

«ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ» «GR02- ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ» ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟΥ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

(XM EOX) 2009-2014					
Τίτλος Παραδοτέου	Εγκατάσταση του ηχοβολιστικού συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών καθώς και του συστήματος σάρωσης των δικτύων περισυλλογής στο ερευνητικό σκάφος ΦΙΛΙΑ.				
Υποέργο/Αριθμός Παραδοτέου	5 / 5.4				
Συγγραφείς	Αθανάσιος Μαχιάς, Μαριάννα Γιαννουλάκη, Στέφανος Καββαδάς, Σπυρίδων Σταματάς, Μαρία Μυρτώ Πυρουνάκη, Ζαχαρίας Καπελώνης, Δανάη Μαντοπούλου-Παλούκα, Ανδρέας Κτενίδης, Ιωάννης Ντόκος, Κατερίνα Σταμούλη, Απόστολος Σιαπάτης				
Υπεύθυνος Φορέας	Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.)				
Κατάσταση Εγγράφου	Τελική έκδοση				
Έγκριση	Λ. Περιβολιώτης, Επιστημονικός Υπεύθυνος έργου				
Ημερομηνία Έκδοσης	21.04.2017				



Το πρόγραμμα συγχρηματοδοτείται κατά 85% από το Χρηματοδοτικό Μηχανισμό του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου Περιόδου 2009-2014 (ΧΜ ΕΟΧ 2009 - 2014) και κατά 15% από Πρόγραμμα Δημοσίων Επενδύσεων της Ελληνικής Δημοκρατίας

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη
1. Ηχοβολιστικό σύστημα καταγραφής ιχθυοπληθυσμών4
1.1 Σχετικά με την μεθοδολογία4
1.2 Δραστηριότητες στα πλαίσια του έργου5
1.3 Ανάλυση δεδομένων για την καταγραφή των δυνατοτήτων - απόδοσης του υπάρχοντος (πριν την αναβάθμιση) συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών και μεσοζωοπλαγκτού
1.4 Εκτέλεση των απαραίτητων εργασιών για την εγκατάσταση των νέου ηχοβολιστικού συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών στο ερευνητικό σκάφος ΦΙΛΙΑ13
1.5 Δοκιμές πεδίου - Συλλογή και ανάλυση δεδομένων για την καταγραφή των δυνατοτήτων - απόδοσης του νέου ηχοβολιστικού συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών και μεσοζωοπλαγκτού
1.6 Συμπεράσματα
2. Υδροακουστικό σύστημα ελέγχου αλιευτικής ικανότητας
2.2 Δρ αστηριότητες στα πλαίσια του έργου28
2.3 Εκτέλεση των απαραίτητων εργασιών για την εγκατάσταση των νέων αισθητήρων στο ερευνητικό σκάφος "ΦΙΛΙΑ"
2.4 Σχεδιασμός σχήματος δειγματοληψίας για τον έλεγχο της επιχειρησιακής ικανότητας του συστήματος
2.5 Δειγματοληψία πεδίου - Συλλογή και ανάλυση δεδομένων αλιείας και ιχθυοπλαγκτού
2.6 Υπολογισμός επιφάνειας σύρσης και εκτίμηση της Παραγωγής ανά Μονάδα Αλιευτικής Προσπάθειας (ΠΑΜΑΠ)
2.7 Συμπεράσματα
Βιβλιογραφία
Παράρτημα Ι – Περιγραφή και τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρων υδροακουστικού συστήματος εκτίμησης αλιευτικής ικανότητας
Παράρτημα ΙΙ– Μεθοδολογία εκτίμησης της επιφάνειας σύρσης της τράτας βυθού και της Παραγωγής ανά Μονάδα Αλιευτικής Προσπάθειας (ΠΑΜΑΠ), ποιοτικός έλεγχος δεδομένων
Παράρτημα ΙΙΙ– Βελτίωση εκτιμήσεων αλιευτικών παραμέτρων με τη βοήθεια ενός υδροακουστικού συστήματος παρακολούθησης της συμπεριφοράς της τράτας βυθού

Περίληψη

Η παρούσα έκθεση την εγκατάσταση του νέου ηχοβολιστικού συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών καθώς και του νεόυ υδροακουστικού συστήματος εκτίμησης της αλιευτικής ικανότητας στο ερευνητικό σκάφος ΦΙΛΙΑ». Στο πρώτο μέρος παρουσιάζονται οι εργασίες που αφορούν την αναβάθμιση του ηχοβολιστικού συστήματος του ερευνητικού «ΦΙΛΙΑ» και οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν με σκοπό την ομαλή μετάβαση και την εναρμόνιση του νέου συστήματος στης ακουστικές δειγματοληψίες πεδίου. Αρχικά γίνεται αναφορά στην τεχνολογία ηχοβολιστικών οργάνων και την χρήση τους στην αλιευτική έρευνα και στη συνέχεια παρατάσσεται σύγκριση μεταξύ προγενέστερου και νέου ηχοβολιστικού συστήματος τόσο σε τεχνικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο με βάση την ποιότητα και την συλλογή δεδομένων. Το δεύτερο τμήμα του παραδοτέου αφορά τις διαδικασίες εγκατάστασης του υδροακουστικού συστήματος ελέγχου της αλιευτικής ικανότητας στο ερευνητικό σκάφος στο ερευνητικό σκάφος ΦΙΛΙΑ» και πιο συγκεκριμένα παρουσιάζονται: α) οι εργασίες που αφορούν την εγκατάσταση και ενσωμάτωση των αισθητήρων στο υπάρχων σύστημα του ερευνητικού "ΦΙΛΙΑ", β) η εκτέλεση πειραματικής αλιείας με το ερευνητικό σκάφος "ΦΙΛΙΑ", γ) ο ποιοτικός έλεγχος δεδομένων (ιστορικών και πρόσφατων), η μεθοδολογία εκτίμησης της επιφάνειας σύρσης της τράτας βυθού και της Παραγωγής ανά Μονάδα Αλιευτικής Προσπάθειας (ΠΑΜΑΠ) (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ) και δ) τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν στην περίοδο των ερευνητικών πλόων.

1. Ηχοβολιστικό σύστημα καταγραφής ιχθυοπληθυσμών

1.1 Σχετικά με την μεθοδολογία

Η χρήση της υδρακουστικής μεθοδολογίας επιτρέπει να συλλεχτεί εύκολα πολυδιάστατη πληροφορία που αφορά το βιοτικό τμήμα του οικοσυστήματος (π.χ. ψάρια, ζωοπλαγκτόν, μέδουσες) καθώς επιτρέπει την συλλογή δεδομένων υψηλής χωρο-χρονικής διακριτικότητας, που καλύπτουν εύκολα και με ακρίβεια μεγάλες περιοχές και διαφορετικά είδη ζωικών οργανισμών (Foote 2009, Southall & Nowacek 2009, Trenkel et al., 2011,). Το πλεονέκτημα της ακουστικής δειγματοληψίας είναι ότι τα ίδια δεδομένα εκτίμησης της αφθονίας και βιομάζας των ψαριών μπορούν επίσης, με μικρή επένδυση, πρακτικά ακολουθώντας διαφορετικό τρόπο ανάλυσης να αξιοποιηθούν και για την εκτίμηση της κατανομής του ζωοπλαγκτού στο χώρο αποτελώντας έτσι προστιθέμενη αξία (Turner 2004) και συμβάλλοντας στην εφαρμογή της Οδηγίας.

Η βασική αρχή λειτουργίας των ηχοβολιστικών οργάνων είναι απλή. Ο πομπός, εκπέμπει παλμό συγκεκριμένων χαρακτηριστικών, ο οποίος ανακλάται σε επιφάνειες με διαφορετική σύσταση από το μέσο από οποίο αρχικά διαδίδονται. Ο δέκτης λαμβάνει αυτή την «ανάκλαση» και το σύστημα υπολογίζει:

1) Την απόσταση και την θέση του αντικείμενου από τους χρόνους αρχικής εκπομπής και λήψης του ανακλώμενου παλμού

2) Το βαθμό ασυνέχειας και πυκνότητας από την διαφορά έντασης μεταξύ των σημάτων/παλμών εκπομπής και άφιξης

Ο μεταλλάκτης αποτελεί την καρδιά ενός ηχοβολιστικού συστήματος και είναι το όργανο που λειτουργεί ως πομπός και δέκτης των ακουστικών σημάτων. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο και εσωτερικά αποτελείται από συστοιχίες κεραμικών στοιχείων. Κατά την εκπομπή κάθε κεραμικό στοιχείο του μεταλλάκτη δέχεται ηλεκτρική τάση και πάλετε ομοφασικά με τα υπόλοιπα. Η εξωτερική επιφάνεια του μεταλλάκτη είναι το σημείο έναρξης της διάδοσης μέσα στο μέσο στο οποίο διαδίδεται και θεωρείται η ακουστική του σημειακή πηγή από την οποία ο ήχος διαδίδεται σφαιρικά. Η τεχνολογία ηχοβολιστικών συστημάτων στην αλιευτική έρευνα αναπτύσσεται ραγδαία. Για αυτό το λόγο, όπως και αναλύεται στην παρούσα έκθεση, είναι δυνατόν να υπάρχουν σημαντικές διάφορες μεταξύ συστημάτων τόσο στην αρχιτεκτονική όσο και στην τελική ποιότητα δεδομένων (MacLennan and Simmonds 2005).

Το ηχοβολιστικό σύστημα που χρησιμοποιεί το ΕΛΚΕΘΕ είναι ένα ηχοβολιστικό σχιστής δέσμης που είναι μόνιμα εγκατεστημένο στο ερευνητικό σκάφος ΦΙΛΙΑ. Ειδικότερα, στο πλαίσιο του εν λόγω έργου προτάθηκε η αναβάθμιση του υφιστάμενου ακουστικού εξοπλισμού με την αντικατάσταση 2 από τους υφιστάμενους μεταλλάκτες (38 και 120 kHz) με άλλους της ίδιας εταιρείας και στις ίδιες συχνότητες αλλά με νεότερη τεχνολογία που εξασφαλίζει καλύτερη συμβατότητα με τη βασική μονάδα ΕΚ80 και καλύτερη διακριτική ικανότητα. Επιπλέον, προτάθηκε η προσθήκη μιας επιπλέον συχνότητας στα 333 kHz. Παρακάτω στο πλαίσιο του παρόντος παραδοτέου περιγράφονται:

α) Ανάλυση δεδομένων για την καταγραφή των δυνατοτήτων / απόδοσης του υπάρχοντος συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών / μεσοζωοπλαγκτού, β) Περιγραφή των απαραίτητων εργασιών για την εγκατάσταση των νέου ηχοβολιστικού συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών στο ερευνητικό σκάφος ΦΙΛΙΑ και γ) συλλογή και ανάλυση δεδομένων για την καταγραφή των δυνατοτήτων / απόδοσης του νέου ηχοβολιστικού συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών. Επισημαίνεται ότι ο κύριος στόχος της συγκεκριμένης αναβάθμισης

1.2 Δραστηριότητες στα πλαίσια του έργου

Η χρήση της υδρακουστικής μεθοδολογίας επιτρέπει να συλλεχτεί εύκολα πολυδιάστατη πληροφορία που αφορά το βιοτικό τμήμα του οικοσυστήματος (π.χ. ψάρια, ζωοπλαγκτόν, μέδουσες) καθώς επιτρέπει την συλλογή δεδομένων υψηλής χωρο-χρονικής διακριτικότητας, που καλύπτουν εύκολα και με ακρίβεια μεγάλες περιοχές και διαφορετικά είδη ζωικών οργανισμών. Καθώς η ακουστική μεθοδολογία βασίζεται σε συνεχή δειγματοληψία, παρέχει τρισδιάστατη πληροφορία υψηλής ανάλυσης, σε αντίθεση με άλλες μεθόδους που βασίζονται σε σημειακές δειγματοληψίες τυχαίων ή προκαθορισμένων σταθμών. Το ΕΛΚΕΘΕ και ειδικότερα το ΙΘΑΒΙΠΕΥ είναι μέλος της Συντονιστικής Επιτροπής της Πανμεσογειακής Ακουστικής Δειγματοληψίας από το 2008 και έχει λάβει συντονιστικό και οργανωτικό ρόλο στην παρακολούθηση των ιχθυοαποθεμάτων των μικρών πελαγικών στην Ανατολική Μεσόγειο και ιδιαίτερα στις ελληνικές θάλασσες. Το ηχοβολιστικό σύστημα που χρησιμοποιεί το ΕΛΚΕΘΕ είναι ένα ηχοβολιστικό σχιστής δέσμης που είναι μόνιμα εγκατεστημένο στο ερευνητικό σκάφος ΦΙΛΙΑ.

Στο πλαίσιο του έργου και του Π5.4 «Εγκατάσταση του ηχοβολιστικού συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών καθώς και του συστήματος σάρωσης των δικτύων περισυλλογής στο ερευνητικό σκάφος ΦΙΛΙΑ.» πραγματοποιήθηκαν συγκεκριμένες δραστηριότητες με επίκεντρο:

• Τοποθέτηση του αναθμισμένου ηχοβολιστικού συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών στο ερευνητικό σκάφος «ΦΙΛΙΑ».

• Επέκταση του ηχοβολιστικού συστήματος παρακολούθησης ιχθυοαποθεμάτων με την προσθήκη επιπλέον συχνότητας στα 333 kHz.

• Την βαθμονόμηση του συστήματος και την ανάπτυξη κατάλληλων μεθοδολογιών για την εκτίμηση και χαρτογράφηση νέων συνιστωσών του πελαγικού οικοσυστήματος

• Την ενσωμάτωση νέων συνόλων ακουστικών δεδομένων και την ποιοτική αξιολόγηση των χρονοσειρών που εκτιμούν τη δομή της πελαγικής συνιστώσας του οικοσυστήματος.

• Την κάλυψη της περιοχής παρακολούθησης των θαλάσσιων υδάτων σε μικρότερο χρονικό διάστημα ή και την αύξηση της περιοχής παρακολούθησης συμπεριλαμβάνοντας την στα σχέδια εφαρμογής της Οδηγίας.

Ακολουθούν:

A) Ανάλυση δεδομένων για την καταγραφή των δυνατοτήτων / απόδοσης του υπάρχοντος συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών/μεσοζωοπλαγκτού) που πραγματοποιήθηκε για την αξιολόγηση του συστήματος προ-αναβάθμισης.

B) Εκτέλεση των απαραίτητων εργασιών για την εγκατάσταση των νέου ηχοβολιστικού συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών στο ερευνητικό σκάφος ΦΙΛΙΑ

Γ) Επιπλέον, για την αξιολόγηση / αποτίμηση του νέου αυτού συστήματος και στο πλαίσιο του παραδοτέου 5.4 πραγματοποιήθηκε συλλογή και ανάλυση δεδομένων για την καταγραφή των δυνατοτήτων / απόδοσης του νέου ηχοβολιστικού συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών/μεσοζωοπλαγκτού.

1.3 Ανάλυση δεδομένων για την καταγραφή των δυνατοτήτων - απόδοσης του υπάρχοντος (πριν την αναβάθμιση) συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών και μεσοζωοπλαγκτού

Αναλύθηκαν παρελθόντα ακουστικά δεδομένα από την περίοδο 2006, 2008, 2013, 2014 που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της ημέρας στην Θαλάσσια περιοχή του Αιγαίου (Β. Αιγαίο, Θρακικό, Θερμαϊκός, Ευβοϊκός και Σαρωνικός κόλπος) σε προκαθορισμένες ακουστικές διατομές ηχοβολισμού



Εικόνα 1:Σχέδιο ακουστικής δειγματοληψίας της περιοχής μελέτης την περίοδο 2006, 2008, 2013, 2014.

(Εικόνα 1) με συρόμενο ηχοβολιστικό σχιστής δέσμης τύπου Biosonics DTX στα 38kHz και 120 kHz. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο ερευνητικών αποστολών για την εκτίμηση των ιχθυοαποθεμάτων των μικρών πελαγικών ψαριών. Στο πλαίσιο όμως του Π5.4 αναλύθηκαν ως προς τη εξαγωγή ήχου που ανήκει (θεωρητικά) σε ζωοπλαγκτονικές συγκεντρώσεις. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα τα ακουστικά δεδομένα μόνο από την υψηλότερη συχνότητα των 120 kHz καθώς την καθιστά πιο κατάλληλη για ασθενέστερους στόχους συγκριτικά με την 38kHz.

