



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Μέτρηση βιομετρικών στοιχείων και χρήση αμμωνίας για τον
καθαρισμό των πλευρών της φάλαινας «*Physeter macrocephalus*»**

**Ευανθία Μπέλλου
Ευτυχία Τζαφέστα
Αθηνά Τσιάμπα
Ανδρέας-Δημήτριος Χονδρογιάννης**

ΒΟΛΟΣ 2018

Διμελής εξεταστική επιτροπή:

1) Δημήτριος Βαφείδης, Καθηγητής, Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπονδύλων και άμεση - έμμεση χρησιμότητά τους, Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπων.

2) Αθανάσιος Εξαδάκτυλος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Γενετική Υδροβίων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας και υπεύθυνο της πτυχιακής εργασίας, κύριο Δημήτριο Βαφείδη για τη συμβολή του στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Επίσης, ευχαριστούμε θερμά τους καθηγητές μας για τις συμβουλές και για τις ενδιαφέρουσες συζητήσεις καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας που πολλές φορές γίνονταν πηγές έμπνευσης χωρίς να το γνωρίζουν.

Ευχαριστούμε κάθε άνθρωπο που έδειξε ενδιαφέρον για την εργασία μας και θέλησε να συμβάλει με τον τρόπο του. Επιπλέον, ευχαριστούμε τους συμφοιτητές και φίλους που βοήθησαν στη δύσκολη διαδικασία της εκταφής της φάλαινας. Το μεγαλύτερο ευχαριστώ ανήκει στους γονείς μας, για την αμέριστη στήριξη, κατανόηση και συμπαράσταση όλα αυτά τα χρόνια. Τέλος, ευχαριστούμε ο ένας τον άλλον για την υπομονή, την κατανόηση και την υπέροχη συνεργασία μας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αρχικά, στην εργασία γίνεται μια αναφορά στα γενικά χαρακτηριστικά του είδους *Physeter macrocephalus* και τη βιολογία του. Το 2006 ξεβράστηκε μια φάλαινα Φυσητήρας στη περιοχή Χορευτό του δήμου Ζαγοράς μήκους 10,8 μέτρων. Πρόκειται για μια περιοχή στο βορειοανατολικό άκρο του Πηλίου που βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος. Πιθανό αίτιο του θανάτου της ήταν η πρόσκρουση με κάποιο σκάφος και η απώλεια του προσανατολισμού της. Το συμβάν αυτό κινητοποίησε όλους τους εμπλεκόμενους φορείς: λιμενικές αρχές, Δήμο Ζαγοράς, πρωτίστως όμως το τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ανέσυραν το κήτος στην ακτή και ακολούθησε υγειονομική ταφή στην παραλία της Παρίσαινας. Τον Οκτώβριο του 2016, δέκα χρόνια μετά, η ομάδα μας ανέλαβε την εκταφή της και την συγκομιδή των οστών της. Τα οστά μεταφέρθηκαν στη σχολή Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και ακολούθησε η επεξεργασία τους. Η ομάδα μας ανέλαβε τον καθαρισμό των πλευρών της φάλαινας. Τα οστά τυλίχτηκαν με υγροποιημένο χαρτοπολτό με μίγμα ακετόνης, αιθανόλης, νερού και αμμωνίας. Στη συνέχεια έγινε μέτρηση των βιομετρικών τους στοιχείων. Τέλος τα στοιχεία συγκρίθηκαν με αυτά άλλων φαλαινών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|-----------|
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 1 |
| 1.1) Συστηματική κατάταξη | 1 |
| 1.2) Κητώδη και βιολογική εξέλιξη | 1 |
| 1.3) Γενικά χαρακτηριστικά <i>Physeter macrocephalus</i> | 3 |
| 1.3.1) Γεωγραφική κατανομή στην Ελλάδα | 5 |
| 1.3.2) Ηχοεντοπισμός και διατροφή | 9 |
| 1.3.3) Αναπαραγωγή | 11 |
| 1.3.4) Θήρευση-κίνδυνοι | 11 |
| 1.4) Ανατομία <i>Physeter macrocephalus</i> | 13 |
| 1.5) Σκοπός | 14 |
| 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ | 16 |
| 2.1) Πεδίο έρευνας και διαδικασία εκσκαφής | 16 |
| 2.2) Τρόποι καθαρισμού οστών | 18 |
| 2.2.1) Πρωτόκολλο καθαρισμού | 19 |
| 2.2.1.1) Διαδικασία καθαρισμού | 20 |
| 2.2.1.2) Εγχείρημα καθαρισμού | 21 |
| 2.2.1.3) Αποικοδόμηση ελαίων φάλαινας | 21 |
| 2.3) Μέτρηση βιομετρικών στοιχείων | 22 |
| 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ | 24 |
| 3.1) Αποτελέσματα μετρήσεων | 24 |
| 3.2) Σύγκριση βιομετρικών στοιχείων | 24 |
| 3.3) Αξιολόγηση μεθόδων καθαρισμού | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ | 28 |
| 4.1) Ανασύσταση σκελετού φάλαινας στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας της Οξφόρδη | 28 |
| 4.1.1) Βήματα προετοιμασίας των οστών | 29 |
| 4.1.2) Βήματα σύνδεσης των οστών | 30 |
| 4.1.3) Επιλογή μεθόδου καθαρισμού | 31 |
| 4.1.4) Εκτίμηση μεθόδων | 33 |
| 4.1.5) Κίνδυνοι για τους συντηρητές και τα δείγματα | 34 |
| 4.2) Σύγκριση μεθόδων καθαρισμού | 34 |
| 4.2.1) Ένζυμα | 34 |
| 4.2.2) Οργανικοί διαλύτες | 35 |
| 4.2.3) Υδατική αμμωνία | 36 |
| 4.2.4) Λείζερ | 36 |
| 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 38 |
| 6. ABSTRACT | 46 |

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Συστηματική κατάταξη

Η συστηματική κατάταξη είναι:

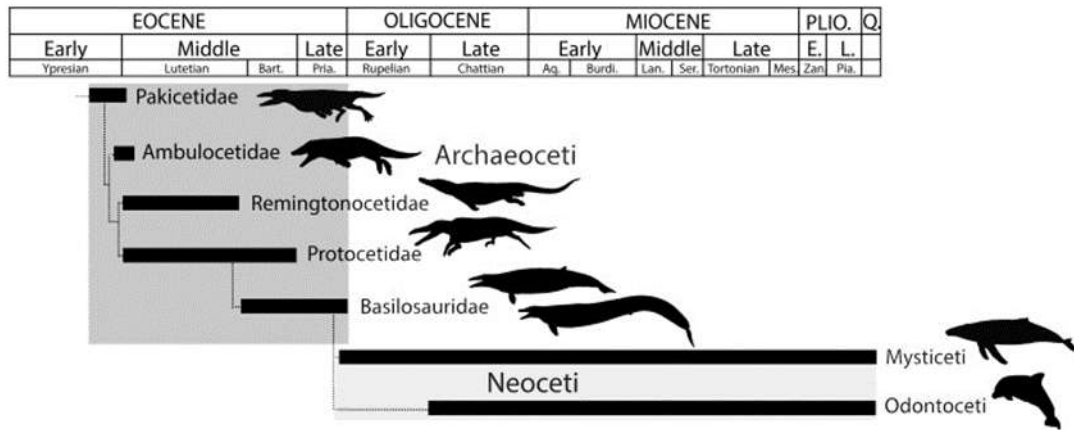
| | |
|--------------|----------------------------|
| Βασίλειο: | Ζώα (Animalia) |
| Συνομοταξία: | Χορδωτά (Chordata) |
| Ομοταξία: | Θηλαστικά (Mammalia) |
| Τάξη: | Κητώδη (Cetacea) |
| Υπόταξη: | Οδοντοκήτη (Odontoceti) |
| Οικογένεια: | Φυσητηρίδες (Physeteridae) |
| Γένος: | Φυσητήρες (Physeter) |
| Είδος: | <i>P. macrocephalus</i> |

1.2 Κητώδη και βιολογική εξέλιξη

Τα κητώδη είναι μια ιδιαίτερη κατηγορία ζώων, γιατί παρ' όλο που βρίσκονται και ζουν στο νερό δεν θυμίζουν τα ψάρια. Είναι δευτερογενή υδρόβια αμνιωτά που υπέστησαν μετάβαση από τη στεριά στη θάλασσα κατά τη διάρκεια της Ηώκαινου περιόδου (γεωλογική περίοδος, περίπου 55-57 εκ. χρόνια πριν) , όταν τα πρώτα απολιθώματα έγιναν γνωστά στην νοτιοδυτική Ασία. Είναι πρωτόγονες μορφές, αποκαλούμενες ως αρχαιοκήτη και περιλαμβάνουν πέντε οικογένειες. Την Pakicetidae, Ambulocetidae, Remingtonocetidae, Protocetida και Basilosauridae. (Houssaye A. et al., 2015).

Σε αντιδιαστολή οι Thewissen J. G. M. and Williams E. M. (2002) αναφέρουν ότι τα αρχαιοκήτη χωρίζονται σε έξι οικογένειες που διαφέρουν σημαντικά ως προς τα ενδιαιτήματά τους όσο και για τον τρόπο μετάβασής τους από τη στεριά στη θάλασσα. Στο τέλος της Ηώκαινου περιόδου, σχηματίστηκε το σύγχρονο σώμα των κητωδών

καθώς αυτό το σχέδιο σώματος παρέμεινε σχεδόν ίδιο μέχρι τη μεταγενέστερη εξέλιξη (Thewissen J. G. M. and Williams E. M., 2002).



Εικόνα 1. Εξέλιξη κητωδών (Alexandra Houssaye et al., 2015)

Οι φάλαινες φυσητήρες είχαν μια ιδιαίτερη, ενδιαφέρουσα και αμφιλεγόμενη ιστορική εξέλιξη, αλλά όλοι συμφωνούν ότι ανήκουν στην τάξη των κητωδών (Whitehead, 1993). Τα κητώδη εξελίχθηκαν σε ζώα, τα οποία επέστρεψαν στους ωκεανούς περίπου πριν 60 εκ. χρόνια. Περίπου 25-35 εκ. χρόνια, τα μυστακοκητώδη διαχωρίστηκαν από τα οδοντοκήτη (Berta and Sumich 1999). Οι Milinkonvich et. al. (1993) χρησιμοποίησαν δεδομένα από μοριακές μελέτες για να κάνουν τη ριζική δήλωση ότι οι φάλαινες φυσητήρες είναι συγγενικά πιο κοντά με τις μπαλενόπτερες παρά με τις οδοντωτές φάλαινες. Πιο πρόσφατες μορφολογικές και μοριακές αναλύσεις, του Heyning (1997) και των Nikaido et al. (2001), υποστηρίζουν ότι οι φάλαινες φυσητήρες ανήκουν στις οδοντωτές φάλαινες. Οι μορφολογικές αποδείξεις και μερικές πρόσφατες μοριακές αναλύσεις (Nikaido et al. 2001) υποδεικνύουν ότι ο διαχωρισμός των μυστακοκητών και όλων των εξαφανισμένων κητωδών αποτελεί τον παλαιότερο διαχωρισμός στο φυλογενετικό δέντρο.

