



18^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΙΧΘΥΟΛΟΓΩΝ

ΥΔΡΟΒΙΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ: Ανάδειξη-Προστασία-Βιώσιμη ανάπτυξη

ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

- Αλιεία & Θαλάσσια Οικοσυστήματα
- Εσωτερικά ύδατα & Παράκτια Ζώνη
- Υδατοκαλλιέργειες, Εμπορία
& Μεταποίηση Αλιευτικών προϊόντων

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

3-6 Νοεμβρίου 2022, Μεσολόγγι

Η συμβολή της Φυσιολογίας Διατήρησης στην διαχείριση της βιοεναπόθεσης εισβολικών ασκιδίων στις μυδοκαλλιέργειες λόγω της κλιματικής αλλαγής

¹Παπαδόπουλος Δημήτριος¹, Αθανάσιος Λάττος¹, Ιωάννης Α. Γιάντσης², Ιωάννης Θεοδώρου³,
Κωνσταντίνος Φειδάντσης¹, Βασίλειος Μιχαηλίδης¹

¹Εργαστήριο Φυσιολογίας Ζώων, Τμήμα Ζωολογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Βιολογίας,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα- dkrapado@bio.auth.gr,
kfeidant@bio.auth.gr, lattosad@bio.auth.gr, michaeli@bio.auth.gr

²Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, 53100, Φλώρινα, Ελλάδα-
igiantsis@uowm.gr

³Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιέργειών, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Πατρών-
jtheo@upatras.gr

ABSTRACT

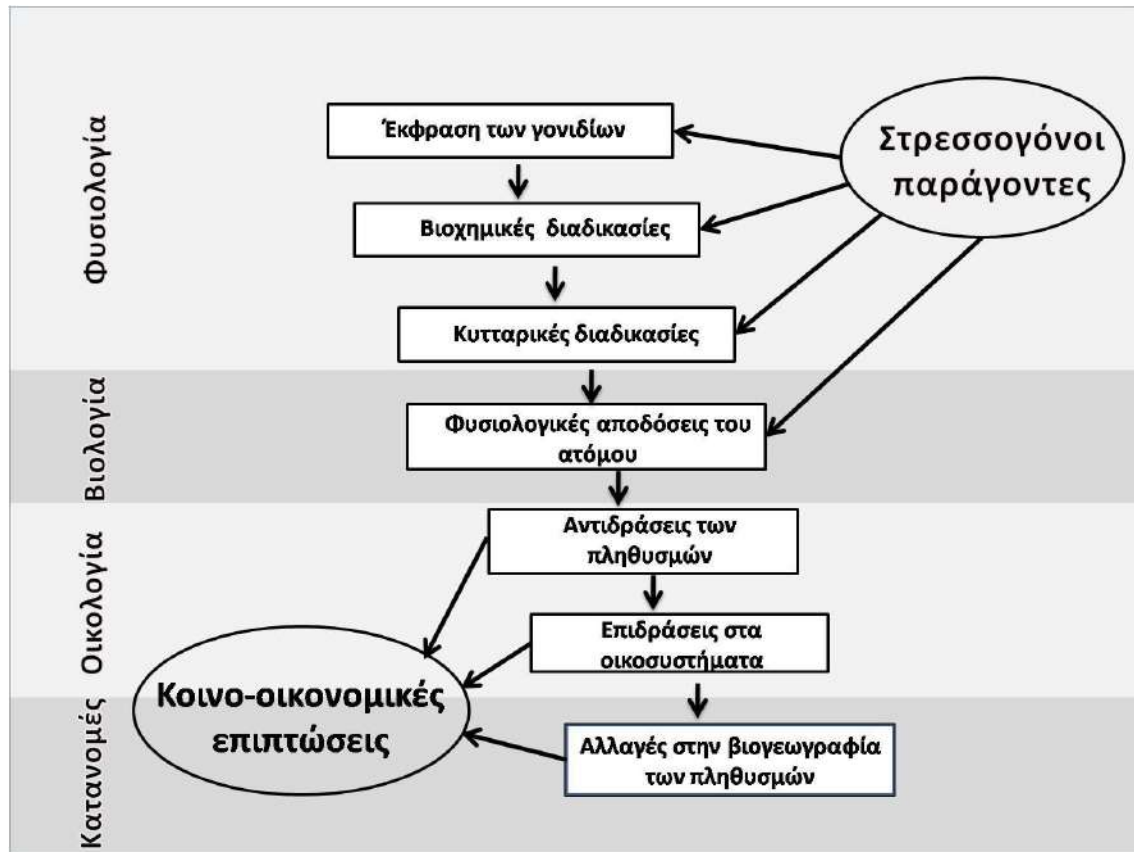
Dimitrios Papadopoulos¹, Athanasios Lattos¹, Ioannis A. Giantsis², John A. Theodorou³, Konstantinos Feidantsis¹, Basile Michaelides¹: “Contribution of Conservation physiology in the management of mussel farming under the prism of climate change and the ascidians’ biofouling”