Η ανάλυση των ηχογραμμάτων πραγματοποιήθηκε με το Myriax Echoview. Αρχικά έγινε αφαίρεση/φιλτράρισμα του ακουστικού θορύβου για την εκκαθάριση ήχου που συσχετίζεται με περιβαλλοντικό θόρυβο και όχι από την ανάκλαση βιολογικών στόχων, στη συνέχεια έγινε αφαίρεση του ήχου που αφορούσε κοπάδια ψαριών (Εικόνα 2) και τέλος τα ηχογράμματα χωρίστηκαν σε τρία κάθετα στρώματα για την τελική εξαγωγή δεδομένων (L1= από την επιφάνεια μέχρι και τα πρώτα 20 μέτρα σε βάθος, L2= από τα 20 μέτρα μέχρι και τον βυθό, L3= από την επιφάνεια μέχρι και τον βυθό σε ένα ενιαίο στρώμα, Εικόνα 3). Ως στοιχειώδη μονάδα δειγματοληψίας (EDSU) ορίστηκε το 0.25 nm κατά το οποίο αθροίστηκε ο ανακλώμενος ήχος (NASC, Nautical Area Scattering Coefficient σε m²/nmi²) για την εκτίμηση της βιομάζας του μεσοζωοπλαγκτού.

Κοπάδι σαρδέλας γαύρου	Πλαγκτονικές συγκεντρώσεις				
Κοπάδι Κοπάδια σαρδέλας γαύρου				a ana ang kang kang kang kang kang kang	- An
κοπαοι Κοπαδια σαρδέλας γαύρου	5.40°	-	1.6		1
		KC	οπαοι αρδέλας	γαύρου	
		1.00			
	•		1		0

Εικόνα 2: Ηχόγραμμα με κοπάδια ψαριών (γαύρος, σαρδέλα) και πλαγκτονικές συγκεντρώσεις επιφάνειας.



Εικόνα 3: Παράδειγμα ηχογράμματος με τα επιλεγμένα στρώματα εξαγωγής ακουστικών δεδομένων.

- L1= από την επιφάνεια μέχρι και τα πρώτα 20 μέτρα σε βάθος
- L2= από τα 20 μέτρα μέχρι και τον βυθό
- L3= από την επιφάνεια μέχρι και τον βυθό σε ένα ενιαίο στρώμα.

Τα αποτελέσματα χωρίστηκαν ανά έτος (2006, 2008, 2013 και 2014) και ανά στρώμα (L1, L2 και L3) ενώ οι χάρτες κατανομής υποδεικνύουν την συνολική ανάκλαση του ήχου σε NASC (Εικόνες 4-15). Στη θαλάσσια περιοχή Λήμνου και Σαμοθράκης παρατηρείται αυξημένη ανάκλαση το 2008, συγκριτικά με το 2006, που διατηρείτε το 2013 και μειώνεται σημαντικά το 2014. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται γενικότερα από αυξημένη παραγωγικότητα και βιομάζα πλαγκτού λόγω της εισροής υδάτων από την Μαύρη Θάλασσα που εκρέουν στο πλατό της Σαμοθράκης μέσω των Δαρδανελίων με μέγιστη ροή τους καλοκαιρινούς μήνες (Kopasakis et al., 2010, Somarakis et al., 2002). Στον Θερμαϊκό κόλπο παρατηρείται μεγαλύτερη ανάκλαση στα πρώτα 20 μέτρα της θαλάσσιας στήλης καθώς και διαφοροποίηση μεταξύ του βόρειου και νότιου τμήματος με τη μεγαλύτερη βιομάζα να κατανέμεται στο βόρειο τμήμα. Ο Ευβοϊκός κόλπος παρουσιάζει αυξημένη ανάκλαση το 2008, συγκριτικά με το 2006, που διατηρείται αυξημένη βιομάζα στο βόρειο τμήμα συγκριτικά με το 2014. Συνολικά στον Ευβοϊκό παρατηρείται αυξημένη βιομάζα στο βόρειο τμήμα συγκριτικά με το νότιο.



Εικόνα 4: Χάρτης κατανομής για το 2006 από την επιφάνεια μέχρι τα 20 μέτρα (L1).



Εικόνα 5: Χάρτης κατανομής για το 2006 από τα 20 μέτρα ως το βυθό (L2).



Εικόνα 6: Χάρτης κατανομής για το 2006 από την επιφάνεια ως το βυθό (L3).



Εικόνα 7: Χάρτης κατανομής για το 2008 από την επιφάνεια μέχρι τα 20 μέτρα (L1).



Εικόνα 8: Χάρτης κατανομής για το 2008 από τα 20 μέτρα ως το βυθό (L2).



Εικόνα 9: Χάρτης κατανομής για το 2008 από την επιφάνεια ως το βυθό (L3).



Εικόνα 10: Χάρτης κατανομής για το 2013 από την επιφάνεια μέχρι τα 20 μέτρα (L1).



Εικόνα 11: Χάρτης κατανομής για το 2013 από τα 20 μέτρα ως το βυθό (L2).



Εικόνα 12: Χάρτης κατανομής για το 2013 από την επιφάνεια ως το βυθό (L3).



Εικόνα 13: Χάρτης κατανομής για το 2014 από την επιφάνεια μέχρι τα 20 μέτρα (L1).



Εικόνα 14: Χάρτης κατανομής για το 2014 από τα 20 μέτρα ως το βυθό (L2).



Εικόνα 15: Χάρτης κατανομής για το 2014 από την επιφάνεια ως το βυθό (L3).

Το παλαιό ηχοβολιστικό με τις 2 συχνότητες είχε περιορισμένη διακριτική ικανότητα και ειδικά όσον αφορά τον προσδιορισμό μεσοζωοπλαγκτού μόνο αυτή των 120kHz τοποθετείται οριακά στο εύρος εντοπισμού πλαγκτονικών συγκεντρώσεων, ενώ η διαδικασία καθαρισμού ακουστικού «θορύβου» περιλαμβάνει και την αναπόφευκτα μερική αφαίρεση ακόμα και αξιοποιήσιμων δεδομένων ειδικά στα επιφανειακά στρώματα που παρουσιάζουν έντονο ακουστικό θόρυβο. Οι δυνατότητες εκτίμησης μεσοζωοπλαγκτού με συχνότητες υψηλότερες από 120kHz και η ταυτόχρονη σάρωση με αυτές της θαλάσσιας στήλης αυξάνουν σημαντικά τόσο την δυνατότητα εντοπισμού πλαγκτονικών συγκεντρώσεων όσο και τον προσδιορισμό τους χρησιμοποιώντας τη διαφορά απόκρισης ανά συχνότητα, όσο και την μείωση / φιλτράρισμα της επίδρασης του ακουστικού θορύβου σε αξιοποιήσιμα ακουστικά δεδομένα.

1.4 Εκτέλεση των απαραίτητων εργασιών για την εγκατάσταση των νέου ηχοβολιστικού συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών στο ερευνητικό σκάφος ΦΙΛΙΑ

Οι μεταλλάκτες του συστήματος τοποθετήθηκαν στην γάστρα του πλοίου σε ειδικά κατασκευασμένο υδροδυναμικό πτερύγιο (fairing block) η μελέτη του οποίου πραγματοποιήθηκε από το ναυπηγείο (Ναυπηγεία Χαλκίτη Α.Ε.) και σύμφωνα με τα προβλεπόμενα της κατασκευάστριας εταιρίας SIMRAD καθώς και την απαραίτητη επίβλεψη από τον επίσημο αντιπρόσωπο της SIMRAD στην Ελλάδα. Δεδομένου ότι η κυρίως κατασκευή προϋπήρχε ήταν απαραίτητο να αφαιρεθεί το κάλυμμά όπου ήταν προσαρτημένα τα ηχοβολιστικά συστήματα του πλοίου (μεταλλάκτες βυθομέτρων και όχι επιστημονικής χρήσης) και να εγκατασταθεί νέο μεταλλικό κάλυμμα στο οποίο είναι προσαρτημένοι οι μεταλλάκτες τύπου SIMRAD.

Η κατασκευή εγκατάστασης της οποίας η θέση βρίσκεται στα ύφαλα (βρεχάμενη επιφάνεια) με βάθος από ίσαλο 2.3μέτρα, δεξιά του διαμήκη άξονα του πλοίου στα 1.8μέτρα και εμπρόσθια από την μέση τομή του πλοίου στα 6 μέτρα εξυπηρετεί: 1) Την αποφυγή της τυρβώδης ροής νερού από τη βολβοειδή πλώρη καθώς και την ροή επιφάνειας και την συνεπαγομένης επίδρασης στο αποτέλεσμα του ηχοβολισμού, 2) Την βέλτιστη απόσταση από πηγές ακουστικού θορύβου όπως οι προπέλες του πλοίου και το φαινόμενο σπηλαίωσης και 3) τη βέλτιστη μικρότερη απόσταση μεταξύ των τεσσάρων μεταλλακτών με σκοπό την επικάλυψη των ακουστικών κώνων και 4) τη μείωση κόπωσης υλικού και αστοχίας (καλώδια δεδομένων και κεντρική μονάδα) από την συνεχομένη εγκατάσταση-απεγκατάσταση όπως στα συρόμενα ηχοβολιστικά. Η εγκατάσταση των μεταλλακτών πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τα πρωτόκολλα εγκατάστασης της SIMRAD καθώς και υπό την επιβλεψη του εξουσιοδοτημένου αντιπροσώπου. Φωτογραφικό αρχείο από την εγκατάσταση και αναβάθμιση του ηχοβολιστικού συστήματος SIMRAD φαίνεται στις Εικόνες 16-21.



Εικόνα 16: Τοποθεσία fairing block με μεταλλάκτες



Εικόνα 17: Τοποθεσία fairing block με μεταλλάκτες



Εικόνα 18: Προετοιμασία μεταλλάκτη SIMRAD συχνότητας 38KHz



Εικόνα 19: Εσωτερική όψη του Fairing block με τους μεταλλάκτες SIMRAD 200 KHz (αριστερά) και 120 KHz (δεξιά)



Εικόνα 20: Μεταλλάκτες SIMRAD 38 KHz (δεξιά) και 120 KHz (αριστερά) εγκατεστημένοι στο Fairing Block



Εικόνα 21: Κεντρικές μονάδες μεταλλακτών WBT (Wide Band Transceiver) του συστήματος ΕΚ80

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών για την εγκατάσταση του συστήματος το αναβαθμισμένο ηχοβολιστικό σύστημα διαθέτει τέσσερις (4) λειτουργικές συχνότητες (38kHz, 120kHz, 200kHz, 333kHz) οι οποίες έχουν:

- Την ίδια γωνία ακουστικού κώνου και η εγκατάσταση τους σε σειρά συνεπάγεται ότι οι κώνοι επικαλύπτονται και «σαρώνουν» τους ιδίους στόχους (Εικόνες 22 και 23) στην στήλη νερού (με μειονέκτημα μόνο για στόχους σε εξαιρετικά κοντινές αποστάσεις από τους μεταλλάκτες)
- Αποτελούν τμήματα του ίδιου συστήματος και κεντρικής μονάδας που επιτρέπει την ταυτόχρονη λειτουργία τους με τη βέλτιστη διακριτική ικανότητα στόχων σε συνδυασμό με την ελαχιστοποίηση της επίδρασης του ακουστικού θορύβου.



Εικόνα 22: Παράδειγμα ακουστικής δειγματοληψίας με ηχοβολιστικό εγκατεστημένο στη γάστρα τύπου SIMRAD ΕΚ80 τεσσάρων συχνοτήτων.



Εικόνα 23: Παράδειγμα ακουστικής δειγματοληψίας με ηχοβολιστικό εγκατεστημένο στη γάστρα τύπου SIMRAD ΕΚ80 τεσσάρων συχνοτήτων.

1.5 Δοκιμές πεδίου - Συλλογή και ανάλυση δεδομένων για την καταγραφή των δυνατοτήτων - απόδοσης του νέου ηχοβολιστικού συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών και μεσοζωοπλαγκτού

Η καθυστέρηση στον εκσυγχρονισμό του υδρακουστικού εξοπλισμού και την επέκταση υπάρχουσας τεχνολογίας και τεχνογνωσίας για την παρακολούθηση των διακυμάνσεων του πλαγκτού και της κατανομής των ψαριών επέτρεψε τελικά μόνο μία δειγματοληψία τον Ιανουάριο του 2017 και ένα περιορισμένο αριθμό διαθέσιμων ηχογραμμάτων με το αναβαθμισμένο σύστημα.

Στο πλαίσιο των δοκιμών πεδίου πραγματοποιήθηκαν α) βαθμονόμηση του συστήματος β) καταγραφή του ακουστικού θορύβου και γ) συλλογή ακουστικών δεδομένων σε μεγάλα βάθη, οι οποίες περιγράφονται στη συνέχεια.

Βαθμονόμηση του συστήματος

Η πρώτη δοκιμή του εξοπλισμού για βαθμονόμηση του ηχοβολιστικού συστήματος πραγματοποιήθηκαν τον Δεκέμβρη του 2016 κατόπιν της καθέλκυσης του πλοίου στην θαλάσσια περιοχή του Σαρωνικού κόλπου με βάση την προβλεπόμενη διαδικασία βαθμονόμησης οργάνων ακουστικής αλιείας (Foote *et al.*, 1991, , MacLennan and Simmonds 2005, SIMRAD technical manual) και συμφώνα με την κατασκευάστρια εταιρεία SIMRAD. Ακολούθησαν και επιπλέον δοκιμές πεδίου για όλες τις εγκατεστημένες συχνότητες τον Ιανουάριο του 2017.

Τα αποτελέσματα έδειξαν επιτυχημένη βαθμονόμηση στις συχνότητες 38 kHz, 120 & 200 kHz και κάποια προβλήματα στην 333 kHz. Τα προβλήματα οφείλονταν σε ελλείψεις στο λογισμικό του ΕΚ 80 και διορθώθηκαν μετά από επικοινωνία και συνεννόηση με τον αντιπρόσωπο και το αρμόδιο προσωπικό της Simrad. Παρατίθενται εικόνες από τη διαδικασία βαθμονόμησης.



Εικόνα 24: Μεθοδολογία βαθμονόμησης με την χρήση σφαιριδίων και τριών σημείων στήριξης τοποθετημένα εντός του ακουστικού κώνου.



Εικόνα 25: Μέθοδος τοποθέτησης σφαιριδίων εντός ακουστικού κώνου για κάθε μεταλλάκτη.



Εικόνα 26: Βαθμονόμηση του ηχοβολιστικού συστήματος SIMRAD ΕΚ80, απεικόνιση της διαδικασίας ηχοβολισμού του σφαιριδίου βαθμονόμησης στην γέφυρα του πλοίου.

Καταγραφή του ακουστικού θορύβου

Η διαδικασία αυτή περιελάμβανε προσδιορισμό και καταγραφή α) σταθερών πηγών ακουστικού θορύβου που συσχετίζονται με τη λειτουργία του πλοίου (π.χ. ηλεκτρονικός και μηχανικός θόρυβος) καθώς και β) μη-σταθερών πηγών και ανεξάρτητα του πλοίου όπως ο περιβαλλοντικός ακουστικός θόρυβος (Mitson 1995).

Ακουστικές πηγές θορύβου που συσχετίζονται με τη λειτουργία του πλοίου (Speed trials-General ship operation run test)

Αρχικά έγινε δοκιμή πεδίου υπό ελεγχόμενες συνθήκες έχοντας τον μεταλλάκτη σε παθητική (passive) δηλαδή καταγραφή χωρίς ενεργό ηχοβολισμό (παραγωγή ping). Πραγματοποιήθηκε καταγραφή κατά σε πλήρη ακινησία σκάφους (μηδενική ταχύτητα και λειτουργία μηχανών χωρίς ισχύ/χωρίς φορτίο (pελαντίidle) σε στροφές που ισοδυναμούν μικρότερης από της καταστάσεως βραδυπορίας. Στη συνέχεια, και με τους μεταλλάκτες να συνεχίζουν να καταγράφουν σε παθητική λειτουργία, αυξήθηκε σταδιακά η ταχύτητα (στροφές ισχύος και αύξηση γωνίας πρόσπτωσης προπελών μεταβλητού βήματος για την παραγωγή ώσης) μέχρι την τελική βέλτιστη ταχύτητα πλοίου cruising/sampling speed. Η καταγραφή του πειράματος προσέφερε σημαντικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή φίλτρου αφαίρεσης του ακουστικού θορύβου κατά τη διάρκεια ενεργού ηχοβολισμού.

