ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ -ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ - ΠΜΣ

CAPSTONE PROJECT: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ CALLINECTES SAPIDUS RATHBUN, ΜΠΛΕ ΚΑΒΟΥΡΙ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΩΤΗΡΙΟΥ ΑΝΤΩΝΙΑ
ΠΚΜ201810



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΑΡΚΟΣ ΑΥΛΩΝΙΤΗΣ

ΚΕΡΚΥΡΑ, 2020

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Αυλωνίτης Μάρκος, Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Πληροφορικής Ιονίου Πανεπιστημίου (Επιβλέπων).

Οικονόμου Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής ,Κοσμήτορας της Σχολής Επιστήμης της Πληροφορίας και Πληροφορικής.

Έξαρχος Θεμιστοκλής, Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Πληροφορικής Ιονίου Πανεπιστημίου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέπων Καθηγητή μου κύριο Μάρκο Αυλωνίτη, Αναπληρωτή Καθηγητή, για την ηθική συμπαράσταση, την επιστημονική του επάρκεια και υποστήριξη και τις χρήσιμες συμβουλές του όσον αφορά το θέμα της μεταπτυχιακής μου εργασίας. Η βοήθειά του ήταν καθοριστική για την εξέλιξη και την πορεία της εργασίας μου.

Ακόμη ένα μεγάλο ευχαριστώ στα υπόλοιπα μέλη της τριμελής μου τον κύριο Οικονόμου Κωνσταντίνο Αναπληρωτή Καθηγητή, Κοσμήτορα της Σχολής Επιστήμης της Πληροφορίας και Πληροφορικής και τον κύριο Έξαρχο Θεμιστοκλή, Επίκουρο Καθηγητή για την πολύτιμη συνεισφορά τους στην παρούσα εργασία.

Τέλος ευχαριστώ από καρδιάς την οικογένειά μου που αποτέλεσε την κύρια δύναμη και μου έδωσε την καθοριστική ώθηση στο να εκπληρώσω την επιθυμία μου και να φτάσω το στόχο μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες ……. σελίδα 3

Περίληψη στα Ελληνικά…….. σελίδα 8

Περίληψη στα Αγγλικά …… σελίδα 9

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή……..... σελίδα 10

Κεφάλαιο 2: Παράμετροι προσομοίωσης του μπλε καβουριού……. σελίδα 27

Κεφάλαιο 3: Λογισμικό LORES..... σελίδα 36

Κεφάλαιο 4: Διεξαγωγή προσομοίωσης με το εργαλείο LORES..... σελίδα 44

Κεφάλαιο 5: Συμπεριφορικοί παράγοντες του μπλε καβουριού……... σελίδα 52

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα-Προτάσεις …….... σελίδα 58

Βιβλιογραφία…….... σελίδα 61

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ-ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1:…….. σελίδα 19

Σχήμα 2:…….. σελίδα 21

Σχήμα 3:…… σελίδα 23

Σχήμα 4: …… σελίδα 29

Σχήμα 5: …… σελίδα 32

Σχήμα 6:…… σελίδα 47

Σχήμα 7:…… σελίδα 48

Σχήμα 8:…… σελίδα 49

Σχήμα 9:…… σελίδα 50

Σχήμα 10:…… σελίδα 51

Σχήμα 11:…… σελίδα 53

Πίνακας 1:…….. σελίδα 24

Πίνακας 2:…… σελίδα 25

Πίνακας 3:…… σελίδα 28

Φωτογραφία εξωφύλλου: https://www.protothema.gr/environment/article/623078/to-ble-kavouri-apeilei-tin-kerkura/ [πρόσβαση 11/12/19]

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ

Το μπλε καβούρι, Callinectes sapidus Rathbun έχει επικεντρώσει το ενδιαφέρον των επιστημόνων και είναι αντικείμενο επιστημονικής έρευνας για περισσότερο από 100 χρόνια. Το καβούρι αυτό αποτελεί έναν βασικό βιοτικό παράγοντα σε ρηχά, παραλιακά περιβάλλοντα και υποστηρίζει ένα μεγάλο εμπορικό ενδιαφέρον στον Ατλαντικό και στον κόλπο του Μεξικού. Το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας που έχει διεξαχθεί αφορά τη βιολογία, τη ζωή , την ανάπτυξη και τη φυσική ιστορία του.

Αυτό που απασχολεί ιδιαίτερα τους περισσότερους ερευνητές είναι ο μεταναστευτικός του κύκλος, που είναι άρρηκτα συνυφασμένος με το αναπαραγωγικό του σύστημα. Επίσης ένας σημαίνων παράγοντας μελέτης είναι ο χώρος που προτιμά και κατοικεί καθώς και η συμπεριφορά του απέναντι στα άλλα είδη του ιδίου χώρου. Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο οικοσύστημα αναφορικά με άλλους πληθυσμούς από τους οποίους τρέφεται και συνιστά απειλή, διότι πολλαπλασιάζεται με γρήγορο ρυθμό.

Στα πλαίσια αυτά, το πρόβλημα της άμεσης διαχείρισής του αποτελεί αναγκαιότητα για να μπορεί να μετριαστεί το αρνητικό αυτό φαινόμενο και να βρεθεί ο κατάλληλος τρόπος αντιμετώπισης του. Η λύση στο παρόν πρόβλημα δίνεται από το εργαλείο προσομοίωσης LORES, γιατί αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να μελετήσουμε την εξέλιξη και εξάπλωσή του στο χώρο και το χρόνο και μπορούμε να κάνουμε ασφαλή πρόβλεψη για την μελλοντική του πληθυσμιακή αύξηση και διάχυσή του. Με τον τρόπο αυτό θα υπάρχει η απαραίτητη γνώση για να εφαρμοστεί το κατάλληλο διαχειριστικό σχέδιο αντιμετώπισης του σε επίπεδο Περιφέρειας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ

The blue crab, Callinectes sapidus Rathbun has been the subject of scientific research for over 100 years. This crab is a key player in shallow coastal environments and supports a great commercial interest in the Atlantic and the Gulf of Mexico. Much of the research that has been done is on its biology, life, development and natural history. What is of particular interest to most researchers is its migratory cycle, which is inextricably intertwined with its reproductive system.

Also a significant factor in the study is the place he prefers and resides as well as his behavior towards other species in the same space. It plays an important role in the ecosystem with respect to other populations from which it feeds and is a threat because it is rapidly multiplying.

In this context, the problem of its direct management is a necessity in order to mitigate this negative phenomenon and to find an appropriate way of dealing with it. The solution to this problem is given by the LORES simulation tool, because it enables us to study its evolution and spread in space and time, and we can make a secure prediction of its future population growth and dissipation. This will provide the knowledge necessary to implement the appropriate management plan at the Region level.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Μεσόγειος διαθέτει μεγάλη βιοποικιλότητα καθώς έχει αναλογικά τον μεγαλύτερο αριθμό θαλάσσιων ειδών διεθνώς, σε σχέση με το μέγεθός της. Ταυτόχρονα όμως αποτελεί «μαγνήτη» για διάφορα ξενικά είδη που ζουν κυρίως σε άλλες θάλασσες. Τα είδη αυτά σε βάθος χρόνου, μπορεί να αποδειχθούν απειλητικά για τα ντόπια οικοσυστήματα, καθώς και τις θαλασσοκαλλιέργιες, προκαλώντας τόσο περιβαλλοντική όσο και οικονομική ζημιά. Η πιο γνωστή ίσως περίπτωση εισβολέα αποτελεί ο λαγοκέφαλος, ένα είδος ψαριού που το κεφάλι του μοιάζει με αυτό του λαγού. Προήλθε από την Ερυθρά θάλασσα και μέσω της διώρυγας του Σουέζ πέρασε στην Μεσόγειο, που τα νερά της έχουν πλέον μεγαλύτερη θερμοκρασία από παλιότερα. Παράγει μία τοξίνη που προκαλεί παράλυση και για τον λόγο αυτό έχει απαγορευτεί η κατανάλωσή του.

Η κυκλοφορία των ειδών ανάμεσα στις θάλασσες του κόσμου είναι μια φυσική διαδικασία που γινόταν και θα γίνεται πάντοτε. Πολλά από τα 17.000 και πλέον γνωστά είδη – και ενδεχομένως και από τα άγνωστα – που συνιστούν σήμερα τη χλωρίδα και την πανίδα της Μεσογείου έχουν έρθει να εγκατασταθούν εδώ από τον Ατλαντικό Ωκεανό κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων ετών. Κατά τους δύο τελευταίους έχουν βρεθεί νέα «κανάλια» μεταφοράς με τις διάφορες δραστηριότητές των ανθρώπων.

Επίσης η άνοδος της θερμοκρασίας της θάλασσας, η οποία είναι διαρκής τα τελευταία χρόνια, καθιστά το περιβάλλον ιδανικό για την εισβολή τους. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η πλειοψηφία των ξενικών ειδών στη Μεσόγειο είναι θερμόφιλοι οργανισμοί, καθώς προέρχονται από τροπικές και υποτροπικές θάλασσες π.χ. Ερυθρά, Ινδικός, έχει αναδειχτεί το σενάριο της συσχέτισης της κλιματικής αλλαγής με την μετανάστευση των ξενικών ειδών, οδηγώντας μερικούς επιστήμονες να μιλούν για τη λεγόμενη «τροπικοποίηση» (tropicalisation) της Μεσογείου (Τσιάμης 2016).

Επομένως τα ξενικά είδη ξεπερνούν πλέον τα 1.000 σε όλη τη Μεσόγειο και τα 240 στην Ελλάδα. Πολλά από αυτά είναι σχετικά «νεοφερμένα», δηλαδή έχουν μετοικίσει στις θάλασσές μας τα τελευταία χρόνια. Όπως δείχνουν οι σχετικές έρευνες, η διασπορά τους πραγματοποιείται με πολύ ταχύτερους ρυθμούς τις τελευταίες δύο δεκαετίες, ειδικά στην Ανατολική Μεσόγειο, όπου ο μέσος όρος των ξενικών ειδών που εμφανίζονται κάθε χρόνο έχει αυξηθεί κατά 150% την τελευταία 20ετία.

Οι «εισβολείς» δεν έχουν βεβαίως την ίδια παρουσία παντού. Κάποια είδη εμφανίζονται περιορισμένα σε μικρό αριθμό και συγκεκριμένο χώρο ενώ άλλα έχουν εγκατασταθεί με μεγάλη επιτυχία και άνεση στο νέο τους περιβάλλον. Τα πιο χωροκατακτητικά από αυτά έχουν την ικανότητα να διευρύνουν γρήγορα την

εξάπλωσή τους. Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής σε σχέση με τον παράγοντα των ξενικών ειδών πρέπει να ληφθεί υπόψη υπό το πρίσμα μιας γενικότερης και πολυεπίπεδης σχέσης με άλλους παράγοντες που ασκούν πίεση στο θαλάσσιο περιβάλλον, όπως η υπεραλίευση, η καταστροφή των οικοτόπων και η ρύπανση. Η συνεργατική δράση όλων αυτών των πιέσεων μπορεί να οδηγήσει σε ένα πολλαπλώς διαταραγμένο θαλάσσιο περιβάλλον με σοβαρές συνέπειες στο οικοσύστημα αλλά και στις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Πρόκειται για τροπικά ή υποτροπικά είδη, τα περισσότερα από τα οποία άρχισαν να εισβάλλουν στα νερά της Μεσογείου μετά την κατασκευή της διώρυγας του Σουέζ το 1869, η οποία οδήγησε φύκια, μαλάκια και καρκινοειδή από την Ερυθρά θάλασσα και τον Ινδικό Ωκεανό. Ονομάστηκαν λεσεψιανοί μετανάστες, παίρνοντας το όνομά τους από τον γάλλο μηχανικό της διώρυγας του Σουεζ, Φερντινάντ Λεσέψ.

Τα ξενικά είδη θεωρούνται σήμερα μία από τις μεγαλύτερες απειλές για τα τοπικά θαλάσσια οικοσυστήματα, την τοπική οικονομία καθώς και την ανθρώπινη υγεία παγκοσμίως. Αποτελούν την κυριότερη αιτία εξαφάνισης των ζώων και των φυτών από τα φυσικά τους οικοσυστήματα, κατά τους τελευταίους πέντε αιώνες. Πολλές μελέτες υποστηρίζουν πως κάθε χρόνο η υποβάθμιση που προκαλούν στα τοπικά οικοσυστήματα αλλά και οι ζημιές σε ανθρώπινες δραστηριότητες ανέρχονται σε εκατοντάδες εκατομμύρια δολάρια.

Τα σκάφη που έχουν επισκεφθεί μαρίνες της Ανατολικής Μεσογείου, κυρίως στο Ισραήλ και την Αίγυπτο, εμφανίζουν ιδιαίτερα μεγάλο κίνδυνο να εξαπλώσουν ξενικά είδη λόγω της εγγύτητας της περιοχής στο Κανάλι του Σουέζ, από όπου τα περισσότερα ξενικά είδη διεισδύουν στη Μεσόγειο. Τόσο τα Ηνωμένα Έθνη (Η.Ε) όσο και η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) τα συμπεριλαμβάνουν στις μεγαλύτερες απειλές για τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Για τον λόγο αυτό έχουν εκδώσει κατά καιρούς μια σειρά οδηγιών και νομοθεσιών που στοχεύουν στην αντιμετώπιση τους. Ταυτόχρονα έχουν λάβει πολλές πρωτοβουλίες προς την ίδια κατεύθυνση.

Η συμβίωση των λεσεψιανών μεταναστών με τους γηγενείς θαλάσσιους οργανισμούς μόνο αρμονική δεν μπορεί να χαρακτηριστεί. Τα ξενικά είδη είναι γεγονός πως απειλούν και επηρεάζουν οικολογικά τους οργανισμούς, γιατί έχουν εισέλθει στις αυτόχθονες θαλάσσιες βιοκοινότητές τους. Καταλαμβάνουν θέση σε χώρους που ήταν διαθέσιμοι για τα αυτόχθονα είδη. Ανταγωνίζονται ακόμη και για την τροφή, διώχνοντας τα παρόμοια γηγενή είδη και αναγκάζοντάς τα να πάνε σε μεγαλύτερα βάθη. Η αλήθεια είναι πως δημιουργούν αλλαγές στην οργάνωση των κοινωνιών που έχουν δημιουργήσει τα προϋπάρχοντα είδη.

Η αύξηση της θερμοκρασίας αλλά και η υπεραλίευση στη Μεσόγειο είναι παράγοντες που ευνοούν όχι μόνο την είσοδο των λεσεψιανών ειδών στα νερά της αλλά και την παραμονή και εξάπλωσή τους. Παράλληλα, με την εκβάθυνση του καναλιού του Σουέζ, προκειμένου να περνούν μεγαλύτερα πλοία με εμπορεύματα περνάει όμως και περισσότερο νερό και κατά συνέπεια περισσότερα ξενικά είδη.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει ειδικό κανονισμό για την καταγραφή των γνωστών χωροκατακτητικών ειδών, αλλά και των νέων αναμενόμενων, ως μέτρο έγκαιρης προειδοποίησης. Έτσι, οι ψαράδες, δύτες, ναυτικοί και άλλες κατηγορίες επαγγελμάτων που σχετίζονται με την θάλασσα, θα πρέπει να επαγρυπνούν και να ενημερώνουν τις λιμενικές αρχές όταν εντοπίσουν κάποιο ξενικό είδος, ενώ θα πρέπει να λαμβάνουν και έγκυρη ενημέρωση από τους αρμόδιους φορείς σχετικά με τα δηλητηριώδη και τοξικά είδη.

Οι γνώσεις μας για την παρουσία των ξενικών ειδών στη λεκάνη της Μεσογείου βελτιώνονται τα τελευταία χρόνια χάρη στη συνεργασία των ερευνητών σε μεσογειακό αλλά και σε ευρωπαϊκό επίπεδο, μέσω και δικτύων όπως είναι το ELNAIS όπου μπορεί κανείς να δει όλα τα ξενικά είδη αλλά και να δηλώσει στους ειδικούς την όποια «ξένη» παρουσία εντοπίσει.

Έτσι οι επιστήμονες είναι σε θέση συχνά να προβλέπουν τις νέες αφίξεις και να ενημερωθούν άμεσα για αυτές, με κύριο στόχο να ενημερώνουν με την σειρά τους το κοινό στην περίπτωση που αυτές ενέχουν κινδύνους. Για τον λόγο αυτόν έχει αρχίσει να δημιουργείται σε μεσογειακό επίπεδο μια κίνηση από επιστήμονες, οι οποίοι αντιδρούν στις αλλαγές που έχουν αποφασιστεί και ζητούν να ληφθούν μέτρα για τον περιορισμό της μετανάστευσης των ειδών.

Ως ξενικά είδη εννοούμε τους οργανισμούς εκείνους που μετακινούνται πέραν του φυσικού ορίου εξάπλωσής τους και εγκαθίστανται σε άλλο χώρο, ως αποτέλεσμα της άμεσης ή έμμεσης επέμβασης του ανθρώπου (Τσιάμης 2016). Ξενικά χαρακτηρίζονται τα είδη που εισάγονται εσκεμμένα ή κατά λάθος σε μια περιοχή εκτός της τωρινής ή παλαιότερης φυσικής τους εξάπλωσης. Η εισαγωγή μπορεί να αφορά ολόκληρο τον οργανισμό, ή σπόρους, ή αυγά ή ακόμη και ένα κομμάτι του, π.χ. ένα κλαδί που μπορεί να επιβιώσει και τελικά να δώσει ένα νέο άτομο.

Τα εισβάλλοντα είδη διαφοροποιούνται από τα ξενικά στο βαθμό που ανταγωνίζονται και συχνά εκτοπίζουν την τοπική βιοποικιλότητα, τροποποιούν τη δομή των βιοκοινοτήτων, αλλάζουν την τροφική αλυσίδα και επηρεάζουν την παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων. Σε διεθνές επίπεδο, τα εισβάλλοντα είδη αξιολογούνται ως ο δεύτερος μεγαλύτερος κίνδυνος για την απώλεια της βιοποικιλότητας, μετά την καταστροφή των ενδιαιτημάτων τους(Streftaris και Zenetos 2006).

Σύμφωνα με τον ορισμό που αναφέρει το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, το **ξενικό – εισβλητικό είδος** είναι το είδος φυτού, ζώου ή άλλου οργανισμού, που εισάγεται, εκούσια ή ακούσια από τον άνθρωπο, σε περιοχές εκτός του ιστορικά γνωστού εύρους εξάπλωσής του και το οποίο, επεκτεινόμενο μέσω της διασποράς, εγκαθιστά πληθυσμούς μακριά από το σημείο της πρώτης

εισαγωγής του σε φυσικά ή ήμι-φυσικά οικοσυστήματα, επηρεάζοντας αρνητικά τη δομή και λειτουργία τους.

Επικεντρώνοντας την μελέτη μας στην περιοχή των Ιονίων Νήσων και ιδιαίτερα στην περιοχή της Κέρκυρας μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής. Μεγάλη ζημιά έχουν προκαλέσει στο περιβάλλον της Κέρκυρας και στην γεωργική παραγωγή τα ξενικά είδη που έχουν εισέλθει τα οποία καταστρέφουν την φυσιολογική αλυσίδα της ζωής. Σύμφωνα με τον προϊστάμενο της διεύθυνσης γεωργίας της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων, έχουν εισέλθει στις θάλασσες μας διάφορα 'περίεργα' ψάρια, καβούρια και ασπόνδυλα.

Στην Κέρκυρα η δυναμική είσοδος από το μπλε καβούρι, το Callinectes sapidus, ένα είδος που κατατρώγει ότι βρει μπροστά του, έχει δημιουργήσει πολλά προβλήματα στη λίμνη Αντινιώτη και στις Αλυκές της Λευκίμμης. Είναι μεγάλο σε μέγεθος, ένα ενήλικο άτομο φθάνει να είναι περίπου σαν την παλάμη του χεριού, είναι πολύ νόστιμο στη γεύση αλλά και επιθετικό, δημιουργώντας προβλήματα στους ψαράδες και στο οικοσύστημα. Αυτή τη στιγμή υπάρχει στην αγορά σε πολύ χαμηλή τιμή λόγω της αφθονίας του αλλά και του γεγονότος πως δεν αποτελεί τροφική επιλογή των Ελλήνων.

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία το είδος παρουσιάζει μια σειρά από ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Είναι ευρύαλο, ευρύθερμο, πολύ καλός κολυμβητής, ανθεκτικό, παμφάγο, ικανός θηρευτής, δυνατό με απουσία άλλων ανταγωνιστών, ενώ αποτελεί λεία λίγων μόνο ειδών. Ο μόνος εχθρός του είναι ο άνθρωπος. Ακόμη χαρακτηρίζεται από υψηλό ρυθμό αύξησης και μεγάλη γονιμότητα, ωρίμανση των γονάδων του σε μικρή ηλικία και σχετικά μικρή διάρκεια ζωής (Guillory 1997; Zohar 2008).

Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να εξηγήσουν την σημαντική αύξηση της αφθονίας του καβουριού και την επικράτησή του σε όλα τα θαλάσσια οικοσυστήματα του νησιού μας, σε συνδυασμό και με τις κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες που ευνοούν την επιβίωση και την αύξηση του πληθυσμού του.

Στο πλαίσιο του κύκλου ζωής του το καβούρι μεταναστεύει σε μεγαλύτερα βάθη κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η υψηλότερη αλιευσιμότητα το καλοκαίρι πιθανώς να συνδέεται και με τη μεγαλύτερη κινητικότητα του είδους, καθώς αυτή συνδέεται με την υψηλή θερμοκρασία στα δεκάποδα καρκινοειδή. Είναι γνωστό ότι το είδος κατά τη διάρκεια του σύνθετου κύκλου ζωής του επιδεικνύει συγκεκριμένες εποχικές και χωρικές μεταναστεύσεις με σκοπό τη σύζευξη και την αναπαραγωγή. Γενικά η αναπαραγωγή πραγματοποιείται σε περιοχές με σχετικά υψηλή αλατότητα, ενώ αντίθετα η σύζευξη σε περιοχές με μικρή αλατότητα.

Αναφορικά με τις επιπτώσεις της παρουσίας του, αυτές σχετίζονται με την καταστροφή των διχτυών των αλιέων, θήρευση των μυδιών σε πάρκα μυδοκαλλιέργειας, αδιερεύνητες ακόμη επιπτώσεις σε αυτόχθονα βενθικά είδη, καθώς και πιθανή διασπορά ασθενειών και παρασίτων. Στις προτάσεις ελέγχου του είδους περιλαμβάνονται η καταρχήν συστηματική καταγραφή των νέων θέσεων παρουσίας, η παροχή κινήτρων στους αλιείς για αύξηση της αλιευτικής πίεσης ιδιαίτερα κατά την αναπαραγωγική περίοδο και η απαγόρευση ανεξέλεγκτης απόρριψης του έρματος των πλοίων.

Η αντιμετώπιση της αύξησης της αφθονίας του είδους θα μπορούσε να εστιαστεί στην εύρεση του βάθους και των περιοχών αναπαραγωγής του είδους με σκοπό την αλίευση του αναπαραγωγικού αποθέματος, ενδεχομένως και με άλλα αλιευτικά εργαλεία εκτός από τα δίχτυα. Από όλα τα παραπάνω προκύπτει πως ο εισβολέας Callinectes sapidus θα πρέπει να αντιμετωπιστεί με μεθοδικότητα και ορθολογικά μέσα διαχείρισης. Για μια αποτελεσματική όμως διαχείριση προς όφελος όλων των κοινωνικών εταίρων, η γνώση της δομής και λειτουργίας του πληθυσμού του κρίνεται ιδιαίτερα επιτακτική (Κεβρεκίδης 2013).

Το μπλε καβούρι, που χαρακτηρίζεται επιστημονικώς ως Callinectes sapidus Rathbun, είναι ένα ενδημικό είδος της δυτικής ακτής του Ατλαντικού ωκεανού, από τη Νέα Σκωτία του Καναδά μέχρι και τις ακτές της Αργεντινής. Συνεπώς, υπάρχει σε όλη την έκταση των ανατολικών παραλίων των αμερικανικών ακτών. Αύξηση της εμφάνισής του έχει παρατηρηθεί στην ακτή του Κόλπου του Μεξικού. Η σημασία του είδους είναι μεγάλη στην περιοχή αυτή λόγω του εμπορίου και των χρημάτων που αποφέρει και την συνεπαγόμενη ανάπτυξη της οικονομίας, η οποία ανθίζει εξαιτίας της ύπαρξης και πολλαπλασιασμού του είδους. Για το λόγο αυτό έχει διεξαχθεί διεξοδική έρευνα για τη βιολογία και τη ζωή του, τόσο στο παρελθόν όσο και στο παρόν.

Το επιστημονικό του όνομα Callinectes sapidus σημαίνει ευχάριστος, όμορφος, απολαυστικός κολυμβητής. Είναι πράγματι εξαιρετικός και δυνατός κολυμβητής χάρη στο πέμπτο ζευγάρι ποδιών που διαθέτει και τα οποία είναι διαμορφωμένα σαν κουπιά. Επίσης είναι καθηλωτικό με την ακτινοβολία που εκπέμπει και εντυπωσιακό με τις μπλε δαγκάνες του και το καφέ χρώμα της ελιάς που έχει στο καβούκι του.