Σε κάθε περίπτωση, όχι πολύ καιρό μετά τον διαχωρισμό οδοντοκητών-μυστακοκητών, οι φάλαινες φουσητήρες ξεκίνησαν το δικό τους εξελικτικό μονοπάτι. Είδη που κατέχουν χαρακτηριστικά φουσητήρων (οικογένεια *Physeteridae*) απαντώνται ~25 εκ. χρόνια πριν (Berra and Sumich 1999) και σύντομα απέκτησαν εξειδικευμένα χαρακτηριστικά (Mchedlize 2002). Οι φουσητήρες εξαπλώθηκαν σε μεγάλο αριθμό ειδών ~15 εκ. χρόνια (Rice 1998) (Kazar 2002), αλλά μόνο τρία είδη υπάρχουν μέχρι σήμερα: η φάλαινα φουσητήρας (*Physeter macrocephalus*), ο πυγμαίος φουσητήρας (*Kogia breviceps*) και ο νάνος φουσητήρας (*Kogia simus*). Οι *Kogiidae* φαίνεται να είχαν χωριστεί από την γενεαλογική γραμμή, η οποία οδήγησε στη φάλαινα φουσητήρα τουλάχιστον 8 εκ. χρόνια πριν (Berta and Sumich 1999), κάνοντας τη φάλαινα φουσητήρα την πιο φυλογενετικά ιδιαίτερη από όλα τα οδοντοκήτη.

1.3 Γενικά χαρακτηριστικά *P. macrocephalus*

Η φάλαινα *Physeter macrocephalus* είναι ένα θαλάσσιο θηλαστικό με μήκος που κυμαίνεται ανάμεσα σε 15 και 18 μέτρα και πρόκειται για το τρίτο μεγαλύτερο ζώο του πλανήτη. Το σώμα των φουσητήρων είναι ιδιαίτερο και σχεδόν απίθανο να μπερδευτεί με άλλα είδη. Το κεφάλι μιας φάλαινας φουσητήρα αποτελεί το 1/4 έως το 1/3 του συνολικού μήκους της (Φρατζής, 2003). Ενώ είναι από τα μεγαλύτερα κητώδη είναι πολύ ευέλικτα (Carwardine Mark ,1994). Η φάλαινα φουσητήρας έχει το μεγαλύτερο εγκέφαλο από κάθε άλλο ζώο, ζυγίζοντας ~7,8 Kg (NOAA, 2008) (Fields R., 2008). Το βάρος της μπορεί να είναι 35-45 τόνοι. Ζει έως 70 χρόνια και ίσως να τα ξεπερνάει (Φρατζής, 2003). Έχουν την ικανότητα να καταδύονται μέχρι και δυο χιλιόμετρα βάθος και να κρατούν την ανάσα τους για 90 λεπτά. Συνηθίζει να σχηματίζει κοπάδια αποτελούμενα από 15-20 άτομα.

Τα κοπάδια περιλαμβάνουν θηλυκά και μικρά, καθώς τα αρσενικά μπορεί να κινούνται μόνα τους αλλά επιστρέφουν στο κοπάδι για την αναπαραγωγή. Η ταχύτητα τους φτάνει τα 23 μίλια/ώρα.

Όσον αφορά τον σκελετό, οι νευρώσεις συνδέονται με τη σπονδυλική στήλη με εύκαμπτο χόνδρο, γεγονός που επιτρέπει την κατάρρευση του νωτιαίου μυελού παρά την ασφυξία υπό υψηλή πίεση (NOAA, 2013). Ενώ είναι καλά προσαρμοσμένες στις καταδύσεις, οι επαναλαμβανόμενες καταδύσεις σε μεγάλα βάθη έχουν μακροπρόθεσμες επιπτώσεις. Τα οστά παρουσιάζουν τις ίδιες παραμορφώσεις που σηματοδοτούν την ασθένεια αποσυμπίεσης, παρόμοια με αυτή στους ανθρώπους. Οι παλαιότεροι σκελετοί έδειξαν πιο εκτεταμένα τραύματα, ενώ η κνήμη δεν έδειξε καμία βλάβη. Αυτή η βλάβη μπορεί να υποδηλώνει ότι είναι ευαίσθητες στην ασθένεια αποσυμπίεσης και η απότομη ανάδυση μπορεί να είναι θανατηφόρα (Moore MJ, Early GA, 2004).

Όπως προαναφέρθηκε, η φάλαινα φυσητήρας ανήκει στην υπόταξη των οδοντοκητών. Έτσι η κάτω γνάθος της φάλαινας φυσητήρα είναι αρκετά στενή και χαμηλά στο κεφάλι (Jefferson T.A et al., 2008). Έχουν περίπου 18 με 26 ζευγάρια δοντιών στην κάτω γνάθο, ενώ η πάνω γνάθος αποτελείται από θήκες, στις οποίες μπαίνουν τα δόντια (Jefferson T.A et al., 2008). Τα δόντια είναι κωνικού σχήματος και ζυγίζουν ~1 kg το καθένα (American Cetacean Society, 2010). Τα δόντια τους είναι λειτουργικά, αλλά δεν φαίνεται να είναι απαραίτητα για την σύλληψη ή την κατανάλωση τροφής, καθώς υπάρχουν αναφορές για φάλαινες με γεμάτο στομαχικό περιεχόμενο χωρίς όμως να έχουν δόντια ή ακόμη και να παρουσιάζουν παραμορφώσεις στις σιαγόνες. Μια υπόθεση για τη χρήση των δοντιών είναι για τον ανταγωνισμό και την επιθετικότητα των αρσενικών. Η ανάλυση των δοντιών είναι η προτιμώμενη μέθοδος για τον προσδιορισμό της ηλικίας των φαλαινών. Όπως λειτουργούν με παρόμοιο

τρόπο και οι δακτύλιοι ηλικίας ενός δέντρου, έτσι και τα δόντια δημιουργούν ξεχωριστά στρώματα οδοντίνης καθώς μεγαλώνουν (Perrin et. al., 2002).

1.3.1 Γεωγραφική κατανομή και πληθυσμιακές τάσεις

Οι φάλαινες φουσητήρες κατοικούν σε όλους τους ωκεανούς του κόσμου. Συναντώνται και στα δύο ημισφαίρια και είναι επίσης κοινά κατά μήκος του ισημερινού, ειδικά στον Ειρηνικό. Επίσης βρίσκονται σε ολόκληρη την επιφάνεια των ωκεανών του πλανήτη σε βαθιά νερά μεταξύ 60 ° Β και 60 ° Ν γεωγραφικού πλάτους. Η κατανομή τους εξαρτάται από την πηγή τροφής και τις κατάλληλες συνθήκες αναπαραγωγής και ποικίλλει ανάλογα με τη φύση και την ηλικιακή σύνθεση της ομάδας. Οι μεταναστεύσεις δεν είναι τόσο προβλέψιμες ούτε κατανοητές, όπως οι μεταναστεύσεις των περισσότερων φαλαινών. Σε ορισμένα μεσαία γεωγραφικά πλάτη, φαίνεται να υπάρχει μια γενική τάση να μεταναστεύουν βόρεια και νότια ανάλογα με τις εποχές (οι φάλαινες κινούνται προς το νότιο ημισφαίριο το καλοκαίρι). Ωστόσο, σε τροπικές και εύκρατες περιοχές, δεν φαίνεται να υπάρχει προφανής εποχιακή μετανάστευση (NOAA).

Υπάρχουν δύο θεωρίες όσον αφορά τις φάλαινες του είδους *Physeter macrocephalus*. Είτε πρόκειται για πληθυσμούς του Β. Ατλαντικού είτε για πληθυσμούς που έχουν γεννηθεί και κατοικήσει τα νερά της Μεσογείου εδώ και χρόνια. Τα γενετικά δεδομένα υποδηλώνουν ότι οι φάλαινες φουσητήρες στη Μεσόγειο αποτελούν ξεχωριστό υποπληθυσμό. Οι Drouot et al. (2004), συγκρίνοντας τα δείγματα του ανατολικού Βόρειου Ατλαντικού με 13 άτομα που ελήφθησαν από το Τυρρηνικό Πέλαγος, το Ιόνιο Πέλαγος, τη βορειοδυτική λεκάνη της Μεσογείου και τη Βαλεαρίδα, διαπίστωσαν σημαντικές διαφορές στις συχνότητες των απλοτύπων μιτοχονδριακού DNA (mtDNA), υποδεικνύοντας ότι οι φάλαινες φουσητήρες στον Ατλαντικό και στη

Μεσόγειο ανήκουν σε ξεχωριστά συμπλέγματα (από την πλευρά της μητέρας, μητρογραμμικός). Τα μεσογειακά αυτά ζώα διαφοροποιήθηκαν σημαντικά από τα ζώα του Βόρειου Ατλαντικού τόσο στην περιοχή ελέγχου του mtDNA όσο και στους διάφορους τύπους του DNA, αν και η επίδραση ήταν πολύ ισχυρότερη για το mtDNA, υποδηλώνοντας ότι η Μεσόγειος φιλοξενεί έναν φιλοπατρικό πληθυσμό (Engelhaupt et al., 2009). Όλες οι ηλικιακές κατηγορίες των φαλαινών φυσητήρων βρίσκονται στη Μεσόγειο και η εμφάνιση νεογνών (Gannier et al., 2002, Frantzis et al., 2003, Moulins and Würtz 2005) επιβεβαιώνει ότι η γέννηση γίνεται στην ευρύτερη περιοχή του Γιβραλτάρ. Στην ανατολική Μεσόγειο, τόσο κοινωνικές ομάδες όσο και μοναχικά ενήλικα αρσενικά είναι παρόντες όλο το χρόνο.

Στη Μεσόγειο θάλασσα οι φάλαινες φυσητήρες είναι ευρέως κατανεμημένες από το στενό του Γιβραλτάρ στα δυτικά μέχρι και τη θάλασσα της Λεβαντίνης στα ανατολικά. Το είδος αναμένεται να το συναντήσουμε στο στενό του Γιβραλτάρ, στις Βαlearίδες Νήσους, στη λεκάνη της Αλγερίας-Λιγουρίας, στο Τυρρηνικό Πέλαγος, στα βαθιά νερά στα βόρεια, ανατολικά και νοτιοανατολικά της Σικελίας, στο Ιόνιο Πέλαγος και σε μέρη του Αιγαίου (Red list).



Εικόνα 2 Χάρτης της κατανομής της φάλαινας του είδους *Physeter macrocephalus* στη Μεσόγειο Θάλασσα 1: Στενό του Μεσίνα, 2: Χερσόνησος Γκαργκάνο, 3: Ελληνική Τάφρος, 4: Χερσόνησος της Χαλκιδικής, 5: Κορσική, 6: Στενό του Γιβραλτάρ, 7: Κύπρος, 8: Ζάκυνθος, 9: Αιγαίο Πέλαγος, 10: Κρήτη, 11: Αδριατική θάλασσα, 12: Ατλαντικός Ωκεανός, 13: Σικελία, 14: Αφρική, 15: Λιγουρία, 16: Κυανή Ακτή, 17: Ελλάδα, 18: Ιόνιο Πέλαγος, 19: Ιταλία, 20: Γαλλία, 21: Ισπανία, 22: Στενό της Σικελίας, 23: Μαγιόρκα και Βαlearίδες Νήσοι, 24: Θεσσαλονίκη, 25: Θάλασσα του Αλμποράν (Zagzebski, Kathy N.d., ACS National Board & Staff).