Επιπρόσθετη αναγνώριση πηγών θορύβου προέκυψε κατά τη διάρκεια ενεργού ηχοβολισμού. Πιο συγκεκριμένα παρατηρήθηκαν ηλεκτρονικές πηγές θορύβου κατά τη διάρκεια ηχοβολισμού που επηρεάζουν κυρίως τις υψηλότερες συχνότητες (120, 200, 333kHz). Τέτοιες πηγές θορύβου ήταν:



Εικόνα 27: Πρόγραμμα βαθμονόμησης του ηχοβολιστικού συστήματος. Διακρίνονται οι επιτυχημένες ανακλάσεις του σφαιριδίου βαθμονόμησης εντός του ακουστικού κώνου μέχρι και την ορθή ολοκλήρωση της διαδικασίας.

1) η συνδεσμολογία κεντρικής μονάδας με το UPS (uninterruptible power supply),

 η ενεργοποίηση της γεννήτριας του υδραυλικού συστήματος που εξυπηρετεί τη λειτουργία του γερανού και άλλων υδραυλικών συστημάτων που έχουν κινητήρια πηγή αντλίες που τροφοδοτούνται από το APU (Auxiliary power Unit),

3) ταυτόχρονη λειτουργία του νέου συστήματος SIMRAD ΕΚ80 με παλαιότερο βυθόμετρο του πλοίου κυρίως σε βάθη<50 μέτρων,

4) ενεργοποίηση της μονάδας (αντλίας) διαχείρισης των αποβλήτων και του γερανού του καταστρώματος καθώς και

5) ενεργοποίηση και ταυτόχρονη λειτουργία συγκεκριμένου ηλεκτρικού κυκλώματος φωτισμού πρύμνης/κατάστρωμα εργασίας υπό συνθήκες υψηλής υγρασίας.

Οι προαναφερθείσες πήγες θορύβου και η επιρροή τους καταγράφτηκαν και αντιμετωπίστηκαν στο πεδίο.

Περιβαλλοντικός ακουστικός θόρυβος

Ως περιβαλλοντικός ακουστικός θόρυβος χαρακτηρίζονται μη-σταθερές πηγές θορύβου που συσχετίζονται με τον περιβαλλοντικό ακουστικό θόρυβο και παρατηρούνται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες κυρίως στις υψηλές συχνότητες που παρουσιάζουν αυξημένη ευαισθησία, και ενισχύονται από τη λειτουργία της χρονικής μεταβαλλόμενης απώλειας (TVG-time varied gain) σε πολύ μικρά (<20 μετρά) και σε πολύ μεγάλα (>500 μέτρα) βάθη. Σε αυτές της περιπτώσεις που ήταν έντονη η ύπαρξη περιβαλλοντικού θορύβου πραγματοποιήθηκε καταγραφή σε παθητική λειτουργία (passive mode) με απώτερο σκοπό να μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτά τα δεδομένα στον καθαρισμό ηχογραμμάτων χωρίς την απώλεια αξιοποιήσιμων δεδομένων.



Εικόνα 28: Παρακολούθηση καταγραφής κατά τη διάρκεια ηχοβολισμού.

Συλλογή ακουστικών δεδομένων σε μεγάλα βάθη

Η καθυστέρηση στην υλοποίηση του διαγωνισμού και τελικά στην αναβάθμιση / επέκταση του υδρακουστικού εξοπλισμού επέτρεψε τελικά μόνο μία δειγματοληψία τον Ιανουάριο του 2017 και την λήψη περιορισμένου αριθμού καταγραφών και ηχογραμμάτων με το αναβαθμισμένο σύστημα σε μεγάλα βάθη. Πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία σε βάθη ~850 μ και παράλληλα δειγματοληψία με πελαγική τράτα σε βάθος 450 μ για την αναγνώριση ευδιάκριτων στόχων. Το αλίευμα έδειξε ότι οι στόχοι συνδέονταν με την παρουσία κοπαδιών του είδους *Maurolicus muelleri*, ένα είδος της οικογένειας Myctophidae που κάνουν μεγάλου εύρους νυχθημερήσιες μετακινήσεις. Αποδείχτηκε η καλή λειτουργία του αναβαθμισμένου συστήματος και η υψηλή διακριτική του ικανότητα σε μεγάλα βάθη.



Εικόνα 29. Ηχόγραμματα και των 4 συχνοτήτων του αναβαθμισμένου ηχοβολιστικού συστήματος.



Εικόνα 30. Ηχόγραμμα στα 38 kHz του αναβαθμισμένου ηχοβολιστικού συστήματος σε βάθος 850 μ.



Εικόνα 31. Δείγμα του αλιεύματος με πελαγική τράτα στα 450 μ βάθος

1.6 Συμπεράσματα

Η αναβάθμιση και η επέκταση του ηχοβολιστικού εξοπλισμού του ΕΣ ΦΙΛΙΑ με το SIMRAD ΕΚ80 με 4 συχνότητες επιτρέπει πλέον:

- Αύξηση της ταχύτητας του σκάφους κατά τη δειγματοληψία κατά 3 κόμβους που επιτρέπει τη σάρωση μιας περιοχής σε μικρότερο χρονικό διάστημα και με μικρότερο κόστος
- Αύξηση της διακριτικής ικανότητας του ηχοβολιστικού εξοπλισμού ως τα 2000 μ βάθος και ειδικότερα την καλύτερη διακριτότητα στόχων και των ακουστικών τους ιδιοτήτων σε διαφορετικά στρώματα ανάκλασης και την κατηγοριοποίηση τους σύμφωνα με τα ακουστικά τους χαρακτηριστικά ακόμα και σε βάθη μεγαλύτερα από 500 μέτρα
- Κατανομή και εκτίμηση της βιομάζας των ιχθυοπληθυσμών μικρών πελαγικών
- Η προσθήκη της συχνότητας 333kHz διευρύνει τις δυνατότητες του συστήματος και δίνει τη δυνατότητα εντοπισμού στόχων μικρότερου μεγέθους όπως μεσοζωοπλαγκτού και μακροζωοπλαγκτού καθώς και νεαρών ιχθυδίωνΚατανομή και εκτίμηση της βιομάζας μεσοζωοπλαγκτού. Απαραίτητη η ταυτοποίηση με τη χρήση πλαγκτονικών διχτυών η άλλων οπτικών μεθόδων.
- Κατανομή και εκτίμηση της βιομάζας ιχθυοπληθυσμών μεσοπελαγικών ειδών ψαριών
- Η δυνατότητα ταυτόχρονης σάρωσης με τέσσερεις συχνότητες επιτρέπει την αναγνώριση στόχων/συγκεντρώσεων χρησιμοποιώντας την διαφορά απόκρισης (μεταξύ συχνοτήτων) και καθιστά εφικτό ακόμα και τη διάκριση ψαριών όπως το σκουμπρί ή ο κολιός που δε διαθέτουν νηκτική κύστη.
- Ανίχνευση και εκτίμηση νέων πελαγικών ειδών

2. Υδροακουστικό σύστημα ελέγχου αλιευτικής ικανότητας.

2.1 Σχετικά με την μεθοδολογία

Το υδροακουστικό σύστημα παρακολούθησης συμπεριφοράς της τράτας βυθού αποτελείται από αισθητήρες που καταγράφουν ένα σύνολο πληροφοριών και απεικονίζουν σε πραγματικό χρόνο τη γεωμετρία της, την ταχύτητα της μέσα στο νερό, το οριζόντιο και κάθετο άνοιγμα της, τη θερμοκρασία, το βάθος και την πληρότητα του σάκου σε αλίευμα. Προκειμένου να εξασφαλιστεί μία έγκυρη σύρση, η σταθερότητα του αλιευτικού εργαλείου (τράτα βυθού) είναι σημαντική. Αυτό επιτυγχάνεται με την παρακολούθηση της γεωμετρίας του καθόλη τη διάρκεια σύρσης, με στόχο να παραμένει εντός των επιτρεπτών ορίων και αν απαιτηθεί να προσαρμόζονται οι συνθήκες στα επιτρεπτά όρια αλλάζοντας, για παράδειγμα, το μήκος του συρματόσχοινου ή την ταχύτητα σύρσης.

Τα υδροακουστικά συστήματα εξυπηρετούν στη συνεχή διόρθωση της γεωμετρίας και κατεύθυνσης της τράτας βυθού. Η ύπαρξη πλαϊνών ρευμάτων αναγκάζουν το εργαλείο να «γέρνει», γεγονός το οποίο μειώνει την ικανότητα σύλληψης αλιευμάτων και αυξάνει την κατανάλωση καυσίμων. Πλάγια ρεύματα μπορεί να προκαλούνται εκτός από την ύπαρξη υποθαλάσσιων ρευμάτων, από λάθος μήκη στα σύρματα αλλά και από σύρσεις σε υποθαλάσσιους λόφους. Αν το εργαλείο μετακινείται πολύ γρήγορα, εμφανίζεται ένα φαινόμενο γνωστό ως "bucket effect1", το οποίο δημιουργεί μια περιοχή αυξημένης πίεσης στο εμπρόσθιο τμήμα του με αποτέλεσμα να μην αλιεύει αποδοτικά. Επίσης καθώς αυξάνεται η ποσότητα των αλιευμάτων που εισέρχονται στο εργαλείο, το φαινόμενο (bucket effect) θα μεταφέρεται στο εμπρόσθιο μέρος του. Αυτό θα έχει ως



Εικόνα 32 Αριστερά: ασύμμετρη τράτα, δεξιά: συμμετρική ώς προς τη ροή του νερού

αποτέλεσμα, από ένα σημείο και μετά, τον πολύ αργό ρυθμό με τον οποίο γεμίζει με αλίευμα το εμπρός τμήμα του σάκου.

Αν πάλι η ταχύτητα της τράτας είναι μικρότερη από την προβλεπόμενη διαφεύγουν αλιεύματα. Αυτό παρατηρείται ιδιαίτερα σε είδη που η κολυμβητική τους ικανότητα και αντοχή είναι αυξημένη. Επίσης, τα υπόγεια ρεύματα, είτε είναι προς της κατεύθυνση του εργαλείου, είτε από το πλάι είτε αντίθετα έχουν σαν αποτέλεσμα η ροή του νερού που εισέρχεται σε αυτό να διαφέρει από την ιδανική. Επιπλέον αν δεν κινείται συμμετρικά μέσα στα ρεύματα του νερού, η κατεύθυνση της ροής του νερού (η ροή του νερού που δίνεται από την κατεύθυνση του σκάφους και τα πλάγια ρεύματα), θα έρχεται υπό γωνία στο άνοιγμα του με αποτέλεσμα το εργαλείο να είναι ασύμμετρο, το δίχτυ θα τεντώνει στην μία μόνο πλευρά, τα μάτια θα ανοίγουν και τα αλιεύματα θα διαφεύγουν (Εικόνα 32). Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται

¹ Καθώς κατευθυνόμαστε προς το σάκο της τράτας η περίμετρος της, όπως και το άνοιγμα των ματιών της μειώνεται, συνεπώς αρκετή ποσότητα νερού αναγκάζεται να εξέλθει από τα πλαϊνά. Τότε είναι που εμφανίζεται το φαινόμενο "bucket effect", κατά το οποίο το δίχτυ «τεντώνει» και ανοίγουν τα μάτια με αποτέλεσμα είτε να διαφεύγουν αλιεύματα είτε να «καρφώνονται» στα μάτια.

προσαρμογή της ταχύτητας αλλά και της διεύθυνσης του εργαλείου ώστε το άνοιγμά του να είναι κάθετο στη ροή του νερού.

Σύμφωνα με τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι η χρήση αυτού του είδους υδροακουστικών συστημάτων αυξάνει την αποδοτικότητα του εργαλείου κατά τη διάρκεια της σύρσης και συγχρόνως καταγράφει ένα σύνολο δεδομένων χρήσιμων για ερευνητικούς σκοπούς. Για παράδειγμα παρέχεται η δυνατότητα να υπολογιστεί με ακρίβεια η επιφάνεια σύρσης (της κάθε προσπάθειας/καλάδας) και στη συνέχεια να εκτιμηθεί ο συνολικός αριθμός ατόμων ή η βιομάζα ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (Saville 1977, Sparre and Venema 1998). Οι εκτιμήσεις αυτές μπορεί να αναφέρονται σε συγκεκριμένο είδος, ομάδες ειδών ή στο συνολικό αλίευμα ανά σταθμό δειγματοληψίας, ανά βαθυμετρική ζώνη ή ανά ευρύτερη γεωγραφική περιοχή. Ανάλογα με τον τύπο δειγματοληψίας (πειραματική ή εμπορική αλιεία), μπορεί να χρησιμοποιηθούν οι μετρήσεις του συστήματος ώστε να υπολογιστούν ακριβέστερα δείκτες για το εμπορικό και απορριπτόμενο μέρος του αλιεύματος καθώς και για το τμήμα του αλιεύματος που είναι κάτω από το όριο του ελάχιστου επιτρεπόμενου μεγέθους εκφόρτωσης. Συγχρόνως οι παραπάνω εκτιμήσεις δύναται να μοντελοποιηθούν με δεδομένα παρακολούθησης αλιευτικών σκαφών (Vessel Monitoring System) καθώς και με άλλους βιοτικούς ή αβιοτικούς παράγοντες. Επί πλέον δύναται να οδηγήσει σε εξαιρετικά χρήσιμα συμπεράσματα τα οποία σχετίζονται με την επιλεκτικότητα του εργαλείου τόσο στα είδη που αλιεύει και στα μεγέθη τους όσο και στις τυχόν επιπτώσεις του εργαλείου στο βυθό.

Επισημαίνεται ότι η συνεχόμενη καταγραφή και αποθήκευση των δεδομένων κατά τη διάρκεια της σύρσης, παρέχει τη δυνατότητα σε μεταγενέστερο χρόνο να αναπαραχθεί η διαδικασία (πορεία) της σύρσης και να μελετηθεί αναλυτικότερα η συμπεριφορά του εργαλείου ή να συγκριθεί με προγενέστερες προσπάθειες που πραγματοποιήθηκαν σε ίδιες ή σε διαφορετικές ζώνες βάθους. Ο έλεγχος όλων των φάσεων της σύρσης, μεταξύ άλλων, παίζει σημαντικό ρόλο στον αποτελεσματικότερο σχεδιασμό μελλοντικών σύρσεων (καλάδων) αλλά και στη βελτιστοποίηση της ανάλυσης ιστορικών δεδομένων.

Το ΕΛΚΕΘΕ εκτελεί από το 1994 πειραματική αλιεία με μηχανότρατα στα πλαίσια του προγράμματος "Mediterranean International Bottom Trawl Survey (MEDITS)" (ICES Manual) και ήδη από την έναρξη του χρησιμοποιεί το υδροακουστικό σύστημα παρακολούθησης της συμπεριφοράς της τράτας βυθού. Από το 2003 το συγκεκριμένο πρόγραμμα εντάχθηκε στον Κανονισμό 1543/2000 (Data Collection Regulation, DCR) και από το 2008 στον Κανονισμό 199/2008 (Data Collection Framework, DCF) όπου σύμφωνα με αυτόν τα αλιευτικά σκάφη που διενεργούν τις δειγματοληψίες πρέπει να χρησιμοποιούν υδροακουστικά συστήματα παρακολούθησης της γεωμετρίας του διχτυού της τράτας. Έτσι την περίοδο εκτέλεσης του προγράμματος MEDITS έχει συγκεντρωθεί ικανοποιητικός αριθμός μετρήσεων από σύρσεις που καλύπτουν όλες τις βαθυμετρικές ζώνες που αναφέρονται στο πρωτόκολλο δειγματοληψίας. Από τη σύνθεση και την επεξεργασία των παραμέτρων του υδροακουστικού συστήματος παράγονται δείκτες (indicators) ποιοτικών χαρακτηριστικών οι οποίοι πρόκειται να χρησιμοποιηθούν (μεταξύ των άλλων) για τις ανάγκες της Θαλάσσιας Στρατηγικής (Π1, Π2, Π3, Π6, Π10, Π11). Οι δείκτες αυτοί αφορούν στην κατανομή και στην αφθονία των ειδών και βοηθούν ώστε να εκτιμηθεί αν οι πληθυσμοί των εμπορικά εκμεταλλεύσιμων ιχθύων, μαλακίων και οστρακόδερμων βρίσκονται σε ασφαλή όρια.

Τέλος είναι σημαντικό να αναφερθεί η χρησιμότητα του συστήματος για τον υπολογισμό και τη βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που ένας (μικρός) αριθμός

επαγγελματικών σκαφών είναι εφοδιασμένα με αυτά τα συστήματα, παρόλο που η προμήθειά τους έχει υψηλό κόστος.