Το γαλάζιο καβούρι, blue crab, είναι εξαιρετικά ευαίσθητο στις αλλαγές του περιβάλλοντος και των οικοτόπων και έχει προκαλέσει σοβαρές μειώσεις σε πολλούς άλλους πληθυσμούς, καθώς αποτελεί έναν αδηφάγο οργανισμό. Διαδραματίζει ένα βασικό ρόλο στη διαχείριση των πληθυσμών των οργανισμών από τους οποίους τρέφεται και η συνεχής εξάπλωσή του έχει αρνητικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα στα οποία ζει.

Φέρει την ονομασία του από το χαρακτηριστικό κυανού χρώματος του σώματός του και προέρχεται από τις ακτές του δυτικού Ατλαντικού. Εμφανίστηκε στη Μεσόγειο, πιθανότατα με την βοήθεια των πλοίων που διασχίζουν τον ωκεανό (Nehring 2011). Η ικανότητά του να μετακινείται εύκολα και γρήγορα σε μεγάλες θαλάσσιες αποστάσεις είχε ως αποτέλεσμα την ευρεία εξάπλωσή του σε πολλά σημεία της Μεσογείου.

Τρέφεται με οτιδήποτε μπορεί να βρει για φαγητό όπως μανιτάρια, στρείδια, μύδια, όστρακα, σκουλήκια, έντομα, σαλιγκάρια, φυτά, πλαγκτόν, ψάρια, αυτόχθονα καβούρια, νεκρούς οργανισμούς ακόμα και μικρά μπλε καβούρια. Παρότι το φυτοπλαγκτόν εύκολα περιλαμβάνεται στην τροφή, οποιοδήποτε φυτικό υλικό από μόνο του θεωρείται ιδανική τροφή γιατί περιέχει πρωτεΐνη (Millikin και Williams 1984).

Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι το ζωοπλαγκτόν αποτελεί τη βασική πηγή από όλους τους οργανισμούς ειδικά κατά το πρώιμο στάδιο της ανάπτυξής του πριν την αναπαραγωγή. Πολύ σημαντικό για την ανάπτυξή του είναι το ασβέστιο που παίρνει από τα νερά και που συμβάλλει στη ταχεία ωρίμανσή του.

Η περίοδος ζευγαρώματος του μπλε καβουριού συμβαίνει μεταξύ Μαΐου και Οκτωβρίου. Ένα αρσενικό θα ζευγαρώσει με το θηλυκό, αφού το τελευταίο ολοκληρώσει το τελικό στάδιο ωρίμανσης των ωαρίων της και έχει αποκτήσει ένα μαλακό κέλυφος. Στη συνέχεια το θηλυκό θα βάλει μέχρι δύο εκατομμύρια αυγά σε μια σπογγώδη μάζα, που ξεκινά από ένα πορτοκαλί χρώμα, το οποίο αλλάζει προς στο μαύρο καθώς πλησιάζει ο απαραίτητος χρόνος για τα καβούρια και είναι έτοιμα για να εκκολάπτονται. Τα γαλάζια καβούρια υποβάλλονται σε αρκετά διαφορετικά αναπτυξιακά στάδια για να φθάσουν στην ενηλικίωση. Η τυπική διάρκεια ζωής του είναι μεταξύ τριών και τεσσάρων ετών.

Τα αρσενικά εμφανίζονται σε λιμνοθάλασσες, ενώ τα θηλυκά στη θάλασσα. Έτσι εξηγείται και το γεγονός ότι τα θηλυκά μετακινούνται σε περιοχές με χαμηλή αλατότητα για να ζευγαρώσουν και σε περιοχές με μεγαλύτερη αλατότητα για την ωοαπόθεση. Το καλοκαίρι εμφανίζεται και αλιεύεται σε μεγάλες ποσότητες, ενώ τον χειμώνα φαίνεται να μεταναστεύει σε μεγαλύτερα βάθη και αυτή η συμπεριφορά ερμηνεύει και την σημαντική ελάττωση του πληθυσμού του, αυτή την περίοδο. Παρά το γεγονός ότι η βιολογία του έχει εκτενώς μελετηθεί στον Ατλαντικό, οι πληροφορίες για την κατάσταση των πληθυσμών του στη Μεσόγειο θάλασσα και στο Αιγαίο Πέλαγος είναι εξαιρετικά περιορισμένες.

Διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με τη βιολογία του είδους υπάρχουν μόνο για τον Θερμαϊκό Κόλπο, αναφορικά με την μορφομετρία και την αναπαραγωγή (Κεβρεκίδης 2012). Από την άνοιξη του 2009 έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση του πληθυσμού του στον Θερμαϊκό, ιδιαίτερα στον Όρμο Μεθώνης και στα εκβολικά συστήματα των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα στην παράκτια αλιεία και στη μυδοκαλλιέργεια στον κόλπο (Κεβρεκίδης 2010).

Δειγματοληψίες του είδους πραγματοποιήθηκαν τον Μάρτιο, Μάιο, Ιούλιο και Σεπτέμβριο 2011 στον Όρμο Μεθώνης. Επιλέχθηκαν 5 σταθμοί σε βάθη 0,5 m (Σταθμός 1), 1 m (Σταθμός 2), 3 m (Σταθμός 3), 5 m (Σταθμός 4) και ένας σε απόσταση περίπου 150 m και σε βάθος 3,5 m από τις εκβολές του ποταμού Αλιάκμονα (Σταθμός 5). Σε κάθε σταθμό τοποθετήθηκαν την προηγούμενη ημέρα κάθε δειγματοληψίας 5 ζευγάρια 'νταούλια' και καταγράφηκε η θερμοκρασία (^{0}C), η αλατότητα (psu) και το διαλυμένο οξυγόνο (mg/l) στην επιφάνεια της θάλασσας.

Μέσα από πειράματα ιχνηθέτησης αποδείχθηκε ότι στο είδος πραγματοποιείται μία σημαντική μετανάστευση ενός μόνου φύλου, αυτή των ώριμων θηλυκών (μετά τη σύζευξη), με σκοπό την αναπαραγωγή. Γενικά η αναπαραγωγή πραγματοποιείται σε περιοχές με σχετικά υψηλή αλατότητα, ενώ αντίθετα η σύζευξη γίνεται σε περιοχές με μικρή αλατότητα. Επιπλέον το βάθος και η απόσταση από την είσοδο του όρμου είναι τα πιο σημαντικά κριτήρια αφθονίας των ώριμων θηλυκών ατόμων, ενώ η επιλογή του ενδιαιτήματος συνδέεται με την πυκνότητα των ατόμων.

Σύμφωνα με τα πρώτα αποτελέσματα στον Όρμο Μεθώνης η αναπαραγωγή του καβουριού φαίνεται να αρχίζει στο τέλος της άνοιξης και να διατηρείται έως και το καλοκαίρι. Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έδειξε ότι η κορύφωση της αναπαραγωγικής δραστηριότητας διαφοροποιείται σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος. Στον Όρμο Τζέσαπικ (ΗΠΑ) η αναπαραγωγή πραγματοποιείται όλο το καλοκαίρι με κορύφωση τον Ιούλιο. Στη Βόρεια και Νότια Καρολίνα η αναπαραγωγή πραγματοποιείται από τον Μάρτιο έως τον Οκτώβριο, με κορύφωση από τον Απρίλιο έως τον Αύγουστο. Στη Φλόριντα από τον Φεβρουάριο έως τον Οκτώβριο, με κορύφωση από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο.

Τα τελευταία 2,5 χρόνια η αφθονία του καβουριού στον Θερμαϊκό, και ιδιαίτερα στον Όρμο Μεθώνης και στα εκβολικά συστήματα των ποταμών Αλιάκμονα και Αξιού, σημείωσε σημαντική αύξηση. Σήμερα, παρά την εμπορική αξία και την έντονη αλίευση του, η πραγματική συμβολή στο εισόδημα των αλιέων είναι μικρή, ενώ παράλληλα η παρουσία του δημιουργεί έντονα προβλήματα στην παράκτια αλιεία και στη μυδοκαλλιέργεια στον κόλπο.

Επιπλέον, επειδή φαίνεται ότι έχει ήδη συμβάλει στην τροποποίηση της ποιοτικής και ποσοτικής σύνθεσης της μακροβενθικής πανίδας των περιοχών παρουσίας του, τίθεται πλέον καθολικά το ζήτημα αντιμετώπισης της αύξησης του πληθυσμού του. Για τους παραπάνω λόγους για να αντιμετωπιστεί η αφθονία του εστιάζεται στην εύρεση του βάθους και των περιοχών αναπαραγωγής του είδους με σκοπό την αλίευση του αναπαραγωγικού αποθέματος, ενδεχομένως και με άλλα αλιευτικά εργαλεία και στην άρση της απαγόρευσης χρήσης του εργαλείου 'νταούλια' για τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, όπως προβλέπεται στο ΠΔ 68/2009 ('Περί κανονισμού αλιείας στους κόλπους Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού) (Κεβρεκίδης και Αβράμογλου και Ευσταθιάδης και Χιντήρογλου 2012).

Επομένως η εργασία αυτή που πραγματοποιήθηκε στη θαλάσσια περιοχή του Όρμου Μεθώνης σε πέντε σταθμούς δειγματοληψίας και που αφορούσε τη μελέτη

της πληθυσμιακής δομής του απέδειξε την ύπαρξη σημαντικών εποχικών μεταβολών με κορύφωση της αφθονίας κατά τη θερμή περίοδο, κάτι που έχει αναφερθεί και από άλλους πληθυσμούς του είδους στον Ατλαντικό (Κεβρεκίδης 2013).

Οι διακυμάνσεις στον πληθυσμό οφείλονται στον σύνθετο κύκλο ζωής του είδους, που περιλαμβάνει εποχικές και χωρικές μεταναστεύσεις με σκοπό την αναπαραγωγή του. Το χειμώνα μεταναστεύουν σε μεγαλύτερα βάθη και επιστρέφουν στην παράκτια ζώνη και στις εκβολές των ποταμών την άνοιξη, ώστε να αναπαραχθούν και ο μεγαλύτερος αριθμός τους αλιεύεται το καλοκαίρι. Η μελέτη της πληθυσμιακής δομής του C. sapidus στη Μεθώνη (Όρμο Μεθώνης), (Θερμαϊκός Κόλπος) έδειξε την ύπαρξη σημαντικών εποχικών μεταβολών με κορύφωση της αφθονίας τη θερμή περίοδο, κάτι που έχει αναφερθεί και από άλλους πληθυσμούς του είδους στον Ατλαντικό (Hines 1987).

Το μπλε καβούρι φαίνεται να μεταναστεύει σε μεγαλύτερα βάθη και αυτό ερμηνεύει τη σημαντική ελάττωση του πληθυσμού του κοντά στις ακτές τον χειμώνα. Η διαφοροποίηση που προέκυψε μεταξύ θηλυκών και αρσενικών ατόμων ενδεχομένως σχετίζεται με το σύνθετο κύκλο ζωής του είδους που περιλαμβάνει συγκεκριμένες εποχικές και χωρικές μεταναστεύσεις με σκοπό τη σύζευξη και την αναπαραγωγή. Συγκεκριμένα τα θηλυκά καβούρια μετακινούνται σε περιοχές χαμηλής αλατότητας για τη σύζευξη και σε περιοχές μεγαλύτερης αλατότητας για την ωοαπόθεση (Tankersley 1998).

Στην περιοχή μελέτης η αναπαραγωγή του καβουριού τοποθετείται την περίοδο της άνοιξης μέχρι και το καλοκαίρι, με πιθανή κορύφωση τον Μάιο όπου εντοπίζεται το υψηλότερο ποσοστό παρουσίας ωοφόρων θηλυκών (Κεβρεκίδης 2012). Τα παραπάνω στοιχεία συμφωνούν με αντίστοιχες έρευνες στον Ατλαντικό (Jones 1990; Graham 2012).

Οι πρώτες αναφορές παρουσίας του στις ελληνικές θάλασσες χρονολογούνται από το 1935 για τον Θερμαϊκό κόλπο και το 1948 για τις εκβολές του Πηνειού. Όπως έχει καταγραφεί, με χρονολογική σειρά εμφάνισης παρουσιάστηκε στη Μακεδονία, Θράκη, Ν. Αιγαίο (Ρόδος), λιμνοθάλασσες Μεσολογγίου, Αμβρακικό κόλπο, Ν. Πελοπόννησο, εκβολές Καλαμά, Β. Αιγαίο και τέλος Β. Ιόνιο.

Το μπλε καβούρι (Callinectes Sapidus) φέρει την ονομασία του από το χαρακτηριστικό κυανού χρώματος του σώματος του και εικάζεται ότι ήρθε στο νησί από τα απέναντι ιταλικά νερά κολυμπώντας, για αυτό το αποκαλούν «Ιταλό». Η παρουσία του δημιουργεί ανησυχία στους ειδικούς, γιατί πρόκειται για κυρίαρχο θηρευτή. Παρατηρείται στις παράκτιες περιοχές, στις εκβολές των ποταμών και στις λιμνοθάλασσες του νησιού. Ιδιαίτερα πολυπληθές είναι στη λιμνοθάλασσα

Αντινιώτη, στις Αλυκές Λευκίμμης και στις λιμνοθάλασσες Κορισσίων και Χαλκιοπούλου.

Ο πληθυσμός τους ακόμα δεν είναι υπολογίσιμος από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης. Είναι πάντως πολύ μεγάλος και χρόνο με το χρόνο πολλαπλασιάζεται με αλματώδη ρυθμό. Το καλοκαίρι αλιεύεται σε μεγάλες ποσότητες ενώ το χειμώνα μεταναστεύει σε μεγαλύτερα βάθη και αυτό ερμηνεύει την σημαντική ελάττωση του πληθυσμού. Το γεγονός αυτό προξενεί προβληματισμό σε μεγάλο βαθμό στο γεωτεχνικό και επιστημονικό προσωπικό της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων, λόγω της ιδιαίτερης περιβαλλοντικής σημασίας που παρουσιάζει.

Στη λιμνοθάλασσα Αντινιώτη που λειτουργεί και ως δημοτικό ιχθυοτροφείο, τα δίχτυα των ψαράδων γεμίζουν με μεγάλα μπλε καβούρια που έχουν εγκατασταθεί μόνιμα στο νησί και φυσικά απειλούν το οικοσύστημα γιατί είναι αδηφάγα. Η ίδια εικόνα υπάρχει στα Νοτιοανατολικά του νησιού, στις Αλυκές Λευκίμμης κυρίως κατά τη θερινή περίοδο, όπου είναι ιδιαίτερα πολυάριθμο. Το δυσάρεστο αυτό φαινόμενο συνεχίζεται και στη λιμνοθάλασσα Κορισσίων, η οποία έχει κατακλυσθεί και αυτή από τα μπλε καβούρια που καταβροχθίζουν ότι βρουν μπροστά τους. Τα μικρά καβούρια έχουν εξαφανιστεί και η γνωστή μικρή γαρίδα, ένα περιζήτητο έδεσμα, έχει μείνει σε ελάχιστες ποσότητες.

Περιγράφεται με μεγάλη επάρκεια από το επιστημονικό του όνομα ''Callinectes sapidus'' (calli-όμορφος, nectes-κολυμβητής και sapidus-νόστιμος). Δηλαδή νόστιμος κολυμβητής. Αποτελεί πεντανόστιμο μεζέ εφάμιλλο του αστακού. Συνήθως ζει σε ρηχά νερά θαλάσσιων ακτών, λιμνοθαλασσών, και στις εκβολές ποταμών, δηλαδή σε νερά με χαμηλή αλατότητα. Είναι πολύ δυνατό, έχει κοφτερές δαγκάνες και χρησιμοποιεί τα πίσω πόδια του ως κουπιά, και μπορεί και κολυμπάει, σε αντίθεση με το κοινό καβούρι που «περπατάει» στον βυθό.

Έχει βαθύ πράσινο χρώμα και πέντε ζεύγη ποδιών ανοιχτού μπλε χρώματος. Μόνο το πρώτο ζεύγος έχει δαγκάνες, οι οποίες είναι διαφόρων αποχρώσεων του μπλε και όταν μπαίνει σε βραστό νερό γίνεται κατακόκκινο. Είναι πλούσιο σε κρέας με χαμηλά λιπαρά, με γλυκιά και απαλή γεύση και μόλις 80 θερμίδες ανά 100 γραμμάρια.

Το μπλε καβούρι του είδους Callinectes sapidus που αλιεύεται στις Ελληνικές θάλασσες είναι από τα ελάχιστα είδη καβουριών με τόσο μεγάλη περιεκτικότητα σε σάρκα. Αυτό σε συνδυασμό με την εξαιρετική γευστικότητά του, το καθιστούν ιδανικό για τη παρασκευή διαφόρων σκευασμάτων όπως σουρίμι, καβουρόψιχα αλλά και άλλων εδεσμάτων. Λόγω των παραπάνω ποιοτικών χαρακτηριστικών, πολλοί πελάτες χρησιμοποιούν τη σάρκα του ως φυσικό ενισχυτικό γεύσης σε διάφορα ομοειδή μίγματα θαλασσινών.

Το είδος προέρχεται από τις ακτές του δυτικού Ατλαντικού και όπως εικάζεται εμφανίστηκε στη Μεσόγειο, στα μέσα του 20^{ου} αιώνα με τη βοήθεια πλοίων που

διασχίζουν τον ωκεανό. Πρόκειται για δεινό κολυμβητή που μετακινείται εύκολα σε μεγάλες θαλάσσιες αποστάσεις και εξαπλώνεται. Διαχειμάζει μέσα στη λάσπη κατά προτίμηση στη θάλασσα και το θηλυκό γονιμοποιεί μια φορά στη διάρκεια του βιολογικού του κύκλου. Γεννά περίπου 2.000.000 αυγά τα οποία εκκολάπτονται για 15 ημέρες.

Πρόκειται για ένα είδος το οποίο πολλαπλασιάζεται στα νερά του Βορείου Αιγαίου και η παρουσία του έχει δημιουργήσει ανησυχία στους ειδικούς, καθώς είναι ένας κυρίαρχος θηρευτής που ασκεί ισχυρή πίεση σε πληθυσμούς οστράκων αλλά και ψαριών, ενώ καταναλώνει και νεκρούς οργανισμούς, φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν.

Στην περιφέρεια Ιονίων Νήσων ειδικοί επιστήμονες αναφέρουν ότι η παρουσία αυτού του ξενιστή σε προστατευόμενες περιοχές Natura 2000, με ιδιαίτερη περιβαλλοντική σημασία, την χειμερινή περίοδο που οι περιοχές αυτές φιλοξενούν μεγάλους αριθμούς μεταναστευτικών πουλιών (τσικνιάδες, φοινικόπτερα, κύκνους, καλαμοκανάδες, πάπιες κ.α.) μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα, αφού η τροφή των ειδών της πτηνοπανίδας είναι σχεδόν ίδια με εκείνη του μπλε καβουριού.

Παρόλα αυτά το κρέας του μπλε καβουριού στο εξωτερικό θεωρείται γκουρμέ. Έχει ήπια γλυκιά γεύση και είναι μεγάλης θρεπτικής αξίας. Είναι τροφή πλούσια σε πρωτεΐνες και αμινοξέα, χωρίς καθόλου υδατάνθρακες, με χαμηλή συγκέντρωση σε υδράργυρο (ένα από τα μεγάλα προβλήματα που αφορούν στην κατανάλωση των θαλασσινών). Είναι επίσης πλούσιο σε ω-3 λιπαρά οξέα, που βοηθούν στην καλή λειτουργία της καρδιάς, σε νιασίνη, φολικό οξύ, βιταμίνη Β-12 και βιταμίνη Α και C, ενώ αποτελεί μια καλή πηγή σε ψευδάργυρο, σίδηρο, σελήνιο (ισχυρό αντιοξειδωτικό), νάτριο, κάλιο, φώσφορο και ασβέστιο.



Σχήμα 1: Μία χαρακτηριστική εικόνα του μπλε καβουριού στην ξηρά. Διακρίνεται το έντονο μπλε χρώμα στο πάνω μέρος του καβουκιού του [http://www.lemnosnature.gr/wp-contenuploads/2017/01/1165.jpg] [πρόσβαση 18/12/2020].

Η ερευνητική δραστηριότητα στο θαλάσσιο βυθό φέρνει νικητή το μπλε καβούρι, τον περίεργο ξενιστή που ήρθε από τον Δυτικό Ατλαντικό και σήμερα έχει στην κυριολεξία κατακτήσει τις ελληνικές θάλασσες.

Σύμφωνα με στοιχεία του 2015 εκατοντάδες τόνοι από τον πεντανόστιμο εισβολέα αλιεύονται κάθε χρόνο στο Θρακικό Πέλαγος, στον Στρυμονικό Κόλπο, στον Θερμαϊκό, μέχρι και στον Κόλπο της Καλλονής στη Μυτιλήνη και πουλιούνται προς 1,5 ευρώ το κιλό, φτάνοντας στον καταναλωτή 3-5 ευρώ το κιλό. Έλληνες ψαράδες τα βγάζουν με δίχτυα, έως και 200 κιλά την ημέρα τους θερινούς μήνες, και τα εξάγουν στην Ιταλία, την Ισπανία και τη Γαλλία, τελευταία μάλιστα έφτασε έως τη μακρινή Κίνα, όπου και αποτελεί πλέον ένα γκουρμέ έδεσμα. Κατά συνέπεια, η αλίευσή του προσφέρει ένα επιπλέον εισόδημα στους ψαράδες και βοηθάει την τοπική οικονομία.

Ο πληθυσμό τους δεν έχει υπολογιστεί μέχρι σήμερα καθώς το υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης δεν έχει προβεί στη σύνταξη μιας σχετικής μελέτης για αυτό το είδος. Είναι πάντως πολύ μεγάλος και χρόνο με τον χρόνο πολλαπλασιάζεται με αλματώδη ρυθμό, όπως προκύπτει από στοιχεία που είναι διαθέσιμα από τις Περιφερειακές διευθύνσεις σε όλη την Ελλάδα.

Οι ντόπιοι το θεωρούν κυρίαρχο είδος που επιβάλλεται εύκολα, αναπτύσσεται γρήγορα και διαχέεται άμεσα στο θαλάσσιο χώρο. Θεωρείται σίγουρο ότι έφτασε από τον Δυτικό Ατλαντικό Ωκεανό με εμπορικά πλοία στα μέσα του 20ού αιώνα και βρήκε τα ιδανικά νερά με πλούσια σύσταση στο Βόρειο Αιγαίο.

Οι λιμνοθάλασσες και οι παράκτιες περιοχές της Μακεδονίας και της Θράκης είναι εύτροφες, αφού εκεί εκβάλλουν όλα τα μεγάλα ποτάμια. Υπάρχει λοιπόν άφθονο φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν, ενώ τα Δέλτα των ποταμών είναι πλούσια σε οργανική ύλη και έτσι το μπλε καβούρι, ένας τυπικός κάτοικος εκβολών, βρίσκει άφθονη τροφή.

Το μπλε καβούρι διαχειμάζει μέσα στη λάσπη κατά προτίμηση στη θάλασσα και το θηλυκό γονιμοποιείται μία φορά στη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του. Γεννά περίπου 2 εκατ. αβγά, τα οποία εκκολάπτονται για 15 μέρες, αλλά επιβιώνει μόλις 1/500.000 αβγά. Τα αρσενικά κάνουν τις βόλτες τους στις λιμνοθάλασσες και τα θηλυκά στη θάλασσα. Έτσι εξηγείται το ότι τα θηλυκά μετακινούνται σε περιοχές χαμηλής αλατότητας για να ζευγαρώσουν και σε περιοχές μεγαλύτερης αλατότητας (πιο βαθιά στη θάλασσα) για την ωοαπόθεση. Το καλοκαίρι αλιεύεται σε μεγάλες ποσότητες, τον χειμώνα φαίνεται πως μεταναστεύει σε μεγαλύτερα βάθη και αυτό ερμηνεύει τη σημαντική ελάττωση του πληθυσμού.

Το κρέας του μπλε καβουριού έχει ήπια, γλυκιά γεύση και είναι μεγάλης θρεπτικής αξίας, με μόλις 80 θερμίδες ανά 100 γραμμάρια, οι ειδικοί όμως συνιστούν στους καταναλωτές να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί όταν τα αγοράζουν. Πρέπει να είναι ζωντανά και να κουνούν έστω και λίγο τα άκρα τους, ενώ δεν επιτρέπεται να μπουν αμέσως στην κατάψυξη, καθώς οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες θα τα σκοτώσουν.

Αλιεύεται συστηματικά σε όλες τις περιοχές που εμφανίζεται αποδεικνύοντας την εμπορική του σημασία ως αλίευμα. Με δεδομένα που υπάρχουν από το 2009-2012, η ετήσια παραγωγή του μόνο για το Θερμαϊκό (στοιχεία ιχθυόσκαλας Ν. Μηχανιώνας Θεσσαλονίκης) κυμαίνεται από 50-240 τόνους (Κεβρεκίδης και Αντωνιάδου και Αβράμογλου και Ευσταθιάδης και Χιντήρογλου 2013). Σε περιόδους έντονων αυξήσεων αναπτύσσεται σημαντική εμπορική εκμετάλλευση.

Το μπλε καβούρι (Callinectes Sapidus) φέρει την ονομασία του από το χαρακτηριστικό κυανού χρώματος του σώματος του και εικάζεται ότι ήρθε στο νησί από τα απέναντι ιταλικά νερά κολυμπώντας, για αυτό το αποκαλούν «Ιταλό». Η παρουσία του δημιουργεί ανησυχία στους ειδικούς, γιατί πρόκειται για κυρίαρχο θηρευτή. Παρατηρείται στις παράκτιες περιοχές, στις εκβολές των ποταμών και στις λιμνοθάλασσες του νησιού. Ιδιαίτερα πολυπληθές είναι στη λιμνοθάλασσα Αντινιώτη, στις Αλυκές Λευκίμμης και στις λιμνοθάλασσες Κορισσίων και Χαλκιοπούλου.