Όπως οι περισσότεροι κάτοικοι μεσογειακών χωρών, όλοι οι έλληνες πίστευαν μέχρι πρόσφατα πως η Μεσόγειος και βέβαια οι ελληνικές θάλασσες είναι πολύ μικρές για να φιλοξενήσουν μεγάλα κητώδη. Μέχρι τα τέλη του περασμένου αιώνα, κανείς στην Ελλάδα δεν μπορούσε να πιστέψει ότι τα ζώα αυτά κατοικούν μόνιμα στις θάλασσες μας. Στα μέσα της δεκαετίας του '90, η επιστημονική ομάδα του Ινστιτούτου Κητολογικών Ερευνών Πέλαγος άρχισε να συγκεντρώνει κάθε διαθέσιμη πληροφορία σχετικά με την πιθανή παρουσία φυσητήρων στα ελληνικά νερά. Με βάση μερικές περιστασιακές παρατηρήσεις στην ΝΔ Κρήτη, καθώς και το εξαιρετικό ανάγλυφο του βυθού στην περιοχή, το Ινστιτούτο Κητολογικών Ερευνών Πέλαγος ξεκίνησε το 1998 ένα ερευνητικό πρόγραμμα, που οδήγησε στην ανακάλυψη του μονιμότερου πληθυσμού φυσητήρων σε ολόκληρη τη Μεσόγειο. Τα πρώτα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι φυσητήρες βρίσκονται στην περιοχή της Δ-ΝΔ Κρήτης όλο το χρόνο, ενώ αργότερα διαπιστώθηκε ότι το σύνολο της Ελληνικής Τάφρου (που εκτείνεται από τα

νησιά του Ιονίου μέχρι την Ρόδο) είναι το σημαντικότερο ενδιαίτημα των φυσητήρων σε όλη την Ανατολική Μεσόγειο. Η προτίμηση των φυσητήρων για την Ελληνική τάφρο συνδέεται με την ύπαρξη υποβρυχίων γκρεμών πολύ κοντά στις ακτές. Είναι πολύ πιθανό ότι εκεί αφθονούν τα μέσο- και βαθύ-πελαγικά καλαμάρια, που αποτελούν την αποκλειστική τροφή των μεσογειακών φυσητήρων (Φρατζής 2009).



Εικόνα 3. Ελληνικές τάφροι (ΠΕΛΑΓΟΣ, Ινστιτούτο Κητολογικών Ερευνών)

Οι φάλαινες φυσητήρες φαίνεται να προτιμούν περιοχές που το βάθος είναι μεγαλύτερο των 600 m και σπάνια απαντώνται σε νερά βάθους 300 m (NOAA). Τα θηλυκά και τα νεαρά άτομα περιορίζονται συνήθως σε ύδατα με γεωγραφικά πλάτη μικρότερα από 40-50° και σε περιοχές που η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας είναι μεγαλύτερη από 15 °C (Rise, 1989). Επίσης, συναντώνται και σε περιοχές με σχετικά υψηλή πρωτογενή παραγωγικότητα (Jaquet et al., 1996) αν και υπάρχουν μερικές εξαιρέσεις όπως η θάλασσα των Σαργάσσων και η γύρα του κεντρικού βόρειου Ειρηνικού (Barlow and Taylor 2005)



Εικόνα 4. Παρατηρήσεις και εκβρασμοί του είδους *P. macrocephalus* στις Ελληνικές ακτές (Φραντζής 2003)

1.3.2 Ηχοεντοπισμός και διατροφή

Το είδος *Physeter macrocephalus* τρέφεται με μεσοπελαγικά κεφαλόποδα (γιγάντια καλαμάρια, *Architeuthis sp*), μερικά βενθοπελαγικά ψάρια (π.χ. σαλάχι, *Squatina aculeata*) ακόμα και με μικρούς βενθικούς καρχαρίες (*Squatina squatina*). Κατά την αναζήτηση της κύριας πηγής τροφής τους (τα κεφαλόποδα), καταδύονται 300-600 μέτρα και παραμένουν βυθισμένα για 20-50 λεπτά. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες αναφορές για άτομα που φθάνουν σε βάθη άνω των 1000 m, επιστρέφοντας στην επιφάνεια για αέρα μετά από μια ώρα (NOAA).

Οι φάλαινες φουσητήρες είναι γνωστές επίσης για τους ήχους που παράγουν, οι οποίοι πιθανόν τις βοηθούν στην επικοινωνία και στον ηχοεντοπισμό. Είναι πλέον ξεκάθαρο ότι ο βασικός σκοπός του πρόσθιου τμήματος της κεφαλής της φάλαινας φουσητήρα είναι για την παραγωγή δυνατών ήχων τύπου «κλικ» και σχεδόν όλοι οι ήχοι που

προέρχονται από τις φάλαινες αυτές είναι τέτοιου τύπου. Ο τρόπος έκφρασης τέτοιων ήχων δεν αποτελεί μόνο το κλειδί για το πώς επικοινωνούν οι φάλαινες φουσητήρες μεταξύ τους και με το περιβάλλον τους, αλλά επίσης είναι κι ένα απαραίτητο εργαλείο που μπορεί να μας δώσει στοιχεία για την συμπεριφορά και τη βιολογία των πληθυσμών τους (Whitehead 2003).

Τα «κλικ» της φάλαινας φουσητήρα έχουν ένα απότομο ξεκίνημα με μεγάλη ενέργεια ανάμεσα σε 5 και 25 kHz (Madsen et. al., in press). Τα «κλικ» μπορεί να είναι πολύ δυνατά – μέχρι και 223 dB (Møhl et. al., 2000), ο υψηλότερος βιολογικός ήχος που έχει καταγραφεί (Madsen et. al., 2002) – και είναι έντονα κατευθυντήριοι (Møhl et. al., 2000) (Thode et. al., 2002).

Οι φάλαινες φουσητήρες διατάσσουν τα «κλικ» με διάφορα μοτίβα και τα χρησιμοποιούν σε ποικίλες καταστάσεις. Οι δυο ευρείες κλάσεις λειτουργίας των «κλικ» είναι ο ηχοεντοπισμός και η επικοινωνία. Αν και είναι πιθανό ότι κάθε μοτίβο «κλικ» έχει μια από αυτές τις λειτουργίες, είναι πολύ πιθανό μερικά από αυτά να επιτελούν και τις δυο λειτουργίες (Backus and Schevill,). Κάθε μοτίβο ακούγεται συνήθως σε ένα σύνολο περιπτώσεων, και ως εκ τούτου τα σύνολα των «κλικ» κατηγοριοποιούνται. Επιστήμονες κατηγοριοποίησαν τα μοτίβα με διάφορους τρόπους, δίνοντας σε κάθε μοτίβο διαφορετικά ονόματα. Ωστόσο, μερικά μοτίβα, είναι ιδιαίτερα και η πλειονότητα των επιστημών θα συμφωνούσαν με την παρακάτω κατηγοριοποίηση.

- «Κοινά κλικ»
- Τριζήματα
- Παλμικό κάλεσμα (παρόμοια των σημάτων Morse)

1.3.3 Αναπαραγωγή

Οι φάλαινες φυσητήρες είναι γνωστό ότι δείχνουν εμφανή φυλετικό διμορφισμό όσον αφορά το μέγεθος (Whitehead, 2002). Τα αρσενικά πιστεύεται ότι φτάνουν σε αναπαραγωγική ωρίμανση σε ηλικίες μεταξύ 18 και 21 και σε μήκος 11-12 m, φτάνοντας το μέγιστο μήκος των 15-18 m (Gore MA et. al. 2007). Σε αντίθεση, τα θηλυκά πιστεύεται ότι φτάνουν στην αναπαραγωγική τους ωρίμανση σε ηλικίες μεταξύ 7 και 13 και μήκος ~8,3-9,2 m, με μέγιστο μήκος να κυμαίνεται από 11-12 m. Τα θηλυκά άτομα έρχονται σε οίστρο κάθε 3-5 χρόνια. Η αναπαραγωγική τους περίοδος παρατηρείται στην Ελλάδα από τον μήνα Ιανουάριου έως τον Αύγουστο. Η περίοδος κυοφορίας διαρκεί 14-16 μήνες. Κατά τη διάρκεια της γέννας οι φάλαινες φυσητήρες παρουσιάζουν μια ενδιαφέρουσα κοινωνική συμπεριφορά ως προς την προστασία της μητέρας από ενδεχόμενες επιθέσεις άλλων θηρευτών (Whitehead 2003). Όσον αφορά τα αρσενικά αναπαράγουν για πρώτη φορά μετά τα 30 τους χρόνια. Γενικά οι Φυσητήρες έχουν διάρκεια ζωής 70 χρόνια και πάνω (Φραντζής 2003).

1.3.4 Θηρευτές - Κίνδυνοι

Κύριοι θηρευτές των φυσητήρων είναι κάποια μεγάλα πελαγικά είδη και κυρίως ο καρχαρίας και η όρκα.

Οι φυσικές απειλές για τις φάλαινες φυσητήρες περιλαμβάνουν φάλαινες δολοφόνους. Ωστόσο, πιστεύεται ότι οι περισσότερες επιθέσεις φαλαινών δολοφόνων είναι ανεπιτυχείς. Οι μεγάλοι καρχαρίες μπορεί επίσης να αποτελούν απειλή, ειδικά για τις μικρές φάλαινες (NOAA).

Το κυνήγι φαλαινών αποτέλεσε έναν από τους κυριότερους λόγους μείωσης πολλών πληθυσμών φάλαινας (κυρίως το 1800-1987). Στην περίοδο αυτή εκτιμάται ότι

τουλάχιστον 436,000 φάλαινες φουσητήρες θανατώθηκαν, αλλά πιθανόν μέχρι και 1,000,000. Το 1970-80 απαγορεύτηκε το κυνήγι φάλαινων φουσητήρων και σταμάτησε ουσιαστικά με την εφαρμογή της αναστολής του κυνηγιού από την International Whaling Commission (IWC) το 1988.

Όσον αφορά τη Μεσόγειο θάλασσα, οι απειλές επικεντρώνονται κυρίως στην ανθρωπογενή παρέμβαση, είτε άμεσα είτε έμμεσα, και όχι σε επιθέσεις από άλλους οργανισμούς. Παρακάτω αναγράφονται οι σημαντικότεροι λόγοι:

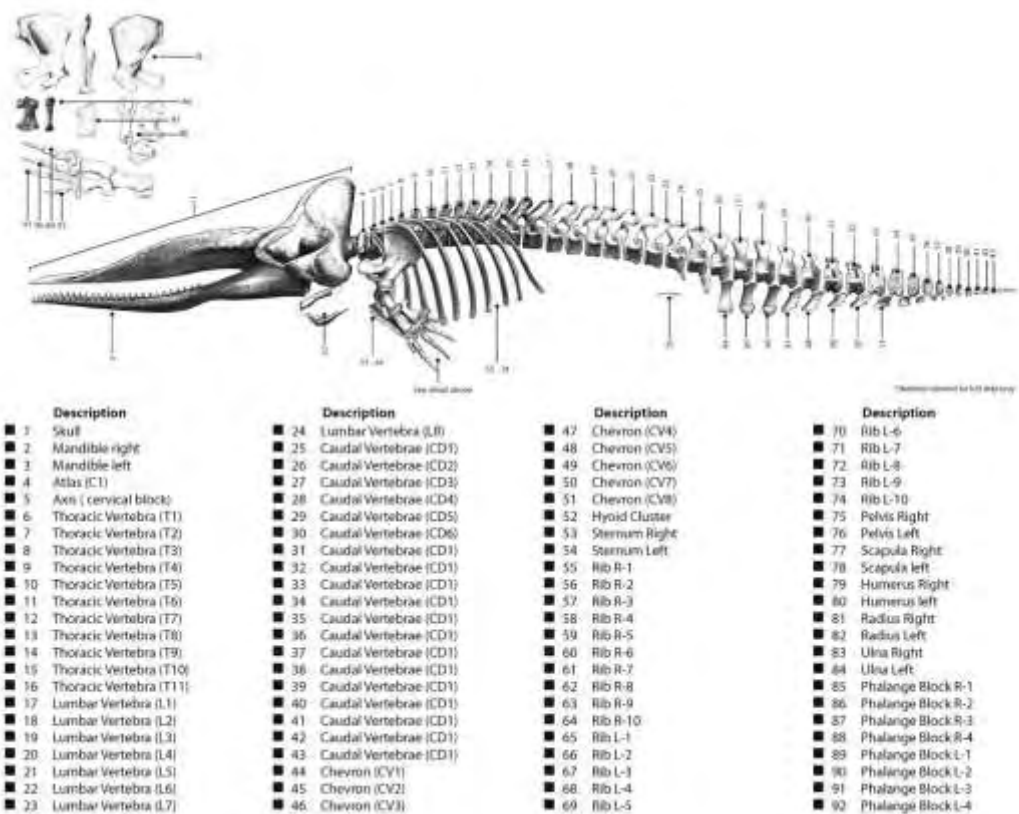
- Πρόσκρουση με πλοία
- Αλιευτικός εξοπλισμός (δεν είναι μεγάλη απειλή για τις φάλαινες φουσητήρες αλλά για άλλα παράκτια κητοειδή)
- Διατάραξη από τον ανθρωπογενή «θόρυβο», ιδίως σε τομείς δραστηριοτήτων πετρελαίου και φυσικού αερίου ή όπου η ναυτιλιακή δραστηριότητα είναι υψηλή
- Ρύποι (π.χ. πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB), χλωριωμένα παρασιτοκτόνα (DDT, DDE κ.λπ.), πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH) και βαρέα μέταλλα).