Stress factors due to climate change, including seawater temperature increase, are responsible for lowering productivity in marine ecosystems. In this context, the term “conservation physiology” describes all the physiological, biological, ecological and biogeographic procedures of the response of marine organisms, in a multidisciplinary point of view. Expression of particular genes, at both mRNA and protein levels, shifts on populations dynamics and invasion of new undesired species constitute some of the effects of stress factors included in the “conservation physiology”. Among these, ascidian species cause oxidative stress to reared mussels occasionally leading to expansive mortality events. The scientific contribution is of particular high importance due to all the methods used to characterize the mussel farming zone, to anticipate potential hazards and solutions to overcome all detected natural and man-made pressures, to conserve marine resources and to create diversified areas, in sustainable development point of view.

Keywords: Climate change, aquaculture, mussels, biofouling, ascidians, physiological traits, management

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τα πρότυπα της θαλάσσιας βιοποικιλότητας, τα αποτελέσματα της οποίας αναμένονται να είναι πιο έντονα στο μέλλον (Pörtner et al., 2014). Οι συνέπειες της υπερεκμετάλλευσης, της υποβάθμισης των ενδιαιτημάτων και της κλιματικής αλλαγής δεν είναι αρκετά γνωστές, προκαλώντας εύλογη ανησυχία στους επιστήμονες για μη αναστρέψιμη απώλεια των αλιευτικών πόρων, της βιοποικιλότητας και της ακεραιότητας των οικοσυστημάτων. Επομένως, υπάρχει ανάγκη επιστημονικών γνώσεων σχετικά με την αειφόρο διαχείριση της θαλάσσιας βιοποικιλότητας και των αλιευτικών πόρων. Η αποτελεσματική διαχείριση των θαλάσσιων πόρων βασίζεται σε μια μακροπρόθεσμη στρατηγική που απαιτεί αξιόπιστα μοντέλα. Πολλά προτεινόμενα μοντέλα δεν λαμβάνουν όμως υπόψη τους διάφορους κυτταρικούς και φυσιολογικούς μηχανισμούς και, ως εκ τούτου, παραμένουν έως έναν βαθμό ανακριβή. Η συγκριτική μελέτη της οικοφυσιολογίας ειδών που εκτρέφονται σε διάφορα περιβάλλοντα και κλίματα θα διαφωτίσει τη σχέση αιτίας-αποτελέσματος και ιδιαίτερα τον τρόπο με τον οποίο η λειτουργία και απόδοση των διαφόρων ειδών επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Επίσης, θα συμβάλλουν στην κατανόηση της σχέσης αυτών με τους ξενιστές και κατά πόσο επηρεάζονται από τα εισβολικά είδη. Ωστόσο, αν και δεν υπάρχει καμία αμφιβολία για την επιρροή της θερμοκρασίας στους πληθυσμούς και τις θαλάσσιες κοινότητές τους, οι πραγματικοί μηχανισμοί των επιδράσεων αυτών δεν έχουν ακόμη ερμηνευθεί επαρκώς (Cooke et al., 2014). Χωρίς την καλή κατανόηση των εν λόγω μηχανισμών, καθώς και των στοιχείων που συνδέουν τις λειτουργίες των μορίων, των κυττάρων, των οργανισμών και των κοινοτήτων, δεν θα μπορούσαν να προβλεφθούν με αξιοπιστία οι αλλαγές που θα επέλθουν στη διάρθρωση και τη λειτουργία των οικοσυστημάτων ως αποτέλεσμα των μεταβαλλόμενων θερμοκρασιακών καθεστώτων (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Ιεράρχηση των επιπέδων της βιολογικής οργάνωσης και πως αλλαγές στην φυσιολογία του ατόμου ειδών θαλάσσιων ψαριών μπορεί να επηρεάσει την δυναμική των πληθυσμών τους με κοινωνικο-οικονομικές προεκτάσεις (Le Quesne και Pinnegar, 2012).

ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επηρεάζει τα θαλάσσια εξώθερμα ζώα σε όλα τα επίπεδα της βιολογικής τους οργάνωσης, συμπεριλαμβανομένων φυσιολογικών και βιοχημικών λειτουργιών και διαδικασιών μεγαλύτερης κλίμακας, όπως η βιογεωγραφική κατανομή και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών (Εικόνα 1) (Hochachka and Somero, 2002). Η κατανόηση του μηχανισμού με τον οποίο η θερμοκρασία του νερού μεταφράζεται σε σήματα σε επίπεδο κυττάρου και οργανισμού είναι απαραίτητη για να διευρυνθούν οι αλλαγές των συνθηκών των ωκεανών στους θαλάσσιους οργανισμούς. Πρόσφατες μελέτες σε θαλάσσια ψάρια και ασπόνδυλα έδειξαν ότι τα όρια της θερμικής ανοχής χαρακτηρίζονται από την εμφάνιση της εσωτερικής (συστηματικής) υποξίας (υποξαιμίας) σε πλήρως οξυγονωμένα νερά τόσο σε ακραίες χαμηλές όσο και σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι παρατηρήσεις αυτές συντέλεσαν στην ανάπτυξη της θεωρίας της περιορισμένης σε οξυγόνο και ικανότητα, θερμικής ανοχής στα ζώα (oxygen- and capacity-limited thermal tolerance in animals-OCLTT) η οποία υποδηλώνει ότι σε κρίσιμες θερμοκρασίες (T_c), η μετάβαση σε αναερόβιο μιτοχονδριακό μεταβολισμό επάγει την παραγωγή δραστικών ριζών οξυγόνου (ROS) και προοδευτικά ξεκινά η οξειδωτική καταπόνηση (οξειδωτικό stress) σε θαλάσσιους οργανισμούς (Pörtner, 2014). Επομένως, η μελέτη των φυσιολογικών χαρακτηριστικών συμβάλλουν ουσιαστικά στον καθορισμό των θερμικών ορίων αντοχής σε αλλαγές της θερμοκρασίας και δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την φυσιολογική απόδοση των οργανισμών.

ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ (CONSERVATION PHYSIOLOGY)