Ο πληθυσμός τους ακόμα δεν είναι υπολογίσιμος από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης. Είναι πάντως πολύ μεγάλος και χρόνο με το χρόνο πολλαπλασιάζεται με αλματώδη ρυθμό. Το καλοκαίρι αλιεύεται σε μεγάλες ποσότητες ενώ το χειμώνα μεταναστεύει σε μεγαλύτερα βάθη και αυτό ερμηνεύει την σημαντική ελάττωση του πληθυσμού. Το γεγονός αυτό προξενεί προβληματισμό σε μεγάλο βαθμό στο γεωτεχνικό και επιστημονικό προσωπικό της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων λόγω της ιδιαίτερης περιβαλλοντικής σημασίας που παρουσιάζει.



Σχήμα 2: Το θηλυκό μπλε καβούρι έχει έντονους χρωματισμούς.
[http://www.argyrades.gr/2016/10/blog-post_343.html] [πρόσβαση 05/01/20].

Στη λιμνοθάλασσα Αντινιώτη, που λειτουργεί και ως δημοτικό ιχθυοτροφείο, τα δίχτυα των ψαράδων γεμίζουν με μεγάλα μπλε καβούρια που έχουν εγκατασταθεί

μόνιμα στο νησί και φυσικά απειλούν το οικοσύστημα γιατί είναι αδηφάγα. Η ίδια εικόνα υπάρχει στα Νοτιοανατολικά του νησιού, στις Αλυκές Λευκίμμης κυρίως κατά τη θερινή περίοδο, όπου είναι ιδιαίτερα πολυάριθμο. Το δυσάρεστο αυτό φαινόμενο συνεχίζεται και στη λιμνοθάλασσα Κορισσίων, η οποία έχει κατακλυσθεί και αυτή από τα μπλε καβούρια που καταβροχθίζουν ότι βρουν μπροστά τους. Τα μικρά καβούρια έχουν εξαφανιστεί και η γνωστή μικρή γαρίδα έχει μείνει σε ελάχιστες ποσότητες.

Σύμφωνα με τα πρακτικά του 11ου Πανελλήνιου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας που διεξήχθη στη Μυτιλήνη, στις 13-17 Μαΐου το 2015, έχουμε τα παρακάτω διαθέσιμα στοιχεία που απεικονίζονται στην Εικόνα 3 και στον Πίνακα 1 και αφορούν την κατανομή του είδους στις ακτές του Ιονίου. Τα στοιχεία αυτά συλλέχθηκαν κυρίως από την βιβλιογραφία, αλλά και από τηλεφωνική και δια ζώσης επικοινωνία με το Τμήμα Αλιείας Κέρκυρας.

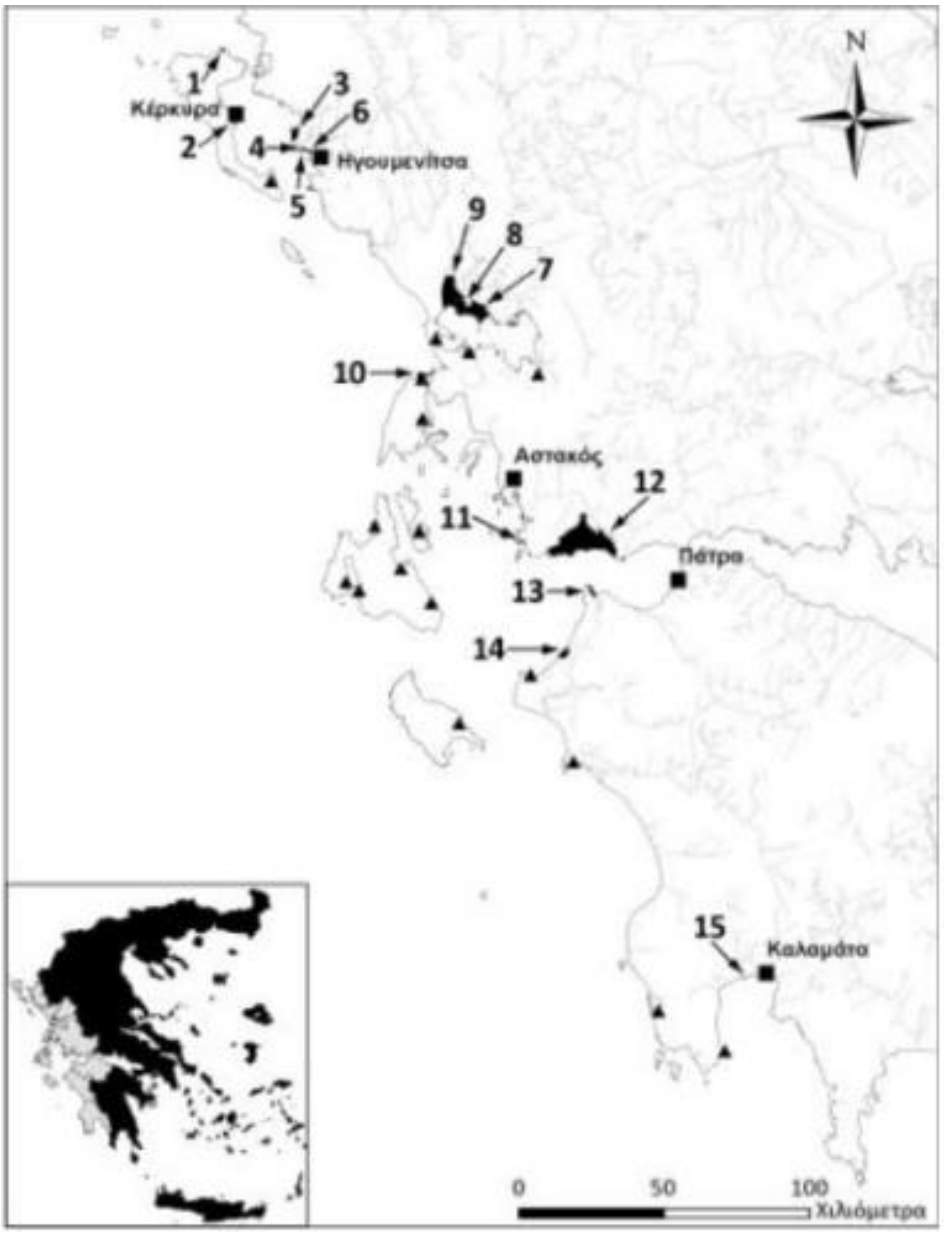
Το υψηλό αναπαραγωγικό δυναμικό του, 1.960.000 εξωθημένα ωάρια, (Perdikaris 2012) και η ταχεία γεννητική ωριμότητα και ανάπτυξη (Kevrekidis 2013) υποδεικνύουν ότι το είδος έχει προσαρμοστεί στον ελληνικό χώρο και αξιοποιεί αποτελεσματικά τους διαθέσιμους πόρους. Επιπλέον, η εξελισσόμενη εισβολή του εξυπηρετείται από την κολυμβητική του ικανότητα (ταχύτητα > 1 m/sec), ενώ καθοριστικοί παράγοντες για την εγκατάσταση και κυριαρχία αποτελούν το μεγάλο μέγεθος, ο θωρακισμένος εξωσκελετός και η πολυτροφική συμπεριφορά του (Millikin και Williams 1984).

Αναφορικά με τις επιπτώσεις, το είδος είναι πιθανός ανταγωνιστής άλλων ειδών καβουριών, ενώ έχει δυνατότητα βιοσυσσώρευσης τοξινών και έχει προταθεί ως πιθανός φορέας στελεχών της χολέρας (Nehring 2011) .

Στο συγκεκριμένο φαινόμενο δεν μπορεί κανείς να κάνει σίγουρες και ακριβείς προβλέψεις εξάπλωσης. Το σίγουρο όμως είναι ότι μέσα από όλες τις μεταβολές που συντελούνται από το ανακάτεμα των ξενικών ειδών κάποια στιγμή η ίδια η φύση θα βρει την ισορροπία της γιατί αυτό κάνει πάντα, γρήγορα ή αργά. Αναφορικά με το μπλε καβούρι τα διαθέσιμα στοιχεία για την κατανομή του είδους στο Ιόνιο είναι περιορισμένα και αποσπασματικά.

Η εγγύτητα των περισσότερων λιμνοθαλασσών προς τις λιμενικές εγκαταστάσεις και προς τις κύριες οδούς διέλευσης των πλοίων, η κολυμβητική ικανότητα και κατ' επέκταση η ικανότητα διασποράς του υποδεικνύουν την περεταίρω εξάπλωση του είδους του.

Ιδιαίτερα πολυπληθές είναι στη λιμνοθάλασσα Αντινιώτη (150 την ημέρα το 2016) σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία που έχουμε μετά από άμεση επικοινωνία με τους τοπικούς αλιείς στο νησί, στις Αλυκές Λευκίμμης καθώς και στις λιμνοθάλασσες Κορισσίων και Χαλκιοπούλου. Ο πληθυσμός τους ακόμη δεν είναι υπολογίσιμος σύμφωνα με το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης.



Σχήμα 3: Παρουσία του C. Sapidus στις ακτές του Ιονίου αρχές του 2015. Τα τετράγωνα και τα τρίγωνα υποδεικνύουν τα μεγάλα και τα μικρότερα λιμάνια, αντίστοιχα. Τα οικοσυστήματα επισημαίνονται με μαύρο χρώμα και ακολουθούν την αρίθμιση του Πίνακα 1 (Περδικάρης και Κωνσταντινίδης και Γκούβα και Εργολάβου και Ναθαναηλίδης και Πάσχος 2015). [πρόσβαση 10/01/20]

Στην Κέρκυρα δυστυχώς δεν έχει γίνει έως σήμερα η απαραίτητη παρακολούθηση τους, με σταθμούς δειγματοληψίας μέσα στη θαλάσσια περιοχή, είτε τυχόν καταδύσεις που θα μας έδιναν τον συνολικό αριθμό τους, προκειμένου να έχουμε ακριβή στοιχεία για να γνωρίζουμε με βεβαιότητα πόσο έχει αυξηθεί ο πληθυσμός τους έως σήμερα.

Περίφ. Ενότητα	Οικοσύστημα	Αφθονία	Εκτιμώμενη χρονολογία πρώτης εμφάνισης
Κέρκυρα	1) Λ/Θ Αντινιότη	++	Τέλος δεκαετίας 2000 (Karachle, 2013; από Bilecenoglu et al., 2013)
	2) Λ/Θ Χαλκιοπούλου	++	Τέλος δεκαετίας 2000
Θεσπρωτία	3) Λ/Θ Βόντα/ Εκβολές Ποταμού Καλαμά	++	Τέλος δεκαετίας 1990 (Perdikaris et al., 2012; από Thessalou-Legaki et al., 2012)
	4,5) Λ/Θ Ρηχό, Βατάτσα	+	Τέλος δεκαετίας 2000
	6) Κόλπος Ηγουμενίτσας	+/++	Τέλος δεκαετίας 2000
Πρέβεζα/ Άρτα	7-9) Λ/Θ Λογαρού, Τσουκαλιό, Ροδιά	+	Αρχές δεκαετίας 2000
Λευκάδα	10) Λ/Θ Λευκάδας και παρακείμενες ακτές	+	Δεκαετία 2000
Αιτ/νία	11) Λ/Θ Μπούκα/ Εκβολές Ποταμού Αχελώου	+	Αρχές δεκαετίας 2000
	12) Λ/Θ Θολή και σποραδικά σε Λ/Θ του συμπλέγματος Μεσολογγίου	+	Αρχές δεκαετίας 2000
Αχαΐα	13) Λ/Θ Πάππα	+	Άγνωστη
Ηλεία	14) Λ/Θ Κοτυχίου	+++	Τέλος δεκαετίας 1990
Μεσσηνία	15) Εκβολές Ποταμού Πάμισου	+	Δεκαετία 2010; (Kapiris et al., 2011; από Eleftheriou et al., 2011)

Πίνακας 1: Εμφάνιση, αφθονία και εκτιμώμενη χρονολογία πρώτης εμφάνισης του *C. sapidus* στο Ιόνιο, όπως παρουσιάστηκε στο 11ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας. Η χαμηλή, μέτρια και υψηλή αφθονία υποδεικνύονται με +, ++ και +++, αντίστοιχα. (Περδικάρης και Κωνσταντινίδης και Γκούβα και Εργολάβου και Ναθαναηλίδης και Πάσχος 2015). [πρόσβαση 10/01/20]

Προκαλούν καταστροφή διχτυών των αλιέων και σοβαρές μειώσεις σε πολλούς άλλους πληθυσμούς και όπως προκύπτει διαδραματίζουν βασικό ρόλο στη διαχείριση των πληθυσμών από τους οποίους τρέφονται με αποτέλεσμα ευρείες αρνητικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα.

Σύμφωνα με τα λεγόμενα των αλιέων το φαινόμενο αυτό έχει αρχίσει να επιδεινώνεται, γιατί πολλαπλασιάζεται ο πληθυσμός τους και θεωρούν ότι πρέπει να γίνουν άμεσες ενέργειες για την αντιμετώπισή τους, καθώς συνιστούν μεγάλη

απειλή τόσο για τους θαλάσσιους οργανισμούς, όσο και για τους ίδιους με τις ζημιές που προκαλούν.

Οι τρόποι αντιμετώπισης που προτείνονται είναι εντατική αλιεία ιδιαίτερα των θηλυκών ατόμων κατά την αναπαραγωγική περίοδο, συστηματική καταγραφή των νέων θέσεων παρουσίας του και παροχή κινήτρων στους αλιείς για αύξηση της αλιευτικής πίεσης. Τέλος επιβάλλεται η εκπόνηση ενός ολοκληρωμένου διαχειριστικού σχεδίου σε επίπεδο Περιφέρειας για τον έλεγχο και την αντιμετώπιση του φαινομένου .

Οι θάλασσες της Κέρκυρας έχουν γεμίσει με τα μπλε καβούρια, ένα είδος που αποτελεί εξαιρετικό μεζέ για τον άνθρωπο, είναι όμως επιθετικό για τη θαλάσσια ζωή και κατατρώει ότι βρει μπροστά του. Μεγάλος πληθυσμός μπλε καβουριών παρατηρήθηκε μέσα στη λιμνοθάλασσα Αντινιώτη και στις παραθαλάσσιες ακτές των Αλυκών της Λευκίμμης.

Μάλιστα στην λιμνοθάλασσα Αντινιώτη το καλοκαίρι του 2016 μετρήθηκαν γύρω στα 150 την ημέρα στις παγίδες των ψαριών, όπως προανέφερα κατά τα λεγόμενα των τοπικών αλιέων. Συγκεντρωτικά στοιχεία για την αφθονία του είδους στις λιμνοθάλασσες της Κέρκυρας παρουσιάζουμε στον Πίνακα 2. Τα στοιχεία προέκυψαν μετά από άμεση επικοινωνία με τους αλιείς.

Λιμνοθάλασσα	**Πληθυσμιακή δομή**	**Εκτιμώμενο έτος εμφάνισης**
Αντινιώτη	Μέτρια αφθονία	2000
Αλυκές Λευκίμμης	Υψηλή αφθονία	2000
Κορισσίων	Μέτρια αφθονία	2000
Χαλκιοπούλου	Υψηλή αφθονία	2000

Πίνακας 2: Ο παραπάνω πίνακας συντάχθηκε σύμφωνα με στοιχεία που προέκυψαν μετά από προσωπική επικοινωνία με τοπικούς αλιείς στο νησί της Κέρκυρας για την χρονική περίοδο 2015-2020.

Ακριβώς επειδή γνώριζαν την ύπαρξή τους και στις εκβολές του Καλαμά, γεγονός που σημαίνει ότι όλο το στενό της Κέρκυρας είναι όμηρος των μπλε καβουριών, μετέφεραν την ανησυχία τους αλλά και την έκπληξή τους και στους αλιείς των απέναντι ακτών για τη μεγάλη αύξησή τους και τις αρνητικές επιπτώσεις τους, τις οποίες αρχικά δεν μπορούσαν να φανταστούν. Ίσως ένα διαχειριστικό σχέδιο θα μπορούσε να έχει καλύτερα αποτελέσματα, αν γινόταν σε συνεργασία με την περιφέρεια Ηπείρου.

Ο κυρίαρχος αυτός θηρευτής εμφανίζει σημαντικές διακυμάνσεις μεταξύ των εποχών. Μεγαλύτερα σε μέγεθος καβούρια αλιεύτηκαν το φθινόπωρο και την άνοιξη. Υπάρχουν σημαντικές εποχικές μεταβολές με κορύφωση της αφθονίας τη θερμή περίοδο, γεγονός που έχει αναφερθεί και από άλλους πληθυσμούς του είδους στον Ατλαντικό. Φαίνεται ότι μεταναστεύει σε μεγαλύτερα βάθη και αυτό ερμηνεύει τη σημαντική ελάττωση του πληθυσμού το χειμώνα.

Τα θηλυκά καβούρια μετακινούνται σε περιοχές χαμηλής αλατότητας για τη σύζευξη και μεγαλύτερης αλατότητας για την ωοαπόθεση. Η αναπαραγωγή τους γίνεται κατά την περίοδο της άνοιξης μέχρι το καλοκαίρι με πιθανή κορύφωση το Μάιο, όπου εντοπίζεται το υψηλότερο ποσοστό παρουσίας ωοφόρων θηλυκών. Τα παραπάνω στοιχεία συμφωνούν με αντίστοιχες έρευνες στον Ατλαντικό.

Τα αίτια που προκαλούν τις πληθυσμιακές εκρήξεις είναι διάφορα. Αρχικά είναι ευρύαλο και ευρύθερμο και είναι σε θέση να αξιοποιεί μεταβατικά συστήματα για την εξάπλωσή του, ποτάμια και παράκτιες περιοχές με βάθη έως και 90m.

Ακόμη ένας σημαντικός παράγοντας είναι το υψηλό αναπαραγωγικό δυναμικό και η γεννητική ωρίμανση σε μικρή ηλικία. Επιπλέον η πολυτροφικότητα και η ταχεία σωματική αύξηση σε συνδυασμό με την απουσία σημαντικών θηρευτών το καθιστά ως ένα ξενικό είδος με μεγάλη δυναμική εξάπλωσης.

Το μεγάλο μέγεθος, ο σκληρός εξωσκελετός με άκανθες και ισχυρές λαβίδες του δίνουν το πλεονέκτημα να υπερέχει έναντι των υπολοίπων, να εξαπλώνεται, να απειλεί και να προκαλεί καταστροφές τεμαχίζοντας τα δίχτυα των παράκτιων ψαράδων προκειμένου να καταναλώσει ψάρια ή μύδια. Εκτός από αυτά είναι υπεύθυνο για την μείωση των ποσοτήτων που αλιεύουν οι τοπικοί αλιείς και συγκεκριμένα όσον αφορά τις γαρίδες, τα λαβράκια και τις μουρμούρες.

Ακριβή στοιχεία που να προκύπτουν από σταθμούς δειγματοληψίας δεν υπάρχουν, αλλά ούτε και από καταδύσεις. Η καταγραφή του πληθυσμού τους σήμερα δεν έχει γίνει. Τα μόνα στοιχεία απορρέουν από τους αλιείς στο νησί, οι οποίοι όμως δεν γνωρίζουν τους τρόπους με τους οποίους ο πληθυσμός των μπλε καβουριών διαχέεται στις υπόλοιπες θάλασσες.

Οι περισσότεροι αναφέρονται στο δημοτικό ιχθυοτροφείο Αντινιώτη, από το οποίο αλιεύονται τα είδη και εμπορεύονται στη Λαϊκή Αγορά της Κέρκυρας. Εικάζουν με βάση την ικανότητα του δεινού κολυμβητή που τα χαρακτηρίζει και σύμφωνα με το αναπαραγωγικό τους σύστημα ότι γρήγορα θα έχουν εξαπλωθεί. Έχουν διαχυθεί από τη λιμνοθάλασσα Αντινιώτη, όπου και βρέθηκαν αρχικά, σε ολόκληρο το νησί από το 2000 έως τις μέρες μας.

Επομένως είναι επιβεβλημένη η μελέτη και καταγραφή του όμορφου αυτού και ενδιαφέροντος ξενικού είδους στην Κέρκυρα. Μέσω της επεξεργασίας των στοιχείων που θα προκύψουν θα είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε τον πληθυσμό τους σε όλο το νησί, να κάνουμε ακριβή πρόβλεψη τόσο για την εξάπλωσή τους όσο και για το μέλλον τους και φυσικά να μπορέσουμε να λάβουμε τα κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπισή τους.

Η μελέτη πρέπει να γίνει σε συνεργασία με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, δηλαδή το Πανεπιστήμιο, την Περιφέρεια και την Διεύθυνση Αλιείας, γιατί ο καθένας θα προσθέσει την τεχνογνωσία του στο τελικό αποτέλεσμα. Χρειάζεται η συμμετοχή όλων όσων σχετίζονται με τα θαλάσσια οικοσυστήματα, τόσο σε πρακτικό επίπεδο όσο και ως επιβλέποντες μηχανισμοί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΜΠΛΕ ΚΑΒΟΥΡΙΟΥ

Το καβούρι αυτό είναι ένα από τα πιο επιτυχημένα αλλόχθονα δεκάποδα καρκινοειδή ως προς τον βαθμό εγκλιματισμού, εγκατάστασης, εξάπλωσης αλλά και διαχρονικής παρουσίας του στις Ελληνικές θάλασσες (Kevrekidis 2010). Η πρώτη αναφορά για την παρουσία του είδους αυτού στα ελληνικά νερά προέρχεται το 1947-1948 (Serbetis 1959), αλλά ο Nehring (2011) υποστήριξε ότι το είδος αυτό υπήρχε από τις αρχές του 1935 στο Κόλπο της Θεσσαλονίκης.

Το μήκος του κεφαλοθώρακα του Callinectes sapidus κυμαίνεται σε μεγάλο εύρος τιμών (2-117 mm). Στο μεγαλύτερο μέρος των καβουριών, αυτό κυμαίνεται από 5-11 mm. Είναι ασπόνδυλο καρκινοειδές παμφάγο με μέση διάρκεια ζωής ένα με τρία χρόνια. Το μέγεθός του είναι ως 4 ίντσες μήκος και 9 ίντσες πλάτος. Το μέγιστο βάρος του κυμαίνεται από 1-2 κιλά. Η σημασία της εμπορικής και της ερασιτεχνικής αλιείας του μπλε καβουριού στον Ατλαντικό Ωκεανό και στις ακτές του κόλπου του Μεξικού αντανακλάται στο μεγάλο βαθμό της βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας που έχει διεξαχθεί τόσο στο παρελθόν όσο και στο παρόν καθώς και στη βιβλιογραφία που αφορά το είδος.

Συστηματική Ταξινόμηση	
Βασίλειο	Ζώα (Animalia)
Συνομοταξία	Αρθρόποδα (Arthropoda)
Υποσυνομοταξία	Καρκινοειδή (Crustacea)
Ομοταξία	Μαλακόστρακα (Malacostraca)
Τάξη	Δεκάποδα (Decapoda)
Υπόταξη	Κολυμβητικά (Pleocyemata)
Ανθυπόταξη	Βραχύουρα (Brachyoura)

Πίνακας 3: Ταξινόμηση του μπλε καβουριού σύμφωνα με τα κριτήρια του Σουηδού φυσιοδίφη Λινναίου (Linnaeus 1758).

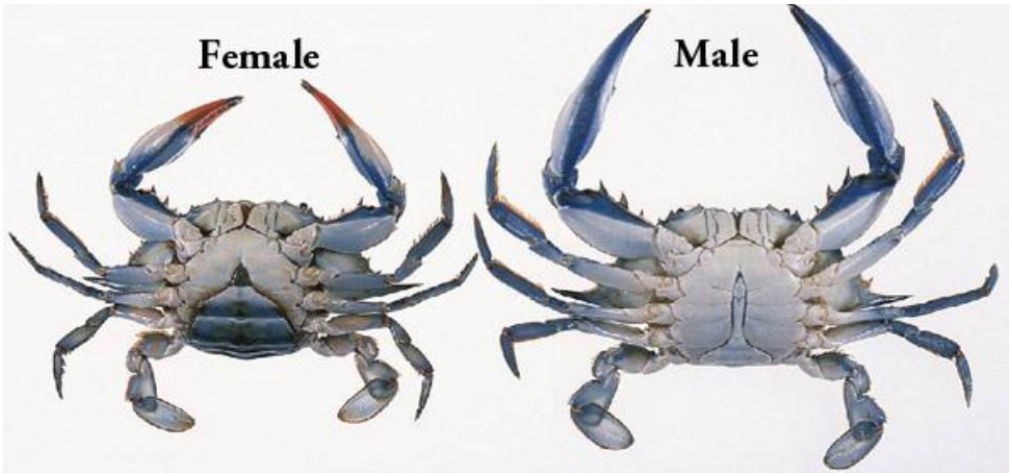
Αρχικά όσον αφορά την ταξινόμηση του είδους ο κάβουρας είναι καρκινοειδές μαλακόστρακο της τάξης των Δεκαπόδων και της υποτάξεως των βραχύουρων, τα οποία έχουν τυπικά κοντή (βραχεία) ουρά, εξ ου και το όνομα της υποτάξεως. Ανήκει στην οικογένεια Καρκινίδες και ζει κυρίως στη θάλασσα. Η πλήρης ταξινόμηση του μπλε καβουριού, σύμφωνα με τα κριτήρια ταξινόμησης του Σουηδού φυσιοδίφη Λινναίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Το σώμα του καλύπτεται γενικά από έναν σκληρό αγκαθωτό εξωσκελετό (με σχήμα πολυγωνικό

ή στρογγυλό) και είναι εξοπλισμένο με ένα ζευγάρι δαγκάνες. Είναι γνωστά 6.793 είδη. Απαντώνται σε όλους τους ωκεανούς του κόσμου.