Παρακάτω στο πλαίσιο του παρόντος παρδοτέου παρουσιάζονται:

α) Η περιγραφή και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων που αγοράστηκαν και εγκατάσθηκαν (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι), β) Περιγραφή των απαραίτητων εργασιών για την εγκατάσταση των νέου ηχοβολιστικού συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών στο ερευνητικό σκάφος ΦΙΛΙΑ και γ) συλλογή και ανάλυση δεδομένων για την καταγραφή των δυνατοτήτων / απόδοσης του νέου ηχοβολιστικού συστήματος καταγραφής ιχθυοπληθυσμών/μεσοζωοπλαγκτού. Επισημαίνεται ότι ο κύριος στόχος της συγκεκριμένης αναβάθμισης

2.2 Δραστηριότητες στα πλαίσια του έργου

Το σύστημα παρακολούθησης της συμπεριφοράς της τράτας βυθού αποτελείται από αισθητήρες που καταγράφουν ένα σύνολο πληροφοριών που αφορούν στη συμπεριφορά της τράτας βυθού και απεικονίζουν σε πραγματικό χρόνο τη γεωμετρία της, την ταχύτητα του εργαλείου μέσα στο νερό, το οριζόντιο και κάθετο άνοιγμα του διχτυού, τη θερμοκρασία, το βάθος και την πληρότητα του σάκου σε αλίευμα. Η χρησιμότητα του συστήματος αυξάνει την αποδοτικότητα του εργαλείου κατά τη διάρκεια της σύρσης και καταγράφει ένα σύνολο παραμέτρων χρήσιμων για ερευνητικούς σκοπούς ώστε:

α) να υπολογιστεί με ακρίβεια η επιφάνεια σύρσης,

β) να εκτιμηθεί ο συνολικός αριθμός ατόμων ή το βάρος του αλιεύματος ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο και ανά βαθυμετρική ζώνη και

γ) να υπολογιστούν δείκτες του εμπορικού και απορριπτόμενου μέρους του αλιεύματος. Το σύστημα γενικότερα χρησιμοποιείται στους ερευνητικούς πλόες του ΕΛΚΕΘΕ και υποστηρίζει την πειραματική αλιεία με τράτα βυθού, την αλιεία με πελαγική τράτα, και τα συστήματα συλλογής πλαγκτού (Εικ. 33).



Εικόνα 33. Σχήμα τράτας βυθού με τη θέση τοποθέτησης των αισθητήρων και τράτα βυθού στη διαδικασία εκτέλεσης πειραματικής αλιείας.

Το ΕΛΚΕΘΕ διαθέτει ένα υδροακουστικό σύστημα που είναι μόνιμα εγκατεστημένο στο ερευνητικό σκάφος "ΦΙΛΙΑ" και ένα δεύτερο το οποίο μπορεί να μεταφέρεται ώστε να υποστηρίζει ερευνητικές δράσεις που εκτελούνται με άλλα σκάφη, συνήθως ενοικιαζόμενα. Ο εξοπλισμός που προμηθεύτηκε το ΕΛΚΕΘΕ είναι συμβατός και με τα δύο συστήματα. Το ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης της αλιευτικής ικανότητας που βρίσκεται εγκατεστημένο στο ερευνητικό σκάφος "ΦΙΛΙΑ" παρουσιάζεται στην Εικόνα 34.



Στο πλαίσιο του έργου και του Π5.4 «Εγκατάσταση του υδροακουστικού συστήματος ελέγχου της αλιευτικής ικανότητας στο ερευνητικό σκάφος ΦΙΛΙΑ» πραγματοποιήθηκαν τα ακόλουθα:

- Εγκατάσταση του απαραίτητου λογισμικού για προγραμματισμό των αισθητήρων και διαχείριση δεδομένων
- Έλεγχος καλής λειτουργίας των αισθητήρων
- Ολοκλήρωση (εγκατάσταση) των αισθητήρων στο υπάρχων σύστημα του "ΦΙΛΙΑ" (δήλωση και αναγνώριση των αισθητήρων από το σύστημα, σύνδεση με το υδρόφωνο και το δορυφορικό σύστημα συντεταγμένων του σκάφους
- Σχεδιασμός σχήματος δειγματοληψίας για τον έλεγχο της επιχειρησιακής ικανότητας του συστήματος
- Εκτέλεση πειραματικής δειγματοληψίας με τράτα βυθού με το "ΦΙΛΙΑ"
- Ανάλυση δεδομένων που συγκεντρώθηκαν από τις καταγραφές του υδροακουστικού συστήματος και των ειδών που αλιεύτηκαν στο σύνολο των προσπαθειών.

Ακολουθούν:

A) Εκτέλεση των απαραίτητων εργασιών για την εγκατάσταση των νέων αισθητήρων στο ερευνητικό σκάφος "ΦΙΛΙΑ".

Β) Σχεδιασμός σχήματος δειγματοληψίας για τον έλεγχο του υδροακουστικού συστήματος

Γ) Δειγματοληψία πεδίου, αποτελέσματα ανάλυσης δεδομένων

2.3 Εκτέλεση των απαραίτητων εργασιών για την εγκατάσταση των νέων αισθητήρων στο ερευνητικό σκάφος "ΦΙΛΙΑ"

Προκειμένου να εγκατασταθούν οι νέοι αισθητήρες στο ερευνητικό σκάφος "ΦΙΛΙΑ", απαιτήθηκε μια σειρά ενεργειών που αφορούσαν:

- 1. την εγκατάσταση του απαραίτητου λογισμικού για προγραμματισμό των αισθητήρων και διαχείριση δεδομένων
- 2. τον έλεγχο καλής λειτουργίας των αισθητήρων
- την ολοκλήρωση (εγκατάσταση) των αισθητήρων στο υπάρχων σύστημα του "ΦΙΛΙΑ" (δήλωση και αναγνώριση των αισθητήρων από το σύστημα, σύνδεση με το υδρόφωνο και το δορυφορικό σύστημα συντεταγμένων του σκάφους)

Το σύνολο των εργασιών ολοκληρώθηκε επιτυχώς και το υπάρχων σύστημα του "ΦΙΛΙΑ" αναβαθμίστηκε (Εικόνα 35).





Εικόνα 35. Αναβάθμιση του υπάρχοντος υδροακουστικού συστήματος του "ΦΙΛΙΑ".

2.4 Σχεδιασμός σχήματος δειγματοληψίας για τον έλεγχο της επιχειρησιακής ικανότητας του συστήματος

Για τον έλεγχο της επιχειρησιακής ικανότητας του συστήματος, σχεδιάστηκε ένα δίκτυο σταθμών δειγματοληψίας (πειραματικής αλιείας) με τράτα βυθού με το ερευνητικό σκάφος "ΦΙΛΙΑ". Προκειμένου να ελεγχθεί η λειτουργία των αισθητήρων στους δειγματολήπτες πλαγκτού και να συλλεχθεί πληροφορία για τον προσδιορισμό περιοχών ωοτοκίας, προστέθηκαν σημεία λήψης πλαγκτού στο προαναφερόμενο δίκτυο δειγματοληψίας. Επιλέχθηκαν περιοχές όπου υπήρχαν δεδομένα από παρόμοιες προσπάθειες που πραγματοποιήθηκαν στο παρελθόν στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων του ΕΛΚΕΘΕ. Η πειραματική δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε μεταξύ 20 και 27 Ιανουαρίου 2017 στις περιοχές: Βόρειο Ευβοϊκό κόλπο, έσω και έξω τμήμα Μαλιακού κόλπου, Στενό Ωρεών, Παγασητικό κόλπο. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 13 προσπάθειας αλιείας και 18 προσπάθειες συλλογής πλαγκτού (Εικ. 36).



Εικόνα 36. Σταθμοί δειγματοληψίας για αλιεία με τράτα βυθού και συλλογής πλαγκτού την περίοδο 20-27 Ιανουαρίου 2017.

2.5 Δειγματοληψία πεδίου - Συλλογή και ανάλυση δεδομένων αλιείας και ιχθυοπλαγκτού

Πειραματική αλιεία με τράτα βυθού

Σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας, το αλίευμα διαχωριζόταν και ακολουθούσε η αναγνώριση όλων των ειδών και η καταγραφή του συνολικού βάρους και του συνολικού αριθμού ατόμων. Όταν ο αριθμός των ατόμων ενός είδους ήταν υψηλός, τότε λαμβάνονταν αντιπροσωπευτικό δείγμα. Επί του σκάφους καταγράφονταν τα μήκη και επιπλέον τμήμα του αλιεύματος φυλάσσονταν σε κατάψυξη για περαιτέρω ανάλυση και μελέτη βιολογικών παραμέτρων στο εργαστήριο του Ινστιτούτου Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων (ΙΘΑΒΙΠΕΥ). Συνολικά εκτελέστηκαν 13 προσπάθειες για αλιεία με τράτα βυθού και 18 προσπάθειες συλλογής πλαγκτού. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι σταθμοί δειγματοληψίας με τράτα βυθού και στην Εικόνα 37 παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικές εικόνες ειδών που αλιεύτηκαν.

Πίνακας 1. Σταθμοί δειγματοληψίας με τράτα βυθού (κωδικός - HAUL-ID, ημερομηνία - DATE, βάθος έναρξης - DEPTH START(m), βάθος λήξης - DEPTH END(m), βιομάζα σε κιλά - CATCH (Kg), αφθονία - CATCH (N), είδη που αναγνωρίστηκαν (το σύνολο) - B-I).

HAUL-ID	DATE	DEPTH START (m)	DEPTH END (m)	CATCH (KG)	CATCH (N)	B-I
T1H1	20/1/2017	106	91	70	2628	39
T2H1	21/1/2017	135	153	23	1720	24
T2H2	21/1/2017	132	161	85	2859	30
T3H1	22/1/2017	26	41	150	4799	37
T3H2	22/1/2017	44	40	204	2771	34
T4H1	23/1/2017	23	24	908	20377	35
T4H2	23/1/2017	25	25	209	5126	31
T5H1	24/1/2017	34	49	191	4856	41
T5H2	24/1/2017	58	62	152	3511	35
T6H1	25/1/2017	72	62	148	3602	37
T6H2	25/1/2017	81	82	134	4779	36
T7H1	26/1/2017	87	72	175	4904	37
T7H2	26/1/2017	98	98	88	2939	36

Συνολικά αναγνωρίστηκαν:

74 ψάρια (60.882 άτομα)

8 καρκινοειδή (2.435 άτομα)

11 κεφαλόποδα (1.351 άτομα)

Σύνολο ατόμων: 64.668



Εικόνα 37. Επιλεγμένα είδη που αλιεύτηκαν με τράτα βυθού

Πέραν των ψαριών, καρκινοειδών και κεφαλοπόδων, έγινε καταγραφή των μη εμπορικών βενθικών ασπόνδυλων. Συνολικά συλλέχτηκαν 6.239 άτομα και ταξινομήθηκαν σε επίπεδο είδους / γένους όπου προέκυψαν 44 είδη από 13 ταξινομικές ομάδες (Κλάσεις). Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται ο αριθμός των ειδών, η αφθονία και η βιομάζα ανά ταξινομική ομάδα που αναγνωρίστηκε και στην Εικόνα 38 αντιπροσωπευτικές εικόνες βενθικών ασπόνδυλων.

Κλάση	Αρ. ειδών	Αφθονία	Βιομάζα (g)
Holothuroidae	5	2.626	449.938
Asteroidae	5	908	10.316
Echinoidae	1	69	1.848
Ophiuroidea	1	39	75
Ascidiacea	3	366	8.915
Demospongiae	4	9	1.599
Anthozoa	3	169	1.333
Malacostraca	8	888	10.641
Gastropoda	6	143	2.308
<u>Crinoidea</u>	1		68
Polychaeta	2	3	54
Bivalvia	3	34	804
Algae	2		884

Συγκεντρωτικός πίνακας με τον αριθμό ειδών, την αφθονία και βιομάζα ανά ταξινομική ομάδα που αναγνωρίστηκε.



Εικόνα 38. Μη εμπορικά 'βενθικά ασπόνδυλα

Ιχθυοπλαγκτόν

Έμφαση επίσης δόθηκε στη μελέτη του ιχθυοπλαγκτού προκειμένου να εντοπιστούν και να καταγραφούν τα πεδία ωοτοκίας των επικρατούντων ειδών ιχθύων στην περιοχή έρευνας και η συσχέτισή τους με διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες της περιοχής. Ο όρος ιχθυοπλαγκτό αναφέρεται στην ομάδα του ζωοπλαγκτού η οποία περιλαμβάνει τα αυγά και τις ιχθυονύμφες των ψαριών, δηλαδή τα πρώτα στάδια ανάπτυξής τους. Για την καλύτερη μελέτη της γεωγραφικής εξάπλωσης των αυγών και προνυμφών των ιχθύων σχεδιάστηκε ένα δίκτυο από 18 σταθμούς δειγματοληψίας ιχθυοπλαγκτού (Εικ. 5). Στις δειγματοληψίες ιχθυοπλαγκτού χρησιμοποιήθηκαν δύο τύποι δειγματοληπτών, το μονό δίχτυ τύπου WP2 και το διπλό δίχτυ τύπου Bongo net. Σε επιλεγμένα μέρη έγινε σύρση δειγματολήπτη στην επιφάνεια. Τα δείγματα διατηρήθηκαν σε διάλυμα φορμόλης 4% μέσα σε πλαστικά δοχεία. Η αναγνώριση και ταξινόμηση του υλικού πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο ιχθυοπλαγκτού του Ινστιτούτου Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών.

Αναγνωρίστηκαν τα παρακάτω taxa:

Sardina pilchardus, Maurolicus muelleri, Benthosema glaciale, Lobianhia dofleini, Myctophum punctatum, Micromessistus poutassou, Gadiculus argenteus, Gaidropsaurus mediterraneus, Gaidropsaurus vulgaris, Dicentrachus labrax, Aspitrigla cuculus, Triglidae, Sparidae, Trachurus trachurus, Gobiesocidae, Gobiidae, Callionymus sp., Scophalmus rombus, Arnoglossus sp., Buglossidium luteum, Microchirus variegatus, Solea solea

Στην Εικόνα 39 παρουσιάζεται η ρήψη του δειγματολήπτη πλαγκτού (αριστερά) και εικόνα αυγών και προνυμφών με λήψη από στερεοσκόπιο.



Εικ. 39. Ρήψη του δειγματολήπτη πλαγκτού (αριστερά) και εικόνα αυγών και προνυμφών με λήψη από στερεοσκόπιο

Ομάδα που συμμετείχε στις εργασίες πεδίου

Στέφανος Καββαδάς Αποστόλης Σιαπάτης Κατερίνα Ντογραματζή Γιώργος Χρηστίδης Δανάη Μαντοπούλου Κατερίνα Σταμούλη Δημήτρης Δαμαλάς Βαγγέλης Τσάμης Κλεοπάτρα Αλινδρομίτη Αντρέας Κτενίδης Ιωάννης Ντόκος Ευγενία Λευκαδίτου

2.6 Υπολογισμός επιφάνειας σύρσης και εκτίμηση της Παραγωγής ανά Μονάδα Αλιευτικής Προσπάθειας (ΠΑΜΑΠ)

Οι αναλύσεις και η παραγωγή των αποτελεσμάτων για την παρούσα έκθεση πραγματοποιήθηκαν σε δύο χρονικές περιόδους. Η πρώτη αφορά τις αναλύσεις των ιστορικών δεδομένων και η δεύτερη αφορά τις αναλύσεις στα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας τον Ιανουάριο 2017 όπου και χρησιμοποιήθηκαν οι νέοι αισθητήρες που προμηθεύτηκε το ΕΛΚΕΘΕ.

Ιστορικά δεδομένα

Οι ελλείψεις στις καταγραφές του υδροακουστικού συστήματος που παρατηρήθηκαν σε κάποιους σταθμούς καθώς και τυχόν ακραίες τιμές οδήγησαν στην απόρριψη κάποιων σύρσεων από την τελική ανάλυση. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται ανά βαθυμετρική ζώνη και στο σύνολό τους οι άκυροι και έγκυροι σταθμοί.

	10 - 50 m	50 - 100 m	100 - 200 m	200 - 500 m	500 - 800 m	Σύνολο
Άκυροι	22	37	46	36	35	176
Έγκυροι	26	76	66	67	64	289

Πίνακας 2: Έγκυροι και άκυροι σταθμοί ανά βαθυμετρική ζώνη των ιστορικών δεδομένων

Στην Εικόνα 40 παρουσιάζεται η επιφάνεια σύρσης σε km2 ως προς το βάθος. Η απότομη αύξηση της επιφάνειας σύρσης μετά τα 200 μ. οφείλεται στην διάρκεια των καλάδων η οποία σχεδόν διπλασιάζεται από τα 30' που είναι για βάθη μικρότερα των 200 μ. στα 60' για τις βαθύτερες σύρσεις.