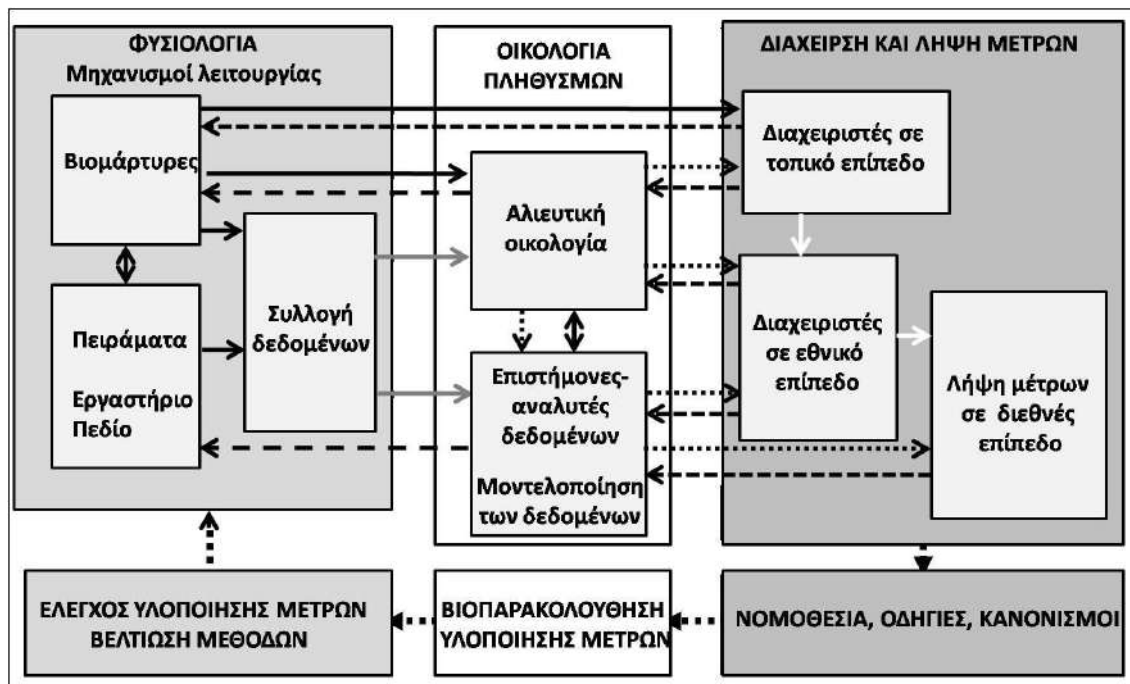
Βάση των παραπάνω, η φυσιολογία διατήρησης μελετά τις φυσιολογικές αντιδράσεις των οργανισμών στις περιβαλλοντικές αλλαγές, ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης παρέμβασης, που μπορεί να συμβάλει στη μείωση του πληθυσμού τους (Cooke and O'Connor, 2010). Οι φυσιολογικές αντιδράσεις μπορεί να περιλαμβάνουν λειτουργίες ολόκληρου του οργανισμού, όπως ο μεταβολισμός, η διατροφή, οι ορμονικές αποκρίσεις στις περιβαλλοντικές αλλαγές και αλλαγές σε ανοσοποιητικές παραμέτρους. Οι μηχανισμοί αυτοί χρησιμοποιούνται από τον οργανισμό για την αντιμετώπιση της καταπόνησης (stress). Το stress μπορεί να χαρακτηριστεί ως οξύ, το οποίο είναι βραχυπρόθεσμο (π.χ., που προήλθε από μια επίθεση αρπακτικού), και χρόνιο, το οποίο είναι μακράς διάρκειας (π.χ., που προκαλείται από μακροπρόθεσμη αλλαγή του κλίματος και/ή αιτία). Η μελέτη των αποκρίσεων σε επίπεδο κυττάρου ή και ολόκληρου του οργανισμού στοχεύει στη γνώση και το χαρακτηρισμό της βιολογικής ποικιλομορφίας και των οικολογικών επιπτώσεων, στην κατανόηση και την πρόβλεψη των τρόπων με τους οποίους οι οργανισμοί, οι πληθυσμοί και τα οικοσυστήματα θα ανταποκριθούν στις περιβαλλοντικές αλλαγές και τους στρεσογόνους παράγοντες, και την επίλυση των προβλημάτων διατήρησης και την ανάπτυξη στρατηγικών διατήρησης των ζώων (Pörtner and Peck, 2010).

Οι τρεις έννοιες που εισάγονται στο μοντέλο του stress είναι: 1) η αλλόσταση (διατήρηση ισορροπίας ή σταθερής κατάστασης, ομοιόσταση, μέσω της αλλαγής) 2) αλλοστατικό φορτίο (αποτελέσματα από δραστηριότητες της καθημερινής ζωής που τα ζώα μπορούν να διαχειριστούν μέχρι ένα όριο και 3) αλλοστατική υπερφόρτωση (μια κατάσταση στην οποία οι οργανισμοί δεν μπορούν πλέον να αντιμετωπίσουν τις εξωτερικές απαιτήσεις). Οι οργανισμοί μπορούν να αντιμετωπίσουν επαρκώς τα περιβαλλοντικά ερεθίσματα στις περισσότερες περιπτώσεις. Ωστόσο, όταν ένα ερέθισμα ωθεί έναν οργανισμό σε αλλοστατική υπερφόρτωση, πρέπει να αλλάξει τη φυσιολογία και τη συμπεριφορά του για να επιβιώσει. Καταγράφοντας επομένως τις φυσιολογικές αποκρίσεις και χαρακτηριστικά των υδρόβιων οργανισμών στις αλλαγές του περιβάλλοντος μπορούμε να κατανοήσουμε εάν τα άτομα ενός είδους βρίσκονται κάτω από περιβαλλοντικές συνθήκες καταπόνησης και επομένως να δώσουμε σημαντικές πληροφορίες για την κατάσταση του υδάτινου περιβάλλοντος (Cook et al., 2014).