Όλα τα θαλασσινά είδη είναι βαθύβια, ζουν δηλαδή σε βυθούς, ανάλογα και με το είδος τους. Επιπρόσθετα, υπάρχουν και κάβουρες που ζουν στην ξηρά, ιδίως σε τροπικές περιοχές. Το μέγεθός τους διαφέρει, από τον κάβουρα-μπιζέλι, του οποίου το πλάτος είναι σε χιλιοστά, ως τον κάβουρα-αράχνη της Ιαπωνίας, ο οποίος έχει μήκος μέχρι 4 μέτρα με τα πόδια ανοικτά. Μερικά είδη κολυμπούν καλά.

Τα γαλάζια καβούρια μεγαλώνουν γρήγορα και μπορούν να φτάσουν σε μέγεθος 5 ιντσών σε μόλις επτά έως οκτώ μήνες, όπου ρίχνουν το εξωτερικό κέλυφος τους και σχηματίζουν ένα νέο μαλακό. Πριν το νέο κέλυφος τους σκληρύνει, ονομάζονται καβούρια μαλακών κελυφών.

Μπορούν να μεγαλώσουν μέχρι 11 ίντσες. Τα αρσενικά γίνονται μεγαλύτερα από τα θηλυκά. Ένα ώριμο (ενήλικο) αρσενικό έχει ένα μακρύ, στενό, ανεστραμμένο τύπου Τ σχήμα κάτω από την κοιλιά και νύχια με μπλε άκρη. Ένα θηλυκό που βρίσκεται στην εφηβεία έχει σχήμα τριγωνικό κάτω από την κοιλιά και νύχια με κόκκινες άκρες, ενώ το ώριμο ενήλικο θηλυκό έχει σχήμα ανεστραμμένο τύπου U και κόκκινες δαγκάνες.



Σχήμα 4: Αρσενικό και θηλυκό μπλε καβούρι. Οι εμφανείς διαφορές αφορούν το μέγεθος, το χρώμα στην άκρη των δαγκάνων και το σχήμα κάτω από την κοιλιά.
[https://sursumcorda.salemsattic.com/archives/2011/07/30/how-to-tell-a-male-blue-crab-from-a-female-american-political-edition] [πρόσβαση στις 12/01/20]

Το περπάτημά του κάβουρα γίνεται πλαγίως προς τη μία ή την άλλη του πλευρά, πάνω σε βράχους ή μέσα σε τρύπες και σχισμές τους, σε πέτρες και σε αμμουδιές, μέσα και έξω από το νερό. Το δεκάποδο αυτό έχει κοιλιακό τμήμα χωρίς πόδια, πολύ μικρό και χωμένο σε μία κοιλότητα στο κάτω μέρος του κεφαλοθώρακα.

Στο κεφάλι υπάρχουν κοντές κεραίες με αισθητήρια όργανα, στόμα και μάτια πάνω σε κινούμενους μίσχους. Έχουν δύο σιαγόνες πάνω και δύο κάτω. Τα πέντε ζευγάρια ποδιών που διαθέτουν είναι πολύ ανεπτυγμένα και στο πρώτο ζευγάρι ποδιών έχουν στην άκρη λαβίδες. Στα άλλα τέσσερα διαθέτουν «νύχια», τα οποία γαμψά.

Στα περισσότερα δεκάποδα τα σεξουαλικά όργανα υπάρχουν στα πόδια, σε αντίθεση με τα καβούρια. Ζώα γονοχωριστικά, τα καβούρια ζευγαρώνουν όταν αλλάξει όστρακο το θηλυκό. Το τελευταίο γεννά εκατομμύρια αυγά. Τα θηλυκά σε πολλά είδη μεταφέρουν τα ίδια τα αυγά τους συγκρατημένα από τη διπλωμένη κοιλιά τους και με το πλάγιο μέρος της.

Τα μικρά που βγαίνουν από τα αυγά περνούν δύο μεταβατικά στάδια (αρχικά προνύμφες, που επιπλέουν στο νερό) μέχρι να γίνουν τέλεια ζώα. Αυτό γίνεται με συνεχή αλλαγή κελύφους (διαδοχικές εκδύσεις) σε διάστημα δύο μηνών. Όταν ενηλικιωθούν, κατεβαίνουν οριστικά στον βυθό.

Το κρέας του μπλε καβουριού έχει ήπια, γλυκιά γεύση και είναι μεγάλης θρεπτικής αξίας, με μόλις 80 θερμίδες ανά 100 γραμμάρια, οι ειδικοί όμως συνιστούν στους καταναλωτές να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί όταν τα αγοράζουν. Πρέπει να είναι ζωντανά και να κουνούν έστω και λίγο τα άκρα τους, ενώ δεν επιτρέπεται να μπουν αμέσως στην κατάψυξη, καθώς οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες θα τα σκοτώσουν.

Είναι τροφή πλούσια σε πρωτεΐνες και αμινοξέα, χωρίς καθόλου υδατάνθρακες, με χαμηλή συγκέντρωση σε υδράργυρο - ένα από τα μεγάλα προβλήματα που αφορούν στην κατανάλωση των θαλασσινών, μιας και ο υδράργυρος είναι τοξικό μέταλλο και δεν πρέπει να εισέρχεται με την τροφή στον ανθρώπινο οργανισμό.

Είναι επίσης πλούσιο σε ω-3 λιπαρά οξέα, που βοηθούν στην καλή λειτουργία της καρδιάς, σε νιασίνη, φολικό οξύ, βιταμίνη Β-12) και βιταμίνη Α και C, ενώ αποτελεί μια καλή πηγή σε ψευδάργυρο, σίδηρο, σελήνιο (ισχυρό αντιοξειδωτικό), νάτριο, κάλιο, φώσφορο και ασβέστιο.

Οι παράμετροι προσομοίωσης του Callinectes είναι αρκετοί και σημαντικοί για την εξέλιξη, εξάπλωση, αύξηση και διάχυση του είδους. Συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά που πρέπει να τοποθετήσουμε για να εξάγουμε τα συμπεράσματά μας είναι τα ακόλουθα.

Το μήκος κεφαλοθώρακα (ΜΚ), το πλάτος κεφαλοθώρακα (ΠΚ), το βάθος, η περιοχή της αναπαραγωγής, η απόσταση, το βάρος, η αλατότητα, η θερμοκρασία, η εποχικότητα, η αλιευσιμότητα, η κινητικότητα ,ο αριθμός των ατόμων, η αναλογία του φύλου, η μετανάστευση ενός μόνο φύλου, ο αριθμός των ωοφόρων θηλυκών, η πληθυσμιακή δομή-αφθονία, το οξυγόνο του οικοσυστήματος, η διατροφή, η διάμετρος των αυγών, ο ρυθμός αύξησης , η ταχύτητα , η κατεύθυνση , η ποιότητα και σύνθεση του νερού και η ύπαρξη ή μη άλλων ανταγωνιστών-θηρευτών.

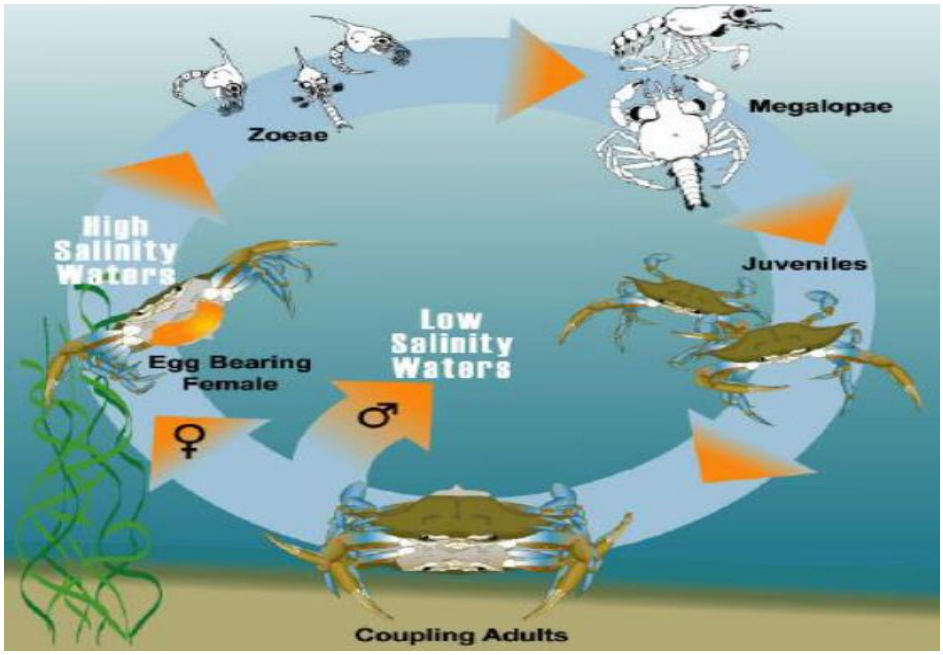
Τέλος δύο πολύ σημαντικοί παράμετροι που οφείλουμε να τους εισάγουμε είναι η συμπεριφορά του πληθυσμού του μπλε καβουριού εάν είναι επιθετική και σε τι βαθμό καθώς και η φυσιολογία της περιοχής εάν και πόσο ευνοϊκή είναι για την δυναμική της εξάπλωσής του στο χώρο. Ακόμη ένας βασικός παράγοντας είναι η επιλογή του ενδιαιτήματος για να κατανοήσουμε εις βάθος τη λειτουργία του πληθυσμού του.

Αφού εισάγουμε όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά, που αντιστοιχούν με τις φυσικές ιδιότητες και προσθέσουμε και τους κανόνες , απαραίτητοι για τον καθορισμό της εξέλιξης της προσομοίωσης, μεταβαίνουμε στα αποτελέσματα όπου και βλέπουμε την εξέλιξη του οργανισμού στο χώρο και το χρόνο. Τέλος τα αποτελέσματα μπορούν να αποθηκευτούν για όποιο χαρακτηριστικό επιλεγεί προς τυχόν μελλοντική χρήση.

Ένας χρήσιμος παράγοντας είναι τα βιολογικά στοιχεία του. Το μπλε καβούρι έχει βαθύ πράσινο χρώμα και πέντε ζεύγη ποδιών ανοιχτού μπλε χρώματος. Μόνο το πρώτο ζεύγος έχει δαγκάνες, οι οποίες είναι διαφόρων αποχρώσεων του μπλε και τα άλλα τρία ζεύγη είναι πόδια. Το τελευταίο ζευγάρι ,το πέμπτο αποτελεί το κολυμβητικό μέρος του, το οποίο λειτουργεί ως κουπιά, που το καθιστούν εξαιρετικό κολυμβητή με ευελιξία και ταχύτητα.

Είναι ενεργός κολυμβητής και αυτό είναι το δυνατό σημείο του. Επίσης είναι καθηλωτικό με την ακτινοβολία που εκπέμπει και εντυπωσιακό με τις μπλε δαγκάνες του και το καφέ χρώμα της ελιάς που έχει στο καβούκι του. Το κέλυφος, που είναι πρασινωπό στην κορυφή και είναι άσπρος λευκός κάτω, έχει μήκος περίπου 7,5 εκατοστά (3 ίντσες) και πλάτος 15 έως 18 εκατοστά. Τα πόδια του είναι μπλε. Μια ξεχωριστή, μεγάλη, απότομη σπονδυλική στήλη προβάλλει από κάθε πλευρά. Το πέμπτο ζευγάρι των ποδιών είναι πεπλατυσμένο για κολύμπι.

Στην εικόνα 5 παρουσιάζεται ο κύκλος ζωής του μπλε καβουριού όπου αρχίζει από ζωίδιο και σταδιακά εξελίσσεται σε μεγαλόπη, νεαρό και ενήλικο. Απεικονίζεται ξεκάθαρα το σημείο διαχωρισμού αρσενικών και θηλυκών μελών ανάλογα με την αλατότητα του νερού. Τα αρσενικά μετά την ενηλικίωση και την γονιμοποίηση των θηλυκών, προτιμούν νερά με χαμηλή αλατότητα, ενώ τα θηλυκά προτιμούν θαλάσσιες περιοχές με υψηλή αλατότητα.



Σχήμα 5: Ο κύκλος ζωής του μπλε καβουριού.

[https://hjort.cbl.umces.edu/crabs/docs/Chenery_02.pdf] [πρόσβαση 1/01/20]

Φέρει την ονομασία του από το χαρακτηριστικό κυανού χρώματος του σώματός του και προέρχεται από τις ακτές του δυτικού Ατλαντικού. Τα αρσενικά έχουν μεγαλύτερες δαγκάνες από τα θηλυκά. Διαχειμάζει μέσα στη λάσπη κατά προτίμηση στη θάλασσα και το θηλυκό γονιμοποιείται μία φορά στη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του. Γεννά περίπου 2 εκατ. αβγά , τα οποία εκκολάπτονται για 15 μέρες, αλλά επιβιώνει μόλις 1/500.000 αβγά.

Τα αρσενικά «σεργιανίζουν» στις λιμνοθάλασσες και τα θηλυκά στη θάλασσα. Έτσι εξηγείται το ότι τα θηλυκά μετακινούνται σε περιοχές χαμηλής αλατότητας για να ζευγαρώσουν και σε περιοχές μεγαλύτερης αλατότητας (πιο βαθιά στη θάλασσα) για την ωοαπόθεση.

Το καλοκαίρι αλιεύεται σε μεγάλες ποσότητες, τον χειμώνα φαίνεται πως μεταναστεύει σε μεγαλύτερα βάθη και αυτό ερμηνεύει τη σημαντική ελάττωση του πληθυσμού. Το μπλε καβούρι ζει στη Μεσόγειο και στο Αιγαίο τα τελευταίο 60 χρόνια. Τα τελευταία δέκα χρόνια έχει εδραιωθεί με πληθυσμούς στο βόρειο Αιγαίο και κατά περιόδους εμφανίζεται σε μεγάλους πληθυσμούς.

Η εμπορική του αξιοποίηση όμως δεν έχει καταστεί ακόμα εφικτή. Απειλεί το οικοσύστημα αφού τρέφεται από όλα τα έμβια ζώα. Ο κύκλος ζωής τους είναι τριετής

και η γονιμοποίηση γίνεται μια φορά. Η απόθεση των αυγών γίνεται 2-3 φορές στις αρχές της άνοιξης και στο τέλος του καλοκαιριού.

Ο σημαίνων παράγοντας για την εξέλιξη του είδους είναι ο μεταναστευτικός του κύκλος. Είναι γνωστό ότι το είδος κατά τη διάρκεια του σύνθετου κύκλου ζωής του επιδεικνύει συγκεκριμένες εποχικές και χωρικές μεταναστεύσεις με σκοπό τη σύζευξη και την αναπαραγωγή. Η συμπεριφορά του κατά την περίοδο των μετακινήσεων συνιστά ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Μετά την εκκόλαψη και ανάπτυξη των νυμφών των γαλάζιων καβουριών σε επίπεδα υψηλής αλατότητας μεταναστεύουν σε νερά χαμηλής αλατότητας αρχικά τα νεαρά στρώματα και των δύο φύλων. Τα πρώτα νεαρά στάδια τρέφονται με ρηχά νερά.

Τα θηλυκά συνηθίζουν να συγκεντρώνονται σε βαθειά τμήματα, ενώ τα αρσενικά γενικώς διαχειμάζουν σε χαμηλότερα αλατώδη ύδατα. Ειδικότερα την άνοιξη τα ανώριμα θηλυκά όταν φτάσει η εποχή που αλλάζουν τρίχωμα μεταναστεύουν σε χαμηλότερα αλατώδη ύδατα όπως είναι φυσικό για να αναζητήσουν ώριμα αρσενικά για το ζευγάρωμα. Αμέσως μετά, αφού ζευγαρώσουν, τα θηλυκά αρχίζουν τις μεταναστεύσεις πίσω σε νερά με υψηλότερη αλατότητα, τα οποία ευνοούν την ανάπτυξη των προνυμφών. Αυτό το μοντέλο μετανάστευσης είναι το ισχύον, το οποίο έχει παρατηρηθεί σε πολλές γεωγραφικές περιοχές στον Ατλαντικό Ωκεανό(Millikin και Williams 1984).

Επίσης το αναπαραγωγικό σύστημα του χρήζει συστηματική παρακολούθηση διότι είναι άμεσα συνυφασμένο με την ταχύτατη αύξηση και εξάπλωση του πληθυσμού του. Η περίοδος ζευγαρώματος του μπλε καβουριού συμβαίνει μεταξύ Μαΐου και Οκτωβρίου. Ένα αρσενικό θα ζευγαρώσει με το θηλυκό αφού ολοκληρώσει το τελικό στάδιο ωρίμανσης των ωαρίων της, και έχει ένα μαλακό κέλυφος. Στη συνέχεια το θηλυκό θα βάλει μέχρι δύο εκατομμύρια αυγά σε μια σπογγώδη μάζα περιμένοντας το χρόνο εκκόλαψης.

Η αναπαραγωγή του πραγματοποιείται σε περιοχές με σχετικά υψηλή αλατότητα. Τα αναπαραγωγικά όργανα των καβουριών, σε αντίθεση με τα περισσότερα δεκάποδα, δε βρίσκονται στα πόδια. Ζώα γονοχωριστικά, τα καβούρια ζευγαρώνουν όταν αλλάξει όστρακο το θηλυκό , τότε που βρίσκεται σε συνθήκες όπου ο εξωσκελετός του είναι μαλακός. Το τελευταίο γεννά εκατομμύρια αυγά.

Τα θηλυκά σε πολλά είδη μεταφέρουν τα ίδια τα αυγά τους συγκρατημένα από τη διπλωμένη κοιλία τους και με το πλάγιο μέρος της. Τα μικρά που βγαίνουν από τα αυγά περνούν δύο μεταβατικά στάδια (αρχικά προνύμφες, που επιπλέουν στο νερό) μέχρι να γίνουν τέλεια ζώα. Αυτό γίνεται με συνεχή αλλαγή κελύφους (διαδοχικές εκδύσεις) σε διάστημα δύο μηνών.

Όταν ενηλικιωθούν, κατεβαίνουν οριστικά στο βυθό. Τα αυγά στην αρχή είναι πορτοκαλί, μετά κόκκινα και στο τέλος έχουν δύο σκούρα σημεία. Κατά την

ωοτοκία, η κοιλιά του θηλυκού διογκώνεται με αυγά. Οι προνύμφες εκκολάπτονται δύο εβδομάδες μετά τη γονιμοποίηση και περνούν μέσω ενός αριθμού ζωικών ή πρώιμων προνυμφικών σταδίων πριν μεταμορφωθούν σε συμβατικές μορφές κάβουρας. Το αρσενικό εναποθέτει το σπέρμα του, μέσα στο αναπαραγωγικό σύστημα του θηλυκού, όπου αποθηκεύεται έως ότου τα αναπτυσσόμενα ωάρια είναι έτοιμα να γονιμοποιηθούν. Μετά από το ζευγάρωμα, τα θηλυκά μεταναστεύουν παράκτια για να ωοτοκήσουν.

Υπάρχει σχέση μεταξύ γονιμότητας και διαμέτρου των αυγών (Graham και Perry και Biesiot και Fulford 2012). Τα αυγά είναι 9,9 μεγαλύτερα σε διάμετρο κατά τη διάρκεια της άνοιξης από ό,τι το καλοκαίρι. Τα μεγαλύτερα καβούρια και αυγά μπορεί να σχετίζονται με υψηλή παραγωγικότητα, η οποία με τη σειρά της είναι συνυφασμένη με τη θρεπτικότητα του φαγητού που τρέφεται.

Το διαθέσιμο φαγητό και η κατάλληλη θερμοκρασία συνεισφέρουν στις κατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης. Μεγαλύτερη γονιμότητα παρατηρήθηκε την άνοιξη**.** Συνεπώς η εποχικότητα φαίνεται να παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην αναπαραγωγή, ζωή και ιστορία του μπλε καβουριού.

Επίσης έχουν βρεθεί εποχιακές διαφορές μεγέθους στα διάφορα στάδια της ζωής του sapidus. Τα θηλυκά την άνοιξη είναι μεγαλύτερα από τα θηλυκά το καλοκαίρι. Ακόμη βρέθηκε σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και το μέγεθος του θηλυκού που βρίσκεται σε στάδιο ωριμότητας. Επομένως τα μεγαλύτερα αυγά την άνοιξη ίσως να σχετίζονται με την ποιότητα και την ποσότητα από το διαθέσιμο φαγητό τους καθώς και από τη θερμοκρασία.

Το υψηλό παραγωγικό δυναμικό σε αυγά οφείλεται στα θρεπτικά συστατικά από την τροφή τους και μαζί με την κατάλληλη θερμοκρασία ευνοούν την ανάπτυξη. Η γονιμότητα αυξάνεται την άνοιξη όπως και η διάμετρος των αυγών. Τα μεγαλύτερα καβούρια την άνοιξη αποδεικνύουν ότι την εποχή αυτή έχουν την βέλτιστη ανάπτυξη.

Ο πληθυσμός του παρουσιάζει διακυμάνσεις που σχετίζονται με την σύζευξη, αναπαραγωγή και το μεταναστευτικό του κύκλο εν γένει. Έτσι υπάρχει μεγάλη αύξηση τον Ιούλιο και μείωση τον Μάρτιο. Παρατηρούνται τεράστιες ποσότητες κατά τους θερμούς μήνες ειδικότερα τον Ιούλιο και Αύγουστο. Παρατηρήθηκε πολυάριθμο με ενεργητική διασπορά γεγονός που συνιστά μια συστηματική παρακολούθηση των πληθυσμών του εν γένει στο πλαίσιο μιας ορθής διαχείρισης της ταχείας εξάπλωσης και μελλοντικής αντιμετώπισης της πληθυσμιακής πυκνότητας του.

Οι διακυμάνσεις στον πληθυσμό οφείλονται στον σύνθετο κύκλο ζωής του είδους, που περιλαμβάνει εποχικές και χωρικές μεταναστεύσεις με σκοπό την

αναπαραγωγή του. Το χειμώνα μεταναστεύουν σε μεγαλύτερα βάθη και επιστρέφουν στην παράκτια ζώνη και στις εκβολές των ποταμών την άνοιξη, ώστε να αναπαραχθούν και ο μεγαλύτερος αριθμός τους αλιεύεται το καλοκαίρι. Παράλληλα, οι αρχικά εγκατεστημένοι πληθυσμοί (και άτομα σε νέες θέσεις απελευθέρωσης) τροφοδοτούν την ενεργητική διασπορά σε νέες περιοχές, καθώς η δυνατότητα μετακίνησης ατόμων κατά τη διάρκεια του αναπτυξιακού τους κύκλου εκτείνεται χωρικά έως και 100 km.

Μία σημαντική παράμετρος είναι η διατροφή, που με τη σειρά της οδηγεί στην γονιμότητα, αύξηση παραγωγικότητας σε αυγά και αναπαραγωγή. Τα καβούρια είναι παμφάγα ζώα. Η αναζήτηση της τροφής γίνεται συνήθως τη νύχτα και την ημέρα κρύβονται. Πολλά είδη τρέφονται αποκλειστικά με φύκια, ενώ άλλα τρώνε μαλάκια, σκουλήκια, άλλα αρθρόποδα, βακτήρια, μύκητες και αυγά μικρών ζώων. Με τις λαβίδες τους τεμαχίζουν την τροφή και ύστερα τη φέρνουν στο στόμα. είναι σαρωτές, τρέφονται με τα νεκρά ζώα.

Το μπλε καβούρι είναι πολυτροφικό (Millikin και Williams 1984), γεγονός που συμβάλλει στην ταχεία ανάπτυξη, γονιμότητα, αναπαραγωγή και αύξηση του πληθυσμού του. Το απαραίτητο ασβέστιο που παίρνει από το νερό βοηθάει στη γρήγορη γεννητική του ωρίμανση, ενώ τα θρεπτικά συστατικά που του παρέχουν τα ιδανικά νερά με άφθονο φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν συμβάλλουν στην ταχεία ανάπτυξη και δυνάμωση του σκελετού του.