Εικόνα 40: Επιφάνεια σύρσης ανά βάθος και ανά σταθμό δειγματοληψίας (ιστορικά δεδομένα)

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται η μέση επιφάνεια σύρσης σε τετραγωνικά χιλιόμετρα ανά βαθυμετρική ζώνη στο σύνολο των έγκυρων σταθμών (ιστορικών δεδομένων) που πραγματοποιήθηκε η ανάλυση.

Βαθυμετρική Ζώνη (m)	Αριθμός Σταθμών	Μέση Επιφάνεια Σύρσης (Km2)
(10,50]	26	0.075
(50,100]	76	0.076
(100,200]	66	0.089
(200,500]	67	0.155
(500,800]	64	0.144

Πίνακας 3: Επιφάνεια σύρσης των σταθμών ανά βαθυμετρική ζώνη (ιστορικά δεδομένα)

Στις Εικόνες 41, 42 & 43 παρουσιάζεται η μέση ΠΑΜΑΠ για τις ομάδες ειδών: Ψάρια, Κεφαλόποδα και Καρκινοειδή σε κιλά ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο και ανά βαθυμετρική ζώνη.



Εικόνα 41: Μέση ΠΑΜΑΠ για τα Ψάρια ανά βαθυμετρική ζώνη (ιστορικά δεδομένα)



Εικόνα 42. Μέση ΠΑΜΑΠ για τα Κεφαλόποδα ανά βαθυμετρική ζώνη (ιστορικά δεδομένα)



Εικόνα 43: Ιστόγραμμα (ΠΑΜΑΠ) για τα Καρκινοειδή ανά βαθυμετρική ζώνη για τα ιστορικά δεδομένα

Δεδομένα πρόσφατης δειγματοληψίας (Ιανουαρίου 2017)

Κατά τη διάρκεια του ταξιδιού πραγματοποιήθηκαν 13 καλάδες από τις οποίες οι 11 χαρακτηρίστηκαν ως έγκυρες ενώ οι 2 ως άκυρες λόγω ελλιπών δεδομένων. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται η μέση επιφάνεια σύρσης σε τετραγωνικά χιλιόμετρα ανά διάρκεια καλάδας και ανά βάθος στο σύνολο των έγκυρων σταθμών που πραγματοποιήθηκε η ανάλυση.

Σταθμός	Βάθος Καλάδας (m)	Επιφάνεια σύρσης (Km2)	Διάρκεια καλάδας (min)	Περιοχή
T1H1	106	0.153	90	Β. Ευβοϊκός κόλπος
T2H1	135	0.159	90	Β. Ευβοϊκός κόλπος
T2H2	132	0.169	90	Β. Ευβοϊκός κόλπος
T3H1	26	0.154	65	Μαλιακός κόλπος
T4H1	23	0.165	90	Β. Ευβοϊκός κόλπος
T4H2	25	0.162	90	Μαλιακός κόλπος
T5H1	34	0.126	47	Στενά Ωρεών
T5H2	58	0.151	60	Στενά Ωρεών
T6H1	72	0.135	45	Παγασητικός κόλπος
T6H2	81	0.148	60	Παγασητικός κόλπος
T7H2	98	0.170	61	Β. Ευβοϊκός κόλπος

Πίνακας 4: Επιφάνεια σύρσης (Km2), βάθος (m) και διάρκεια (min) ανά περιοχή και σταθμό δειγματοληψίας (Ιανουάριος 2017).

Στην Εικόνα 44 παρουσιάζεται η επιφάνεια σύρσης σε km2 ως προς το βάθος. Παρατηρείται ότι σε καλάδες με μεγάλη διάρκεια η επιφάνεια σύρσης είναι μεγαλύτερη σε σχέση με καλάδες με μικρότερη διάρκεια σύρσης.



Εικόνα 44: Επιφάνεια σύρσης (Km2) ανά βάθος στο σύνολο των καλάδων (Ιανουάριος 2017)

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται η μέση Παραγωγή ανά Μονάδα Αλιευτικής Προσπάθειας (ΠΑΜΑΠ) σε κιλά ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο για τα είδη κουτσομούρα, καραβίδα, λυθρίνι και για τις ομάδες ειδών ψάρια, κεφαλόποδα και καρκινοειδή.

Πίνακας 5: Μέση ΠΑΜΑΠ για τα είδη κουτσομούρα, καραβίδα, λυθρίνι και τις ομάδες ειδών ψάρια, κεφαλόποδα και καρκινοειδή (Ιανουάριος 2017)

Σταθμός	Κουτσομούρα (Kg/Km2)	Καραβίδα (Kg/Km2)	Λυθρίνι (Kg/Km2)	Κεφαλόποδα (Kg/Km2)	Καρκινοειδή (Kg/Km2)	Ψάρια (Kg/Km2)
T1H1	1.3	7.2	-	27.7	129.3	301.4
T2H1	-	7.3	-	38.6	5.7	96.2
T2H2	-	122.5	-	136.3	32.5	334.3
T3H1	53.1	-	152.3	7.1	36.6	931.7
T4H1	1.2	-	2.6	1.7	15.4	5487.6
T4H2	0.4	-	0.9	1.8	11.9	1278.8
T5H1	71.9	-	392.9	0.8	40.4	1475.5
T5H2	33.2	4.5	161.6	23.8	96.0	888.2
T6H1	163.3	0.4	360.5	15.3	19.7	1058.8
T6H2	39.6	8.8	55.4	16.9	23.2	864.9
T7H2	28.6	4.5	9.8	24.7	40.0	452.5

Στις Εικόνες 45-50 παρουσιάζεται η μέση ΠΑΜΑΠ για τα είδη κουτσομούρα, καραβίδα, λυθρίνι και για τις ομάδες ειδών ψάρια, κεφαλόποδα και καρκινοειδή σε γραμμάρια ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο και ανά βαθυμετρική ζώνη.



Εικόνα 45: ΠΑΜΑΠ (gr/Km2) για την κουτσομούρα ανά σταθμό (Ιανουάριος 2017)



Nephrops Norvegicus





Εικόνα 47: ΠΑΜΑΠ (gr/Km2) για το λυθρίνι ανά σταθμό (Ιανουάριος 2017)



Εικόνα 48: ΠΑΜΑΠ (gr/Km2) για τα κεφαλόποδα ανά σταθμό (Ιανουάριος 2017)



Εικόνα 49: ΠΑΜΑΠ (gr/Km2) για τα καρκινοειδή ανά σταθμό (Ιανουάριος 2017)



Εικόνα 50: ΠΑΜΑΠ (gr/Km2) για τα ψάρια ανά σταθμό (Ιανουάριος 2017)

2.7 Συμπεράσματα

Οι αισθητήρες ελέγχου της αλιευτικής ικανότητας που προμηθεύτηκαν ήταν πλήρως συμβατοί με την υπάρχουσα υποδομή που είναι εγκατεστημένη στο ερευνητικό σκάφος "ΦΙΛΙΑ". Με αυτό τον τρόπο το σύστημα αναβαθμίστηκε και πλέον παρέχει μεγαλύτερη επιχειρησιακή ικανότητα και πιστότητα μετρήσεων. Η χρήση του υδροακουστικού συστήματος εξασφαλίζει τον ακριβή υπολογισμό της επιφάνειας σύρσης και κατά συνέπεια και τον υπολογισμό της Παραγωγής ανά Μονάδα Αλιευτικής Προσπάθειας.

Σε εργασία (Παράρτημα III) που κατατέθηκε στο 16ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων παρουσιάστηκε μια συγκριτική μελέτη της θεωρητικής εκτιμώμενης επιφάνειας σύρσης, με αυτή που εκτιμήθηκε με τη βοήθεια των υδροακουστικών συστημάτων από την οποία προέκυψαν ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ τους και άρα στον αντίστοιχο υπολογισμό της ΠΑΜΑΠ.

Σε μελλοντικές εργασίες θα μπορούσε να μοντελοποιηθεί ο όγκος της σύρσης χρησιμοποιώντας το κάθετο άνοιγμα της τράτας, δηλαδή να μπορέσει να μετρηθεί ο όγκος του νερού που εισέρχεται στην τράτα και να εξαχθούν συμπεράσματα για την παραγωγή ανά μονάδα αλιευτικής προσπάθειας όχι πλέον ως προς την επιφάνεια σύρσης αλλά ως προς τον όγκο.

Τα οφέλη που αποκομίστηκαν από το συγκεκριμένο έργο συνοψίζονται ως εξής:

- Αναβάθμιση του υδροακουστικού συστήματος της αλιευτικής ικανότητας του ερευνητικού σκάφους "ΦΙΛΙΑ"
- 2. Κατασκευή ρουτινών για:
 - Ποιοτικό έλεγχο των δεδομένων
 - b. Εφαρμογή αναδρομικού αλγόριθμου πρόβλεψης/διόρθωσης
 - c. Ακριβή υπολογισμό επιφάνειας σάρωσης
 - d. Ακριβή υπολογισμό ΠΑΜΑΠ
- Συλλογή αλιευτικών, βιολογικών και περιβαλλοντικών δεδομένων από ένα σύνολο σταθμών πειραματικής αλιείας με τράτα βυθού και συλλογής πλαγκτού.
- 4. Δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων δειγματοληψίας με αντίστοιχες δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν σε παλαιότερα χρόνια (από το 1985) ώστε να εκτιμηθούν πιθανόν αλλαγές στη σύνθεση των αλιευμάτων και σε διάφορες βιολογικές παραμέτρους (π.χ. μήκη ψαριών)
- 5. Δυνατότητα κατασκευής μοντέλων κατανομής ειδών

Το σύνολο των αποτελεσμάτων του έργου συμβάλουν στην υποστήριξη των ποιοτικών δεικτών της Θαλάσσιας Στρατηγικής

Βιβλιογραφία

Foote, K.G. (2009) Acoustic methods: Brief review and prospects for advancing fisheries research. In: Beamish, R.J. & Rothschild, B.J. (eds) The future of Fisheries Science in North America. Springer Science, pp 313-343.

Kopasakis, K.I., Angelidis, Georgoulas, A.N., Kotsovinos N.E., (2010) Hydrodynamic Simulation of the brackish waters discharge from the Dardanelles Straits into the North Aegean Sea. 4th International Conference from scientific computing to Computational Engineering. 312-319pp.

Mitson, R. B. (Ed)., (1995) Underwater noise of research vessels: review and recommendations. ICES Cooperative Research Report No. 209. 60 pp.

Simmonds J, MacLennan D., (2005). Fisheries Acoustics, Theory and Practice, 2nd edn. Oxford: Blackwell Publishing, 437 p.

SimradEK80 Scientific wide band echo sounder Installation manual, (2015). Release 394149/B, Kongsberg Maritime AS.

Somarakis, S., P.D Rakopoulos, V.Filippou (2002) Distribution and abundance of larval fishes in the northern Aegean Sea-eastern Mediterranean- in relation to early summer oceanographic conditions. Journal of Plankton Research 24(4): 339-357pp.

Southall, B.L., Nowacek, D.P. (2009) Acoustics in marine ecology: innovation in technology expands the use of sound in ocean science. Marine Ecology Progress Series 395, 1-3.

Trenkel, V.M., Ressler, P.H., Jesh, M., Giannoulaki, M., Taylor, C. (2011) Underwater acoustics for ecosystem-based management: state of the science and proposals for ecosystem indicators. Marine ecology progress series 442: 285-301pp.

Turner J. T. (2004) The Importance of Small Planktonic Copepods and Their Roles in Pelagic Marine Food Webs. Zoological Studies 43 (2): 255-266pp.

Παράρτημα Ι – Περιγραφή και τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρων υδροακουστικού συστήματος εκτίμησης αλιευτικής ικανότητας

Τεχνικές προδιαγραφές

Cathch sensor



Ο αισθητήρας catch sensor υποστηρίζει τις λειτουργίες

- Catch function
- Filling Indicator (Angle) Function
- Up/Down function
- Rip function

Catch function

Η λειτουργία Catch function του αισθητήρα ενεργοποιείται με το τέντωμα του σύρματος με τον παραδοσιακό τρόπο, ή με τη γρήγορη ενεργοποίηση του τεντώματος του σύρματος (SuperCatch), και αποτρέπει στο να αποφευχθεί η υπερχείλιση.

Filling Indicator (Angle) Function

Η λειτουργία αυτή υποδεικνύει το ποσοστό πλήρωσης χρησιμοποιώντας τις εγκάρσιες και τις διαμήκης μετρήσεις της γωνίας του σάκου.

Οι διαμήκης μετρήσεις δείχνουν πώς ο σάκος της τράτας βυθού γεμίζει σταδιακά μέχρι το σημείο όπου είναι τοποθετημένος ο αισθητήρας.

Η εγκάρσια γωνία δείχνει πώς στριφογυρίζει ο σάκος όταν αρχίζει να γεμίζει και πώς επανέρχεται σταδιακά όταν γίνεται πλήρης. Ο αισθητήρας μπορεί να προγραμματιστεί για κανονική ή γρήγορη ενημέρωση.

Up/Down function

Η λειτουργία Up / Down ειδοποιεί το χρήστη όταν ο σάκος σταματήσει τις περιστροφές και ρυμουλκείτε ανάποδα.

Rip function

Όταν χρησιμοποιείτε η λειτουργία Rip ο αισθητήρας είναι τοποθετημένος στην κοιλιά της τράτας και ειδοποιεί το χρήστη αν ανιχνεύσει τυχόν σκίσιμο στο δίχτυ με σκοπό να αποτρέψει την απώλεια των αλιευμάτων και δυνητικά δαπανηρές ζημίες.

Κατασκευή

Όλοι οι αισθητήρες είναι σχεδιασμένοι με διπλή χύτευση των ηλεκτρονικών που παρέχει πλήρη προστασία. Είναι κατασκευασμένοι από πλαστικά πολύ μεγάλης ανθεκτικότητας ώστε να μειώνεται δραστικά η ζημιά στους αισθητήρες.

Μπαταρίες, φόρτιση και προγραμματισμός

Οι μπαταρίες είναι μακράς διάρκειας και οι αισθητήρες είναι σε θέση να μένουν συνδεδεμένοι με τον υπολογιστή για το σύνολο της διαδρομής.

Ο προγραμματισμός των αισθητήρων είναι εύκολος καθώς έχει εγκατασταθεί νέα μονάδα προγραμματισμού / φορτιστή.

Ο φορτιστής έχει χαρακτηριστικά που μπορεί να ελέγξει τόσο τη μπαταρία αλλά και την κατάσταση των αισθητήρων.

Χαρακτηριστικά

MEASUREMENTS AND OPTIONS		BATTERY	
Catch		Smart battery	Li-Ion 10,8V / 7 200 mAh
Range	Full / Empty	Charging time	Typically 1,5 hour (QBC-X1/X4)
Mode	Standard /	Battery capacity	5 LED
	SuperCatch	indicator	
Angle		Configuration*	
Roll angle	-90° til +90°	Channel selection	
		[FID]. Type of	
		measurement, Power	
		selection, Catch type	
		and Upside down.	
Pitch angle	-90° til +90°	Weight	
ScanFactor	0 til +20°	In air	6.1 kg
ScanFactor Pitch	0 til +20°	In water	2.5 kg
Accuracy	+/- 1°	UPLINK	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
Temperature		Frequency range	38,9 – 43,4 kHz
Range	-5 til +30 °C	Source level high	189 dB //1uPa @ 1m
-		power	
accuracy	+/- 0,15 °C	Source level medium	186 dB //1uPa @ 1m
		power	
Upside/down	OK / Upside down	Source level low	183 dB //1uPa @ 1m
		power	
Rip	Net OK / Net	Beam width	55 deg (- 3dB)
	ripped		
OPERATION		Transducer tilt	20° upward
Mounting positions	Net	Range to vessel*	Appx. 2 500 m (high power mode)
Update rate	2,5 til 30 sec	DIMENSIONS	
Operation time *	300-1500 hours	Length	269 mm
Maximum depth*	1500 m	Width	209 mm
	continuously		
	(2300 m for a		
	short period)		
		Height	103 mm

Flow Sensor



Ο αισθητήρας Flow Sensor υποστηρίζει τις παρακάτω λειτουργίες

- Trawl Speed
- Trawl Symmetry

Η λειτουργία Trawl Speed υπολογίζει την ταχύτητα της τράτας ενώ η Trawl Symmetry τη γεωμετρία της τράτας. Σκοπός του αισθητήρα είναι η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και η αύξηση της αλιευτικής προσπάθειας.