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΩΝ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Ένα από κύρια χαρακτηριστικά της φυσιολογίας διατήρησης είναι η ικανότητά της, βάση των παραπάνω, να παρέχει αντικειμενικές επιστημονικές πληροφορίες που επιτρέπουν την αξιολόγηση του βαθμού στον οποίο οι διάφορες δραστηριότητες διατήρησης και διαχείρισης είναι επιτυχημένες (Cook and O'Connor 2010). Οι προσαρμογές των οργανισμών για να ανταπεξέλθουν με επιτυχία στις περιβαλλοντικές αλλαγές, μπορεί να ανταποκρίνονται αργά σε αυτές και συχνά διαρκούν περισσότερο από την περίοδο για την οποία η παρακολούθηση έχει οριστεί να λάβει χώρα (Adams and Ham, 2011). Εργαλεία της φυσιολογίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καταλάβουμε αν τα οφέλη σε ατομικό επίπεδο σχετίζονται με την αποκατάσταση (π.χ. μείωση του stress, βελτίωση της ανάπτυξης, ή τη διατροφική κατάσταση) σε ένα μικρότερο χρονικό διάστημα. Η επιτυχία των σχεδίων αποκατάστασης μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση γνώσεων της φυσιολογίας σχετικά με τα περιβαλλοντικά όρια των διαφόρων ειδών και τον προσδιορισμό αυτών, των οποίων οι πληθυσμοί είναι πιθανό να επιβιώσουν, ιδιαίτερα σε εξαιρετικά υποβαθμισμένες περιοχές.

Μέχρι να επιτευχθεί μια γενική κατανόηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, οι αξιολογήσεις των φυσιολογικών αποκρίσεων θα πρέπει πάντα να περιλαμβάνονται στα προγράμματα διατήρησης. Η γνώση και η κατανόηση της σχέσης μεταξύ των φυσιολογικών χαρακτηριστικών και της καλής φυσικής κατάστασης, συμβάλλει ώστε οι επιστήμονες της διατήρησης να προβλέπουν και να προλαμβάνουν μελλοντικά προβλήματα. Πληροφορίες σχετικά με την φυσιολογία των υδρόβιων οργανισμών που προέρχονται από την έρευνα πεδίου είναι απαραίτητες για την επιτυχία των προγραμμάτων διατήρησης (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Συνεχείς γραμμές: Ροή δεδομένων σχετικά με τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των ιχθύων κάτω από διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες. Διακεκομμένες γραμμές: Οι πληροφορίες της φυσιολογίας των ατόμων μπορούν να ενημερώνουν τους διαχειριστές για την λήψη μέτρων διατήρησης των αποθεμάτων των θαλάσσιων ψαρών και του τρόπου με τον οποίο η ανάλυση των πληροφοριών ανατροφοδοτεί στην ανάπτυξη στοχευμένων ερευνητικών δραστηριοτήτων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΑΣΚΙΔΙΑ ΚΑΙ ΜΥΔΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ - ΒΑΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΕ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΓΙΑ ΒΙΩΣΙΜΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Τα ασκίδια αποτελούν βασικούς επιβιώτες στις μυδοκαλλιέργειες με σημαντικές οικονομικές συνέπειες επί του παραγόμενου προϊόντος, ενώ παράλληλα οι εγκαταστάσεις των μυδοκαλλιεργειών θεωρείται ότι αποτελούν σημαντικά υποστρώματα επικάθισης, για την εγκατάσταση και εξάπλωση των ειδών αυτών (Εικόνα 3). Για τον μετριασμό των επιπτώσεων στις οστρακοκαλλιέργειες εφαρμόζεται μια σειρά μέτρων τα οποία ενδέχεται να αυξάνουν το κόστος παραγωγής στην τελική τιμή του προϊόντος σε ένα ποσοστό 20-30% για τον καλλιεργητή. Ο κατάλογος των ασκιδίων στην Ελλάδα αποτελείται σε σημαντικό ποσοστό από ξενικά-κρυπτογενικά είδη. Η διερεύνηση των εξάπλωσης μη αυτόχθονων-κρυπτογενικών ασκιδίων και των πρακτικών αντιμετώπισης της επικάθισης στις μυδοκαλλιέργειες είναι αναγκαία για την εκτίμηση του μεγέθους του προβλήματος στις παραγωγικές δραστηριότητες. Στο πλαίσιο αυτό εφαρμόζονται προγράμματα έρευνας και διαχείρισης στον τομέα όπου τα δίθυρα συλλέγονται από φυσικούς ή εκτρεφόμενους πληθυσμούς, προκειμένου να μελετηθούν οι επιπτώσεις των ασκιδίων στις φυσιολογικές λειτουργίες των μυδιών. Οι μελέτες γίνονται με βάση της λογικής που έχει περιγράψει και σε συνεργασία με τους μυδοκαλλιεργητές. Οι εποχικές καταγραφές των ασκιδίων επιτρέπουν την εκτίμηση του βαθμού διασποράς των εισβολικών ασκιδίων και τις φυσιολογικές επιπτώσεις στις μυδοκαλλιέργειες, καθώς επίσης και αποτύπωση των προβλημάτων που υπάρχουν στις παραγωγικές δραστηριότητες. Επιπρόσθετα, οι μυδοπαραγωγοί μπορούν να παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για τις αλλαγές στη σύνθεση των ειδών που βιο-εναποτίθενται στις εγκαταστάσεις και τις διακυμάνσεις της παραγωγής σε μια μεγάλη κλίμακα χρόνου. Με τον τρόπο αυτό προκύπτει μια ολιστική παρακολούθηση της εξάπλωσης των εισβολικών ασκιδίων και των προβλημάτων που δημιουργούν στις παραγωγικές δραστηριότητες. Μέσα από συγκεκριμένες διαχειριστικές προτάσεις στόχος είναι να μειωθούν οι απώλειες της παραγωγής λόγω θνησιμοτήτων και το επιπρόσθετο κόστος διαχείρισης κατά την διαλογή του προϊόντος. Οι μονάδες στη ζώνη μυδοκαλλιέργειας παρακολουθούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα για την ανάπτυξη των ασκιδίων και για τις πιθανές επιπτώσεις της αυξημένης θερμοκρασίας