Η πιο πιθανή απειλή για τη φάλαινα φουσητήρα στη Μεσόγειο είναι η εμπλοκή τους με ξιφία μεγάλου μήκους. Μία άλλη πιθανή αιτία για τη θνησιμότητα από τα μέσα της δεκαετίας του '80 είναι η παγίδευσή τους σε παρασυρόμενα δίχτυα τόνου, όταν άρχισε να χρησιμοποιείται αυτός ο τρόπος αλιείας σε μεγάλη κλίμακα (Notarbartolo di Sciara 1990) (Διεθνής Επιτροπή Φαλαινοθηρίας (IWC) 1994). Το μεγαλύτερο μέρος των θανάτων στην Ιταλία και την Ισπανία προκλήθηκε από εμπλοκή φαλαινών φουσητήρων σε παρασυρόμενα δίχτυα, όπως προκύπτει από την αναφερθείσα παρουσία θραυσμάτων ή χαρακτηριστικών τραυματισμών στα σώματα των φαλαινών (Podestà

and Magnaghi 1989, Lazaro και Martin 1999). Παρά τις διεθνείς και εθνικές ρυθμίσεις που απαγορεύουν τα παρασυρόμενα δίχτυα στη Μεσόγειο, συνεχίζεται η παράνομη ή σχεδόν νόμιμη χρήση σε οικοτόπους φαλαινών φυσητήρων, όχι μόνο στη δυτική Μεσόγειο (π.χ. Γαλλία, Ιταλία και Μαρόκο, Oceana 2007), αλλά πρόσφατα και στην Ελλάδα και Τουρκία, (Akyol et al., 2005), συνεχίζοντας έτσι να απειλούν την επιβίωση των ειδών στην περιοχή.

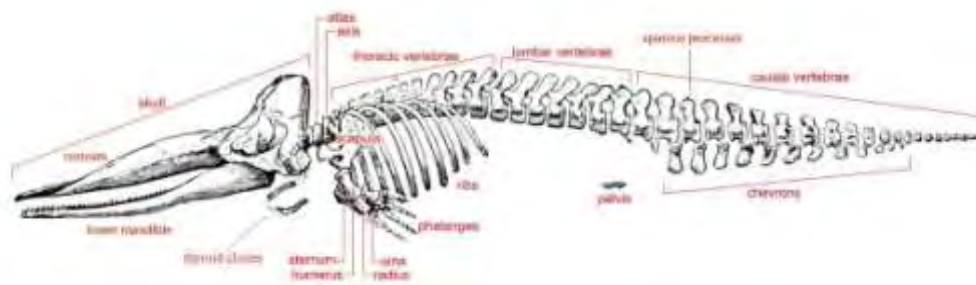
1.4 ANATOMIA *P. macrocephalus*

Ο σκελετός του είδους αποτελείται από 240-244 οστά. Συγκεκριμένα αποτελείται από: το κρανίο, την άνω και κάτω γνάθο, τον πρώτο αυχενικό σπόνδυλο, τον δεύτερο αυχενικό σπόνδυλο, 11 θωρακικούς σπονδύλους, 8 οσφυϊκούς σπονδύλους, 19 ουραίους σπονδύλους, 8 οστά της κάτω κοιλιακής περιοχής της ουράς (Chevrons) (Gore M. A. et al. 2007), 2 οστά θυρεοειδούς αδένα, στέρνο (δεξιά και αριστερή πλευρά), 10 ζεύγη πλευρών, λεκάνη (δεξιά και αριστερή πλευρά), ωμοπλάτη (δεξιά και αριστερή πλευρά), βραχίονα (δεξιά και αριστερή πλευρά), κερκίδα (δεξιά και αριστερή πλευρά), ωλένη (δεξιά και αριστερή πλευρά) και 8 φάλαγγες.



Εικόνα 5. Αναλυτικό σκελετός φάλαινας

(http://www.elrefugiodepotosi.org/images/graphics/whale_certificate_back_sold.jp)



Εικόνα6. Τμήματα σκελετού φάλαινας

(https://oncinawhale.com.files.wordpress.com/2013/05/sperm_whale_skeleton_labelled1.jpg)

1.5 Σκοπός

Τον Οκτώβριο του 2016, δέκα χρόνια μετά τον εκβρασμό, πραγματοποιήθηκε η εκταφή της και η συγκομιδή των οστών της. Ήταν η πρώτη φορά που έγινε μια τέτοια προσπάθεια στην Ελλάδα. Δυσάρεστο, ωστόσο, ήταν το γεγονός ότι πολλά από τα οστά έλειπαν. Ύστερα από επικοινωνία με τις τοπικές αρχές ανακαλύψαμε ότι κάποια οργάνωση είχε παράνομα παρέμβει και πάρει κάποια από τα οστά. Η ομάδα μας ανέλαβε την εκταφή, φωτογράφιση και καταμέτρηση των πλευρών. Αυτά μεταφέρθηκαν στο προαύλιο της σχολής μας και ακολουθήθηκαν συγκεκριμένες διαδικασίες καθαρισμού και μετρήσεων. Για να γίνει πιο γρήγορα και αποτελεσματικά η εργασία, η ομάδα χωρίστηκε σε τρεις επιμέρους υποομάδες.

Στη δική μας χρησιμοποιήσαμε μίγμα διαφόρων ουσιών με κύριο στόχο την καταπολέμηση του λίπους και εν συνεχεία, πήραμε μετρήσεις των βιομετρικών στοιχείων των πλευρών. Σκοπός της έρευνας μας ήταν η εύρεση μιας μεθόδου αποτελεσματικής για τον καθαρισμό των πλευρών της φάλαινας.



Εικόνα 7. Αριστερά: σημείο ταφής και εκβρασμού της φάλαινας. **Δεξιά:** σημείο εκβρασμού της φάλαινας.



Εικόνα 9. Παγασητικός κόλπος



Εικόνα 8. Χορευτό (περιοχή Πηλίου), όπου πραγματοποιήθηκε η εκταφή

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πεδίο έρευνας και διαδικασία εκσκαφής

Όπως προαναφέρθηκε, η εκταφή της φάλαινας πραγματοποιήθηκε τον Οκτώβριο του 2016 και συγκεκριμένα στις 10-10-2016 με 13-10-2016. Καθημερινά η ομάδα μας μεταφερόταν από τον χώρο του Πανεπιστημίου στην παραλία του Χορευτού. Οι αντίξοες συνθήκες, όπως ο άστατος καιρός και η έντονη δυσοσμία έκαναν πιο δύσκολη την υλοποίηση του έργου. Με τη βοήθεια ενός εκσκαφέα του Δήμου Ζαγοράς καταφέραμε να ανασύρουμε τα κόκαλα, τα οποία καταγράψαμε και φωτογραφίσαμε.

Την πρώτη ημέρα (10-10-2016) αρχικός μας στόχος ήταν ο εντοπισμός της ακριβής τοποθεσίας που είχε ταφεί η φάλαινα. Το σημείο βρισκόταν πάνω από το ύψος της παλίρροιας και απείχε περίπου 8 μέτρα από τη θάλασσα, ενώ αποτελούταν από αδρό υλικό. Με τον εκσκαφέα έφυγαν τα πρώτα στρώματα άμμου και βρέθηκαν τα πρώτα κόκαλα. Εκείνη την ημέρα φτάσαμε στα 3 μέτρα βάθος.



Εικόνα 10. Άνοιγμα τρύπας με τη βοήθεια εκσκαφέα στο σημείο ταφής



Εικόνα 11. Εύρεση πρώτου οστού (σπόνδυλος)

Τη δεύτερη μέρα (11-10-2016) αποκαλύφθηκε η φάλαινα σε βάθος 4,5 μέτρων με τη βοήθεια του εκσκαφέα. Από εκεί και έπειτα, φοβούμενοι μήπως ο εκσκαφέας προκαλέσει κάποια ζημιά στο σκελετό, αναλάβαμε εμείς δράση. Με τη χρήση διαφόρων εργαλείων (φτυάρι, τσάπα, τσουγκράνα, σκούπα) προσπαθήσαμε να ξεθάψουμε με προσοχή κάθε οστό. Το πιο σημαντικό εύρημα της ημέρας ήταν η άνω και κάτω γνάθος.



Εικόνα 12. Ομαδική προσπάθεια για την εύρεση οστών με τη χρήση διαφόρων εργαλείων

Την τρίτη μέρα (12-10-2016) βρέθηκαν τα υπόλοιπα κόκαλα. Τα τοποθετήσαμε όλα μαζί με σκοπό τη φωτογράφιση και την καταμέτρησή τους. Συνολικά μετρήθηκαν περίπου 50 οστά. Ένα μεγάλο μέρος του σκελετού απουσίαζε καθώς μια οργάνωση είχε παράνομα πάρει κάποια από αυτά.



Εικόνα 13. Αποψη οστών που συνολικά βρέθηκαν

Την τέταρτη μέρα (13-10-2016) καλύψαμε ξανά τον λάκκο και με τη χρήση ενός φορτηγού μεταφέραμε τα κόκαλα στο εργαστήριο βενθικών της σχολής.



Εικόνα 14. Μεταφορά οστών στο Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος



Εικόνα 15. Άποψη σημείου ταφής της φάλαινας, αφού τελείωσε η διαδικασία και η περιοχή καλύφθηκε εκ νέου με άμμο

2.2 Τρόποι καθαρισμού οστών

Το 2013 το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας της Οξφόρδης εφάρμοσε ποικίλους τρόπους καθαρισμού οστών φάλαινας φουσητήρα. Οι πιο ευρέως διαδεδομένοι και εφαρμόσιμοι είναι οι παρακάτω:

1. Τα οστά μπορούν να τοποθετηθούν σε μεγάλα δοχεία με χημικά απολυμαντικά, όπως ακετόνη και άλλα πιο ισχυρά. Απαιτούνται τεράστιες ποσότητες γι' αυτό και η συγκεκριμένη μέθοδος είναι πολύ ακριβή.