Ο αισθητήρας στην αρχή της τράτας

Όλες οι τράτες έχουν ένα βέλτιστο ρυθμό ροής του νερού. Αυτό ποικίλλει ανάλογα με το σχεδιασμό, το μέγεθος των ματιών, το πάχος των σχοινιών, κόμβων, την ηλικία των υλικών, κ.λπ.

Λόγω των υποθαλάσσιων ρευμάτων, η ταχύτητα της τράτας θα αποκλίνει από την ταχύτητα GPS του σκάφους.

Εάν η τράτα κινείται πολύ γρήγορα μέσα στη θάλασσα, τότε θα δημιουργηθεί το φαινόμενο "bucket effect" στην τράτα, σχηματίζοντας μια περιοχή πίεσης μπροστά της. Αν η ρυμούλκησης είναι πολύ αργή, αυτό θα δώσει στα ψάρια την ευκαιρία να ξεφύγουν, κυρίως τα μεγαλύτερα, που έχουν μεγαλύτερη δύναμη στο κολύμπι και την αντοχή.

Η λειτουργίαTrawl Speed βοηθάει να προσαρμοστούν οι αλλαγές στη ροή του νερού και να διατηρηθεί η σωστή ταχύτητα ρυμούλκησης. Η λειτουργία Trawl Symmetry δείχνει αν υπάρχει πρόβλημα στο άνοιγμα της τράτας που οδηγεί στην ασυμμετρίας της, η οποία είναι πολύ αναποτελεσματική. Προβλήματα μπορούν να προκληθούν από λάθος μήκη των σχοινιών, από υποθαλάσσια ρεύματα και από ρυμούλκηση σε υποθαλάσσιο λόφο.

Τέτοια προβλήματα μπορεί να διορθώνονται επηρεάζοντας τα μήκη, ωστόσο η τράτα δε θα είναι συμμετρική ως προς τη ροή του νερού. Αυτό με τη σειρά του θα οδηγήσει στα μάτια να είναι κλειστά από τη μία πλευρά και ανοιχτά από την άλλη, επιτρέποντας τα ψάρια να διαφύγουν.

Ο αισθητήρας μέσα στη τράτα

Επειδή η περιφέρεια της τράτας και το πλέγμα είναι μικρότερο στο πίσω μέρος της τράτας, πολύ νερό διαφεύγει από τα πλαϊνά πάνελ. Αυτό μπορεί να προκαλέσει το φαινόμενο "bucket effect" γεγονός που καθιστά το τέντωμα του πλέγματος. Εάν αυτό συμβεί σε μια περιοχή με μεγάλο πλέγμα τότε η διαφυγή των ψαριών διευκολύνεται ή τα τοιχώματα της τράτας θα φράξουν με ψάρια.

Καθώς ο σάκος γεμίζει, το φαινόμενο "bucket effect" θα αυξηθεί και προχωράμε στο εσωτερικό της τράτας. Αυτός είναι και ο λόγος που διαρκεί τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα για να γεμίσει το εμπρόσθιο άκρο του σάκου.

Χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα flow sensor στο εσωτερικό της τράτας με τις λειτουργίες trawl speed και symmetry μπορούμε να παρακολουθήσουμε τη γωνία και την ταχύτητα της ροής νερού για να αποφεύγεται το φαινόμενο "bucket effect" και η απώλεια των αλιευμάτων.

MEASUREMENTS AND OPTIONS		UPLINK	
Waterflow along trawl path	0 to 6 knots	Frequency range	38,9 – 43,4 kHz
Waterflow across trawl path	0 to +/- 3 knots	Source level	190 dB // 1uPa @ 1m
Accuracy	± 10% of value (min. ± 0,1 knots)	Beam width	55 deg (-3dB)
OPERATION		Range to vessel	Ca. 2 500 m*
Update rate	Appx. 25 sec	WEIGHT	
Operation time TrawlSpeed and Symmetry mode	Appx. 60 hrs	In air	10,8 kg
Operation time Symmetry mode only	Appx. 100 hrs	In water	4,2 kg
Max. Depth	1200 m	HOVEDDIMENSJONER	
BATTERY		Length	280 mm
Туре	NiCd, 2x12 V / 600 mAh	Width	255 mm
Charging time	1,5 hr	Height	111 mm

DoorSensor



Ο αισθητήρας DoorSensor είναι ένας σημαντικός αισθητήρας σε όλα τα είδη της αλιείας με τράτες καθώς έχει τον έλεγχο των θυρών της τράτας.

Η ροή του νερού, η ταχύτητα, το βάθος, το μήκος του σύρματος, παίρνοντας υπόψιν τις συνθήκες και τα ρεύματα νερού, επηρεάζουν την απόδοση των θυρών και την αποτελεσματικότητα της τράτας.

Οι λειτουργίες του αισθητήρα είναι οι παρακάτω

- Distance: Απόσταση Πόρτας, της τράτας βυθού και της τράτας αφρού •
- Depth: Βάθος Πόρτας •
- Temperature: Θερμοκρασία του νερού στη θάλασσα ٠
- **Tension**: Η τάση στα σίρματα της τράτας •
- Angle: Γωνία Πόρτας (roll & pitch) •

Stability: Σταθερότητα πόρτας (ScanFactor) •

MEASUREMENTS OPTIONS	AND		WEIGHT	
Distance			In air	6,7 kg
Range		0-300 / 0-600 m	In water	2,0 kg
Accuracy		± 0,5 % of value	MAIN DIMENSIONS	
Angle			Width	146 mm
Roll angle		-90° to +90°	Height	130 mm
Pitch angle		-90° to +90°	Length	296 mm
ScanFactor Roll		0 to +20°	UPLINK	
ScanFactor Pitch		0 to +20°	Frequency range	38,9–43,4 kHz
Nøyaktighet		± 1°	Source level*	170-191 dB //1uPa @ 1m
Dybde			Source level medium power	186 dB //1uPa @ 1m
Range (full scale)		300/600/1200/1800 m	Beam width	55 deg (- 3dB)
Accuracy*		1 m	Range to vessel	Appx. 2 500 m (Source level max power)
Temperature			TRANSPONDER	
Range		-5 to +30 °C	Frequency	144 kHz
Accuracy		± 0,15 °C	Source level*	168-193 dB //1uPa@ 1m
Tension			Beam width	60º (- 3dB)
Range		12 tonn	ACCESSORIES AND PARTS	
Accuracy		± 60 kg	Mounting kit trawl door	107705
Repeatability		± 30 kg	Mounting kit bottom contact	108775
Overload		48 tonn	Battery pack Li-Ion	105982
OPERATION			Battery charger	QBC-X1

[54]

Monteringsposisjoner	Door	ENVIRONMENTAL	
mode	Master or slave (standard)	Storage	-20° C to 55 °C
Trawl	Single, double, triple	Waste treatment of sensor according to WEEE-directive	
update rate	3 to 20 sec	APPROVALS	
Operation time*	Up to 700 hrs (typically	CE	
	350 hours)		
Max. depth	1500m continuously		
	(2000 m for a short		
	period)		
BATTERY			
Smart battery	Li-Ion 10,8V / 7 200 mAh		
Charge time	Typically: 1,5 hr (QBC-X1)		

TrawlEye Sensor



Μετράει το άνοιγμα της τράτας, το μήκος , την επαφή με το βυθό και την καθαρότητα ώστε να επιτρέπει τη βελτιστοποίηση της γεωμετρίας της τράτας.

WIDE BEAM		ECHO SOUNDER	
Low opening trawls		Frequency	97 kHz
"Strong echo" species; Cod,		Frequency	40 deg / 40 deg (- 3 dB)
Saithe, Haddock		Beam width: Wide beam Narrow beam	40 deg / 20 deg (- 3 dB)
NARROW BEAM		Range, up / down	15, 30, 60, 90, 120, 150 m
High opening trawls		Range down only	180, 240, 300 m
Weak echo? species; such as		Vertical resolution	0,15 til 0,75 m
Shrimp, Sand Eel, Mackerel			
OPERATION		WEIGHT	
Update rate fast medium	1,3 sec 3,2 sec 4,2 sec	In air	11,7 kg (including
slow			battery)
Max. depth	1200 m	In water	4,3 kg (including battery)
Operation time	15-45 hrs*	MAIN DIMENSIONS	
BATTERY		Length	315 mm
Туре	NiCd, 10,8V / 5,0 Ah	Width	259 mm
Charging time	Typically: 5 hrs (TBC-05)	Height	128 mm
UPLINK		ACCESSORIES	
Frequency range	43,6 – 46,3 kHz	Protective housing	105010
Beam width	70 deg	Battery pack	105570
Range to vessel	Appx. 2 000 m*	Battery charger	TBC-05

Depth Sensor



Ο αισθητήρας DepthSensor είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την αλιεία με τράτες και γρι-γρι, παρέχοντας ακριβείς πληροφορίες της ταχύτητας βύθισης και το βάθος, η οποία επιτρέπει στον κυβερνήτη να αποφασίσει πότε θα ξεκινήσει η αλιεία με τράτα καθώς και τη σωστή τοποθέτηση της τράτας στο βυθό.

Επίσης δίνει τιμές της θερμοκρασίας του νερού.

MEASUREMENTS AND ALTERNATIVES		BATTERY	
Depth		Smart battery	Li-Ion 10,8V / 7 200 mAh
Range (full scale)*	300/600/1200/1800 m	Charging time	Typically 1,5 hr (QBC- X1/X4)
Accuracy*	1 m	Battery capacity indicator	5 LEDs
Angle		CONFIGURATION*	
Roll angle	-90° to +90°	Channel selection (FID), Type of	
		measurement, Power selection,	
		Depth range and Upside down.	
Pitch angle	-90° to +90°	WEIGHT	
ScanFactor	0 to +20°	In air	6,1 kg
ScanFactor Pitch	0 to +20°	In water	2,5 kg
Accuracy	+/- 1°	UPLINK	
Temperature		Frequency range	38,9 – 43,4 kHz
Range	-5 to +30 °C	Source level high power	189 dB //1uPa @ 1m
Accuracy	+/- 0,15 °C	Source level medium power	186 dB //1uPa @ 1m
Upside/down	OK / Upside down	Source level low power	183 dB //1uPa @ 1m
OPERATION		Beam width	55 deg (- 3dB)
Mounting positions	Net	Transducer tilt	20° upward
Update rate	2,5 to 30 sec	Range to vessel*	Appx. 2 500m (Source level high power)
Operation time*	100-700 hrs		
Max. depth	1 500m continuously		
	(2 300m for a short		
	period)		

Παράρτημα ΙΙ– Μεθοδολογία εκτίμησης της επιφάνειας σύρσης της τράτας βυθού και της Παραγωγής ανά Μονάδα Αλιευτικής Προσπάθειας (ΠΑΜΑΠ), ποιοτικός έλεγχος δεδομένων

Ιστορικά Δεδομένα

Στα πλαίσια της υλοποίησης του προγράμματος MEDITS (Mediterranean International Bottom Trawl Survey), συγκεντρώθηκαν δεδομένα από το υδροακουστικό σύστημα SCANMAR. Η εγκατάσταση και λειτουργία του συστήματος έγινε το 1994 και χρησιμοποιήθηκε σε σταθμούς δειγματοληψίας που κάλυψαν όλες τις βαθυμετρικές ζώνες σύμφωνα με το πρωτόκολλο (10-50m, 50-100m, 100-200m, 200-500m, 500-800m). Με τη χρήση του ίδιου συστήματος συγκεντρώθηκαν δεδομένα για τα προγράμματα Κυκλάδες-Δωδεκάνησα (1996-1997) και Interreg (2000-2001). Συνολικά αναλύθηκαν δεδομένα από 464 σταθμούς δειγματοληψίας που πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές βαθυμετρικές ζώνες για τις χρονιές 1996 – 2016 με κάποιες χρονιές να απουσιάζουν από την ανάλυση (Εικόνα Π1). Τα δεδομένα εξήχθηκαν από το ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αλιευτικών δεδομένων του Ινστιτούτου Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών υδάτων (ΙΘΑΒΙΠΕΥ) (Kavadas et al., 2013).



Εικόνα Π 1: Σταθμοί δειγματοληψίας που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια ερευνητικών πλόων

Δεδομένα προγράμματος EOX 4

Τον Ιανουάριο 2017 πραγματοποιήθηκε πειραματική αλιεία με τράτα βυθού σε 13 σημεία των κόλπων Βόρειου Ευβοϊκού, Μαλιακού, Παγασητικού καθώς και του στενού των Ωρεών (Εικόνα Π2). Οι ερευνητικοί πλόες πραγματοποιήθηκαν με το Ε/Α "ΦΙΛΙΑ". Χρησιμοποιήθηκε η υπάρχουσα υποδομή SCANMAR που είναι εγκατεστημένη στο ερευνητικό σκάφος καθώς και οι καινούργιοι αισθητήρες που προμηθεύτηκε το ΕΛΚΕΘΕ μέσω του ΕΟΧ 4. Τα βάθη των σταθμών δειγματοληψίας κυμάνθηκαν από 25 - 125 μ.

Οι διαδρομές των σύρσεων παρουσιάζονται ανά υπο-περιοχή στην Εικόνα Π3.



Εικόνα Π2: Σταθμοί δειγματοληψίας με τράτα βυθού με το Ε/Α "ΦΙΛΙΑ" (Ιανουάριος 2017)



Εικόνα Π3: Διαδρομές σύρσεων (καλάδων δειγματοληψίας) ανά περιοχή (ΕΟΧ 4, Ιανουάριος 2017, Ε/Α "ΦΙΛΙΑ")

Ποιοτικός έλεγχος των δεδομένων

Η ποιότητα και η ακρίβεια των αλιευτικών δεδομένων είναι καθοριστικής σημασίας για τη διαχείριση των αποθεμάτων (Hilborn & Walters 1992), τα στατιστικά στοιχεία που συλλέγονται είναι συχνά περιορισμένης ακρίβειας (Costanza et al. 1992), καθώς περιλαμβάνουν καταγραφές που υπερεκτιμούν (Watson & Pauly 2001) ή υποεκτιμούν (Pauly & Maclean 2003) την πραγματική αλιευτική παραγωγή (δηλαδή τη συνολική βιομάζα που αφαιρείται από το οικοσύστημα εξαιτίας της αλιείας). Έτσι, στο σύνολο των καταγραφών του συστήματος SCANMAR που ήταν διαθέσιμα, διενεργήθηκε ποιοτικός έλεγχος, διορθώθηκαν και συμπληρώθηκαν τιμές σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιγράφεται παρακάτω.

Οι πίνακες των δεδομένων αποτελούνται από στοιχεία για τη χρονιά, το σκάφος με το οποίο πραγματοποιήθηκε η πειραματική δειγματοληψία, τον κωδικό του σταθμού, το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της έναρξης και λήξης της καλάδας, το βάθος, το οριζόντιο και κάθετο άνοιγμα της τράτας, τη θερμοκρασία του νερού, την ταχύτητα, το μήκος των συρμάτων, την ημερομηνία και την ώρα της προσπάθειας (σταθμού δειγματοληψίας). Η συχνότητα καταγραφής των παραμέτρων είναι κάθε δέκα δευτερόλεπτα.

Κάποιες από τις τιμές οι οποίες καταγράφονται από το υδροακουστικό σύστημα SCANMAR κατά τη διαδικασία της εκτέλεσης μιας σύρσης δύναται να είναι εσφαλμένες. Για παράδειγμα υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι τιμές για το οριζόντιο άνοιγμα της τράτας είναι είτε μηδενικές είτε πάρα πολύ μεγάλες για να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Αυτό συμβαίνει είτε γιατί χάνεται η επαφή με το υδρόφωνο του σκάφους είτε λόγω ρευμάτων μετακινούνται οι αισθητήρες από τη σταθερή θέση τους πάνω στην τράτα. Σε τέτοιες περιπτώσεις οι χρονοσειρές των δεδομένων είναι ελλιπείς.

Πριν τους τελικούς υπολογισμούς απορρίφθηκε ένα σύνολο σταθμών όπου οι τιμές που καταγράφηκαν για το οριζόντιο άνοιγμα της τράτας ήταν λιγότερες του 90% των παρατηρήσεων είτε είχαν συνολικά λιγότερες από 120 καταγεγραμμένες, σωστές μετρήσεις.

Στους υπόλοιπους σταθμούς δειγματοληψίας όπου τυχόν υπήρχαν ελλιπείς τιμές, εφαρμόστηκε η μέθοδος Kalman filtering η οποία θεωρήθηκε κατάλληλη για την συμπλήρωση τιμών σε τέτοιου είδους χρονοσειρές (η ανάπτυξη της μεθόδου παρουσιάζεται παρακάτω).

