτητα με την συγκέντρωση του οξικού οξέος ενώ τα αποτελέσματα δεν ήταν τα επιθυμητά.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Μετά από την βιβλιογραφική επισκόπηση, την πειραματική διαδικασία και τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν καταλήξαμε στις παρακάτω προτεινόμενες μεθόδους καθαρισμού για μελλοντικές επεμβάσεις συντήρησης.

Προτείνεται η χρήση Laser συνδυαστικά με άλλες μεθόδους καθαρισμού, η χρήση κρουστικών εργαλείων, η χρήση ξέστρου υπερήχων, η χρήση χηλικών σύμπλοκων και η χρήση του μυρμικικού οξέος. Όμως κατά την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας δεν έγιναν δοκιμές καθαρισμού με τις παραπάνω μεθόδους, αφού ήταν αδύνατη η πρόσβαση μας σε αυτόν τον εξοπλισμό.

Προτείνεται ακόμη η εξέταση του αντικείμενου πριν και μετά τον καθαρισμό του, μακροσκοπικά και μέσω αναλύσεων έτσι ώστε να ολοκληρωθεί ελεγχόμενα ο καθαρισμός και η καθολική συντήρηση του απολιθωμένου οστού.

Συνολικά, οι μέθοδοι αυτές, προτείνονται για την αποτελεσματική και ασφαλή διενέργεια καθαρισμού απολιθωμάτων. Αυτές οι μέθοδοι επιτρέπουν την απομάκρυνση των ιζημάτων και τη βελτίωση της κατάστασης του αντικειμένου χωρίς να απειλούν την υλική και δομική ακεραιότητά του. Ως εκ τούτου, οι προτεινόμενες μέθοδοι αποτελούν μια υψηλής ποιότητας και προηγμένες τεχνικές για τον καθαρισμό απολιθωμάτων που μπορούν να εφαρμοστούν με επιτυχία σε απολιθωμένα οστά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αλεξανδροπούλου Α., (2014), *Συγκριτική μελέτη μεθόδων καθαρισμού απολιθωμένων οστών*, Πτυχιακή Εργασία, Αθήνα: Τ.Ε.Ι. Αθήνας, σσ:13-16, 19-20 & 23
2. Λαμπρόπουλος Β. Ν., (1992), *Διάβρωση και συντήρηση της Πέτρας*, Αθήνα
3. Εργαστήριο Συντήρησης Λίθου, 2008, “ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΛΙΘΙΝΩΝ ΘΡΑΥΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ ΤΟΥ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ ΣΤΗ ΝΙΚΟΠΟΛΗ ”, UNIWA Open e-class [Online], Διαθέσιμο στο: https://eclass.uniwa.gr/modules/document/file.php/SAET141/%CE%9C%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%A4%CE%95%CE%A3%20%CE%A0%CE%95%CE%A1%CE%99%CE%A0%CE%A4%CE%A9%CE%A3%CE%95%CE%A9%CE%9D/Report_%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%A0%CE%9F%CE%9B%CE%97%CE%A3.pdf (Επίσκεψη ιστοσελίδας: 01/07/2023)
4. Καραμάνου Α., Λοϊζου Τ., (2010), *ΜΕΛΕΤΗ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΚΘΕΣΗ ΑΠΟΛΙΘΩΜΕΝΟΥ ΧΑΥΛΙΟΔΟΝΤΑ & ΟΣΤΟΥ ΕΛΕΦΑΝΤΑ ΑΠΟ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΦΛΩΡΙΝΑΣ*, Πτυχιακή Εργασία, Αθήνα: Τ.Ε.Ι. Αθήνας, σελ: 68
5. American Museum of Natural History, *PaleoPortal Fossil Preparation*, [Online] Διαθέσιμο στο: <http://preparation.paleo.amnh.org/42/chemical%20%20:-:text=Mineral%20acids%20such%20as%20hydrochloric,in%20the%20matrix%20obscure%20obse rvation.> (Επίσκεψη ιστοσελίδας: 27/04/2023)
6. Benton. M. and Harper, D., (1997), *Basic Palaeontological*, England: Addison Wesley Longman, pp. 8-10
7. Briggs D.E.G., Wilby R.P., Perez-Moreno P.B., Sanz J.L., and Frenegal-Martinez M., (1997), “The mineralization of dinosaur soft tissue in the Lower Cretaceous of Las Hoyas, Spain,” *Journal of the Geological Society*, 154(4), pp. 587–588.
8. Cooper, M., (1998), *Laser Cleaning in Conservation: An Introduction*, Oxford: Butterworths Heinemann
9. Croocher R. and Woolley A.R., (1982), *Fossils, minerals and rocks, Collection and preservation*, London: British Museum of Natural History

10. Dermitzakis, M. D., (2006), *Postgraduate course of museum studies National and Kapodistrian University of Athens, Summer school professional development program: Geological and palaeontological heritage: retrieval, conservation, management and display*, National and Kapodistrian University of Athens, pp. 18 – 19

11. Fedak, T. J., (2000), The Creation of a Micro-Scribe for the Preparation of Small, Delicate Fossil Material. Society of Vertebrate Paleontology Technical Papers, 1.