2. Μια άλλη μέθοδος είναι η τοποθέτηση των οστών σε μεγάλα δοχεία γεμάτα με διαλύματα νερού των ειδικών ενζύμων (λιπάσες), τα οποία αντιδρούν με το λίπος και όχι με τα άλλα οργανικά υλικά που δίνουν στα οστά ανθεκτικότητα. Τα προϊόντα αυτά είναι ακριβά και απαιτούν κάποια διεργασία κατά τη χρήση τους (ανάδευση του νερού, διατηρώντας μια σταθερή θερμοκρασία).

3. Η διαβροχή είναι μία χρονοβόρα διαδικασία, με την οποία τα οστά τοποθετούνται σε δοχεία με νερό και σε θερμοκρασία κοντά στη θερμοκρασία περίπου 36 °C. Τα βακτήρια που θα αναπτυχθούν στο νερό μέσω αποικοδομητικών διαδικασιών θα διασπάσουν το λίπος. Για ένα μεγάλο λιπαρό σκελετό, μπορεί να χρειαστούν αρκετοί μήνες. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι δεν χρησιμοποιούνται χημικά προϊόντα (δαπανηρά και επικίνδυνα). Τα μειονεκτήματα είναι ο χρόνος και οι οσμές. Αυτά μπορούν να περιοριστούν σε κάποιο βαθμό με τη συχνή αλλαγή του νερού.

Συνήθως δεν προτιμάται αυτή η μέθοδος. Ωστόσο, σε χώρες με εύκρατο κλίμα και κρύους χειμώνες, η φάλαινα μπορεί να ταφεί σε κοπριά ή στο έδαφος. Εάν το ζώο είναι αρκετά μεγάλο, ο κίνδυνος θραύσης των οστών κατά την ταφή και την εκταφή είναι μεγάλος και είναι εύκολο να χαθούν μικρά οστά. Μόλις καθαριστεί ο σκελετός, μπορεί να ξεκινήσει η διαδικασία της λεύκανσης με τη χρήση του υπεροξειδίου του υδρογόνου(H_2O_2).

2.2.1 Πρωτόκολλο καθαρισμού

Τα φρέσκα οστά διατηρούν όλα τα συστατικά τους: το κολλαγόνο και τα λιπίδια. Πριν να είναι σε θέση να παρουσιάσουν ένα σκελετό, τα μουσεία φυσικής ιστορίας καλούνται να προετοιμάσουν τα οστά. Κατά τις θεραπείες που χρησιμοποιούνται, αφαιρείται η σάρκα και τα λιπίδια.

Στην περίπτωση των λιπαρών σκελετών, όπως αυτών των θαλάσσιων θηλαστικών, ο καθαρισμός των οστών ενδέχεται να ακολουθείται από διεργασίες απολίπανσης σε οργανικούς διαλύτες. Οι διαδικασίες προετοιμασίας και θεραπείας είναι εμπειρικές, με αποτέλεσμα καμία προσέγγιση να μη θεωρείται ιδανική. Ορισμένες τεχνικές έχουν

περιορισμένη αποτελεσματικότητα και μπορεί να αποδειχθούν επικίνδυνες (τοξικά, εύφλεκτα κτλ).

Οι οργανικοί διαλύτες, πολικοί και μη, που εφαρμόζονται σύμφωνα με το πρωτόκολλο σε καθαρισμούς φαλαινών είναι:

1. Κυκλοεξάνιο (C_6H_{12})
2. Ξυλόλιο (C_8H_{10})
3. Τολουόλιο (C_7H_8)
4. Μεθυλοχλωρίδιο (CH_3Cl)
5. Ακετόνη (C_3H_6O)
6. Ισοπροπυλική αλκοόλη (C_3H_8O)
7. Αιθανόλη (C_2H_6O)
8. Νερό (H_2O)

Αν και αναμένεται ότι τα έλαια και τα λίπη είναι διαλυτά σε μη πολικούς διαλύτες (π.χ. διαλύτες αλειφατικών υδρογονανθράκων όπως κυκλοεξάνιο, αρωματικά όπως τολουόλιο και ξυλόλιο ή χλωριωμένοι διαλύτες όπως μεθυλοχλωρίδιο), αυτοί οι διαλύτες αποδείχθηκαν αρκετά αποτελεσματικοί στον καθαρισμό των επιφανειών των οστών.

2.2.1.1 Διαδικασία καθαρισμού

Αφού τα οστά μεταφέρθηκαν στο προαύλιο, καλύφθηκαν με ασβέστη (CaO) για να αποφευχθεί η εξάπλωση της κακοσμίας στην ευρύτερη περιοχή. Αυτό έγινε με σκοπό την αποφυγή τυχόν παρατηρήσεων από τους κατοίκους. Επιπλέον, ο ασβέστης λόγω της καυστικότητας του επιταχύνει την αποικοδόμηση του λίπους.

Έπειτα τοποθετήθηκε επαρκής ποσότητα χώματος από πάνω, κυρίως για λόγους αισθητικής και υγιεινής. Τα οστά παρέμειναν εκεί μέχρι τον Ιούλιο του 2017 για συνολικό διάστημα οκτώ μηνών.

2.2.1.2 Εγχείρημα καθαρισμού

Πειραματικά σε δύο οστά εφαρμόστηκε μια μέθοδος καθαρισμού με τη χρήση χαρτοπολτού υγροποιημένου με μίγμα ακετόνης, αιθανόλης και ύδατος σε αναλογίες 1:1:1. Η προσθήκη λίγης επί τοις εκατό κατά βάρος (w/w %) υδατικής αμμωνίας αύξησε σημαντικά την αποτελεσματικότητα καθαρισμού. Διεξήχθησαν δοκιμές για την αξιολόγηση της μεθόδου, χρησιμοποιώντας καθαρά υδατικές μεθόδους (χωρίς οργανικούς διαλύτες) για τη διάλυση και απομάκρυνση των λιπαρών υπολειμμάτων.

Η υδατική αμμωνία χρησιμοποιείται στην σαπωνοποίηση ορισμένων φυσικών ρητινών και ελαίων. Γενικά, οι δραστικές ουσίες που παράγονται από την αντίδραση λιπαρών οξέων με αμμωνία έχουν χαμηλότερη επιφανειακή τάση από αυτές που χρησιμοποιούν νατρίου και καλίου (Averko-Antonovich et al., 2004) και αυτό θα πρέπει να διευκολύνει την απομάκρυνσή τους από πορώδη υποστρώματα.



Εικόνα 16. Καθαρισμός με τη χρήση χαρτοπολτού υγροποιημένου με μίγμα ακετόνης, αιθανόλης και ύδατος

2.2.1.3 Αποικοδόμηση ελαίων φάλαινας

Γενικά, καθώς αυξάνεται η περιεκτικότητα σε ελεύθερα λιπαρά οξέα, το χρώμα γίνεται πιο σκούρο. Από την αρχική περιεκτικότητα των οστών σε έλαια, τα λιπαρά οξέα, οι αλδεύδες και άλλα προϊόντα διάσπασης, καθώς και τα μη αποικοδομημένα έλαια μπορούν να προκαλέσουν δυσκολίες στον εκ νέου καθαρισμό των οστών της φάλαινας.

Η υδατική αμμωνία αντιδρά με λιπαρά οξέα των οστών για να σχηματίσει ένα ιοντικό διάλυμα μέσω μιας αντίδρασης σαπωνοποίησης.



Αυτή είναι μια αντίδραση ισορροπίας και η αμμωνία διαλυμένη στο νερό υδρολύεται ασθενώς για να δώσει ιόντα υδροξυλίου (OH⁻). Σε θερμοκρασία δωματίου, ένα διάλυμα 25% (~13 M) έχει τιμή pH περίπου 12,5, αλλά μόνο ένα μικρό ποσοστό (<1%) της αμμωνίας υδρολύεται. Όταν διασκορπιστεί σε μια ανοικτή επιφάνεια, το pH πέφτει γρήγορα κάτω από 11,0 καθώς αέρια αμμωνία διαφεύγει από το υγρό. Καθώς μειώνεται το pH, η αναλογία αμμωνίας υπό τη μορφή NH₄⁺ αυξάνεται σύμφωνα με την αρχή του Le Chatelier.

| Βαθμός | Χρώμα | Περιεκτικότητα λιπαρών οξέων (%) |
|--------|----------------|----------------------------------|
| 0 | ωχρό κίτρινο | 0,5 |
| 1 | ωχρό κίτρινο | 1 |
| 2 | σκούρο κίτρινο | 6 |
| 3 | ανοιχτό καφέ | 15 |
| 4 | σκούρο καφέ | 30 |

Πίνακας 1: Εμπειρική μέθοδος εκτίμησης της περιεκτικότητας λιπαρών οξέων βάση του χρώματος του οστού

2.3 Μέτρηση βιομετρικών στοιχείων

Αφού αφέθηκαν τα οστά να στεγνώσουν απλώθηκαν σε μια επιφάνεια, με σκοπό να παρθούν τα βιομετρικά τους στοιχεία. Συγκεκριμένα στις 9 Νοεμβρίου 2017

μετρήθηκαν το πλάτος, το μήκος, το ύψος και το βάρος των πλευρών με τη χρήση μέτρου και ζυγαριάς ακριβείας.



Εικόνα 17. Μέτρηση βιομετρικών στοιχείων σε καθορισμένα οστά

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Αποτελέσματα Μετρήσεων

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων των βιομετρικών στοιχείων των πλευρών που βρέθηκαν. Πιο συγκεκριμένα είχαμε 12 πλευρά (RIB).

Πίνακας 2: Μέτρηση βιομετρικών στοιχείων των πλευρών

| | ΒΑΡΟΣ (kg) | ΜΗΚΟΣ (m) | ΠΛΑΤΟΣ (m) | ΥΨΟΣ (m) |
|--------|------------|-----------|------------|----------|
| 1.RIB | 4,2 | 0,89 | 0,054 | 0,69 |
| 2.RIB | 4,7 | 0,95 | 0,046 | 0,75 |
| 3.RIB | 3,8 | 1,30 | 0,028 | 1,15 |
| 4.RIB | 4,4 | 1,34 | 0,026 | 1,19 |
| 5.RIB | 3,5 | 1,24 | 0,038 | 1,05 |
| 6.RIB | 2,8 | 1,37 | 0,034 | 1,21 |
| 7.RIB | 2,4 | 0,68 | 0,06 | 0,48 |
| 8.RIB | 2,1 | 0,88 | 0,031 | 0,66 |
| 9.RIB | 2 | 0,77 | 0,043 | 0,55 |
| 10.RIB | 1,8 | 0,80 | 0,027 | 0,60 |
| 11.RIB | 1,5 | 0,55 | 0,022 | 0,35 |
| 12.RIB | 1 | 0,48 | 0,020 | 0,27 |

3.2 Σύγκριση βιομετρικών στοιχείων

Στο βιβλίο του Willian Henry Flower (1867) αναφέρονται οι αντίστοιχες μετρήσεις για μια αρσενική φάλαινα φυσητήρα που ξεβράστηκε το 1864 στις ακτές της Τασμανίας. Το μήκος εκείνης ήταν 18,29 μέτρα. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων των αντίστοιχων οστών των δύο φαλαινών συμπεράναμε ότι οι μετρήσεις μας κυμαίνονταν σε λογικά πλαίσια. Λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους της φάλαινας της Τασμανίας οι μετρήσεις μας ήταν κατά λίγο μικρότερες από τις αντίστοιχες δικές του. Πιο συγκεκριμένα, το μικρότερο σε βάρος πλευρό που βρήκαμε εμείς ζύγιζε ένα κιλό, ενώ στην φάλαινα της Τασμανίας 3,8 κιλά. Το μήκος αυτού του πλευρού της φάλαινάς μας ήταν 0,48μ., το πλάτος του 0,02μ. και το ύψος του 0,27μ., ενώ το μήκος της άλλης

ήταν 1,4 μέτρα. Το μεγαλύτερο πλευρό στις δικές μας μετρήσεις βρέθηκε να έχει βάρος 4,7 κιλά, μήκος 0,95 μ., πλάτος 0,046 μ. και ύψος 0,75μ. και στην φάλαινα του βιβλίου του Willian Henry Flower (1867) το βάρος του ήταν 12,43 κιλά.