Τέλος η συμπεριφορά του πληθυσμού του σε συνδυασμό με τη φυσιολογία της κάθε περιοχής είναι πολύ χρήσιμη παράμετρος για την εξάπλωση, δυναμική και διάχυσή του στο θαλάσσιο χώρο. Είναι γνωστό ότι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε ιθαγενούς βιοκοινωνίας διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά των ξενικών ειδών. Πρόσφατες έρευνες φανερώνουν ότι τα ξενικά είδη συνήθως εξαπλώνονται ευκολότερα και εμφανίζουν επιθετική συμπεριφορά εισβολέα σε περιβάλλοντα τα οποία είναι ήδη υποβαθμισμένα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Χαρακτηριστική τέτοια περίπτωση αποτελούν τα λιμάνια και οι μαρίνες, όπου ποικίλα ανθεκτικά ξενικά είδη εκμεταλλευόμενα την αστάθεια του οικοσυστήματος και την απουσία ικανότερων ανταγωνιστών, εγκαθίστανται ευκολότερα και παρουσιάζουν εντυπωσιακές πληθυσμιακές εξάρσεις. Κάποια από αυτά συμπεριφέρονται ενίοτε ως «είδη-εισβολείς» (invasive alien species) (Τσιάμης 2016), δηλαδή μονοπωλούν μια βιοκοινωνία διαταράσσοντας το ιθαγενές οικοσύστημα, εξαπλώνονται με ταχύ ρυθμό, εκτοπίζουν τα ιθαγενή είδη, διαταράσσουν τη φυσική ισορροπία του οικοσυστήματος, ενώ μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις σε κάποιες ανθρώπινες δραστηριότητες (π.χ. αλιεία, υδατοκαλλιέργειες, τουρισμός, δημόσια υγεία).

Ένα τυπικό τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το ξενικό μπλε καβούρι , το οποίο μπορεί να εκτοπίσει τα ιθαγενή είδη και να προκαλέσει εκτεταμένα προβλήματα στα αλιευτικά Ομοίως, σε υπεραλιευμένες περιοχές τα ξενικά ψάρια χάρη στην απουσία ανταγωνιστικών ψαριών και θηρευτών αυξάνουν τους πληθυσμούς τους ανεξέλεγκτα με απρόοπτες επιπτώσεις, όπως είναι η περίπτωση του μπλε καβουριού.

Συνεπώς, η θέρμανση των νερών της Μεσογείου σχετίζεται με την επιτυχία που επιδεικνύουν τα ξενικά θερμόφιλα είδη σε ό,τι αφορά την προσαρμοστικότητά τους στο νέο περιβάλλον, την ταχεία εξάπλωσή τους και, ενίοτε, την επιθετική και ανταγωνιστική τους συμπεριφορά ενάντια στα ιθαγενή είδη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ LORES

Μία πολύ χρήσιμη εφαρμογή σε ένα μεγάλο εύρος επιστημών είναι η διενέργεια προσομοιώσεων με σκοπό την πρόβλεψη διάφορων φαινομένων και την λήψη κατάλληλων μέτρων για την αντιμετώπιση τους. Το πιο κλασικό ίσως παράδειγμα αποτελούν οι προσομοιώσεις για την πρόβλεψη του καιρού. Όλες αυτές οι προσομοιώσεις βασίζονται σε υπολογιστικά προγράμματα που αναπτύσσονται με την χρήση αλγορίθμων, συνεπώς για την ανάπτυξή τους απαιτείται πολύ καλή γνώση προγραμματισμού και πληροφορικής.

Ένας πολύ ενδιαφέρων χώρος για προσομοιώσεις είναι τα περιβαλλοντικά θέματα, μιας και είναι πολύ χρήσιμο να γνωρίζουμε τον τρόπο εξάπλωσης ενός ρύπου στο νερό ή την ατμόσφαιρα ή τον τρόπο που μεταναστεύουν τα αποδημητικά πουλιά. Όσο αφορά την δική μας μελέτη, που αναφέρεται στον πολλαπλασιασμό και την εξάπλωση του μπλε καβουριού στην Μεσόγειο, απαιτείται ένα πρόγραμμα που θα μπορεί να προβλέψει τον τρόπο με τον οποίο διάφοροι οργανισμοί μετακινούνται και πολλαπλασιάζονται σε ένα υδάτινο οικοσύστημα, κάτω από διάφορες αρχικές συνθήκες.

Οι περιβαλλοντικές προσομοιώσεις περιλαμβάνουν τη χρήση μαθηματικών μοντέλων για την αναπαράσταση και μελέτη περιβαλλοντικών συστημάτων, με σκοπό την εξαγωγή και την ανάλυση χρήσιμων συμπερασμάτων σχετικά με την εξέλιξη του περιβάλλοντος, όταν αυτό υπόκειται σε ορισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Εκμεταλλευόμενοι την υπολογιστική ισχύ των σύγχρονων συστημάτων, η ηλεκτρονική προσομοίωση μας προσφέρει τη δυνατότητα απεικόνισης της κατάστασης στην οποία μπορεί να βρίσκεται το περιβάλλον μετά από χρόνια ή δεκαετίες, μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα που είναι ο χρόνος διάρκειας της προσομοίωσης.

Ένα πρόγραμμα κατάλληλο για την δική μας έρευνα είναι το σύστημα LORES (είναι το αρκτικόλεξο από τις λέξεις Life Organism Expansion Simulator), που δίνει στους χρήστες τη δυνατότητα δημιουργίας και επεξεργασίας πειραμάτων που προσομοιώνουν την ανάπτυξη και εξάπλωση ζωντανών οργανισμών σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον. Εικονικά, το σύστημα LORES μπορεί να λειτουργήσει ως ένα πραγματικό μοντέλο πρόβλεψης της διασποράς θαλάσσιων οργανισμών, καθώς

διενεργούνται μετρήσεις και δημιουργούνται σχέδια εξάπλωσης των οργανισμών. Στο σύστημα εισάγουμε διάφορα χαρακτηριστικά δεδομένα που λέγονται τιμές εισόδου των παραμέτρων (π.χ. πλήθος οργανισμών, θερμοκρασία, αλατότητα) με σκοπό την διενέργεια πειραμάτων εξάπλωσης οργανισμών. Στην συνέχεια αφήνουμε το σύστημα να εξελιχτεί χρονικά με κάποιο χρονικό βήμα και παίρνουμε την εικόνα εξάπλωσης του οργανισμού σε διαδοχικές μονάδες χρόνου.

Το σύστημα αυτό βασίστηκε στα υβριδικά αυτόματα και μπορεί γενικά να δημιουργήσει την βάση για την δημιουργία και την διενέργεια περιβαλλοντολογικών πειραμάτων και προσομοιώσεων (environmental simulations).

Ο σκοπός της λειτουργίας του είναι η πρόβλεψη της διανομής του πληθυσμού ενός έμβιου είδους σε ένα συγκεκριμένο τόπο (predictive habitat distribution modelling). Το περιβάλλον σε αυτά τα μοντέλα συνήθως περιγράφεται από κλιματικά δεδομένα (όπως η θερμοκρασία και η βροχόπτωση) ή και με τη χρήση διαφόρων τοπολογικών παραμέτρων, όπως ο τύπος του εδάφους, το βάθος του νερού κ.λ.π. Ο βαθμός στον οποίο η προσομοίωση αντικατοπτρίζει τις πραγματικές συνθήκες (βαθμός ρεαλιστικότητας) εξαρτάται κυρίως από δύο παράγοντες.

Ο πρώτος παράγοντας είναι ο αριθμός των παραμέτρων που χρησιμοποιείται για να προβλεφθεί η εξάπλωση των διαφόρων οργανισμών σε ένα βιότοπο και ο δεύτερος είναι η ακρίβεια και η πολυπλοκότητα των μαθηματικών μοντέλων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό τους. Είναι προφανές πως όσο περισσότεροι είναι οι παράμετροι και όσο πολυπλοκότερο είναι το μοντέλο προσομοίωσης, τόσο ακριβέστερα θα είναι τα αποτελέσματα.

Η λειτουργία του LORES βασίζεται στα κυτταρικά αυτόματα απεικονίζοντας το περιβάλλον με διακριτούς χώρους που λέγονται κελιά. Στα κελιά μπορούν να περιέχονται διάφοροι οργανισμοί, καθένας από τους οποίους έχει ορισμένα ξεχωριστά χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθορίζουν τον τρόπο εξάπλωσης του οργανισμού, καθώς και τον τρόπο αλληλεπίδρασής του με άλλους οργανισμούς από το ίδιο ή διαφορετικό είδος, καθώς και τον τρόπο αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον.

Ο ουσιαστικός παράγοντας για τον καθορισμό της εξέλιξης της προσομοίωσης σε ένα πείραμα του συστήματος LORES είναι οι κανόνες με τους οποίους ένας οργανισμός μετακινείται στο πλέγμα. Σε κάθε χρονικό βήμα, για κάθε κελί του

πλέγματος και για κάθε οργανισμό που βρίσκεται σε αυτό το κελί, εφαρμόζεται ένα κατάλληλο σύνολο κανόνων και το αποτέλεσμα που παίρνουμε καθορίζει τις τιμές των αντίστοιχων χαρακτηριστικών. Για να δημιουργηθεί ένας κανόνας, θα πρέπει ο χρήστης να καθορίσει τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τα οποία αφορά η εφαρμογή του κανόνα.

Η αξιολόγηση και εφαρμογή του κανόνα έχει ως αποτέλεσμα μία αριθμητική τιμή, η οποία ορίζεται ως η τιμή του χαρακτηριστικού για το επόμενο χρονικό βήμα. Κατά συνέπεια, υπολογίζεται η τιμή των επιθυμητών χαρακτηριστικών σε κάθε χρονικό βήμα, και έτσι διαμορφώνεται ο τρόπος εξέλιξης και εξάπλωσης των οργανισμών κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Όπως κάθε πρόγραμμα, έτσι και το LORES, διαθέτει βάση δεδομένων για την καταγραφή των αποτελεσμάτων. Εκεί αποθηκεύονται τα δεδομένα από το σύνολο όλων των πειραμάτων που εκτελούνται από τους χρήστες μέσω της διαδικτυακής πλατφόρμας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι διάφοροι πίνακες που αποτελούν τη βάση δεδομένων, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο το σύστημα αλληλεπιδρά με αυτή για την αποθήκευση και την ανάκτηση δεδομένων.

Στο LORES, όπως και σε όλα τα κυτταρικά αυτόματα, το πέρασμα του χρόνου στο φυσικό περιβάλλον απεικονίζεται με διακριτά χρονικά βήματα (time steps). Σε κάθε βήμα, αξιολογείται και κρίνεται ένα σύνολο κανόνων για κάθε κελί. Το αποτέλεσμα των κανόνων αυτών εφαρμόζεται κάθε φορά στους αντίστοιχους οργανισμούς. Οι προκαθορισμένοι κανόνες χρησιμοποιούνται για την κατασκευή και προσομοίωση του μοντέλου εξάπλωσης των οργανισμών.

Ένα μειονέκτημα κάθε προγράμματος προσομοίωσης είναι η ύπαρξη ενός μέγιστου αριθμού βημάτων που μπορεί να διαρκέσει η προσομοίωση. Είναι βέβαια προφανές, πως όσο περισσότερα είναι τα βήματα της προσομοίωσης, τόσο επιφυλακτικοί είμαστε στα αποτελέσματα, καθώς το περιθώριο σφάλματος μεγαλώνει. Για το σύστημα LORES, ο μέγιστος αριθμός βημάτων προσομοίωσης φτάνει τα 1000.

Τα κελιά στα οποία χωρίζεται το περιβάλλον, είναι οργανωμένα σε ένα επίπεδο πλέγμα (grid) δύο διαστάσεων (στην ουσία είναι ένα καρτεσιανό επίπεδο), το μέγεθος του οποίου (πλάτος και μήκος) καθορίζεται από τον χρήστη του συστήματος όταν ορίζει τις παραμέτρους του πειράματος προσομοίωσης. Για παράδειγμα, ένα περιβάλλον μεγέθους 5x5 απεικονίζεται από ένα πλέγμα με 5

σειρές και 5 στήλες κελιών. Η θέση κάθε κελιού προσδιορίζεται από δύο συντεταγμένες της μορφής (x,y). Ο πρώτος αριθμός προσδιορίζει την γραμμή και ο δεύτερος την στήλη. Σε κάθε κελί περιέχεται ένας οργανισμός, ο οποίος απεικονίζει το φυσικό περιβάλλον (θαλάσσιο στην προκειμένη περίπτωση) και δε μπορεί να διαγραφεί από το χρήστη.

Εκτός από τον οργανισμό-περιβάλλον, ένα κελί μπορεί να περιέχει έναν αριθμό από οργανισμούς οι οποίοι τοποθετούνται στο πλέγμα καθορίζοντας τις συντεταγμένες τους. Έτσι, σε ένα πλέγμα διαστάσεων 5x5, ένας οργανισμός με συντεταγμένες (2, 3) θα τοποθετηθεί στη σειρά με αριθμό 2 και στην στήλη με αριθμό 3. Το σύστημα LORES δίνεται τη δυνατότητα στους χρήστες να εισάγουν ταυτόχρονα τις συντεταγμένες για πολλούς οργανισμούς με τη χρήση ενός αρχείου σε μορφή κειμένου, κάνοντας την προσομοίωση ρεαλιστικότερη.

Ας δούμε τώρα από ποια στάδια περνάει ο χρήστης για να δημιουργήσει την δική του προσομοίωση στο σύστημα. Κατά την πρώτη επίσκεψή του στον ιστότοπο που βρίσκεται το σύστημα LORES, ο χρήστης θα πρέπει να δημιουργήσει ένα νέο λογαριασμό, στον οποίο θα αποθηκευτούν όλα τα πειράματα που θα δημιουργήσει και εκτελέσει με τη βοήθεια του συστήματος. Για τη δημιουργία του λογαριασμού χρήστη (user account), θα πρέπει ο χρήστης να δηλώσει μία διεύθυνση έγκυρου ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email), η οποία να μην έχει χρησιμοποιηθεί από άλλο χρήστη του συστήματος, καθώς και ένας κωδικός εισόδου (password).

Στη συνέχεια ο χρήστης για να συνδεθεί, επιλέγει το σύνδεσμο ‘‘Register’’ για να δημιουργήσει έναν νέο λογαριασμό, ή το σύνδεσμο “Login” εάν διαθέτει ήδη λογαριασμό, ώστε να συνδεθεί απευθείας στο σύστημα. Σε περίπτωση που ο χρήστης έχει ξεχάσει τον κωδικό πρόσβασης, υπάρχει ένας κατάλληλος σύνδεσμος, στον οποίο εισάγει την ηλεκτρονική του διεύθυνση. Του αποστέλλεται μήνυμα στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, με έναν σύνδεσμο, ώστε να δημιουργήσει έναν νέο κωδικό πρόσβασης.

Από την αρχική σελίδα επίσης, χωρίς να είναι απαραίτητη η σύνδεση στο σύστημα, οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν το πλάγιο μενού επιλογών (sidebar), για να μεταβούν στις σελίδες βοήθειας όπου βρίσκονται χρήσιμες οδηγίες για τη χρήση του LORES. Τόσο το μενού επιλογών, όσο και οι σελίδες βοήθειας αναλύονται διεξοδικά στη συνέχεια αυτής της ενότητας της εργασίας.

Μετά τη σύνδεσή του στο σύστημα, ο χρήστης μεταφέρεται αυτόματα στην κεντρική σελίδα του συστήματος, τον πίνακα ελέγχου (dashboard) . Στη σελίδα αυτή ο χρήστης γίνεται αποδέκτης μιας συνοπτικής εικόνας για το σύνολο των πειραμάτων που έχει δημιουργήσει ο ίδιος στον λογαριασμό του.

Αρχικά εμφανίζεται ο αριθμός των πειραμάτων που δεν έχουν ολοκληρωθεί λόγω χρόνου, δηλαδή βρίσκονται σε εκκρεμότητα (pending experiments). Στη συνέχεια εμφανίζεται ο αριθμός των πειραμάτων που έχουν δημιουργηθεί και καταχωρηθεί στην ουρά του συστήματος, περιμένοντας την εκτέλεση τους (queued experiments). Μετά εμφανίζονται τα πειράματα που είναι υπό εκτέλεση (running experiments).

Είναι σημαντικό να κατανοήσει ο χρήστης, πως η εκτέλεση ενός πειράματος μπορεί να διαρκέσει μεγάλο χρονικό διάστημα σε πραγματικό χρόνο, το οποίο εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό των χρονικών βημάτων, αλλά και την πολυπλοκότητα του πειράματος (αριθμός χαρακτηριστικών, κανόνων κλπ.). Τέλος, στον πίνακα ελέγχου εμφανίζεται ο αριθμός των πειραμάτων που έχουν ολοκληρωθεί, τα αποτελέσματα των οποίων είναι διαθέσιμα για απεικόνιση.

Για να αντιλαμβάνεται ο χρήστης εάν είναι κάθε στιγμή συνδεδεμένος στο σύστημα, στο πάνω δεξιά τμήμα της σελίδας εμφανίζεται η διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου που αντιστοιχεί στο λογαριασμό του και υποδηλώνει πως η συνεδρία του είναι ενεργοποιημένη. Στην κεντρική σελίδα, ο χρήστης έχει και άλλες δυνατότητες.

Πατώντας πάνω στη διεύθυνση email, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να αποσυνδεθεί από το σύστημα, ή να μεταβεί στη σελίδα με τα πειράματά του. Από το πλάγιο μενού επιλογών (sidebar), εκτός από τον πίνακα ελέγχου, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να μεταβεί στη σελίδα των πειραμάτων. Μπορεί επίσης να δημιουργήσει ένα νέο πείραμα και να μεταβεί σε μία από τις σελίδες βοήθειας. Οι σελίδες αυτές παρέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τις δυνατότητες και τις λειτουργίες του συστήματος.

Η μετάβαση του χρήστη στην σελίδα με τα πειράματα μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Μπορεί να μεταβεί από το πλάγιο μενού επιλογών, είτε πατώντας στο αντίστοιχο σύνδεσμο. Στη σελίδα αυτή, που φέρει τον τίτλο “Browse experiments”, εμφανίζεται το σύνολο των πειραμάτων που είναι καταχωρημένα από τους χρήστες στο σύστημα. Τα πειράματα στη σελίδα αυτή χωρίζονται σε 2 κατηγορίες:

1) τα πειράματα που έχουν δημιουργηθεί από τον ενεργό χρήστη και ο οποίος είναι συνδεδεμένος στο σύστημα τη στιγμή της πλοήγησης

2) τα πειράματα που έχουν δημιουργηθεί από άλλους χρήστες και έχουν οριστεί από αυτούς ως δημόσια (Public)

Ένα πείραμα ορίζεται ως δημόσιο αρκεί να το επιλέξει ο δημιουργός του κατά τη δημιουργία του. Ένα δημόσιο πείραμα εμφανίζεται στο σύστημα όλων των υπόλοιπων χρηστών και είναι προσβάσιμο για όλους. Τους δίνει τη δυνατότητα να το χρησιμοποιήσουν ως πρότυπο ή βοηθητικό, για τη δημιουργία ενός νέου πειράματος με παρόμοια χαρακτηριστικά, συμβάλλοντας έτσι στην ιδέα της αυξανόμενης έρευνας και της μετακύλισης γνώσης.

Όταν ο χρήστης επιλέγει τη δημιουργία ενός νέου πειράματος, είτε από το πλάγιο μενού επιλογών είτε αντιγράφοντας ένα από τα υπάρχοντα πειράματα, μεταφέρεται στη σελίδα δημιουργίας, όπου πρέπει να ορίσει τις παραμέτρους του πειράματος. Αυτή η σελίδα δημιουργίας χωρίζεται σε 4 τμήματα. Στα τμήματα αυτά, ο χρήστης μπορεί να ορίσει τις διάφορες παραμέτρους και μεταβαίνει σε αυτά με τη χρήση των καρτελών που βρίσκονται στην κορυφή της σελίδας. Ταυτόχρονα μπορεί να τα χρησιμοποιεί, ώστε να ελέγχει την ορθότητα των δικών του προσομοιώσεων.

Στην καρτέλα “Experiment” ορίζονται οι βασικές πληροφορίες του πειράματος. Συγκεκριμένα ο χρήστης μπορεί να ορίσει το όνομα του πειράματος, το οποίο δεν πρέπει να έχει χρησιμοποιηθεί από άλλον χρήστη και την περιγραφή του, εισάγοντας το κείμενο της επιλογής του στα αντίστοιχα πεδία. Μετά ο χρήστης μπορεί να ορίσει το μέγεθος του πλέγματος του πειράματος, εισάγοντας τον αριθμό των οριζόντιων και κάθετων κελιών. Επίσης στη σελίδα αυτή ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τον τρόπο με τον οποίο το πείραμα θα μεταχειριστεί τους οργανισμούς όταν φτάνουν στην άκρη του πλέγματος (wrap mode).

Όταν ο οργανισμός φτάσει στην άκρη του πλέγματος μπορεί να πεθάνει, μπορεί να συνεχίσει από την άλλη πλευρά του πλέγματος ή μπορεί να πολλαπλασιαστεί (ένας νέος οργανισμός δημιουργείται στο επόμενο πλέγμα). Εάν ο χρήστης επιλέξει την επιλογή “No wrap”, τότε ο οργανισμός που φτάνει την άκρη του πλέγματος πεθαίνει. Με την επιλογή “wrap” ο οργανισμός μεταφέρεται στην άλλη πλευρά του πλέγματος και συνεχίζει την εξάπλωσή του, ενώ με την επιλογή “wrap new”, ένας

νέος οργανισμός με τυπικά χαρακτηριστικά δημιουργείται στην άλλη πλευρά του πλέγματος.

Στη συνέχεια της σελίδας ο χρήστης μπορεί να ορίσει τον αριθμό των χρονικών βημάτων που θα διαρκέσει το πείραμα, να επιλέξει εάν επιθυμεί το πείραμα να προστεθεί απευθείας στην ουρά του συστήματος για εκτέλεση και αν θέλει να ειδοποιηθεί όταν ολοκληρωθεί η εκτέλεσή του. Τέλος, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει εάν το πείραμα θα είναι δημόσιο, καθιστώντας το έτσι διαθέσιμο προς τους άλλους χρήστες του LORES.

Οι οργανισμοί που τοποθετούνται στο πλέγμα αποτελούν τις διακριτές οντότητες στον κόσμο ενός πειράματος. Σε αυτές τις οντότητες περιλαμβάνεται και το περιβάλλον, το οποίο επίσης αναπαρίσταται ως οργανισμός. Στην αντίστοιχη καρτέλα της σελίδας για τη δημιουργία πειράματος, ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει νέους οργανισμούς και να τους προσθέσει στο πείραμα.

Ο οργανισμός ‘‘περιβάλλον’’ δημιουργείται αυτόματα και δε μπορεί να διαγραφεί. Για να δημιουργηθεί νέος οργανισμός, ο χρήστης πρέπει να εισάγει το όνομα του οργανισμού και να πατήσει το πλήκτρο Add. Για κάθε ξεχωριστό είδος οργανισμών που θα υπάρχει στο πείραμα, ο χρήστης πρέπει να δημιουργήσει μόνο μία εγγραφή στο σύστημα.

Στη συνέχεια, για κάθε οργανισμό, ο χρήστης μπορεί να ορίσει τις θέσεις στις οποίες θα βρίσκεται αυτός ο οργανισμός στο πλέγμα. Οι θέσεις αυτές μπορεί να είναι είτε απλές συντεταγμένες, ή εύρος τιμών. Οι συντεταγμένες καθορίζονται με τον ορισμό των μεταβλητών Q και U, όπου το Q δηλώνει τη στήλη του κελιού και το U τη σειρά του κελιού στο πλέγμα.

Επιπροσθέτως, στο LORES διατηρήθηκαν δύο συνιστώσες. Η πρώτη είναι η χωρική, όπου αντιπροσωπεύει την θέση κάθε οργανισμού ενδιαφέροντος στον χώρο και υλοποιήθηκε με την χρήση ενός κβαντισμένου επιπέδου/grid. Η δεύτερη είναι η χρονική συνιστώσα, όπου αντιπροσωπεύει την εξέλιξη των οργανισμών στον χρόνο και υλοποιήθηκε με χρήση διακριτών χρονικών βημάτων.

Ακόμα, δόθηκε έμφαση έτσι ώστε αφενός να μπορεί να υποστηρίξει πολλούς χρήστες (multiuser) και αφετέρου να παρέχει μία εύχρηστη διεπαφή χρήστη. Έτσι, κάθε χρήστης του LORES μπορεί να ορίσει στην προσομοίωσή του τις επόμενες παραμέτρους:

• το μέγεθος του grid,

• το πλήθος των χρονικών στιγμών,

• τους οργανισμούς που θα συμμετέχουν στο πείραμα,

• την αρχική θέση των οργανισμών αυτών στο πλέγμα,

• τα χαρακτηριστικά των οργανισμών αυτών,

• τις αρχικές τιμές και το μέγεθος μνήμης έκαστου χαρακτηριστικού για όλους τους

οργανισμούς και

• τους κανόνες αλληλεπίδρασης των οργανισμών μεταξύ τους με μαθηματικές εκφράσεις και χρησιμοποιώντας τις τιμές των χαρακτηριστικών των οργανισμών.

Έχοντας πραγματοποιήσει ο χρήστης όλα τα παραπάνω βήματα, είναι σε θέση να πραγματοποιήσει την προσομοίωση και να πάρει τα αντίστοιχα μοντέλα πρόβλεψης. Είναι πολύ ουσιώδες για τον χρήστη, να υπάρχει ευχέρεια στην ανάλυση των αποτελεσμάτων και στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων από την προσομοίωση που έγινε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ LORES

Με το παρόν εργαλείο δίνουμε λύση στο πρόβλημα, γιατί με αυτό βρίσκουμε το πώς εξαπλώνεται και εξελίσσεται το μπλε καβούρι μέσα στο χρόνο και τη θέση του στο χώρο και μπορούμε να προβλέψουμε τη μελλοντική του πληθυσμιακή πυκνότητα και τη διάχυσή του έτσι ώστε να αντιμετωπιστεί κατάλληλα. Με τον τρόπο αυτό θα προβούμε αρχικά στην εκτίμηση της σοβαρότητας της κατάστασης για να προτείνουμε στη συνέχεια τον σωστό τρόπο και τα κατάλληλα μέτρα που πρέπει να λάβουμε.