Επιφάνεια Σύρσης

Οι παρατηρήσεις του συστήματος SCANMAR καταγράφονται κάθε δέκα δευτερόλεπτα, έτσι υπολογίζεται η μέση απόσταση που διανύει η τράτα για Δt = 10". Ο κόμβος ισούται με ένα ναυτικό μίλι την ώρα. Μετατρέπεται η ταχύτητα από μίλια ανά ώρα σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο:

$$knot = \frac{1852meters}{3600sec},$$
$$speed_{new} = speed_{old} \cdot \frac{1852}{3600} \frac{m}{s}$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται η απόσταση x = ταχύτητα \cdot Δt ανά δέκα δευτερόλεπτα ως εξής:

 $\mathbf{x} = \mathbf{speed}_{\mathbf{new}} \cdot \mathbf{10s},$

όπου m η απόσταση σε μέτρα και s ο χρόνος σε δευτερόλεπτα. Τέλος υπολογίζεται η επιφάνεια σύρσης της τράτας (swept area) σε τετραγωνικά μέτρα ανά δέκα δευτερόλεπτα:

$s_w a = x \cdot h$,

όπου h είναι το οριζόντιο άνοιγμα της τράτας σε μέτρα.

Στη συνέχεια το αποτέλεσμα αθροίζεται και υπολογίζεται η επιφάνεια σύρσης ανά σταθμό και μετατρέπονται τα τετραγωνικά μέτρα σε τετραγωνικά χιλιόμετρα. Θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ότι η επιφάνεια σύρσης εξαρτάται άμεσα από τη διάρκεια σύρσης. Οι καλάδες που πραγματοποιήθηκαν σε βάθη μεγαλύτερα από τα 200m έχουν περίπου διπλάσια διάρκεια από αυτές που πραγματοποιήθηκαν σε βάθη μικρότερα από τα 200m. Έτσι προκειμένου να ομαλοποιηθούν τα δεδομένα, διαιρείται η επιφάνεια σύρσης με τη διάρκεια της κάθε καλάδας d_i, όπου i ο αριθμός της καλάδας και d_i η διάρκεια σε λεπτά της καταγεγραμμένης σύρσης. Έστω π_i ο αριθμός των παρατηρήσεων σε κάθε σταθμό i. Επειδή οι παρατηρήσεις καταγράφονται με περίοδο Δt δέκα δευτερολέπτων η διάρκεια της κάθε καλάδας i είναι:

$$d_i = n_i \cdot \frac{10}{60} \min$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται η επιφάνεια σύρσης ανά σταθμό το λεπτό σε km2

$$s_w a_{min} = \frac{s_w a}{d_i}$$

Τέλος υπολογίζεται κατά προσσέγγιση η επιφάνεια σύρσης ανά σταθμό, πολλαπλασιάζοντας την επιφάνεια σύρσης το λεπτό με την πραγματική διάρκεια σύρσης, δ_t:

$$s_w a_{tot} = s_w a_{min} \cdot \delta_t$$

Παραγωγή ανά Μονάδα Αλιευτικής Προσπάθειας (ΠΑΜΑΠ)

Για τον υπολογισμό της ΠΑΜΑΠ (σε κιλά ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο), εισάγονται δεδομένα που αφορούν τα κιλά αλιεύματος ανά ταξινομική κατηγορία (faunistic category - ψάρια, κεφαλόποδα, καρκινοειδή) ή είδος και ανά σταθμό δειγματοληψίας ή βαθυμετρική ζώνη. Η ΠΑΜΑΠ υπολογίζεται διαιρώντας το αλίευμα προς την αντίστοιχη επιφάνεια σύρσης (Sparre and Venema 1998):

$$CPUE_j = kg_j/s_wa$$

j = ψάρια, κεφαλόποδα, καρκινοειδή ή είδος

Η μέθοδος Kalman filtering για τη συμπλήρωση ελλιπών δεδομένων

Θεωρώντας το σήμα που λαμβάνεται από το υδροακουστικό σύστημα ως μια χρονοσειρά, επιλέχθηκε μία μέθοδος διαδεδομένη για την πρόβλεψη και συμπλήρωση ελλιπών δεδομένων. Η παρουσίαση της μεθοδολογίας Kalman filtering έγινε σύμφωνα με τους Durbin & Koopman "Time Series Analysis By State Space Models".

Μία χρονοσειρά ορίζεται ως ένα σύνολο παρατηρήσεων y_1, \dots, y_t διατεταγμένες στον χρόνο. Το βασικό μοντέλο αναπαράστασης χρονοσειρών είναι το αθροιστικό:

$$y_t = \mu_t + \gamma_t + \epsilon_t$$
, $t = 1, ..., n.$ (1)

Όπου μ_t ένας αργά μεταβαλόμενος παράγοντας, η τάση, γ_t ένας περιοδικός παράγοντας με σταθερή περίοδο (εποχικός) και ε_t ένας μη κανονικός παράγοντας (σφάλμα) η θόρυβος.

Μία κατάλληλη μοντελοποίηση για τους παράγοντες μ_t και γ_t είναι να θεωρηθούν ως τυχαίοι περίπατοι (random walk). Τυχαίος περίπατος είναι μια ακολουθία a_τ η οποία ορίζεται από τη σχέση α_{t+1} = α_t + η_t, όπου η ακολουθία η_t αποτελείται από ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές που ακολουθούν την κανονική κατανομή N(0, σ_{ηt}).

Θεωρώντας ότι ο εποχικός γ_t παράγοντας απουσιάζει, όλες οι τυχαίες μεταβλητές ακολουθούν κανονική κατανομή και η ακολουθία ε_t έχει σταθερή διακύμανση σ_{ϵ}^2 η σχέση (1) μπορεί να απλοποιηθεί και να γραφεί ως εξής:

$$\begin{cases} y_t = \alpha_t + \varepsilon_t, \ \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_{\varepsilon}^2) \\ \alpha_{t+1} = \alpha_t + \eta_t, \ \eta_t \sim N(0, \sigma_{\eta}^2) \end{cases} (2) \end{cases}$$

Όπου το παραπάνω μοντέλο αποτελεί έναν απλό Γκαουσσιανό τυχαίο περίπατο και αναπαριστά την χαρακτηριστική δομή τέτοιων μοντέλων (state – space models) στα οποία συνυπάρχουν μία σειρά μη – παρατηρούμενων (κρυμμένων) τιμών α_t που αντιπροσωπεύουν την εξέλιξη του μοντέλου στο χρόνο, μαζί με ένα σύνολο παρατηρήσεων $y_1, ..., y_t$ οι οποίες συνδέονται με τις α_t σύμφωνα με την παραπάνω σχέση (2). Στόχος της μεθοδολογίας αυτής είναι να εξάγει τις σχετικές ιδιότητες των μη – παρατηρούμενων τιμών α_t από τις παρατηρήσεις $y_1, ..., y_t$.

Στην αρχική κατάσταση t = 1 γίνεται η υπόθεση ότι $\alpha_1 \sim N(\alpha_1, P_1)$ με γνωστά τα α_1 και P_1 και ότι οι σ_{ϵ}^2 και σ_{η}^2 είναι επίσης γνωστές.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διαδικασία κατασκευής των αναδρομικών εξισώσεων που χρησιμοποιούνται από την μεθοδολογία συμπλήρωσης ελλιπών δεδομένων Kalman filtering.

Με τον όρο φιλτράρισμα (filtering) στις χρονοσειρές, ορίζεται η διαδικασία κατά την οποία η γνώση για το μοντέλο αναβαθμίζεται κάθε φορά που μια νέα παρατήρηση y_t εισέρχεται σε αυτό.

Έστω Y_{t-1} το σύνολο των προηγούμενων παρατηρήσων $\{y_1, ..., y_{t-1}\}$, υποθέτουμε ότι η δεσμευμένη κατανομή των α_t δεδομένου των Y_{t-1} είναι γνωστή και είναι η κανονική $N(\alpha_t, P_t)$, όπου τα α_t και P_t μένει να προσδιοριστούν.

Ισχύει:

$$\alpha_{t+1} = \mathbb{E}(a_{t+1}|Y_t) = \mathbb{E}(a_t + \eta_t|Y_t)$$

$$P_{t+1} = \operatorname{Var}(a_{t+1}|Y_t) = \operatorname{Var}(a_t + \eta_t|Y_t) \} \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{t+1} = E(a_t|Y_t), P_{t+1} = Var(a_t|Y_t) + \sigma_{\eta_t}^2$$
 (3)

Ορίζεται $v_t = y_t - a_t$ και $F_t = Var(v_t)$, τότε:

$$E(v_t|Y_{t-1}) = E(a_t + \varepsilon_t - a_t|Y_{t-1}) = a_t - a_t = 0.$$

Έτσι, $E(v_t) = E[E(v_t|Y_{t-1})] = 0$ και $Cov(v_t, y_j) = E(v_t y_j) = E[E(v_t|Y_{t-1})y_j] = 0$, άρα τα v_t και y_j είναι ανεξάρτητα για κάθε j = 1, ..., t - 1. Συνεπώς, $E(a_t|Y_t) = E(a_t|Y_{t-1}, v_t)$ και $Var(a_t|Y_t) = Var(a_t|Y_{t-1}, v_t)$. Καθώς όλες οι μεταβλητές θεωρείται ότι ακολυθούν κανονική κατανομή, οι εξισώσεις για τις δεσμευμένες αναμενόμενες τιμές καθώς και για τις διακυμάνσεις δίνονται από τη γενική θεωρία πολυμεταβλητής κανονικής παλινδρόμισης.

Στη συνέχεια δίνεται η τελική κατασκευή των αναδρομικών εξισώσεων για την μέθοδο Kalman Filtering.

Ισχύει:

$$E(a_t|Y_t) = E(a_t|Y_{t-1}, v_t) = E(a_t|Y_{t-r}) + Cov(a_t, v_t)Var(v_t)^{-1}v_t.$$
 (4)

Αποδεικνύεται ότι $Cov(a_t, v_t) = P_t$, έτσι:

$$E(a_t|Y_t) = a_t + K_t v_t, \qquad K_t = \frac{P_t}{F_t}.$$
 (5)

Επίσης ισχύει:

$$Var(a_t|Y_t) = Var(a_t|Y_{t-1}, v_t) = Var(a_t|Y_{t-1}) - Cov(a_t, v_t)^2 Var(v_t)^{-1} = P_t - \frac{P_t^2}{F_t}$$

= P_t(1 - K_t). (6)

Από τις σχέσεις (3), (5), (6) προκύπτουν οι τελικές αναδρομικές εξισώσεις για την αναβάθμιση του μοντέλου από τη στιγμή t στην t+1.

Ο αλγόριθμος Kalman filtering προσπαθεί να εντοπίσει ένα υποσύνολο μεταβλητών $\{x_{\kappa}\}$ για κ \in [0, n] μέσα από το σύνολο των παρατηρήσεων $\{y_k\}$. Οι γραμμικές εξισώσεις δίνονται από τις σχέσεις

 $\begin{cases} \chi_{n+1} = F_n x_n + v_{0,n+1} \\ y_n = \Phi x_n + v_{d,n} \end{cases} (7)$

Ο αλγόριθμος προσπαθεί να βρει σε κάθε επανάληψη την πιθανότερη προσέγγιση της παρατήρησης y_n υπολογίζοντας και το σφάλμα. Αυτό που θέλει να εντοπίσει ο αλγόριθμος εκτός από την εκτίμηση της παρατήρησης είναι και το σφάλμα που δημιουργείται. Στον αλγόριθμο το σφάλμα αποτυπώνεται με τον πίνακα της συνδιακύμανσης. Η επιτυχία της μεθόδου είναι εκτός από την εκτίμηση της παρατήρησης (μια απλή μπεϋζιανή προσέγγιση) αλλά και το να χρησιμοποιεί μαζί με τις εκτιμήσεις και την κατανομή πιθανότητας, με στόχο να βρεθεί η βέλτιστη κατανομή με βελτιωμένες εκτιμήσεις, ώστε να προκύψει η καλύτερη δυνατή λύση. Ο αλγόριθμος κάνει χρήση της μπεϋζιανής ανάλυσης καθώς γίνεται χρήση του κανόνα

p(a|b)p(b) = p(b|a)p(b)

για να εκφραστεί η "posterior" ή Maximum A-Posteriori (MAP) και η "prior" πιθανότητα (Adam S.Charles "Kalman filtering: A Bayesian Approach").



Εικόνα Π4: Ο αλγόριθμος kalman filtering χρησιμοποιεί την παρούσα πρόβλεψη βασισμένος στην προηγούμενη εκτίμηση(μπλε) σε συνδυασμό με την παρούσα παρατήρηση (κόκκινο) για να προσεγγίσει την πραγματική παρούσα τιμή(πράσινο). Το σφάλμα που παρουσιάζεται με τα ελλειψοειδή, προκύπτει από τον συνδυασμό της παλιάς τιμής και του μοντέλου. Μαζί με την παρατήρηση, το σφάλμα προσδίδει το βαθμό εμπιστοσύνης της εκτιμώμενης τιμής.

Στόχος να παραχθεί η βέλτιστη λύση απ' όλα τα $\{x_\kappa\}$

 $\hat{x}_{n} = \arg \max_{x_{n}} [p(y_{n}|x_{n}) \int p(x_{n}|x_{n-1}) (\prod_{i=1}^{n-1} p(x_{i}|x_{i-1}) p(y_{i}|x_{i})) p(y_{0}|x_{0}) p(x_{0}) d\{x_{l}\}_{l \in [0, n-1]}]$ (8)

Στην σχέση (8) το ολοκλήρωμα ουσιαστικά είναι η "prior" πιθανότητα. Η κάθε φορά ανανεωμένη κατανομή πιθανότητας χρησιμοποιεί όλη την προηγούμενη πληροφορία για να προκύψει η βέλτιστη κατανομή πιθανότητας που τελικά θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των ελλιπών δεδομένων της χρονοσειράς.

Η ΜΑΡ υπολογίζεται τελικά arg $\max_{\hat{x}_n} p(\hat{x}_n, y_n) = \arg \max_{\hat{x}_n} p(y_n | \hat{x}_n) p(\hat{x}_n)$

Ενδεικτικά στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ένας σταθμός δειγματοληψίας του προγράμματος Interreg, με τις συμπληρωμένες τιμές από τη μέθοδο Kalman filtering (Εικόνα Π5). Πιο συγκεκριμένα με μαύρο χρώμα απεικονίζονται οι παρατηρήσεις έτσι όπως ελήφθησαν από το υδροακουστικό σύστημα, όπου παρατηρείται η έλλειψη τιμών από τις μηδενικές τιμές του γραφήματος, ενώ με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται οι τιμές που συμπληρώθηκαν από τη μέθοδο Kalman filtering.



Εικόνα Π5: Συμπληρωμένες τιμές (κόκκινο χρώμα) με τη μέθοδο Kalman

Παράρτημα ΙΙΙ– Βελτίωση εκτιμήσεων αλιευτικών παραμέτρων με τη βοήθεια ενός υδροακουστικού συστήματος παρακολούθησης της συμπεριφοράς της τράτας βυθού

Βελτίωση εκτιμήσεων αλιευτικών παραμέτρων με τη βοήθεια ενός υδροακουστικού συστήματος παρακολούθησης της συμπεριφοράς της τράτας βυθού

Μαντοπούλου – Παλούκα Δανάη¹, Καββαδάς Στέφανος², Λαϊάκη Μαρία³, Ντόκος Ιωάννης⁴

¹danaim@hcmr.gr, ²stefanos@hcmr.gr, ³ laiaki@hcmr.gr, ⁴gdokos@hcmr.gr
^{1,2,3,4}Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, 46.7 χλμ. Αθηνών Σουνίου, Ανάβυσσος Ατιική

ABSTRACT

Danai Mantopoulou – Palouka¹, Stefanos Kavadas², Laiaki Maria³, Ntokos Ioannis⁴: Fishing parameters improvement using data acquired by hydro-acoustic bottom trawl monitoring system

In the current work we present a comparative study between the theoretic values of trawl's swept area and catch per unit effort (CPUE) and the ones calculated using the data of the hydro acoustic system monitoring the trawl geometry in order to feature the usefulness of this system in experimental bottom trawling. The hydro acoustic system consists of a set of sensors mounted on the trawl as well as on the doors, recording data such as the speed, the horizontal and vertical opening, the temperature etc. For the purposes of this study, data from MEDITS scientific program during the period 1996 – 2003 were used. The swept area and the catch per unit effort were calculated for each haul. Differences between theoretical values and the ones measured using the hydroacoustic system were found.