3.3 Αξιολόγηση μεθόδου καθαρισμού

Τα οστά είναι ένα σύνθετο υλικό: ένα ιεραρχικά δομημένο σύνθετο, με την ινώδη πρωτεΐνη, το κολλαγόνο και εξωτερικά προστατευμένο με ασβεστώδεις κρυστάλλους απατίτη. Το κολλαγόνο αποτελεί το 90% της οργανικής ουσίας, όντας σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνο για την ελαστικότητα των οστών, και την υψηλή αντοχή τους. Η σκληρότητα και η αντοχή του οστού στη συμπίεση οφείλονται στον υδροξυαπατίτη $[Ca_5(PO_4CO_3)_3(OH)]$. Πέραν της υποβάθμισης της αισθητικής ποιότητας, η βιοχημική αποδόμηση των λιπιδίων (υδρόλυση, οξείδωση) ενισχύεται από την ανάπτυξη μικροοργανισμών, που ενδέχεται να οδηγήσουν σε αλλοίωση των ινών κολλαγόνου, κάτι που συνεπάγεται δυσχέρεια στη μακροπρόθεσμη διατήρηση του σκελετού. Επιπλέον, η ακετόνη ενδέχεται να παραγάγει συνθήκες αφυδάτωσης κι ευθραυστότητας, προκαλώντας ραγίσματα στο οργανικό μέρος. Ωστόσο στη δική μας προσπάθεια καθαρισμού των οστών δεν υπήρξε τέτοιο πρόβλημα. Η πειραματική μέθοδος που εφαρμόστηκε με τη χρήση χαρτοπολτού υγροποιημένου με μίγμα ακετόνης, αιθανόλης και ύδατος σε αναλογίες 1:1:1 ήταν εξαιρετικά αποτελεσματική. Η προσθήκη λίγης επί τοις εκατό κατά βάρος (w/w %) υδατικής αμμωνίας αύξησε σημαντικά την αποτελεσματικότητα καθαρισμού.



Εικόνα 18. Αριστερά: οστά πριν το καθαρισμό. Δεξιά: οστά μετά τον καθαρισμό

Στην αριστερή στήλη τοποθετήθηκαν φωτογραφίες πριν από την επεξεργασία που εφαρμόσαμε για τον καθαρισμό των οστών. Υπάρχει εμφανής παρουσία λίπους, αίματος και σάρκας τα οποία δημιουργούν μία αποκρουστική όψη. Αντίθετα στη δεξιά στήλη τοποθετήθηκαν φωτογραφίες μετά την επεξεργασία των οστών. Αυτά φαίνεται να είναι απαλλαγμένα από λίπος και υπολείμματα σάρκας. Σε κάποια η παρουσία λευκού χρώματος υποδεικνύει την ύπαρξη ασβέστη, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε έτσι ώστε να επιταχύνει τη διαδικασία απολίπανσης και τη μείωση της δυσοσμίας.



Εικόνα 19. Οστά καθαρισμένα κατά το ήμισυ

Ορισμένα κόκαλα τοποθετήθηκαν μέχρι τη μέση μέσα στο διάλυμα του καθαρισμού, με αποτέλεσμα να υπάρχει διαφορά στην εμφάνιση και το χρωματισμό τους. Έτσι γίνεται εμφανής η αποτελεσματική δράση του μίγματός μας, και ιδιαίτερα η προσθήκη της αμμωνίας. Το μισό οστό ήταν απαλλαγμένο από λίπος και υπολείμματα σάρκας, ενώ θετικό ήταν ότι η μορφή και η υφή του οστού είχαν παραμείνει αναλλοίωτα.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Ανασύσταση σκελετού φάλαινας στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας της Οξφόρδης

Το 2013 το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας της Οξφόρδης αποφάσισε να αναλάβει τη συντήρηση επτά φαλαινών τα οποία ήδη βρίσκονταν στο μουσείο για περισσότερα από 100 χρόνια. Υπήρχε ποικιλία στη μορφή τους ενώ κάποια από αυτά ήταν αρκετά εύθραυστα, γεγονός που οφείλεται σε πληθώρα παραγόντων συμπεριλαμβανομένου την ηλικία και τη μέθοδο προετοιμασίας που είχε χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν.

Στις πιο εύθραυστες επιφάνειες εφαρμόστηκε PVB σε αιθανόλη. Αυτή η μέθοδος επιλέχθηκε για την αποδοτικότητα σύνδεσης σε συνδυασμό με την προσαρμοστικότητα. Επιπλέον, επειδή τα δείγματα βρίσκονταν στην οροφή του κτιρίου το PVB θεωρήθηκε το πλέον κατάλληλο λόγω της υψηλής θερμοκρασίας υαλώδους μετάβασης (T_g) στους 62-68°C και αντοχής στην υπεριώδη ακτινοβολία, στο φως και στην θερμότητα. Ένα άλλο πλεονέκτημα αυτού είναι ότι προσδίδει μια φυσική εικόνα στα κόκαλα και θα διασφαλίσει τη συντήρηση των σκελετών για πολλές δεκαετίες ακόμα. Το παρασκεύασμα εφαρμόζεται είτε με παρέγχυση στους πόρους του οστού είτε βάφοντας απευθείας την επιφάνειά του.

Οι ρωγμές που υπήρχαν συγκολλήθηκαν με Paraloid B44 (ethyl methacrylate copolymer resin) σε ακετόνη.

Το Paraloid B72 απορρίφθηκε λόγω του ότι είχε T_g μόνο 40°C παρ' όλο που είχε μεγάλη αντοχή στο χρόνο. Για το σκοπό αυτό οι ερευνητές προτίμησαν το Paraloid B44 λόγω μιας μικρής διακύμανσης στις αναλογίες των συστατικών. Η ανάλογη T_g ήταν 60°C (Horie 2010) και συνεπώς ήταν πιο αποτελεσματική για το περιβάλλον του μουσείου.

Τα διαβρωμένα χάλκινα σύρματα αποτελούσαν μια πρόκληση καθώς είχαν κολλήσει στους χόνδρους, με αποτέλεσμα να σπάνε στην προσπάθεια να αφαιρεθούν. Για να αντιμετωπίσουν αυτό το πρόβλημα ζέσταιναν το χάλκινο σύρμα και έλιωναν ελαφρώς τον χόνδρο, επιτρέποντας την απελευθέρωση του σύρματος.

4.1.1 Βήματα προετοιμασίας των οστών

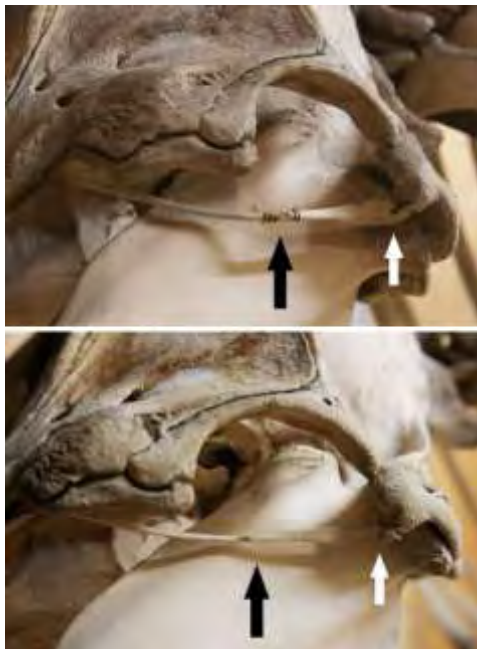
1. Αφαίρεση όλης της σκόνης που υπάρχει πάνω στα οστά με ηλεκτρική σκούπα και βούρτσα
2. Με διάλυμα αμμωνίας και με την βοήθεια μιας οδοντόβουρτσας αφαίρεση των υπολειμμάτων ελαίων που έχουν τα οστά
3. Ένωση εύθραυστων και αποκολλημένων περιοχών του οστού
4. Αφαίρεση τυχόν ξένων σωμάτων



Εικόνα 20. Αριστερά: Αφαίρεση της σκόνης από τα οστά με ηλεκτρική σκούπα και βούρτσα. **Δεξιά:** Επίδραση της αμμωνίας στην επιφάνεια του οστού (Μουσείο Φυσικής Ιστορίας της Οξφόρδης)

4.1.2 Βήματα σύνδεσης των οστών

1. Εύρεση φυσικής θέσης των οστών για να ενωθούν
2. Εύρεση ενός ισχυρού σημείου του οστού για το άνοιγμα τρύπας ώστε να στηρίζει την άρθρωση από το σύρμα προσέχοντας να είναι ένα σημείο που να μην φαίνεται άσχημο στο μάτι το σύρμα
3. Σημείωση με το μολύβι του σημείου που θα μπει και θα βγει το σύρμα
4. Άνοιγμα οπής απαλά με το κατάλληλο μέγεθος τρυπανιού προσέχοντας για τυχόν ζημιά στο οστό που είναι εύθραυστο
5. Ακολουθείται η ίδια διαδικασία για το οστό που πρόκειται να ενωθεί με το πρώτο
6. Για την καλωδίωση ,γίνεται στριφογύρισμα των δύο άκρων από τα σύρματα για να ενωθούν τα δύο οστά χρησιμοποιώντας μια πένσα
7. Δημιουργία θηλιών στις άκρες του σύρματος με τη βοήθεια μιας πένσας με λεπτή μύτη



Εικόνα 21. Δομή οστού και σύρματος πριν και μετά τη διαδικασία (Μουσείο Φυσικής Ιστορίας της Οξφόρδης)



Εικόνα 22. Ζέσταμα συρμάτων ώστε να αφαιρεθούν με ευκολία με μια πένσα (Μουσείο Φυσικής Ιστορίας της Οξφόρδης)

4.1.3 Επιλογή μεθόδου καθαρισμού



Εικόνα 23. Επιφάνεια οστού υπό την εφαρμογή τριών διαφορετικών επεξεργασιών, στην πρώτη σκουπισμένο με ηλεκτρική σκούπα, στη δεύτερη με αιθανόλη και στην τρίτη με αμμωνία (Μουσείο Φυσικής Ιστορίας της Οξφόρδης)

Η ομάδα του μουσείου θέλησε να βρει μεθόδους καθαρισμού και συντήρησης που να αντιμετωπίζουν τους κινδύνους στους οποίους ενδέχεται να έχουν εκτεθεί τα δείγματα στο παρελθόν, αλλά και εκείνους τους οποίους ενδέχεται να αντιμετωπίσουν στο μέλλον, καθώς και να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής αυτών. Πριν παρθεί η τελική απόφαση σχετικά με τις επιλογές θεραπείας, η ίδια η θεραπεία αξιολογείται με βάση τον κίνδυνο και εφαρμόζονται πιθανές στρατηγικές διαχείρισης κινδύνου. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι θεραπείες που εφαρμόστηκαν, η χρησιμότητά τους και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν.