Στο LORES το πώς περνάει ο χρόνος μέσα στο περιβάλλον εμφανίζεται με διακριτά χρονικά βήματα. Το κάθε βήμα διέπεται από ένα σύνολο κανόνων για κάθε κελί, το αποτέλεσμα των οποίων βρίσκει εφαρμογή στους αντίστοιχους οργανισμούς. Οι κανόνες οι οποίοι υπάρχουν λειτουργούν για την κατασκευή και προσομοίωση του μοντέλου εξάπλωσης των οργανισμών, και ο μέγιστος αριθμός βημάτων της εκάστοτε προσομοίωσης στο σύστημα LORES είναι 1000.

Τα κελιά στα οποία είναι κατανεμημένο το περιβάλλον, είναι διαμορφωμένα σε ένα πλέγμα δύο διαστάσεων, το μέγεθος του οποίου (πλάτος και μήκος) ορίζεται από τον χρήστη του συστήματος όταν καθορίζει τις παραμέτρους του πειράματος προσομοίωσης. Κάθε κελί περικλείει έναν οργανισμό, ο οποίος παρουσιάζει το περιβάλλον, και δε μπορεί να διαγραφεί από το χρήστη. Εκτός από τον οργανισμό-περιβάλλον, ένα κελί δύναται να εμπεριέχει έναν αριθμό από οργανισμούς, οι οποίοι ενυπάρχουν στο πλέγμα καθορίζοντας τις συντεταγμένες τους.

Κάθε οργανισμός που χρησιμοποιείται σε κάθε πείραμα, έχει έναν αριθμό χαρακτηριστικών, τα οποία ισοδυναμούν με τις φυσικές ιδιότητες που μπορεί να έχουν οι οργανισμοί στην πραγματικό κόσμο, ή τις συγκεκριμένες ιδιότητες που θέλει να διερευνήσει ο χρήστης. Τα χαρακτηριστικά αυτά έχουν ένα όνομα, μία αρχική τιμή και μία ιστορική διάρκεια, η οποία διέπει τον αριθμό των προηγούμενων βημάτων για τα οποία το σύστημα έχει στη μνήμη του την αλληλεπίδραση μεταξύ χαρακτηριστικών - οργανισμών.

Τα χαρακτηριστικά των οργανισμών λέγονται οι οντότητες των χαρακτηριστικών - οργανισμών, οι οποίες ερμηνεύουν τους οργανισμούς. Παραδείγματος χάριν, εάν σε μια ερευνητική δραστηριότητα υπάρχει ένα χαρακτηριστικό με το όνομα ‘‘Θερμοκρασία’’, αυτό θα δώσει τις πραγματικές τιμές της θερμοκρασίας ενός

οργανισμού αναφορικά με ένα συγκεκριμένο αριθμό βημάτων (ιστορική διάρκεια). Η αλλαγή των τιμών ενός χαρακτηριστικού είναι το επακόλουθο της εφαρμογής κάποιων κανόνων ή της αλληλεπίδρασης με πολλούς κανόνες.

Οι κανόνες γίνονται πράξη σε μερικά χαρακτηριστικά συγκεκριμένων οργανισμών, γεγονός που μπορεί να ορίσει ο χρήστης κατά τη δημιουργία ή εξέλιξη της διαδικασίας του ερευνητικού εγχειρήματος. Συνεπώς σε κάθε χρονικό βήμα και για κάθε κελί οι κατάλληλοι κανόνες έχουν καθοριστεί να ταιριάζουν κατά την εφαρμογή τους στα χαρακτηριστικά που έχουν επιλεγεί από τον χρήστη.

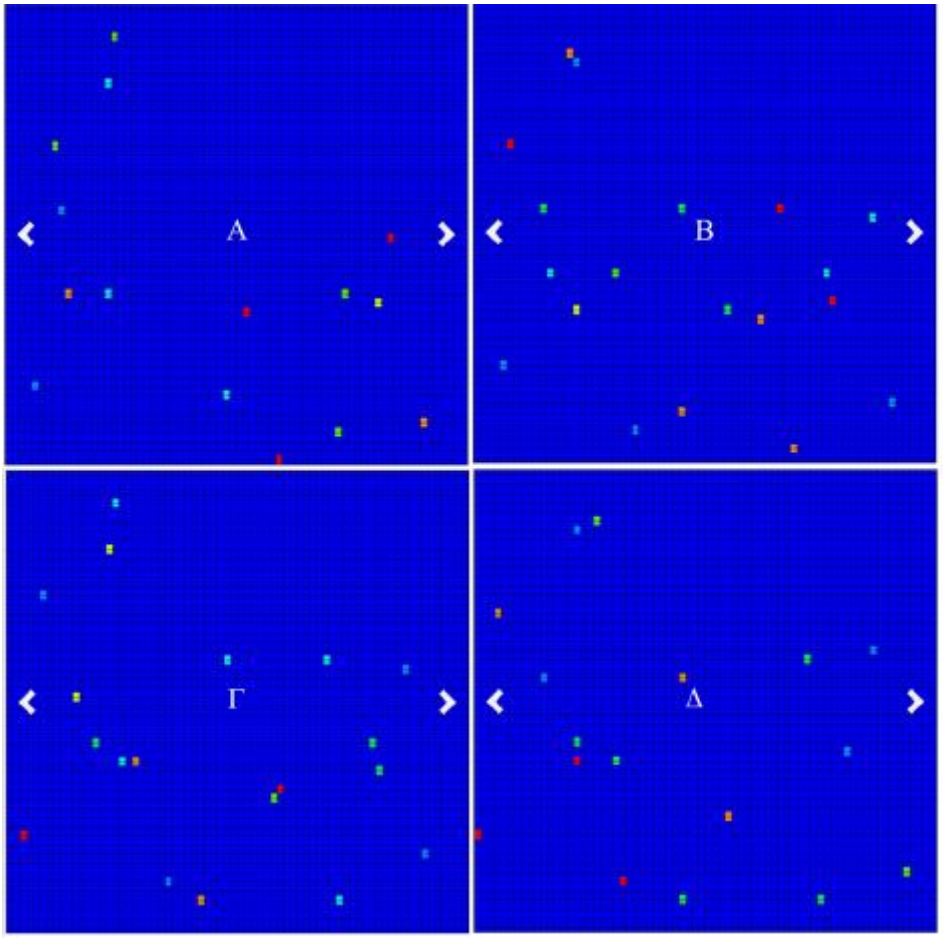
Όταν ο χρήστης έχει φτιάξει τους οργανισμούς, έχει δώσει τη θέση τους, έχει κάνει τα χαρακτηριστικά σύμφωνα με ένα σύνολο κανόνων, τότε μπορεί να αρχίσει να εφαρμόζει το πείραμα .Όταν τελειώσει η εκτέλεσή τους είναι εμφανή στον χρήστη τα αποτελέσματα της προσομοίωσης και έτσι είναι σε θέση να εισάγει το πείραμα. Κατά συνέπεια ο χρήστης βλέπει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για κάθε οργανισμό και κάθε χαρακτηριστικό. Η προσομοίωση μπορεί να αποκτήσει έμπρακτη παρουσία με δύο τρόπους:

α) στο χρόνο, και

β) στο χώρο.

Συγκεκριμένα στην δική μας περίπτωση που μελετάμε την εξέλιξη, εξάπλωση και διάχυση του μπλε καβουριού τα χαρακτηριστικά που πρέπει να τοποθετήσουμε για να εξάγουμε τα συμπεράσματά μας είναι τα ακόλουθα.

Το μήκος κεφαλοθώρακα (ΜΚ), το πλάτος κεφαλοθώρακα (ΠΚ), το βάθος, η απόσταση, η περιοχή της αναπαραγωγής, το βάρος, η αλατότητα, η θερμοκρασία, η εποχικότητα, η αλιευσιμότητα, η κινητικότητα, ο αριθμός των ατόμων, η αναλογία του φύλου, η μετανάστευση ενός μόνο φύλου, ο αριθμός των ωοφόρων θηλυκών, η πληθυσμιακή δομή-αφθονία, το οξυγόνο του οικοσυστήματος, η διατροφή, η διάμετρος των αυγών, ο ρυθμός αύξησης, η ταχύτητα, η κατεύθυνση, η ποιότητα και σύνθεση του νερού και η ύπαρξη ή μη άλλων ανταγωνιστών-θηρευτών.



Σχήμα 6: Στα σχήματα απεικονίζεται η εξέλιξη των οργανισμών σε 4 διαδοχικές χρονικές στιγμές Α, Β, Γ, Δ μέσα σε ένα πλέγμα (grid). Τα διαφορετικά χρώματα αντιστοιχούν σε διαφορετικούς οργανισμούς (Δρόσος 2016).

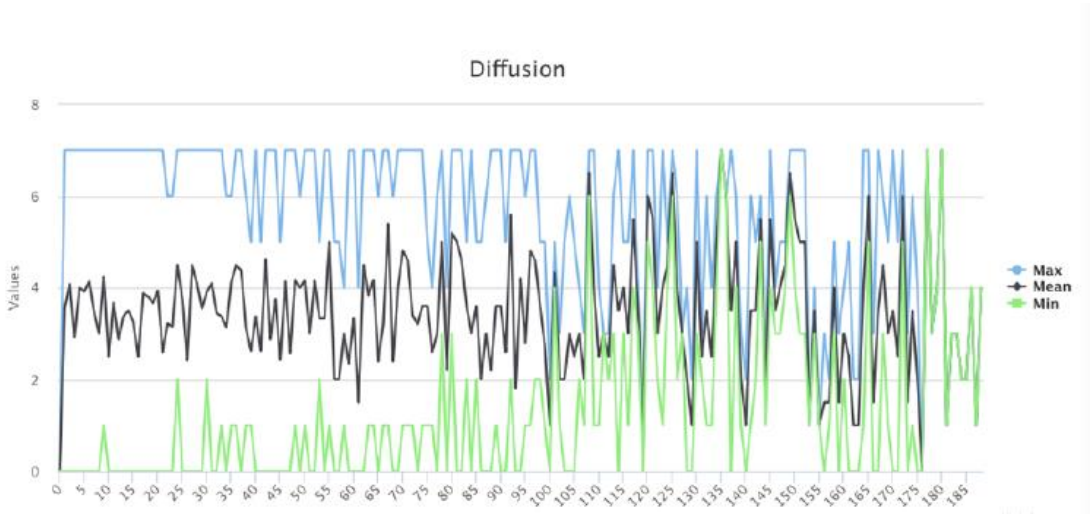
Τέλος δύο πολύ σημαντικοί παράμετροι που οφείλουμε να τους εισάγουμε είναι η συμπεριφορά του πληθυσμού του μπλε καβουριού εάν είναι επιθετική και σε τι βαθμό καθώς και η φυσιολογία της περιοχής εάν και πόσο ευνοϊκή είναι για την δυναμική της εξάπλωσής του στο χώρο. Ακόμη ένας σημαίνων παράγοντας είναι η επιλογή του ενδιαιτήματος για να κατανοήσουμε εις βάθος τη λειτουργία του πληθυσμού του.

Αφού εισάγουμε όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά, που αντιστοιχούν με τις φυσικές ιδιότητες και προσθέσουμε και τους κανόνες, απαραίτητοι για τον καθορισμό της εξέλιξης της προσομοίωσης, μεταβαίνουμε στα αποτελέσματα όπου και βλέπουμε την εξέλιξη του οργανισμού στο χώρο και το χρόνο.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με το πρόγραμμα LORES μπορούν να παρουσιαστούν με πολλούς τρόπους και έτσι μπορούν να μελετηθούν καλύτερα και

να εξαχθούν ασφαλέστερα αποτελέσματα. Δύο από αυτούς τους τρόπους απεικονίζονται στα σχήματα 6 και 7. Στο σχήμα 6 απεικονίζεται η διασπορά του οργανισμού σε ένα πλέγμα σε διαδοχικές χρονικές στιγμές, όπου φαίνεται ο τρόπος εξάπλωσής του σε ένα υδάτινο οικοσύστημα.

Στο σχήμα 7 απεικονίζεται η χρονική μεταβολή ενός χαρακτηριστικού του πληθυσμού των οργανισμών, στην προκειμένη περίπτωση η διάχυση, καταγράφοντας την μέγιστη τιμή της, την ελάχιστη και την μέση τιμή. Οι μονάδες διασποράς στον κάθετο άξονα αντιστοιχούν σε αριθμό τετραγώνων του πλέγματος. Για παράδειγμα, η μέγιστη τιμή της διάχυσης είναι 7 μονάδες, δηλαδή ένας οργανισμός μπορεί να μετακινηθεί το πολύ 7 τετράγωνα στην μονάδα του χρόνου.

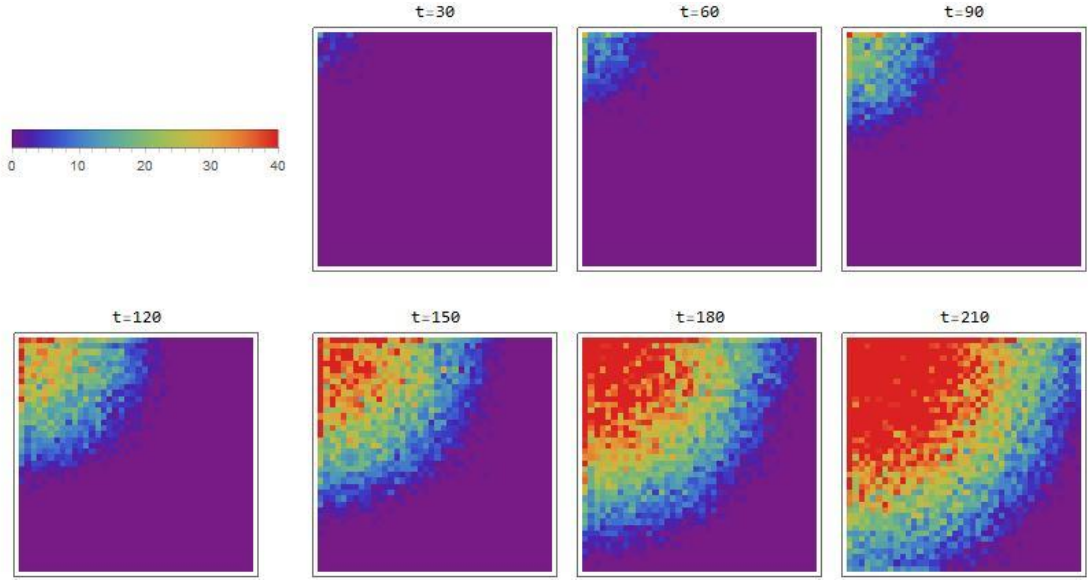


Σχήμα 7: Η χρονική εξέλιξη ενός χαρακτηριστικού του πληθυσμού ενός οργανισμού, στην περίπτωση του σχήματος η διάχυση, καταγράφοντας την μέγιστη, την ελάχιστη αλλά και την μέση τιμή του, όπως προκύπτει από την προσομοίωση του LORES (Δρόσος 2016).

Με βάση αυτά θα είμαστε σε θέση να λάβουμε μια τεκμηριωμένη απόφαση για την αντιμετώπιση του φαινομένου αλλά και να προβούμε σε μια βάσιμη πρόβλεψη για τη μελλοντική διάχυση των καβουριών σε βάθος χρόνου και όριο χώρου. Τέλος τα αποτελέσματα μπορούν να αποθηκευτούν για όποιο χαρακτηριστικό επιλεγεί προς τυχόν μελλοντική χρήση, έρευνα, παρατήρηση ή πείραμα.

Για να βελτιώσουμε την ποιότητα και την αξιοπιστία της πρόβλεψής μας κάναμε μία ακόμη προσομοίωση την οποία παρουσιάζουμε διεξοδικά στην συνέχεια. Θεωρήσαμε αρχικά πληθυσμό 16 οργανισμών, τους οποίους τοποθετούμε σε μία γωνία του πλέγματος (στην προκειμένη περίπτωση πάνω αριστερά) ή στο κέντρο. Λόγω συμμετρίας, η γωνία επιλογής δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα. Σε κάθε

χρονικό βήμα οι οργανισμοί κινούνται από 0 έως 2 τετράγωνα στο πλέγμα. Η κίνηση μπορεί να είναι οριζόντια ή κάθετη ή διαγώνια. Όταν σε κάποιο τετράγωνο υπάρχουν περισσότεροι από ένας οργανισμός, τότε έχουμε αναπαραγωγή.



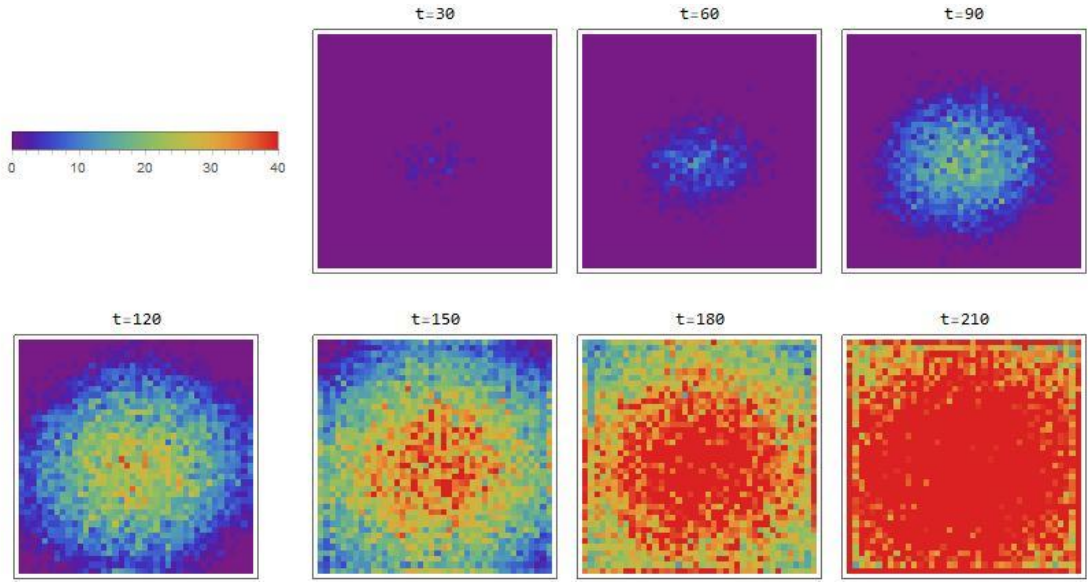
Σχήμα 8: Οι παραπάνω εικόνες δείχνουν την εξάπλωση από την προσομοίωση που κάναμε του μπλε καβουριού ανά 30 ημέρες. Η αρχική θέση των οργανισμών ήταν στην πάνω αριστερή γωνία του πλέγματος. Η εξάπλωση σχηματίζει ένα τεταρτημόριο ενός κυκλικού δίσκου. Κατά συνέπεια δεν υπάρχει προτιμητέα διεύθυνση εξάπλωσης.

Η προσομοίωση έγινε για 210 ημέρες και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στις εικόνες 8, 9 και 10. Στην εικόνα 8 βλέπουμε την χρονική εξάπλωση του μπλε καβουριού σε χρονικά διαστήματα 30 ημερών. Παρατηρούμε πως ακόμη και μετά από χρονικό διάστημα 210 ημερών δεν υπάρχει πλήρης κάλυψη του χώρου. Στην προκειμένη περίπτωση, αυτή φτάνει σχεδόν στο 90 %.

Τα αποτελέσματα του σχήματος 8 μπορούν να εφαρμοστούν στον τρόπο διάδοσης και εξάπλωσης του μπλε καβουριού όταν εισέρχεται σε ένα κλειστό υδάτινο οικοσύστημα, όπως είναι μία λιμνοθάλασσα, για παράδειγμα η λιμνοθάλασσα Χαλκιοπούλου. Η μορφή που δημιουργεί ο τρόπος εξάπλωσης αντιστοιχεί σε ένα τεταρτημόριο ενός κυκλικού δίσκου, όπου η ακτίνα του αυξάνει συνεχώς, χωρίς προτιμητέα διεύθυνση εξάπλωσης.

Για να έχουμε περισσότερα αποτελέσματα, επιλέξαμε ως επόμενη περίπτωση προσομοίωσης, η εξάπλωση των οργανισμών να γίνεται ξεκινώντας από το κέντρο

του πλέγματος. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην εικόνα 9. Οι επιμέρους εικόνες απέχουν χρονικά 30 ημέρες.



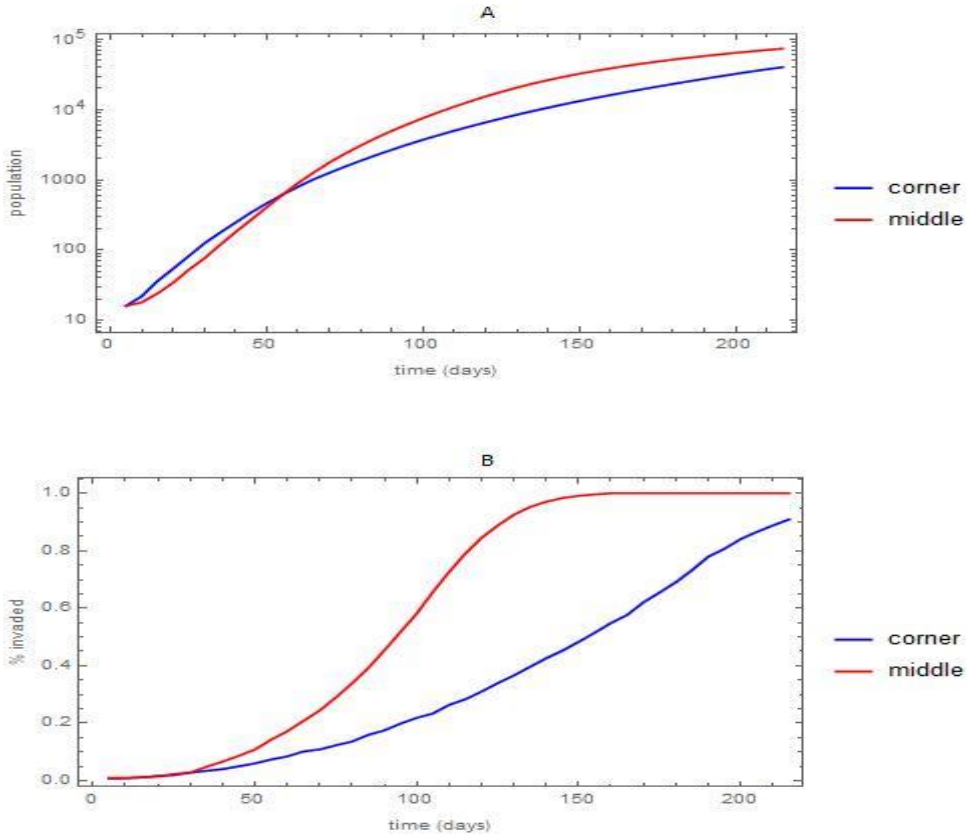
Σχήμα 9: Οι παραπάνω εικόνες δείχνουν την εξάπλωση από την προσομοίωση που κάναμε, του μπλε καβουριού ανά 30 ημέρες. Η αρχική θέση των οργανισμών ήταν αυτή την φορά στο κέντρο του πλέγματος. Η εξάπλωση δημιουργεί έναν σχεδόν τέλειο κυκλικό δίσκο. Ούτε στην περίπτωση αυτή παρατηρήσαμε προτιμητέα διεύθυνση εξάπλωσης.

Είναι ξεκάθαρο πως η εξάπλωση δημιουργεί έναν σχεδόν τέλειο κυκλικό δίσκο. Ούτε στην περίπτωση αυτή παρατηρούμε προτιμητέα διεύθυνση εξάπλωσης. Η σημαντική διαφορά εντοπίζεται στον χρόνο κάλυψης του πλέγματος. Βλέπουμε πως σε 150 ημέρες περίπου, οι οργανισμοί καταλαμβάνουν όλο το πλέγμα, ενώ στην εξάπλωση από την γωνία, αυτό δεν έγινε ούτε σε 210 ημέρες.

Η ράβδος με τα χρώματα του ουράνιου τόξου, που υπάρχει στα σχήματα 8 και 9 πάνω αριστερά, χρησιμοποιείται για να απεικονίσει με διαφορετικό χρώμα τον πληθυσμό σε κάθε σημείο του πλέγματος. Το μωβ χρώμα αντιστοιχεί σε πληθυσμό μηδέν, ενώ το κόκκινο χρώμα σε πληθυσμό 40 ατόμων.

Ο συγκεκριμένος τρόπος εξάπλωσης αντιστοιχεί σε διαφορετική μορφολογία υδάτινου οικοσυστήματος, σε σχέση με αυτό της εξάπλωσης από την γωνία. Εδώ

έχουμε να κάνουμε με εξάπλωση σε μία ανοιχτή θάλασσα, όπου ο χώρος είναι ελεύθερος και δεν περιορίζεται από την ύπαρξη ακτών.