Keywords: CPUE, swept area, SCANMAR, bottom trawl, MEDITS, trawl's trace

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το υδροακουστικό σύστημα παρακολούθησης της γεωμετρίας της τράτας βυθού αποτελείται από ένα σύνολο αισθητήρων και μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας η οποία λαμβάνει μέσω ενός υδροφώνου το σύνολο των σημάτων που στέλνονται από τους αισθητήρες και απεικονίζει σε πραγματικό χρόνο τη συμπεριφορά της. Οι αισθητήρες τοποθετούνται σε διάφορα μέρη της τράτας και στις πόρτες και καταγράφουν συνεχόμενα παραμέτρους που αφορούν την ταχύτητά της στο βυθό, το οριζόντιο και το κάθετο άνοιγμά της, τη θερμοκρασία του νερού κλπ. Η παρακολούθηση της συμπεριφοράς της τράτας κατά τη διάρκεια της σύρσης παρέχει τη δυνατότητα χειρισμών μέσω των οποίων προσαρμόζεται η γεωμετρία του εργαλείου (π.χ. διαφοροποίηση μήκους συρματόσχοινου ή ταχύτητας σύρσης) και ως εκ τούτου αυξάνει την αποδοτικότητά του. Επιπλέον καταγράφεται ένα σύνολο δεδομένων τα οποία χρησιμοποιούνται μεταξύ άλλων για να υπολογιστεί με ακρίβεια η επιφάνεια σύρσης και να εκτιμηθεί ο συνολικός αριθμός ατόμων ή το βάρος του αλιεύματος ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Στην παρούσα εργασία, από ένα σύνολο προσπαθειών πειραματικής αλιείας με μηχανότρατα, συγκρίνεται η επιφάνεια σύρσης και η Παραγωγή ανά Μονάδα Αλιευτικής Προσπάθειας (ΠΑΜΑΠ) με βάση α) τις καταγραφές του εν λόγω συστήματος και β) με τις θεωρητικές προσεγγιστικές τιμές. Η μελέτη αυτή αναδεικνύει τη χρησιμότητα των υδροακουστικών συστημάτων στην αλιεία με τράτα βυθού.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία συγκεντρώθηκαν με το υδροακουστικό σύστημα SCANMAR, στα πλαίσια της υλοποίησης του προγράμματος MEDITS (Mediterranean International Bottom Trawl Survey). Συνολικά αναλύθηκαν δεδομένα από 202 σταθμούς δειγματοληψίας που πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές βαθυμετρικές ζώνες τις χρονιές 1996, 1997, 1999, 2000, 2001 και 2003. Τα δεδομένα εξήχθησαν από το ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αλιευτικών δεδομένων του Ινστιτούτου Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων (IΘΑΒΙΠΕΥ) (Kavadas *et al.* 2013) και η ανάλυση τους πραγματοποιήθηκε με χρήση του στατιστικού πακέτου R (R Development Core Team 2014). Υπολογίστηκε η επιφάνειας σύρσης (swept area) της κάθε προσπάθειας σε τετραγωνικά χιλιόμετρα και η ΠΑΜΑΠ σε κιλά ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο με βάση: α) τις τιμές που καταγράφει το υδροακουστικό σύστημα (ταχύτητα, οριζόντιο άνοιγμα, πραγματική διάρκεια σύρσης) και β) τις θεωρητικές τιμές των παραμέτρων. Επιπλέον, έγινε αδρή απεικόνιση του ίχνους της τράτας από δύο αντιπροσωπευτικούς σταθμούς στις βαθυμετρικές ζώνες 50 – 100 και 500 – 800 αντίστοιχα.

Η επιφάνεια σύρσης με βάση τα δεδομένα του υδροακουστικού συστήματος υπολογίστηκε ως εξής: Αρχικά λαμβάνεται υπ' όψιν ότι οι παρατηρήσεις του συστήματος καταγράφονται ανά δέκα δευτερόλεπτα, συνεπώς υπολογίζεται η απόσταση d_i που σύρεται η τράτα σε διάστημα δέκα δευτερολέπτων t, d_i = v_i · t, όπου vi η αντίστοιχη καταγραφή της ταχύτητας της τράτας. Στη συνέχεια υπολογίζεται η επιφάνεια σύρσης: Stemp = $\Sigma(d_i \cdot h_i)$, όπου h_i το άνοιγμα της τράτας τη χρονική περίοδο (Pilling & Parkes 1995). Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το υδροακουστικό

σύστημα κατά τη διάρκεια της σύρσης είτε δεν καταγράφει δεδομένα ή τα δεδομένα περιέχουν σφάλματα, με αποτέλεσμα η διάρκεια που καταγράφεται από το σύστημα να μην συμπίπτει με την πραγματική διάρκεια της καλάδας. Λόγω αυτού ακολουθείται μια διαδικασία κανονικοποίησης της επιφάνειας σύρσης. Ορίζεται ως δ_i η διάρκεια καταγραφής του υδροακουστικού συστήματος ανά σταθμό i και με f_i η πραγματική διάρκεια σύρσης και υπολογίζεται: S_i = (S_{temp} / δ_i) · f_i, η επιφάνεια σύρσης ανά σταθμό i.

Η θεωρητική επιφάνεια σύρσης ανά σταθμό υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο: Sest = dest * hest, όπου dest = vest · test, και vest η ταχύτητα του σκάφους η οποία ισούται με 3 κόμβους για βάθη μικρότερα των 200 μέτρων και 2,8 κόμβους για βάθη μεγαλύτερα των 200 μέτρων. Επίσης test είναι ο μέσος χρόνος που διαρκεί η σύρση, ο οποίος ισούται περίπου με 30 λεπτά για σύρσεις με βάθος μικρότερο των 200 μέτρων και 60 λεπτά για σύρσεις μεγαλύτερες των 200 μέτρων. Τέλος hest είναι το εκτιμώμενο άνοιγμα της τράτας και υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο hest = 17.5613 · (1 – e^{(-0.33243 · (0.01 · 1 + 3.60468)}), όπου Ι το μήκος των συρμάτων (MEDITS-Handbook 2016).

Για την αδρή προσεγγιστική απεικόνιση του ίχνους της επιφάνειας σύρσης της τράτας, ακολουθούνται τα εξής βήματα: Αρχικά διαιρούνται οι τιμές του οριζόντιου ανοίγματος της τράτας δια δύο. Στη συνέχεια δημιουργείται ένας καινούργιος πίνακας με τρία πεδία: την χρονική στιγμή της καταγραφής, την θετική τιμή του οριζόντιου ανοίγματος της τράτας διαιρούνται τα παραπάνω αποτυπώνονται γραφικά με οριζόντιο άξονα τις τιμές της χρονικής καταγραφής ενώ στον κάθετο άξονα αποτυπώνονται οι θετικές και αρνητικές τιμές του οριζόντιου ανοίγματος ενωμένες με μία γραμμή ανά χρονική στιγμή, συμμετρικές ως προς το μηδέν. Τέλος για τον υπολογισμό της εκτιμώμενης ΠΑΜΑΠ (CPUE_{est}) καθώς και της ΠΑΜΑΠ με βάση την υπολογισμένη επιφάνεια σύρσης (CPUE) έχουμε: CPUE_{esti} = kg_i / S_{est} και CPUE_i = kg_i / S, ανά σταθμό i. Οι γραφικές παραστάσεις πραγματοποιήθηκαν με χρήση του πακέτου ggplot στην R (Wickham 2009).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα για τις δύο διαφορετικές εκτιμήσεις της επιφάνειας σύρσης παρουσιάζονται στην Εικόνα

1 ανά σταθμό ως προς το βάθος. Με σταυρό απεικονίζονται η εκτιμώμενη επιφάνεια σύρσης και με διακεκομμένη γραμμή η προσεγγιστική πολυωνυμική τους καμπύλη κύκλο απεικονίζονται (Sest). Me οι υπολογισμένη βάση του υδροακουστικού συστήματος επιφάνεια σύρσης ανά σταθμό και με συνεχή γραμμή η προσεγγιστική πολυωνυμική τους καμπύλη. Για την ερμηνεία του γραφήματος πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ότι οι καλάδες μέχρι και τα διακόσια μέτρα βάθος διαρκούν 30' ενώ οι βαθύτερες σύρσεις διαρκούν μία ώρα. Εξ' αιτίας αυτού παρατηρείται μία απότομη αύξηση της επιφάνειας σύρσης μετά τα 200 μέτρα και στις δύο εκτιμήσεις. Τέλος καθώς το βάθος αυξάνεται, αυξάνεται και η απόλυτη διαφορά μεταξύ της θεωρητικής επιφάνειας σύρσης από αυτήν που υπολογίστηκε μέσω του υδροακουστικού συστήματος.

Οι ποσοστιαίες διαφορές που προέκυψαν μεταξύ θεωρητικής και υπολογισμένης επιφάνειας σύρσης είναι 16%



Εικόνα 1. Επιφάνεια Σύρσης σε km², S με συνεχή γραμμή και S_{est} με διακεκομμένη ως προς το βάθος σε μέτρα, με κύκλο S ανά σταθμό και με σταυρό S_{est} ανά σταθμό.

Figure 1. Swept area in km2 , continuous line: S (fitted), dotted line: S_{est} (fitted), circle: S by haul and cross: S_{est} by haul

για τη βαθυμετρική ζώνη 10 - 50 m, 11% για τη ζώνη 50 – 100 m, 8% για τις ζώνες 100 – 200 m και 200 – 500 m και τέλος 12% για τη ζώνη 500 – 800 m. Η μέση ποσοστιαία απόκλιση μεταξύ θεωρητικής και υπολογισμένης τιμής της επιφάνειας σύρσης είναι περίπου 11%, διαφορά η οποία θα μπορούσε να θεωρηθεί αξιόλογη.Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι θεωρητικές και υπολογισμένες μέσες τιμές για την επιφάνεια σύρσης και οι αντίστοιχες τιμές ΠΑΜΑΠ ανά βαθυμετρική ζώνη. Η μέγιστη μέση τιμή της υπολογισμένης επιφάνειας σύρσης στις βαθυμετρικές ζώνες μέχρι 200 μέτρα παρατηρείται ζώνη βάθους 100 - 200 m (0,044 km²), ομοίως στην ίδια ζώνη βάθους, παρατηρείται και η μέγιστη τιμή της θεωρητικής επιφάνειας σύρσης (0,047 km²). Οι ελάχιστες τιμές της επιφάνειας σύρσης, για τις ίδιες βαθυμετρικές ζώνες παρατηρούνται και στις δύο περιπτώσης στη ρηχότερη βαθυμετρική ζώνη, με 0,034 km2 και 0,043 km2 για την υπολογισμένη και την θεωρητική αντίστοιχα. Στις βαθύτερες ζώνες, όπου οι καλάδες διαρκούν διπλάσια ώρα έχουμε πολύ κοντινές τιμές τόσο για την θεωρητική όσο και για την υπολογισμένη επιφάνεια σύρσης και στις δύο ζώνες. Επίσης στις βαθύτερες ζώνες (200-500 m, 500-800 m) παρατηρείται υψηλότερη τυπική απόκλιση όσον αφορά στην υπολογισμένη επιφάνεια σύρσης. Αντίθετα, (στη θεωρητική) στις ίδιες βαθυμετρικές ζώνες παρατηρείται σχεδόν μηδενική τυπική απόκλιση, γεγονός που οφείλεται στις μικρότερες διακυμάνσεις στο μήκος των συρμάτων. Η μέγιστη τιμή για την υπολογισμένη ΠΑΜΑΠ παρατηρείται στη ζώνη βάθους 10-50 m ενώ για την θεωρητική στη βαθυμετρική ζώνη 100 -200 μέτρων. Η μεγάλη διαφοροποίηση που παρουσιάζεται μεταξύ θεωρητικής και υπολογισμένης επιφάνειας σύρσης. Και στις δύο περιπτώσεις, θεωρητικής και υπολογισμού θεωρητικής και υπολογισμένης επιφάνειας σύρσης. Και στις δύο περιπτώσεις, θεωρητικής και υπολογισμένης, η ελάχιστη ΠΑΜΑΠ παρατηρείται στη βαθύτερη ζώνη των 500 -800 m.

Η μέση θεωρητική και υπολογισμένη ΠΑΜΑΠ ανά βαθυμετρική ζώνη παρουσιάζεται στην Εικόνα 3. Η θεωρητική ΠΑΜΑΠ εμφανίζεται χαμηλότερη από την υπολογισμένη, και στα μικρά βάθη οι διαφορές μεταξύ των δύο είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις βαθυμετρικές ζώνες της κατωφέρειας

Πίνακας 1. Αριθμός σταθμών, μέση υπολογισμένη και θεωρητική επιφάνεια σύρσης (S και Sest αντίστοιχα), τυπική απόκλιση (sd) υπολογισμένης και θεωρητικής επιφάνειας σύρσης, μέση υπολογισμένη και θεωρητική ΠΑΜΑΠ.

Table 1. Number of stations, mean measured and estimated swept area (S and S_{est}), standard deviation (sd) of measured and estimated swept area, mean measured and estimated CPUE by depth stratum.

Ζώνη Βάθους	Αριθμός Σταθμών	\overline{S}	sd \$	S est	sd s est	CPUE	CPUE _{est}
(0,50]	21	0,034	0,008	0,043	0,002	931,729	697,479
(50,100]	57	0,042	0,009	0,045	0,001	656,170	592,222
(100,200]	48	0,044	0,006	0,047	0,001	917,686	844,988
(200,500]	39	0,083	0,022	0,090	0,000	595,717	545,346
(500,800]	36	0,082	0,015	0,090	0,000	306,349	296,781

Το ίχνος της τράτας κατά τη διάρκεια της σύρσης απεικονίζεται στην Εικόνα 2 για δύο αντιπροσωπευτικούς σταθμούς στη βαθυμετρική ζώνη μικρότερη και μεγαλύτερη των 200 μέτρων (αριστερή και δεξιά εικόνα αντίστοιχα). Σε μικρά βάθη το ίχνος της τράτας εμφανίζει μια πιο ομαλή πορεία σε σχέση με αυτήν που εμφανίζεται σε μεγαλύτερα, γεγονός που πιθανόν οφείλεται στις απότομες αυξομειώσεις του βυθού (υποθαλάσσιες χαράδρες, λόφους κλπ).





Εικόνα 2. Ίχνος της επιφάνειας σύρσης της τράτας για δύο σταθμούς, αριστερά για βάθος μικρότερο των 200 μέτρων και δεξιά για βάθος μεγαλύτερο των 200 μέτρων.

Figure 2. Trawl trace for two representative hauls, left for depth smaller than 200 meters and right for depth greater than 200 meters.

Αξιολογώντας τη χρήση ενός υδροακουστικού συστήματος παρακολούθησης της γεωμετρίας της τράτας καταλήγουμε ότι αυτό παρέχει τη δυνατότητα να υπολογιστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια τόσο η επιφάνεια σύρσης όσο και η αντίστοιχη ΠΑΜΑΠ, γεγονός που το καθιστά εξαιρετικά χρήσιμο για επιστημονικούς σκοπούς. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περαιτέρω αναλύσεις και στη μοντελοποίηση αλιευτικών, περιβαλλοντικών και άλλων παραμέτρων με τη χρήση προηγμένων στατιστικών μεθόδων (γεωστατιστική) και στην κατασκευή χωροπληθικών χαρτών υψηλής ανάλυσης.



Εικόνα 3. Συνεχή γραμμή: ΠΑΜΑΠ (CPUE) σε kg/km² ανά κατηγορία βάθους, διακεκομμένη γραμμή: εκτιμώμενη ΠΑΜΑΠ (CPUEest) σε kg/km².

Figure 3. Continuous line: CPUE by depth category, dotted line: estimated CPUE_{est} in kg/km²

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Kavadas S, Damalas D, Georgakarakos S, Maravelias C, Tserpes G, Papaconstantinou C, Bazigos G
 (2013) IMAS-Fish: Integrated Management System to support the sustainability of Greek Fisheries resources. A multidisciplinary web-based database management system: implementation, capabilities, utilization & future prospects for fisheries stakeholder. Mediterranean Marine Science 14: 109–118.
 MEDITS-Handbook (2016) International bottom trawl survey in the Mediterranean. Version n. 8, 2016, MEDITS Working Group : 177 pp. Available at:

http://www.sibm.it/medits%202011/docs/Medits_Handbook_2016_version_8_042016.pdf Pilling, G. & Parkes, (1995) G. Performance and geometry of the FP-120 trawl used during UK fish stock assessment surveys around South Georgia, subarea 48.3. *CCAMLR Sci.* 2, 51–69.

R Development Core Team (2014) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria, http://www.R-project.org

Wickham H (2009) ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York.