Πίνακας 6: Θεραπείες που εφαρμόστηκαν από το Μουσείο Φυσικής ιστορίας της Οξφόρδης, ο λόγος που αυτές εφαρμόστηκαν και τα αντικείμενα που χρησιμοποιήθηκαν

| Θεραπευτικοί σκοποί | Χρησιμότητα | Αντικείμενα |
|---|---|--|
| Αφαίρεση όξινης ελαιούχου σκόνης | Η οξύτητα βλάπτει τα οστά, η αφαίρεση βελτιώνει την αισθητική | Σκούπα και βούρτσα |
| Μείωση των κατάλοιπων ελαίου της επιφάνειας του οστού | Η οξύτητα βλάπτει τα οστά, προσέλκυση σκόνης, η αφαίρεση βελτιώνει την αισθητική | Διάλυμα NH ₃ |
| μείωση των λεκέδων νερού και των υπολειμμάτων των χρωμάτων στην επιφάνεια του οστού | η αφαίρεση βελτιώνει την αισθητική | Διάλυμα NH ₃ |
| Σταθεροποίηση/ένωση των εύθραυστων και φθαρμένων περιοχών του οστού | παρατείνει τη διατήρηση της επιφάνεια του οστού | Οστεοσυντηρητικό TBC |
| Συγκόλληση των σπασμένων τμημάτων των οστών | ο σκελετός παραμένει όσο το δυνατόν πληρέστερος | Συγκολλητικό TBC |
| Αντιμετώπιση προηγούμενων επισκευών | Ενίσχυση των επισκευών και βελτίωση της αισθητικής | Συγκολλητικό TBC |
| Ασφάλιση των χαλαρών δοντιών | Βεβαίωση ότι τα σύνολα των δοντιών θα παραμείνουν όσο το δυνατόν πληρέστερα | Συγκολλητικό TBC |
| Άρθρωση σκελετών | Παράταση της διατήρησης των στοιχείων στερέωση, βελτίωση της αισθητικής και της επιστημονικής ακρίβειας | Αντικατάσταση της μεταλλικής σπείρας TBC, διόρθωση ανατομίας |
| Αντικατάσταση των χαμένων φαλάγγων | Βελτίωση της αισθητικής | Γύψινο/εποξεικό/τροπικό ξύλο, διαμόρφωση TBC |

4.1.4 Εκτίμηση μεθόδων

Η πρώτη προτεραιότητα είναι να αφαιρεθούν τα υπολείμματα ελαίου και η παγιδευμένη σκόνη από την επιφάνεια των οστών κι έτσι έγιναν κάποιες δοκιμές ακολουθώντας συμβουλές από τους συντηρητές στο University Museum of Bergen (Turner-Walker, 2012).

Οι δοκιμές διεξήχθησαν και με πολικούς και με μη-πολικούς διαλύτες. Η επιφάνεια που είχε εμποτιστεί με έλαιο τρίφτηκε απαλά. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μουσείου, διαπιστώθηκε ότι οι μη πολικοί διαλύτες, όπως η τουρπεντίνη δεν μπόρεσαν να αφαιρέσουν με επιτυχία τα αλλοιωμένα υπολείμματα ελαίου (καθώς υφίστανται οξείδωση και τα αλλοιωμένα υπολείμματα ελαίου είναι προϊόντα πολικών διαλυμάτων) (Turner-Walker, 2012). Πολικοί διαλύτες, όπως η αιθανόλη, βοήθησαν στην αφαίρεση των άνω στρωμάτων ελαίων και της σκόνης στις περιοχές αυτές. Ωστόσο, δεν επιτεύχθηκε ικανοποιητική μείωση των υπολειμμάτων ελαίου.

Ως συμπληρωματική δοκιμή έγινε εφαρμογή διαλύματος NH_3 (5% v/v) σε απιονισμένο νερό στην περιοχή του οστού που πρέπει να αφαιρεθούν τα στίγματα ελαίων. Εν συνεχεία, επιτεύχθηκε σαπωνοποίηση, παράγοντας αφρώδες διαλυτό σαπούνι, το οποίο μπορεί να αφαιρεθεί με ευκολία. Αυτή η μέθοδος (χρησιμοποιώντας χαμηλής περιεκτικότητας NH_3) αποδείχθηκε αποτελεσματική όσον αφορά τη μείωση των προϊόντων ελαίου στην επιφάνεια των οστών.

Στις περιοχές που ήταν εμποτισμένες από έλαιο και από σκόνη στην επιφάνεια του κοκάλου, εφαρμόστηκε αρχικά αιθανόλη που βοήθησε στην αφαίρεση της σκόνης. Ακολουθώντας την θεραπεία με την αμμωνία, τα υπολείμματα αφρού μπορούσαν να τριφτούν ή να σκουπιστούν.

4.1.5 Κίνδυνοι για τους συντηρητές και τα δείγματα

Η NH_3 είναι τοξική για τους ανθρώπους. Για να αποφευχθούν τα προβλήματα στην υγεία, οι συντηρητές πρέπει να φορέσουν προστατευτικό εξοπλισμό και να δουλεύουν σε αίθουσες με καλό αερισμό. Σε περίπτωση επαφής με τα διαλύματα, η περιοχή πρέπει να ξεπλυθεί με άφθονο νερό.

Το ρίσκο να εμποτιστεί σε υπερβολικό βαθμό το κόκαλο, αποφεύγεται δουλεύοντας σε μικρούς χώρους ανά περιόδους, εφαρμόζοντας υδατική NH_3 με βούρτσα (όχι απευθείας στο κόκαλο), ακολουθώντας γρήγορο καθάρισμα. Η περιοχή που δέχεται μεταχείριση μπορεί να ξηραθεί περαιτέρω με σκούπισμα της επιφάνειας με αιθανόλη.

Για να αποφευχθεί η τριβή της οστικής επιφάνειας κατά τη διάρκεια της θεραπείας, χρησιμοποιούνται οδοντόβουρτσες μαλακών τριχών ή υφασμάτινα μαντηλάκια, επιτρέποντας την προσαρμογή της πίεσης. Σε περίπτωση που παρατηρηθούν επιζήμιες επιδράσεις, η θεραπεία πρέπει να διακόπτεται στην πληγείσα περιοχή. Δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται περιοχές με ορατά αδύναμα ή αποφλοιωτικά οστά.

Ο κίνδυνος διόγκωσης των οστών ή εξασθενημένων δομών χόνδρου από την υδατική αμμωνία (αλκαλίων), υποδηλώνει ότι η έκθεση σε αμμωνία στις περιοχές αυτές θα πρέπει να περιοριστεί ή να αποφευχθεί. Μετά την επαφή με NH_3 , οι περιοχές χόνδρου μπορούν να απαλλαχθούν από αυτή με τη χρήση υφάσματος εμποτισμένου με διάλυμα απιονισμένου ύδατος ή αιθανόλης για την απομάκρυνση αλκαλικών υπολειμμάτων.

4.2. Σύγκριση μεθόδων καθαρισμού

4.2.1 Ένζυμα

Έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας της Νάντης το 2012, αποσκοπούσε στη δοκιμή της αποτελεσματικότητας της ενζυμικής απολίπανσης οστών φαλαινών (*Balaenoptera physalus*), χρησιμοποιώντας εμπορικά προϊόντα

λιπάσης π.χ. Lipase DF15 (Poisson et. al., 2012). Αυτά τα ένζυμα έχουν σχεδιαστεί για να καταλύουν την εστεροποίηση των ελεύθερων λιπαρών οξέων (που βρέθηκαν κυρίως ως ελαϊκό οξύ και παλμιτικό οξύ), για να αναστρέψουν ουσιαστικά την αντίδραση υδρολύσεως.

Η εστεροποίηση μετατρέπει ένα οξύ (επιβλαβές στα οστά) σε έναν (λιγότερο επιβλαβή) εστέρα και νερό, σε συνδυασμό με αλκοόλη, π.χ. αιθανόλη (μέσω αντίδρασης συμπύκνωσης).

Μετά την επώαση δειγμάτων οστών για 72 ώρες, η ενζυμική απολίπανση που επετεύχθη, ήταν περιορισμένη. Ενώ τα έλαια στην επιφάνεια του οστού διαλύθηκαν αποτελεσματικά, το ένζυμο δεν διείσδυσε στο οστό και έτσι δεν διευκόλυνε τη μετακίνηση ελαίου από τον πυρήνα στην επιφάνεια (Poisson et al., 2012).



Εικόνα 24. Ενζυμική απολίπανση οστών φάλαινας (Μουσείου Φυσικής Ιστορίας της Οξφόρδης)

4.2.2 Οργανικοί διαλύτες

Ο δοκιμαστικός καθαρισμός των σκελετών φάλαινας στο Πανεπιστημιακό Μουσείο του Μπέργκεν πραγματοποιήθηκε με τη χρήση χαρτοπολτού βρεγμένου με οργανικούς διαλύτες το 2012 (Turner-Walker, 2012). Τα έλαια αναμένονταν να είναι διαλυτά σε

μη πολικούς διαλύτες (περιλαμβανομένου του κυκλοεξανίου, του ξυλενίου, του τολουολίου και του μεθυλοχλωριδίου), όμως αυτά αποδείχθηκαν αναποτελεσματικά.

Αντίθετα, οι πολικοί διαλύτες (συμπεριλαμβανομένης της ακετόνης, της ισοπροπυλικής αλκοόλης και της αιθανόλης) είχαν βελτιωμένο καθαριστικό αποτέλεσμα. Αυτό εξηγείται από τον μετασχηματισμό των μη οξειδωμένων ελαίων σε προϊόντα οξείδωσης (Turner-Walker, 2012).

4.2.3 Υδατική αμμωνία

Οι ερευνητές στο Πανεπιστημιακό Μουσείο του Μπέργκεν προχώρησαν έπειτα στον καθαρισμό των οστών φαλαινών χρησιμοποιώντας ένα διάλυμα αμμωνίας 25%, βουρτσίζοντας την επιφάνεια με νερό, πριν αφαιρεθούν τα υπολείμματα αφρού με ένα υγρό καθαριστικό. Αυτή η μέθοδος αποδείχθηκε πολύ επιτυχημένη στην απολίπανση των επιφανειών των οστών (Turner-Walker, 2012). Η αμμωνία, που είναι ένα υδατικό αλκάλιο, είναι ικανή να διαλύει ομάδες μορίων εστέρα στα λίπη σε στοιχεία γλυκερόλης και λιπαρών οξέων, παράγοντας άλατα νατρίου ή καλίου (διαλυτά σαπούνια) μέσω σαπωνοποίησης (Mills and White, 1999). Ο αφρός μπορεί να σκουπιστεί από την επιφάνεια, ενώ η περίσσεια αμμωνίας και τα χαμηλού μοριακού αμμωνίου άλατα αναμένεται να απομακρυνθούν από τη δομή των οστών μέσω εξάχνωσης (Turner-Walker, 2012).

4.2.4 Λείζερ

Μία μέθοδος καθαρισμού που αρχίζει να αξιοποιείται τα τελευταία χρόνια είναι αυτή του λέιζερ. Πρωτοχρησιμοποιήθηκε για τον καθαρισμό πινάκων ζωγραφικής κι άλλων έργων τέχνης, όμως πλέον βρήκε εφαρμογή και σε ένα μεγαλύτερο εύρος υλικών. Πρόσφατες έρευνες έχουν δώσει σημαντικές υποσχέσεις ευρύτερης μελλοντικής

αξιοποίησης του λέιζερ για τον καθαρισμό αρχαιολογικών ευρημάτων. Οι μόνες ουσίες όπου δεν υπήρχαν ενθαρρυντικές ενδείξεις για τη χρησιμοποίησή του είναι ο γαληνίτης κι ο σιδηροπυρίτης. Με βάση τις έως τώρα πραγματοποιημένες έρευνες, το λέιζερ μπορεί να ανταγωνιστεί τις συμβατικές τεχνικές καθαρισμού με μεγάλη επιτυχία (Asmus, 2000).