Σχήμα 10: Η πάνω εικόνα Α δείχνει την χρονική εξέλιξη του πληθυσμού του μπλε καβουριού σε λογαριθμική κλίμακα, για την προσομοίωση που κάναμε (εξάπλωση από την γωνία και το κέντρο), για ένα χρονικό διάστημα περίπου 210 ημερών. Όταν η διάδοση γίνεται από το κέντρο, ο πληθυσμός από ένα χρονικό σημείο της τάξης των 55 ημερών και μετά είναι μεγαλύτερος. Το κάτω σχήμα Β δείχνει το ποσοστό κάλυψης του πλέγματος από τους οργανισμούς με τους δύο τρόπους διάδοσης.

Τα αποτελέσματα από τις δύο αυτές προσομοιώσεις τα παρουσιάζουμε με την μορφή γραφικών παραστάσεων στην εικόνα 10. Στην γραφική παράσταση Α (πάνω) παρουσιάζουμε συγκριτικά τον πληθυσμό του είδους σε λογαριθμική κλίμακα, για τους δύο τρόπους εξάπλωσης σε συνάρτηση με τον χρόνο. Παρατηρούμε πως αρχικά ο πληθυσμός είναι μεγαλύτερος στον γωνιακό τρόπο εξάπλωσης, αλλά μετά από ένα διάστημα περίπου 55 ημερών, ο πληθυσμός γίνεται μεγαλύτερος με τον κεντρικό τρόπο εξάπλωσης.

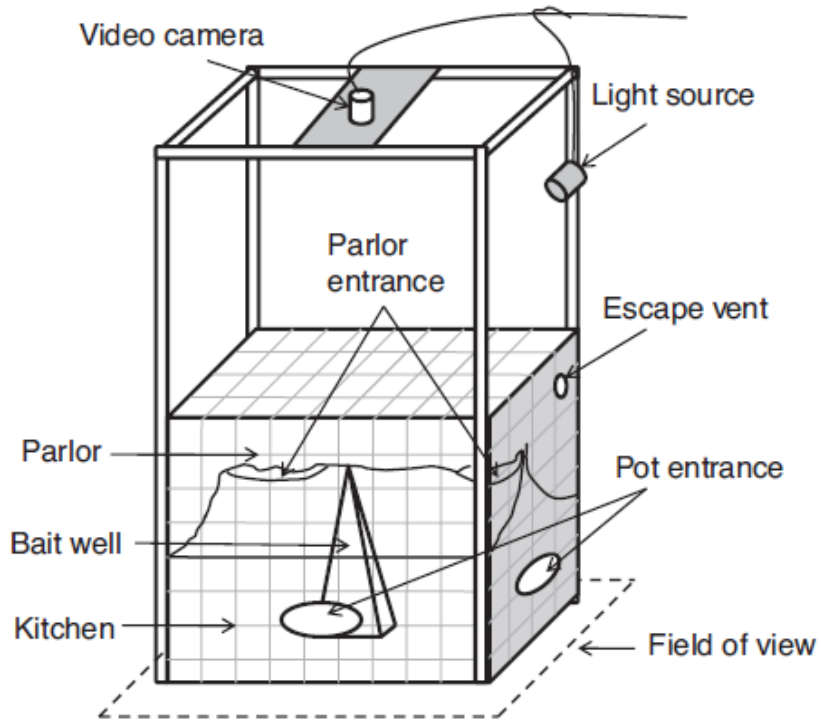
Στην κάτω γραφική παράσταση της εικόνας 10 (σχήμα Β), βλέπουμε την χρονική εξέλιξη του ποσοστού κάλυψης του πλέγματος από τους οργανισμούς. Για τις πρώτες 30 περίπου ημέρες, το ποσοστό είναι σχεδόν το ίδιο, αλλά μετά το ποσοστό είναι μεγαλύτερο στον κεντρικό τρόπο εξάπλωσης. Φτάνει το 100% σε περίπου 150 μέρες, ενώ στην περίπτωση της γωνιακής εξάπλωσης, ακόμη και μετά από 210 μέρες φτάνει στο 90%.

Συνοψίζοντας, το μοντέλο προσομοίωσης που χρησιμοποιούμε δείχνει πως όταν η εξάπλωση γίνεται σε ανοιχτό οικοσύστημα, ο πληθυσμός σε βάθος χρόνου θα είναι πιο μεγάλος σε σχέση με την διάδοση σε οικοσύστημα με κλειστή μορφολογία. Επίσης η κάλυψη του χώρου από το μπλε καβούρι γίνεται πολύ πιο γρήγορα στην ανοιχτή θάλασσα σε σχέση με μία κλειστή λιμνοθάλασσα. Αυτά τα αποτελέσματα είναι ενδεικτικά του τι περιμένουμε να συναντήσουμε σε ένα ρεαλιστικό φυσικό οικοσύστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5
ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΜΠΛΕ ΚΑΒΟΥΡΙΟΥ

Η συμπεριφορά του Callinectes χρήζει διερεύνησης στην προσπάθεια μιας πρώτης εκτίμησης και παρατήρησης της αφθονίας του πληθυσμού του. Με βάση τις περισσότερες εμπεριστατωμένες μελέτες του είδους, οι οποίες έχουν γίνει στον Κόλπο Τσέζαπικ, στις Ανατολικές Ηνωμένες Πολιτείες η συνήθης συμπεριφορά του είναι τριών κατηγοριών: επιθετική, αγωνιστική ή ουδέτερη.

Συγκεκριμένα στην εξειδικευμένη μελέτη που έγινε κατά τους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο του 2003 στο (SERC) Smithsonian Environmental Research Center στο Μέριλαντ, (Sturdivard και Clark 2010), σύμφωνα με την οποία τοποθετήθηκαν στον Κόλπο Τσέζαπικ με δύτες ειδικές παγίδες για τα μπλε καβούρια για να διερευνήσουν την συμπεριφορά τους, τα αποτελέσματα ήταν ενδεικτικά της δυναμικής που διαθέτει αυτός ο οργανισμός, στην αύξηση και εξάπλωση του πληθυσμού του.



Σχήμα 11: Διάγραμμα του συστήματος καταγραφής σε παγίδα καβουριών. Με βέλος καταγράφονται όλα τα βασικά μέρη της παγίδας. Στην οροφή της παγίδας υπάρχει η κάμερα καταγραφής, που μας επιτρέπει να μελετήσουμε την συμπεριφορά του μπλε καβουριού σε περιορισμένο χώρο (Sturdivard και Clark 2010).

Οι παγίδες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν γυάλινα δοχεία, μέσα στα οποία έχει δημιουργηθεί ένα περιβάλλον φιλικό για το μπλε καβούρι. Στο δοχείο αυτό έχει ενσωματωθεί μια βιντεοκάμερα [Crab-trap video (CTV)] για να παρακολουθεί τις κινήσεις του. Είναι ένα εργαλείο χαμηλού κόστους για την παρατήρηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των καβουριών μέσα και γύρω από τα δοχεία σε ένα μεσόκοσμο.

Στην Εικόνα 8 απεικονίζεται το λεπτομερές σχέδιο (διάγραμμα) του συστήματος καταγραφής σε παγίδα καβουριών. Με βέλος καταγράφονται όλα τα βασικά μέρη. Στην οροφή της παγίδας υπάρχει η κάμερα καταγραφής, που μας επιτρέπει να μελετήσουμε την συμπεριφορά του μπλε καβουριού σε περιορισμένο χώρο και να κρίνουμε αν η συμπεριφορά του είναι επιθετική ή όχι.

Το δοχείο-παγίδα αποτελείται από ένα τυποποιημένο εμπορικό δοχείο καβουριού που ταιριάζει με τις προδιαγραφές που περιγράφονται παραπάνω με εξοπλισμό βιντεοκάμερας προσαρτημένο για παρατήρηση. Ένα ηχογραφητή βίντεο χαμηλού φωτισμού, μαύρου και μαύρου χρώματος Sony, μοντέλο EVT-820, χρησιμοποιήθηκε για την εγγραφή εικόνων κάθε λεπτό για 24 ώρες. Η κάμερα τοποθετήθηκε 38 cm πάνω από το δοχείο σε ένα σύστημα στήριξης τεσσάρων σωλήνων PVC μήκους 93,9 cm που συνδέονται με τέσσερις μικρότερους σωλήνες από PVC μήκους 55,9 cm .

Αυτή η διαμόρφωση επέτρεψε την παρακολούθηση ολόκληρου του δοχείου, καθώς και μερικά εκατοστά σε κάθε πλευρά του δοχείου. Για νυχτερινή εγγραφή, ένα κόκκινο φως, ανιχνεύσιμο από τα καβούρια , τοποθετήθηκε σε ένα από τα πόδια του PVC και χρησιμοποιήθηκε για να φωτίσει την περιοχή. Όλες οι εικόνες καταγράφηκαν σε ταινίες Hi-8 σε ένα παρακείμενο κτίριο που συνδέεται με τη μεσοκοσμική κάμερα με καλώδια.

Τα καλώδια σύνδεσης τοποθετήθηκαν περίπου 40 cm πάνω από την επιφάνεια της επιφάνειας του νερού στο πείραμα μεσόκοσμου. Το σύστημα ήταν ικανό να συλλέγει δεδομένα για τουλάχιστον 24 ώρες. Συνεπώς, συνέλαβε συνεχώς όλες τις αλληλεπιδράσεις καβουριών στο πεδίο οπτικής απεικόνισης για το πειραματικό χρονικό πλαίσιο. Το σύστημα κατέγραψε επίσης όλες τις προσεγγίσεις των καβουριών, τις εισόδους τους στην κουζίνα και το σαλόνι, και όσες διαφυγές γίνονταν από τα καβούρια.

Με το παραπάνω πείραμα που διεξήχθη καθορίστηκε η επίδραση της συμπεριφοράς των καβουριών στις παγίδες. Εξετάστηκε η ικανότητά τους να διαφεύγουν και η πιθανότητα οι αλληλεπιδράσεις των καβουριών να έχουν ένα αποτέλεσμα επηρεασμού πάνω στις διαδρομές που κάνει μέχρι να πιαστεί στην παγίδα. Περίπου το 85% των καβουριών διαφεύγει από την παγίδα και το 83% διαφεύγει από το θάλαμο δολωμάτων(κουζίνα).

Τα ευρήματα του πειράματος έδειξαν ότι λίγα από αυτά παρουσίασαν επιθετικές συμπεριφορικές αλληλεπιδράσεις γύρω από το δοχείο καβουριών και ήταν τεκμηριωμένες για να κυκλοφορούν ελεύθερα μέσα και έξω του δοχείου. Τόσο ο μέσος αριθμός, όσο και το μέγεθος των καβουριών που αλιεύθηκαν ήταν σημαντικά μικρότερα σε μεγαλύτερα βάθη.

Η συγκεκριμένη μέθοδος για την αξιολόγηση των αντιδράσεων και της αφθονίας τους επετεύχθη μέσω των εκτιμήσεων που προέκυψαν. Αναπτύχθηκαν δηλαδή τεχνικές παρατήρησης της συμπεριφοράς του καβουριού μέσα και γύρω από ένα δοχείο. Επίσης το υποβρύχιο βίντεο χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των στοιχείων ως προς τη δυναμική και την αποτελεσματικότητά του σε μια συνθήκη παγίδευσης .

Οι στόχοι της παρούσας μελέτης ήταν οι ακόλουθοι:
1) να προσδιοριστεί αν οι ενδοειδικές συνθήκες παγίδευσης δημιουργούν αλληλεπιδράσεις που επηρεάζουν τα ποσοστά αλίευσης και απόρριψης σε σχέση με το μέγεθος και την αφθονία των καβουριών.
2) να καθοριστεί εάν τα ποσοστά αλίευσης ή απόρριψης επηρεάζονται από αβιοτικούς παράγοντες όπως το βάθος ή ο χρόνος βύθισης των δοχείων και
3) να γίνει εκτίμηση των επιπτώσεων της συμπεριφοράς του γαλάζιου καβουριού στην αποτελεσματικότητα των δοχείων - παγίδων.

Συμπερασματικά η σημασία του είδους είναι μεγάλη, οικολογική και οικονομική, ειδικά στον Κόλπο του Τσέζαπικ. Η συμπεριφορά του, όπως παρατηρήθηκε, αξιολογήθηκε αγωνιστική ως προς τα δοχεία – παγίδες και συνήθως τις περισσότερες φορές επιθετική, η οποία ήταν επαναλαμβανόμενη καθώς και ουδέτερη όταν βρίσκονταν σε μια στάση ξεκούρασης. Ακόμη σημαντικό αποτέλεσμα υπήρξε η σχέση βάθους και μεγέθους των καβουριών (μικρότερα καβούρια σε μεγαλύτερα βάθη) και η σχέση βάθους και ποιότητας των καβουριών

(καβούρια σε 3 μέτρα βάθος ήταν λιγότερα σε αριθμό από αυτά σε βάθος 1-2 μέτρα).

Εκτός από την παραπάνω σημαντική μελέτη, ένα πολύ βασικό πρόγραμμα του είδους είναι το Πρόγραμμα για τον κόλπο του Τσέζαπικ (Chesapeake Bay Program) , που δημιουργήθηκε το 1983 για την αποκατάσταση και διαφύλαξη του οικοσυστήματος της περιοχής αλλά και για τον περιορισμό της μόλυνσης. Το μπλέ καβούρι είναι το πιο αναγνωρίσιμο πλάσμα στον κόλπο, του οποίου το όνομα είναι συνυφασμένο με το είδος αυτό και η σημασία του στην περιοχή είναι εμπορικής φύσεως αλλά και ψυχαγωγικής στον τομέα της αλιείας. Για περισσότερο από τις τελευταίες δύο δεκαετίες, ο συνολικός αριθμός των γαλάζιων καβουριών στον κόλπο έχει παραμείνει κάτω από τον μακροπρόθεσμο μέσο όρο. Επειδή τα γαλάζια καβούρια είναι τόσο σημαντικά για το οικοσύστημα και την οικονομία της περιοχής, τόσο το Μέριλαντ όσο και η Βιρτζίνια παρακολουθούν τον πληθυσμό των κυανών καβουριών μέσω μίας ετήσιας έρευνας για την δραστηριότητα των μηχανημάτων που καθαρίζουν το βυθό.

Τα καβούρια συλλέγονται σε κάθε μία από τις 1.500 τοποθεσίες δειγματοληψίας της έρευνας, μετρώνται, ζυγίζονται, ζευγαρώνουν και γερνούν και τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του αριθμού νεαρών καβουριών που εισέρχονται στον πληθυσμό, του αριθμού των θηλυκών καβουριών που είναι αρκετά μεγάλα για να γεννήσουν και του συνολικού αριθμού καβουριών που μπορούν να συλλεχθούν στον κόλπο.

Ο συνολικός αριθμός των γαλάζιων καβουριών στον κόλπο Chesapeake είναι 594 εκατομμύρια. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Έρευνας Δραστηριότητας για το χειμώνα, εκτιμάται ότι 594 εκατομμύρια γαλάζια καβούρια ζούσαν στον κόλπο το 2019. Αυτό σηματοδοτεί σχεδόν 60% αύξηση από 372 εκατομμύρια καβούρια το 2018. Στη σύμβαση για το νερό του κόλπου, το Πρόγραμμα έθεσε στόχο πληθυσμού και όριο υπεραλίευσης για τα ενήλικα θηλυκά γαλάζια καβούρια. Το 2019 υπολογίζεται ότι 191 εκατομμύρια ενήλικα θηλυκά γαλάζια καβούρια ζούσαν στον κόλπο, έναντι 147 εκατομμυρίων το 2018. Ο αριθμός αυτός υπερβαίνει το όριο υπερβολικής αλιείας των 70 εκατομμυρίων αλλά είναι κάτω από τον στόχο των 215 εκατομμυρίων.

Τα γαλάζια καβούρια είναι ευάλωτα σε ρύπανση, σε απώλεια ενδιαιτημάτων και πίεση συγκομιδής. Η βελτίωση της ποιότητας των υδάτων, η αποκατάσταση

υποβρύχιων χλοοτάπητων και η σωστή διαχείριση της συγκομιδής θα είναι κρίσιμες παράμετροι για τη διατήρηση αυτού του πολύτιμου πόρου.

Οι προνύμφες των γαλάζιων καβουριών είναι μέρος της πλαγκτονικής κοινότητας του κόλπου, με μεγάλη προσφορά αφού είναι τροφή για τα ψάρια και τα στρείδια. Τα νεαρά και ενήλικα γαλάζια καβούρια θρέφουν τα ψάρια, τα πουλιά ακόμη και τα άλλα μπλέ καβούρια . Τα γατόψαρα και οι καρχαρίες εξαρτώνται από τα καβούρια όσον αφορά την διατροφή τους.

Χρησιμοποιούν τα υποβρύχια χόρτα ως φυτώρια εκκολαπτήρια και ως χώρους από τους οποίους τρέφονται. Δυστυχώς λόγω των θερμών υδάτων, των ακανόνιστων καιρικών συνθηκών και της ρύπανσης παρατηρείται μείωση του πληθυσμού τους. Έρευνες έχουν δείξει ότι τα χόρτα προστατεύουν τα καβούρια από τους θηρευτές και αυξάνουν τους ρυθμούς ανάπτυξης. Ακόμη έχει αποδειχθεί ότι το πυκνότερο γρασίδι συγκρατεί περισσότερα καβούρια, γεγονός που υποδηλώνει ότι η ποιότητα και η ποσότητα του οικοσυστήματος του χόρτου μπορεί να επηρεάσει τους πληθυσμούς τους.

Το παραπάνω πρόγραμμα παρακολουθεί την αφθονία των ενήλικων θηλυκών ως ένας δείκτης της υγείας του κόλπου. Οι επιστήμονες επισκέπτονται 1500 τοποθεσίες σε διάστημα τριών μηνών και χρησιμοποιώντας μεταλλικές ντράγκες τραβάνε έξω τα καβούρια και τα μετράνε. Δεδομένου ότι λειτουργούν και σαν θηράματα και σαν αρπακτικά αποτελούν το βασικό είδος στο διατροφικό κομμάτι στον Κόλπο.

Γενικότερα η συμπεριφορά τους ως αρπακτικά είναι επιθετική, ρίχνονται στη λάσπη και κρύβονται στην άμμο χωμένα μόνο με τα μάτια και τις κεραίες που δείχνουν. Ακόμη και η παραμικρή σκιά μπορεί να προκαλέσει αντίδραση από τη μεριά τους. Τα μπλε καβούρια δέχονται επιθετικά οποιονδήποτε αντίπαλο, ανυψώνοντας τα νύχια προς τους εχθρούς τους, ενώ ταυτόχρονα προσπαθούν να ξεφύγουν. Τρώνε μαλάκια, ψάρια, σαλιγκάρια, ζωντανά φυτά, νεκρή ζωική ύλη, ακόμα και άλλα γαλάζια καβούρια. Είναι ευκαιριακοί κυνηγοί και τρώνε οτιδήποτε συναντούν .

Επίσης είναι καλοί κολυμβητές αλλά τείνουν να ζουν τη ζωή τους στο βάθος των υδάτινων οδών τους. Είναι γρήγοροι στο να χρησιμοποιήσουν τα νύχια τους για να

υπερασπιστούν τον εαυτό τους και ο όρος «crabby»(δύστροπος) ταιριάζει απόλυτα στην ιδιοσυγκρασία τους. Αυτόνομη είναι η ικανότητα του καβουριού να χάσει ή να θυσιάσει τα άκρα του για να αποφύγει την καταστροφή και στη συνέχεια να τα ξανακάνει. Οι άντρες προτιμούν ρηχό, υφάλμυρο νερό, ενώ τα θηλυκά μπορούν να βρεθούν ευκολότερα σε βαθύτερα, πιο αλμυρά νερά.

Η τάση των γυναικών να μεταναστεύσουν περισσότερο από τα αρσενικά έχει προκαλέσει πρόβλημα στο Κόλπο Τσέζαπικ, όπου έχουν δημιουργηθεί μεγάλες «νεκρές ζώνες» όπου τα επίπεδα οξυγόνου είναι επικίνδυνα χαμηλά. Αυτές οι ζώνες έχουν δημιουργηθεί από την απορροή των λιπασμάτων και των ζωικών αποβλήτων, καθώς και από ορισμένα ανθρώπινα λύματα. Όταν τα μεταναστευτικά θηλυκά περνούν από αυτές τις ζώνες, τα ποσοστά θνησιμότητας αυξάνονται έντονα.

Τα γαλάζια καβούρια χρησιμοποιούν διάφορους τύπους δομημένου βενθικού οικοτόπου ως φυτώρια για νεαρά άτομα. Οι περιοχές αυτές παρέχουν το κατάλληλο υπέδαφος για να κατοικήσουν , καθώς και καταφύγιο από την καταστροφή και άφθονους θηρευτικούς οργανισμούς για τους νεαρά άτομα (Hines 2007). Κάθε φορά που τα νεαρά έχουν φτάσει σε ένα πλάτος κελύφους 20-30 mm, τότε αρχίζουν να φεύγουν από τα φυτώρια και να μετακινούνται σε ανοικτούς ή λιγότερο δομημένους βιοτόπους.

Ο ρόλος των θαλάσσιων κρεβατιών μέσα στα χόρτα που λειτουργούν ως φυτώρια έχει λάβει μεγάλη προσοχή και παρατήρηση όπως προκύπτει μετά από τις εντατικές μελέτες που έχουν γίνει (Epifanio 2019). Ακόμη προκύπτει αφθονία των νεαρών που εγκαθίστανται στο συγκεκριμένο περιβάλλον φτάνοντας τα 100 καβούρια .

Υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ του κατάλληλου ενδιαιτήματος χλοοτάπητα και πληθυσμιακής αφθονίας στα νεαρά καβούρια για το λόγο αυτό έχουν διεξαχθεί εξειδικευμένες έρευνες στη Βόρεια Αμερική. Τέσσερα διαφορετικά είδη γρασιδιού σε ρηχά νερά επιτελούν αυτή τη λειτουργία της γρήγορης ανάπτυξης και αφθονίας, η οποία όμως μειώνεται εξαιτίας της θήρευσης και της μετανάστευσης, αφού τα καβούρια περνούν διαμέσου των διαδοχικών σταδίων ωρίμανσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Το Callinectes sapidus Rathbun ή όπως αλλιώς λέγεται μπλε καβούρι, είναι αλλόχθονο είδος από το Δυτικό Ατλαντικό Ωκεανό, εξαιρετικά επιτυχημένο ως προς την εγκατάσταση και εξάπλωση στις ελληνικές θάλασσες. Είναι μέλος της οικογένειας των καβουριών κολύμβησης, (Family Portunidae), που κατοικεί στις εκβολές ποταμών και σε παράκτια ύδατα. Η αφθονία του πληθυσμού του και η ενεργητική διασπορά του χρήζουν συστηματική παρακολούθηση της δομής του πληθυσμού του και ένα στρατηγικό σχέδιο διαχείρισης του.

Το υψηλό αναπαραγωγικό του δυναμικό και η ταχεία γεννητική ωρίμανση φανερώνουν την εύκολη προσαρμογή του στον ελλαδικό χώρο. Ο σκληρός εξωσκελετός του, το μέγεθός του και η πολυτροφική συμπεριφορά του σε συνδυασμό με την απουσία άλλων ανταγωνιστών του το καθιστούν ένα κυρίαρχο είδος με μεγάλο οικολογικό και εμπορικό ενδιαφέρον.

Οι αρνητικές επιπτώσεις του στα παράκτια οικοσυστήματα και στην αλιεία δικαιολογεί την κατάταξή του ανάμεσα στα 100 πιο εισβολικά είδη στη Μεσόγειο (Strefraris και Zenetos 2006).Προκαλούν καταστροφή των διχτυών των αλιέων, απελευθερώνουν όσα άλλα ψάρια συνυπάρχουν κατά την αλίευση, οδηγούν σε σοβαρές μειώσεις σε πολλούς άλλους πληθυσμούς και διαδραματίζουν βασικό ρόλο στη διαχείριση των πληθυσμών από τους οποίους τρέφονται με αποτέλεσμα ευρείες αρνητικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα.

Η σημασία του είναι εμπορικής και οικονομικής φύσεως , παρότι ακόμη δεν αποφέρει οικονομικό όφελος (η μέχρι σήμερα διακίνησή του γίνεται με μικρό εισόδημα) και το πρόβλημα που δημιουργεί με την πληθυσμιακή έξαρση που εμφανίζει είναι πολύ μεγαλύτερο από την εμπορική αξία του. Το είδος αυτό είναι τόσο οικολογικά όσο και οικονομικά σημαντικό.

Τα μπλε καβούρια συμβάλλουν στις οικολογικές διεργασίες στην δυναμική των οικοσυστημάτων στις εκβολές των ποταμών και στις παράκτιες τροφές, τόσο ως θηράματα όσο και ως αρπακτικά ζώα σε διάφορα άλλα είδη. Από οικονομικής απόψεως, η αλιεία αντιπροσωπεύει επίσης έναν μεγάλο πόρο. Τα μπλε καβούρια είναι ένα από τα πιο σημαντική εθνική εμπορική αλιεία σε εθνικό επίπεδο, καθώς και για πολλά μεμονωμένα κράτη, όσον αφορά το βάρος και νομισματική αξία .

Ο αναπαραγωγικός του κύκλος σχετίζεται με την πρόσβαση σε υφάλμυρο νερό και τα πρώτα αναπτυξιακά στάδια απαιτούν θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 20°C.

Στην Κέρκυρα είναι ιδιαίτερα πολυπληθές στη λιμνοθάλασσα Αντινιώτη (150 την ημέρα το 2016), στις Αλυκές Λευκίμμης καθώς και στις λιμνοθάλασσες Κορισσίων και Χαλκιοπούλου. Ο πληθυσμός τους ακόμη δεν είναι υπολογίσιμος σύμφωνα με το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης. Δεν έχει γίνει έως σήμερα η απαραίτητη παρακολούθηση τους με σταθμούς δειγματοληψίας μέσα στη θαλάσσια περιοχή προκειμένου να έχουμε ακριβή στοιχεία.