12. Fernández, F.M., Fernández F.E., Fernández M.I., Santos B.S., Chinarro O.M., & Ortega F., (2020), “Controlled chemical cleaning in paleontological preparation: the use of gels on vertebrate fossil remains from the Late Cretaceous of Spain,” *Journal of Iberian Geology*, [Online] Διαθέσιμο στο: <https://doi.org/10.1007/s41513-020-00129-w>. (Επίσκεψη ιστοσελίδας 29/05/2023)

13. Florida Museum - Vertebrate Paleontology Collection, (2019), *Preparation and Conservation*, [Online] Διαθέσιμο στο: <https://www.floridamuseum.ufl.edu/vertpaleo/amateur-collector/preparation/> (Επίσκεψη ιστοσελίδας 15/02/2023)

14. Landucci, F., Pecchioni, E., Torre, D., Mazza, P., Pini, R., Siano, S. & Salimbeni, R., (2003), “Toward an optimised laser cleaning procedure to treat important palaeontological specimens,” *Journal of Cultural Heritage*, 4, pp. 106–110, [Online] Διαθέσιμο στο: [https://doi.org/10.1016/s1296-2074\(02\)01185-8](https://doi.org/10.1016/s1296-2074(02)01185-8). (Επίσκεψη ιστοσελίδας 19/01/2023)

15. López-Polín, L., De Castro J.N., Carbonell, E.A. (2011) “Preparation of Pleistocene Human Bones with an Ultrasonic Scaler: The Case of Mandible ATD6-112 from Atapuerca (Spain),” *Archéosciences*, (35), pp. 235–239, [Online], Διαθέσιμο στο: <https://doi.org/10.4000/archeosciences.3283>. (Επίσκεψη ιστοσελίδας 30/04/2023)

16. North Mississippi Gem and Mineral Society, (2018), *Cleaning Fossils*, [Online] Διαθέσιμο στο: <https://nmgms.org/cleaning-fossils/> (Επίσκεψη ιστοσελίδας 19/01/2023)

17. Pojeta, J., Balanc, M., (1989) “Uses of ultrasonic cleaners in paleontological laboratories,” *The Paleontological Society Special Publications*, 4, pp. 213–217, [Online] Διαθέσιμο στο: <https://doi.org/10.1017/s2475262200005153>. (Επίσκεψη ιστοσελίδας 13/06/2023)

18. Polín L.L., (2012) “Possible interferences of some conservation treatments with subsequent studies on fossil bones: A conservator’s overview,” *Quaternary International*, 275, pp. 120–127, [Online] Διαθέσιμο στο:

- <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.039>. (Επίσκεψη ιστοσελίδας 23/05/2023)
19. Rixon, A.E., 1976. *Fossil Animal Remains. Their Preparation and Conservation*, London: University of London, pp: 85, 105-109, 113-112
 20. Schweitzer H.M., Avci R., Collier T., Goodwin B.M., 2008. “Microscopic, chemical and molecular methods for examining fossil preservation,” *Comptes Rendus Palevol*, 7(2–3), pp. 159–184, [Online] Διαθέσιμο στο: <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2008.02.005>. (Επίσκεψη ιστοσελίδας: 19/01/2023)
 21. Shipman P., 1981. *Life History of a Fossil: An Introduction to Taphonomy and Paleoecology*, Cambridge: Harvard University Press, p: 356-358
 22. Swapp, S, (2019), Scanning Electron Microscopy (SEM), [Online], Διαθέσιμο στο: https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/SEM.html (Επίσκεψη ιστοσελίδα: 01/07/2023)
 23. Wagstaffe R., Filder J.H., (1968), *The preservation of natural history specimens*, Witherby Ltd., London.
 24. Walker T. G., 2015. “The Characterization of Fossil Bone”, *Research Gate*, [Online] Διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/publication/276284325_The_Characterisation_of_Fossil_Bone (Επίσκεψη ιστοσελίδας: 19/01/2023)
 25. Wilson, J., 1995. Conservation and processing - cleaning and mechanical preparation. In: Collins, C. (Ed.), *The Care and Conservation of Palaeontological Material*. Butterworths-Heinemann, Oxford.
 26. ZOIC PaleoTech, *An introduction to Fossil Preparation Tools*, [Online] Διαθέσιμο στο: <https://www.zoicpalaotech.co.uk/pages/learn-about-fossil-preparation-tools-1> (Επίσκεψη ιστοσελίδας 19/01/2023)