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Asmus, J. F. (2000). Laser divestment for natural history museum collections. *Journal of Cultural Heritage*, 1, S259-S262.
- 2) Anonymous (1994) Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Toxicological profile for acetone. Atlanta, GA: U.S. Department of health and Human Services, Public Health Service.
- 3) Barlow J. and Taylor B. L. 2005, Estimates of sperm whale abundance in the Northeastern temperate Pacific from a combined acoustic and visual survey, *Marine Mammal Science*, 21(3):429–445
- 4) Berta A, Sumich J. L. 1999, *Marine Mammals: Evolutionary Biology*, p. 59 & 73
- 5) Buchholtz, E. A. (2001). Vertebral osteology and swimming style in living and fossil whales (Order: Cetacea). *Journal of Zoology*, 253(2), 175-190.
- 6) Carwardine M., (2000) *Whales, Dolphins and Porpoises*. Dorling Kindersley, London.
- 7) Cawardine M., Hoyt E., Fordyce R.E. and Gill P., (1998) *Whales and Dolphins*. Harper Collins Publishers, London.

- 8) CITES (2004)

- 9) Élodie Guilminot, Gwenaël Lemoine, Charène Pele, Laurent Poisson and Michel Surbled. (2011) The Conservation of Fatty Bones: Research of a Degreasing Treatment for Whale Skeletons. 35: 201-202.

- 10) Engelhaupt D., Hoelzel R. A., Nicholson C., Frantzis A., Mesnick, S., Gero S., Whitehead H., Rendell L., Miller P., Stefanis R., Canadas A, Airoidi S. and Mignucci-Giannoni A. A. 2009, Female philopatry in coastal basins and male dispersion across the North Atlantic in a highly mobile marine species, the sperm whale (*Physeter macrocephalus*), *Molecular Ecology* (2009) 18, 4193–4205

- 11) Folkens, P., R.R. Reeves, B.S. Stewart, P.J. Clapham, and J.A. Powell. (2002) National Audubon Society Guide to the Marine Mammals of the World. Alfred A. Knopf, New York.

- 12) Guilminot, E., Lemoine, G., Pelé, C., Poisson, L., Surbled, M., Louvet, I., Mevellec J.Y. & Rémy, L. (2014). Re-treatment of whale bones—How to extract degraded fats from weakened bones. *Journal of Cultural Heritage*, 15(2), 128-135.

- 13) Heyning JE 1997. Sperm whale phylogeny revisited: analysis of the morphological evidence. *Marine Mammal Science* 13: 596–613

- 14) Horie, V. 2010. Materials for Conservation. Organic consolidants, adhesives and coatings. 2nd edition. London: Butterworth-Heinemann.
- 15) Houssaye A., Tafforeau P., Muizon, C. and Gingerich P. D. 2015, Transition of Eocene Whales from Land to Sea: Evidence from Bone Microstructure, PLOS
- 16) IUCN Red List (2009)
- 17) Jefferson T. A., Webber M. and Pitman R.L. 2008, Marine Mammals of the World: A Comprehensive Guide to Their Identification
- 18) Kazár E 2002. Revised phylogeny of the Physteridae (Mammalia: Cetacea) in the light of Placoziphius Van Beneden, 1869 and Aulophyseter Kellogg, 1927. Bulletin de l'Institut des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre 72: 151–170
- 19) Kinze C.C. (2002) *Photographic Guide to the Mammals of the North Atlantic*. Oxford University Press, Oxford.
- 20) Laurent Poisson, Françoise Ergan, Gwenaél Lemoine, Elodie Guiminot (2012) Enzymatic degreasing of whale bones (*Balaenoptera physalus*). 2 Laboratoire Arc'Antique, 26 rue de la Haute Forêt, 44300 Nantes, France.
- 21) Leatherwood, S.L. and R.R. Reeves. (1983) *The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins*. Sierra Club Books, San Francisco.

- 22) Maptia, A. (1990) Whales and Dolphins. Salamander Books, London.
- 23) Milinkovitch M. C., Orti G, Meyer A 1993. Revised phylogeny of whales suggested by mitochondrial ribosomal DNA sequences, *Nature* 361: 346–348
- 24) Mills, J.S. and White, R. (1999) The organic chemistry of museum objects. 2nd edition. Oxon: Routledge.
- 25) Moulins A. and Maurizio W 2005, Occurrence of a herd of female sperm whales and their calves (*Physeter catodon*), off Monaco, in the Ligurian Sea, *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 85(01):213-214
- 26) Nikaido M, Matsuno F, Hamilton H, Brownell RL Jr, Cao Y, Ding W, Zuoyan Z, Shedlock A. M., Fordyce RE, Hasegawa M, Okada N. 2001, Retroposon analysis of major cetacean lineages: the monophyly of toothed whales and the paraphyly of river dolphins, *Proceedings of the National Academic of Science of the USA* 98: 7384–7389
- 27) Ososky, J. (2012) History of collecting, preparing and degreasing whale skeletons at the Smithsonian Institution.

- 28) Perrin W. F., Würsig B., Thewissen J. G. M. 2002, Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press, San Diego, California
- 29) Pierre-Henry Fontaine (2007) Whales and Seals, Biology and Ecology. p 270-290.
- 30) Podestà M. and Magnaghi L. 2005, Unusual number of cetacean bycatches in the Ligurian Sea
- 31) Post L. (2004) The Sperm Whale engineering manual. Bone building books, Homer.
- 32) Stephanis R., Cornulier T., Verborgh P. and Guinet C. 2008, Summer spatial distribution of cetaceans in the Strait of Gibraltar in relation to the oceanographic context, Marine Ecology Progress Series 353:275-288
- 33) Thewissen J. G. M, Williams E. M., Roe L. J. & Hussain S. T. 2001, Skeletons of terrestrial cetaceans and the relationship of whales to artiodactyls, Macmillan Magazines Ltd (277-281)
- 34) Thewissen J. G. M. and Williams E. M. 2002, The Early Radiations of Cetacea (Mammalia): Evolutionary Pattern and Developmental Correlations, Annual Review of Ecology and Systematics Vol. 33:73-90
- 35) Turner-Walker G. (2012) The Removal of Fatty Residues from a Collection of Historic Whale Skeletons in Bergen: An Aqueous Approach to Degreasing.

National Yunlin University of Science and Technology. The Natural History Collections, University Museum of Bergen, University of Bergen, Postbox 7800, 5020 Bergen, Norway.

36) Turner-Walker, G. (2012) The nature of cleaning: Physical and chemical aspects of removing dirt, stains and corrosion.

37) Whale and Dolphin Conservation Society (2004)

38) Whitehead, H. (2003) Sperm whales: social evolution in the ocean. Chicago, IL: University of Chicago Press.

39) World Wildlife Fund (2004).

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1) Αλεξάνδρου Ν., Βάρβογλη Α., Νικολαΐδη Δ. (1985) Χημεία Ετεροχημικών Ενώσεων, Θεσσαλονίκη.

2) Βάρβογλη Α. (1991) «Χημεία Οργανικών Ενώσεων», παρατηρητής, Θεσσαλονίκη.

3) Βάρβογλη Α. (1999) Schaum's outline series, Οργανική Χημεία.

- 4) Βάρβογλη Γ., Αλεξάνδρου Ν. (1972) Οργανική Χημεία, Αθήνα.
- 5) Δημήτριου Ν. (1983) Ειδικά μαθήματα Οργανικής Χημείας, Θεσσαλονίκη.
- 6) Δημήτριου Ν. (1983) Ειδικά μαθήματα Οργανικής Χημείας, Θεσσαλονίκη.
- 7) Πετάση Ν. Α. (1982) Ασκήσεις και προβλήματα Οργανικής Χημείας.
- 8) Φραντζής Α., Αλεξιάδου Π. (2003) Τα κητώδη των Ελληνικών θαλασσών, Αθήνα, σελ. 45-51.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) “Sperm Whale | Cetacean Fact Sheet | American Cetacean Society.” 2010. June 13, 2010.
<https://web.archive.org/web/20100613015956/http://acsonline.org/factpack/spermwhl.htm>.
- 2) “Sperm Whale Facts.” n.d. Accessed March 11, 2018.
<http://www.whalefacts.org/sperm-whale-facts/>.
- 3) “Ινστιτούτο Κητολογικών Ερευνών Πέλαγος.” n.d. Accessed March 11, 2018.

http://www.pelagosinstitute.gr/gr/mouseio_kitodon/exelixi.html.

- 4) “Ινστιτούτο Κητολογικών Ερευνών Πέλαγος.” n.d. Accessed March 11, 2018.

http://www.pelagosinstitute.gr/gr/erevnitika_programmata/fysitires.html.

- 5) “ABIO | ABIO | Paraloid B-72 Αραιωμένο Με Καθαρό Ακετόνη (20% Ρητίνη) - 200 k.E.” n.d. Accessed March 11, 2018.

[https://www.abio.gr/index.php/el/component/eshop/catalog/item/restauro-\(sintirisi-ergon-tehnis,-apokatastasi-mnimeion\)/940-sinhetikes-ritines/8845-paraloid-b-72-araiomeno-me-katharo-aketoni-\(40%25-ritini\)---200-ke](https://www.abio.gr/index.php/el/component/eshop/catalog/item/restauro-(sintirisi-ergon-tehnis,-apokatastasi-mnimeion)/940-sinhetikes-ritines/8845-paraloid-b-72-araiomeno-me-katharo-aketoni-(40%25-ritini)---200-ke).

- 6) “Sperm Whales.” n.d. SEASWAP. Accessed March 11, 2018.

<http://seaswap.info/sperm-whales/>.

- 7) “Whale_certificate_back_sold.Jpg (1100×850).” n.d. Accessed March 11, 2018.

http://www.elrefugiodepotosi.org/images/graphics/whale_certificate_back_sold.jpg

- 8) “Comparative anatomy and evolution of the odontocete forelimb.” n.d. Accessed January 10, 2018.

http://www.bio.sdsu.edu/faculty/BERTA_files/Sanchez_Berta_in_press.pdf

- 9) “History and description of the skeleton of a new sperm whale” n.d. Accessed October 23, 2017.

https://australianmuseum.net.au/uploads/journals/16629/1526_complete.pdf

ABSTRACT

In this project, at first there is a general description and analysis of the characteristics and the biology of the *Physeter macrocephalus* species. Despite of the experimental part of this project a research was done to find out on a worldwide scale, all the possibilities and ways of cleaning and preserving a whale's skeleton. In 2006 a Sperm whale was washed up at the area of Chorefto of the municipality of Zagora, and its length was 10,8 meters. It is an area at the east coastline of Pelion, next to the Aegean Sea. Its death was probably caused by a collision with a ship and by the loss of its orientation. This event motivated all the related authorities: the port authority, the municipality of Zagora and mainly the department of Agriculture, Ichthyology and Aquatic Environment of the University of Thessaly. They dragged up the cetacean and buried it at the Parisaina coast. In October 2016, ten years after, our team undertook the excavation and the gathering of its bones. The bones were transferred at the Agriculture department of the University of Thessaly, which is located at the municipality of Volos, whereas further analysis and research were applied. Our team undertook the cleaning of the whale's ribs. The bones were covered with a paper infiltrated with a mixture of acetone, ethanol, water and ammonia. Moreover, for each founded bone biometrical measurements were applied. The data selected from this process was compared to those from other whale species.