Τα μέτρα διαχείρισης ποικίλλουν ανάλογα με τη σοβαρότητα της κατάστασης της αφθονίας του και περιλαμβάνουν: εποχιακή συγκομιδή των θηλυκών ζώων αναλόγως με τα εκάστοτε δεδομένα που διαθέτουμε από στατιστικά στοιχεία, τράτες , καταδύσεις, αλιευτικά εργαλεία και ερευνητικά προγράμματα ΕΣΠΑ με τα οποία θα μας δοθεί η απαραίτητη γνώση για τη πληθυσμιακή πυκνότητα, τη δομή και τη λειτουργία του για να τη χρησιμοποιήσουμε μελλοντικά με σκοπό να περιορίσουμε την αύξηση και εξάπλωσή του.

Επιπλέον ένας πολύ σημαντικός τρόπος παρακολούθησης της δυναμικής της αφθονίας και της συμπεριφοράς του πληθυσμού τους είναι η τοποθέτηση ειδικών δοχείων, δηλαδή παγίδες καβουριών, με τις οποίες θα είμαστε σε θέση να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα και να προβούμε σε εκτιμήσεις για τον σωστό τρόπο αντιμετώπισης πάντα με σεβασμό στο είδος. Εκτός από αυτά η χρήση ηλεκτρονικών μέσων, όπως και οι κάμερες είναι σημαντικά εργαλεία για τη παρακολούθηση της συμπεριφοράς τους από οικολογικής απόψεως και της μελέτης των στρατηγικών που χρησιμοποιεί για την εύρεση της τροφής του(Kampouris και Porter και Sanderson 2019).

Δεν υπάρχουν έως σήμερα σαφείς αποδείξεις ως προς το εάν υπεραλιεύεται ή όχι με βάση τα περιορισμένα διαθέσιμα δεδομένα από αλιείς. Αν όμως αναλογιστούμε τις αρνητικές συνέπειες που προξενεί η αφθονία του, η παρουσία του μπλε καβουριού έχει ως επακόλουθο μια σημαντική ανησυχία σε αξιοσημείωτο βαθμό.

Οπωσδήποτε για την αντιμετώπιση της πληθυσμιακής αφθονίας του είδους μια βασική πρόταση αποτελεί η εντατική αλιεία ιδιαίτερα των θηλυκών ατόμων κατά την αναπαραγωγική περίοδο. Στη συνέχεια συστηματική καταγραφή των νέων θέσεων παρουσίας του μαζί με παροχή κινήτρων στους αλιείς για αύξηση της αλιευτικής πίεσης. Ιδιαίτερα σημαντικό μέτρο που πρέπει να παρθεί είναι η εκπόνηση ενός διαχειριστικού σχεδίου σε επίπεδο Περιφέρειας για την αντιμετώπιση του δυσάρεστου αυτού φαινομένου.

Ο ρόλος της προσομοίωσης ως εργαλείο απόφασης είναι μεγάλος και βοηθάει στην επίλυση του καλύτερου δυνατού τρόπου αντιμετώπισης της εξάπλωσης του μπλέ καβουριού. Αρχικά μας δίνει τη δυνατότητα να μελετήσουμε προσεκτικά τα αποτελέσματα του μοντέλου και να ξεκινήσουμε με μια σωστή εκτίμηση της διάχυσης του πληθυσμού. Αυτό με τη σειρά του θα μας οδηγήσει να λάβουμε την ενδεδειγμένη απόφαση, με την οποία θα πρέπει να επιλύσουμε το πρόβλημά μας. Επειδή η απόφασή μας βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα και έχουμε βγάλει τα αποτελέσματα που προκύπτουν είμαστε σε θέση να κάνουμε βάσιμη πρόβλεψη για την πορεία της μελλοντικής εξέλιξης, κινητικότητας και εξάπλωσης του καβουριού.

Σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουμε αποκομίσει το πρώτο συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι ο πληθυσμός του λόγω του πολλαπλασιασμού του μεταβάλλεται τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο. Έτσι τις πρώτες 55 μέρες ο πληθυσμός τους από τη γωνία είναι μεγαλύτερος από τη διάχυση του καβουριού στο κέντρο. Μετά από τις 55 μέρες ο πληθυσμός από το κέντρο είναι μεγαλύτερος από αυτόν που υπάρχει στη γωνία.

Όσον αναφορά το ποσοστό εξάπλωσης στο πλέγμα με δεδομένο ότι το καβούρι είναι παμφάγο και έχει αποδεδειγμένα στοιχεία κανιβαλισμού, άρα βρίσκει εύκολα άμεση τροφή και με τον ανοιχτό χώρο που ευνοεί την ταχεία εξάπλωσή του τα αποτελέσματα ήταν αναμενόμενα .Για περίπου 30 ημέρες το ποσοστό των καβουριών τόσο από τη γωνία όσο και από το κέντρο είναι το ίδιο και κυμαίνεται στο 5 τοις εκατό. Στη συνέχεια το ποσοστό εξάπλωσης από το κέντρο γίνεται μεγάλο μέχρι που φτάνει το 100 τοις εκατό. Σε αντίθεση από την άκρη ακόμα και σε 210 μέρες, δηλαδή εφτά μήνες, αγγίζει το 90 τοις εκατό.

Συμπερασματικά τα καβούρια ξεκινώντας από το κέντρο πολλαπλασιάζονται πιο εύκολα λόγω των κατάλληλων συνθηκών του ανοιχτού θαλάσσιου οικοσυστήματος που έχει ως επακόλουθο την άμεση και γρήγορη διάχυσή τους στο χώρο. Σε αυτή την περίπτωση η εξάπλωσή τους πετυχαίνει το μέγιστο ποσοστό 100 τοις εκατό κάλυψης του χώρου σε 150 μέρες. Όταν η εκκίνηση είναι από την γωνία του πλέγματος το ποσοστό εξάπλωσης είναι μικρότερο, 90 τοις εκατό, σε 210 μέρες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βιβλία

- Βερεσόγλου, Δ., (2002), *Οικολογία,* Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Galil, B.S., Clark, P.F., Carlton, J.T, (Ed.), (2011)**, «** In the Wrong Place - Alien Marine Crustaceans: Distribution, Biology and Impacts**»,** Netherlands: Springer Netherlands.
- Kennedy, V., Cronin, E., (2007), *The blue crab: callinectes sapidus, First edition*, Maryland: Maryland Sea Grant College University of Mary.
- Millikin, M., Williams, A., (1984), *Synopsis of the Biological Data on the Blue Crab, Callinectes sapidus Rathbun,* U. S. Department of Commerce, FAO Fisheries Synopsis No 138.
- Πάσχος, Ι., (2004), *Ιχθυοκαλλιέργειες εσωτερικών υδάτων (Β΄ έκδοση)*, Γραφικές Τέχνες Θεοδωρίδη, Ιωάννινα.

2. **Άρθρα επιστημονικού περιοδικού (journal)**

- Bejirag, S. & Kashta, L., (2010), «The establishment of blue crab Callinectes sapidus Rathbun, 1896 in the Lagoon of Patok, Albania (south-east Adriatic Sea) », *Aquatic Invasions*, volume 5, pages 219-221.
- Brylawski, B.J., Miller, T.J., (2006), «Temperature-dependent growth of the blue crab (Callinectes sapidus): a molt process approach», *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic sciences*, volume 63, pages 1298-1308.
- Bunnell, D.B, T.J. Miller., (2005), «An individual-based modeling approach to spawning-potential pre-recruit models: an application to blue crab (Callinectes sapidus) in Chesapeake Bay», *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, volume 62, pages 2560–2572.
- Churchill, E.P., Jr., (1919), «Life history of the blue crab», *Bulletin of the Bureau of Fisheries*, volume 36, pages 95-128.
- Enzeross, R., Enzeross, L., & Bingel, F., (1997), «Occurrence of the blue crab, Callinectes sapidus (Rathbun, 1896) (Crustacea, Brachyura) on the Turkish Mediterranean and the adjacent Aegean coast and its size distribution in the bay of Iskenderun», *Turkish Journal of Zoology*, volume 21, pages 113-1222.
- Epifanio Charles E.,(2019), «Early Life History of the Blue Crab Callinectes sapidus: A Review», *Journal of Shellfish Research,* volume 38(1), pages 1-22.
- Ferreira, L.S., D'Incao, F., (2008), «Growth of Callinectes sapidus (Crustacea, Decapoda, Portunidae) in the estuary of the Patos Lagoon, RS, Brazil», *Iheringia Serie Zoologia*, volume 98, pages 70-77.

- Graham, D.J., Perry, H., Biesiot, P. and Fulford, R. (2012) « Fecundity and egg diameter of primiparous snd multiparous blue crab Callinectes Sapidus (Brachyura: portunidae) in Mississippi», *JOURNAL OF CRUSTACEAN BIOLOGY*, volume 32(1), pages 49-56.
- Hartnoll, R.G., (2001), «Growth in Crustacea-twenty years on. Hydrobiologia », volume 449, pages 111-222.
- Hines, A. H., (2003), «Ecology of juvenile and adult blue crabs: summary of discussion of research themes and directions», *Bull. Mar. Sci.*, 72:423–433.
- Hines AH, Lipcius RN, Haddon AM., (1987), «Population dynamics and habitat partitioning by size, sex and molt stage of blue crabs, Callinectes sapidus, in a subestuary of central Chesapeake Bay», *Marine Ecology Progress Series*, volume 36, pages 55-64.
- Hines, A. H., (2007), «Ecology of juvenile and adult blue crabs. In: Kennedy, V. S. & L. E. Cronin, editors. The blue crab Callinectes sapidus», *College Park, MD: Maryland Sea Grant.*, pages 565–654.
- Hines, A. H., P. R. Jivoff, P. J. Bushmann, J. van Montfrans, S. A. Reed, D. L., Wolcott & T. G. Wolcott., (2003), «Evidence for sperm limitation in the blue crab, Callinectes sapidus», *Bull. Mar. Sci.*, volume 72, pages 287–310.
- Holthuis, L.B., (1961), «Report on a collection of Crustacea Decapoda and Stomatopoda from Turkey and the Balkans», *Zoologische Verhandelingen*, *Leiden*, volume 47, pages 1-67.
- Jensen, O.P., (2004), «Spatial ecology of blue crab (Callinectes sapidus) in Chesapeake Bay», *University of Maryland*, 166 pp.
- Jones CM, McConaugha JR, Geer PJ, Prager MH., (1990), «Estimates of spawning stock size of blue crab, Callinectes sapidus, in Chesapeake Bay, 1986–1987», *Bulletin of Marine Science,* volume 46, pages 159-169.
- Kampouris, T. E., Porter, J. S., & Sanderson, W. G. (2019). «Callinectes sapidus Rathbun, 1896 (Brachyura: Portunidae): An assessment on its diet and foraging behaviour, Thermaikos Gulf, NW Aegean Sea, Greece: Evidence for ecological and economic impacts», *Crustacean Research*, *48*, 23-37.
- Kevrekidis, K. & Legaki, M., (2006), «Catch rates, size structure and sex ratio of Penaeus kerathurus (Decapoda: Penaeidae) from an Aegean Sea trawl fishery Fisheries Research», *Fisheries Research*, volume 80(2-3), pages 270-279.
- Kevrekidis, K. & Legaki, M., (2011), «Population dynamics of Penaeus kerathurus (Decapoda: Penaeidae) in Thermaikos Gulf (N. Aegean Sea)», *Fisheries Research*, volume 107, pages 46–58.
- Κεβρεκίδης, Κ., (2010), «Callinectes sapidus (Decapoda, Brachyura): ένα αλλόχθονο είδος στον Θερμαϊκό κόλπο», *Αλιευτικά Νέα,* τόμος 340, σελίδες 44-49.
- Kinzelbach, R., (1965), « Die blaue schwimmkrabbe (Callinectes sapidus) ein neuburger im Mittelmeer», *Natur und Museum*, volume 95, pages 293-296.
- Koukouras, A. & Anastasiadou, CH., (2002), «The genus Hippolyte (Decapoda, Caridea) in the Aegean and Ionian Seas», *Crustaceana*, volume 75, pages 443-449.

- McGaw I., Reiber C., (1999), «Integrated Physiological responses to feeding in the blue crab Callinectes Sapidus», *The Journal of Experimental Biology,* 203, 359–368.
- Nehring, S., (2011), «Invasion history and success of the American blue crab Callinectes sapidus in European and adjacent waters, **in**: Galil, B.S. et al. (Ed.) In the wrong place - alien marine crustaceans: Distribution, biology and impacts»*, Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology,* volume 6, pages 607-624.
- Nicolaidou, A., (2007), «Lack of temporal variability in the benthos of a coastal brackish water lagoon in Greece», *Mediterranean Marine Science*, volume 8/2, pages 5-17.
- Onofri, V., Dulcic, J., Conides, A., Matic-Skoko, S., Glamuzina, B., (2008), «The occurrence of the blue crab, Callinectes sapidus Rathbun, 1896 (Decapoda, Brachyura, Portunidae) in the eastern Adriatic (Croatian coast) », *Crustaceana*, volume 81, pages 403-409.
- Streftaris, N. & Zenetos, A., (2006), «Alien marine species in the Mediterranean-the 100 "Worst Invasives" and their impact», *Mediterranean Marine Science*, volume 7 (1), pages 87-118.
- Sturdivant K., Clark K., (2010), «An evaluation of the effects of blue crab (Callinectes sapidus) behavior on the efficacy of crab pots as a tool for estimating population abundance», *Fish. Bull.*, 109:48-55.
- Tankersley RA, Wieber MG, Sigala MA, Kachurak KA., (1998), «Migratory behavior of ovigerous blue crabs Callinectes sapidus: evidence for selective tidal-stream transport», *Biological Bulletin*, volume 195, pages 168-173.
- Τσιάμης, Κ.,(2016), «Κλιματική αλλαγή και ξενικά θαλάσσια είδη στην Μεσόγειο», *Ελληνική Εταιρεία Προστασίας της Φύσης, Η Φύση*, τεύχος 152, σελ.34-36.
- Udekem D'Acoz, C. D', (1993), «Description d'une nouvelle crevette de l' ile de Lesbos: Hippolyte sapphica sp. nov. (Crustacea, Decapoda, Caridea: Hippolytidae)». *Belgian Journal of Zoology*, volume 123, pages 55–65.
- Udekem D'Acoz, C. D', (1996), «The genus Hippolyte Leach, 1814 (Crustacea, Decapoda, Caridea: Hippolytidae) in the East Atlantic Ocean and the Meditterranean Sea, with a checklist of all species in the genus», *Zoologische Verhandelingen*, volume 303, pages 79-90.
- Zenetos A., Pancucci-Papadopoulou M.A., Zogaris S., Papastergiadou E., Vardakas L., Aligizaki K. and Economou A.N., (2009), «Aquatic alien species in Greece (2009): tracking sources, patterns and effects on the ecosystem», *Journal of Biological Research*, Thessaloniki, volume 12, pages 135-172.

2. Διατριβές

- Δρόσος, Κ., (2015), *Δημιουργία Διαδικτυακού Συστήματος Διενέργειας Περιβαλλοντικών Προσομοιώσεων*, Πτυχιακή Εργασία, Ιόνιο Πανεπιστήμιο.

- Hopkins, W. C., (2002), *Number and viability of sored sperm in the female blue crab Callinectes sapidus*, MS thesis, Department of Marine, Earth & Atmospheric Sciences, North Carolina State University, Raleigh, NC. 47 pages.
- Klaoudatos, S.D., (1984), *Contribution on the biology and the controlled reproduction and rearing of the shrimp Penaeus (Penaeus) kerathurus (Forskål, 1775): 1-238*, Ph.D. Thesis, University of Patra.

3. Άρθρα σε πρακτικά συνεδρίου

- Kevrekidis, K., Avramoglou, K., Efstathiadis, J,. Chintiroglou, C., (2012), «Population aspects of the allochthonous species Callinectes sapidus (Decapoda: Brachyura) in Methoni Bay (Thermaikos Gulf) », *Preliminary results p. 109-112. In: 15th Pan-Hellenic Congress of Ichthyologists*, 10-13 October, 2012, Athens, Greece.
- Kevrekidis, K., Avramoglou, K., Efstathiadis, J,. Chintiroglou, C. (2013), «Relative growth of the blue crab Callinectes sapidus in Thermaikos Gulf (Methoni Bay) », *Preliminary results. 6 pp. In: Proceedings of the 10th Pan-Hellenic Congress of Ichthyologists*, 7-11 May, 2013, Thessaloniki, Greece.
- Kevrekidis, K., Antoniadou, C., Avramoglou, K., Eftsathiadis, J., Chintiroglou, C. (2013), «Population structure of the blue crab Callinectes sapidus in Thermaikos Gulf (Methoni Bay)». p. 113-116. In: 15th Pan-Hellenic Congress of Ichthyologists, 10-13 October, 2013, Thessaloniki, Greece.
- Κεβρεκίδης Κ., Αντωνιάδου Χ., Αβράμογλου Κ., Ευσταθιάδης Ι., Χιντήρογλου Χ., (2013), «Πληθυσμιακή δομή του μπλε καβουριού Callinectes Sapidus στον Θερμαϊκό κόλπο, (Όρμος Μεθώνης) », *Πρακτικά 15ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων σελ.113*, 10-13 Οκτωβρίου 2013, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.
- Lumare, F., Scordella, G., (2001) «Biological circle, growth and reproduction of the Penaeid shrimp Penaeus (Melicerus) kerathurus of the Adriatic coast», *Proceedings of the International Workshop, La Pesca di Penaus (Melicerus) kerathurus nella costa orientale Italiane e nelle laguna, stato attuale problemi e prospettive*, March 16 2001, Lecce, Italy.
- Οικονομίδης Γ., (2013) «Η παρουσία του μπλε καβουριού (Callinectes sapidus Rathbun, 1896) στην Ελλάδα», *Πρακτικά 15ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων σελ. 449* , 10-13 Οκτωβρίου 2013 , Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.
- Περδικάρης, Κ., Κωνσταντινίδης, Ε., Γκούβα, Ε., Εργολάβου, Α., Ναθαναηλίδης, Κ., Πάσχος, Ι., (2015), «Η παρουσία του Callinectes sapidus Rathbun, 1896 στις ακτές του Ιονίου», *Πρακτικά του 11ου Πανελλήνιου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας*, 13-17 Μαΐου 2015, Μυτιλήνη, Λέσβος, Ελλάδα.
- Περδικάρης Κ., (2013), «Η παρουσία του μπλε καβουριού (Callinectes sapidus Rathbun, 1896) στην Ελλάδα», *Πρακτικά 15ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων σελ. 447* , 10-13 Οκτωβρίου 2013, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.

4. Ηλεκτρονικές πηγές

- http://www.ciesm.org/online/atlas/index.htm [πρόσβαση 13/12/19]
- https://www.britannica.com/animal/blue-crab [πρόσβαση 5/12/19]
- http://www.geotee-anmak.gr/img/ekdiloseis/omilia_kalianiotis.pdf [πρόσβαση 25/11/19]
- https://elnais.hcmr.gr/callinectes_sapidus-01/ [πρόσβαση 15/12/19]
- https://www.wwf.gr/images/pdfs/Invasive-species.pdf [πρόσβαση 16/12/19]
- http://psid.bio.auth.gr/wp-content/uploads/files/archive/15/15_Ichthyology_Proceedings_2013_Thessaloniki.pdf [πρόσβαση 10/12/19]
- http://psid.bio.auth.gr/wp-content/uploads/files/archive/15/15_Ichthyology_Proceedings_2013_Thessaloniki.pdf [πρόσβαση 8/12/19]
- http://psid.bio.auth.gr/wp-content/uploads/files/archive/15/15_Ichthyology_Proceedings_2013_Thessaloniki.pdf [πρόσβαση 10/12/19]
- Κάβουρας- Βικιπαίδεια https://el.wikipedia.org/wiki/Κάβουρας#Εξέλιξη_και_συστηματική_ταξινόμηση [πρόσβαση 15/12/19]
- https://www.nationalgeographic.com/animals/invertebrates/b/blue-crab/
- http://www.lemnosnature.gr/thalassia/%ce%bc%cf%80%ce%bb%ce%b5-%ce%ba%ce%b1%ce%b2%ce%bf%cf%8d%cf%81%ce%b9-callinectes-sapidus-%ce%ad%ce%bd%ce%b1%cf%82-%ce%bd%cf%8c%cf%83%cf%84%ce%b9%ce%bc%ce%bf%cf%82-%ce%b5%ce%b9%cf%83%ce%b2%ce%bf/ [πρόσβαση 14/12/19]
- http://nwf.org/Educational-Resources/wildlife-Guide/invertebrates/Blue-crab [πρόσβαση 28/12/19]
- https://helios-eie.ekt.gr/EIE/bitstream/10442/14722/1/AZenetou.pdf
- http://www.opengov.gr/minenv/?p=5562 [πρόσβαση 16/12/19]
- Καββαδάς Σ., Σιαπάτης Α., Καπίρης Κ., Κοντογιάννης Χ., Βουτζινά Ε., Τσιόνκη Ι., 2015. Τεχνική έκθεση με τη μελέτη αλιευτικής δραστηριότητας και βιοποικιλότητας της περιοχής και Χάρτες πεδίων ωοτοκίας. ΚΡΗΠΙΣ-ΙΘΑΒΙΠΕΥ, 195 σελ. https://imbriw.hcmr.gr/en/wp-content/uploads/2016/10/%ce%a05.9_FISHING-ACTIVITY.pdf [πρόσβαση 15/12/19]
- http://www.fish-net.gr [πρόσβαση 13/12/19]
- http://marinespecies.org [πρόσβαση 15/12/19]
- http://elnais.hcmr.gr [πρόσβαση 11/12/19]
- https://www.ert.gr/perifereiakoi-stathmoi/kerkira/kerkyra-ble-kavouria-ke-myokastores-nei-kindyni-sto-perivallon-tis-kerkyras/ [πρόσβαση 1/12/19]

- www.bathingwaterprofiles.gr [πρόσβαση 2/12/19]
- www.inale.gr [πρόσβαση 2/12/19]
- http://www.texnologosgeoponos.gr/2016/10/blog-post_386.html?m=0 [πρόσβαση 3/12/19]
- https://politisonline.com/perivallon/368429/%CF%84%CE%BF-%CE%BC%CF%80%CE%BB%CE%B5-%CE%BA%CE%B1%CE%B2%CE%BF%CF%8D%CF%81%CE%B9-%CE%B1%CF%80%CE%B5%CE%B9%CE%BB%CE%B5%CE%AF-%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%BA%CE%AD%CF%81%CE%BA%CF%85%CF%81%CE%B1/ [πρόσβαση 18/12/19]
- https://www.kostoday.com/%CE%B5%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1/to-mple-kavoyri-apeilei-tin-kerkyra-foto [πρόσβαση 1/12/19]
- http://www.fao.org/3/ap942e/ap942e.pdf [πρόσβαση 27/12/19]
- https://myfwc.com/research/saltwater/crustaceans/stone-crabs/ [πρόσβαση 10/12/19]
- http://www.meteo-hellas.com/yperplithysmos-mple-kavoyrion-ston-thermaiko/ [πρόσβαση 10/12/19]
- https://www.tovima.gr/2015/07/25/science/tropika-psaria-kataktoyn-ta-nera-mas/ [πρόσβαση 9/12/19]
- https://doi.org/10.18353/crustacea.48.0_23 [πρόσβαση 5/12/19]
- https://www.eepf.gr/images/virtuemart/product/Fysi152web.pdf [πρόσβαση 3/12/19]
- https://okeanos-dspace.hcmr.gr/bitstream/handle/123456789/1040/048%20KEVREKIDIS.pdf?sequence=1 [πρόσβαση 30/11/19]
- file:///C:/Users/User%20X/Downloads/12093-24427-1-PB.pdf [πρόσβαση 3/01/20]
- https://sursumcorda.salemsattic.com/archives/2011/07/30/how-to-tell-a-male-blue-crab-from-a-female-american-political-edition [πρόσβαση 12/01/20]
- https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19880739 [πρόσβαση 13/01/20]
- http://animaldiversity.org/accounts/Callinectes_sapidus/#contributors [πρόσβαση 15/01/20]
- https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10236248009386976#.VRsjCvnF83k [πρόσβαση 18/01/20]
- https://www.chesapeakebay.net/who/bay_program_history [πρόσβαση 26/01/20]
- http://www.wlf.louisiana.gov/sites/default/files/pdf/document/37780-fisheries-brochures/blue_crab_front.pdf [πρόσβαση 28/01/20]
- https://www.safariltd.com/safaripedia/blue-crab [πρόσβαση 28/01/20]
- https://www.cabi.org/isc/datasheet/90126 [πρόσβαση 28/01/20]
- https://oceana.org/marine-life/cephalopods-crustaceans-other-shellfish/atlantic-blue-crab [πρόσβαση28/01/20]

- https://hjort.cbl.umces.edu/crabs/docs/Chenery_02.pdf [πρόσβαση 17/01/20]
- http://www.argyrades.gr/2016/10/blog-post_343.html [πρόσβαση 05/01/20]
- https://www.protothema.gr/environment/article/623078/to-ble-kavouri-apeilei-tin-kerkura/ [πρόσβαση 11/12/19]