στα μύδια. Τα αποτελέσματα από τις έρευνες θα αποτελέσουν την βάση για την δημιουργία ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης για τους μυδοκαλλιεργητές σχετικά με την ανάπτυξη των ασκιδίων και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής ώστε να λαμβάνουν εγκαίρως μέτρα για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Η επιστημονική συμβολή θα είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα λόγω όλων των μεθόδων που θα χρησιμοποιηθούν για τον χαρακτηρισμό της ζώνης μυδοκαλλιέργειας, την πρόβλεψη πιθανών κινδύνων και λύσεων για να ξεπεραστούν όλες οι ανιχνευθείσες φυσικές και ανθρωπογενείς πιέσεις, να διατηρηθούν οι θαλάσσιοι πόροι και να δημιουργηθεί διαχείριση των επενδυμένων περιοχών με όρους αειφόρου ανάπτυξης.

* Η εργασία είναι μέρος του προγράμματος με τίτλο «Ανάπτυξη βέλτιστων πρακτικών ελέγχου ξενικών ειδών ασκιδίων και λοιπών ειδών (μαλάκια, σπόγγοι) στις εγκαταστάσεις των μυδοκαλλιεργειών και μετριασμό των οικονομικών επιπτώσεων της εισβολής» υποστηριζόμενο (Κωδικός ΟΠΣ 5048463) που χρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΟΑΛΑΣΣΑΣ 2014-2020»

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adams SM, Ham KD (2011) Application of biochemical and physiological indicators for assessing recovery of fish populations in a disturbed stream. *Environ Manag* 47: 743 1047–1063.
- Cooke SJ, O'Connor CM (2010) Making conservation physiology relevant to policy makers and conservation practitioners. *Conserv Lett* 3: 159–166.
- Cooke SJ, Killen SS, Metcalfe JD, McKenzie DJ, Mouillot D, Jorgensen C, Peck MA (2014). Conservation Physiology Across Scales: Insights from the Marine Realm. *Conserv Physiol* 2: 10.1093/conphys/cou024.
- Hochachka PW, Somero G N (2002) Biochemical adaptation: mechanism and process in hysiological evolution. Oxford, New York. Oxford University Press
- Le Quesne FJW, Pinnegar KJ (2012) The potential impacts of ocean acidification: scaling from physiology to fisheries *Fish and Fisherie* 13, 333-344
- Pörtner HO (2014) How to and how not to investigate the oxygen and capacity limitation of thermal tolerance (OCLTT) and aerobic scope. *J. Exp. Biol.* 217: 4432–4433.
- Pörtner HO, Peck MA (2010) Climate change effects on fishes and fisheries: towards a cause-and-effect understanding. *J Fish Biol* 1–35.
- Pörtner HO, et al. (2014) Ocean systems. Pp. 411–484 in C. B. Field, et al. eds. *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the Fifth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change.* Cambridge Univ. Press, New York, NY, USA.