



# Υποθαλάσσια καταφύγια ζωής: οι τεχνητοί ύφαλοι στην Ελλάδα

Δρ Χρύσα Αναστασιάδου, Βιολόγος-Εντεταλμένη Ερευνήτρια  
Δρ Νίκος Καμίδης, Ωκεανογράφος-Κύριος Ερευνητής  
Πάυλος Βιδωρής, Περιβαλλοντολόγος  
Κώστας Ευθυμιάδης, Ιχθυολόγος  
Πασχάλης Παπουτσή, Ειδικός Εφαρμογών Πληροφορικής-  
Μηχανημάτων Θαλάσσης  
Δρ Αργύρης Καλλιανιώτης, Ιχθυολόγος, Επιστημονικά Υπεύθυνος  
Τεχνητών Υφάλων,  
Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας (ΙΝΑΛΕ)

Με τον βιολογικό/γεωλογικό όρο **ύφαλος** ορίζεται μια βραχώδης/κοραλλιογενής απόφυση του πυθμένα της θάλασσας ή της λίμνης που δεν εξέχει της επιφάνειας του νερού και στην οποία αναπτύσσεται και διατηρείται πλούσια φυτική και ζωική βιοποικιλότητα. Ο φυσικός ύφαλος εξαιτίας της πολυπλοκότητας στη δομή και τη λειτουργία του αποτελεί ένα φυσικό καταφύγιο για πολλούς οργανισμούς εξαιτίας των μικροθέσεων και των ενδιατημάτων που διαμορφώνονται στις διάφορες επιφάνειές του. Οι ύφαλοι αναπτύσσονται συνήθως σε ζεστά, ρηκά αλλά και βαθύτερα, καθαρά ύδατα στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές του πλανήτη, καταλαμβάνοντας επιφάνεια μικρότερη του 0,1% των ωκεανών της γης. Αν και η συνολική επιφάνειά τους είναι εξαιρετικά μικρή, φιλοξενούν το 25% όλων των θαλάσσιων ειδών. Η υψηλή αντιπροσώπευση της θαλάσσιας πανίδας τους καθιστά οικοσυστήματα υψηλής οικολογικής σημασίας. Στην περιοχή εντός του υφάλου αλλά και γύρω από αυτόν αναπτύσσονται μεγάλοι λειμώνες φανερόγαμων φυτών, όπως λιβάδια των ειδών *Posidonia oceanica* και *Cymodocea nodosa*. Για τον λόγο αυτό και για την πλούσια φυτική αφθονία, οι ύφαλοι συχνά ονομάζονται «τροπικά δάση» της θάλασσας, παρέχοντας στις διάφορες θαλάσσιες περιοχές του πλανήτη υψηλές ποσότητες οξυγόνου, τροφής και καταφυγίων. Επιπλέον, είναι περιοχές όπου αναπαράγεται πληθώρα ασπόνδυλων και σπονδυλωτών οργανισμών και αναφέρονται και ως «νηπιότροφεία» ψαριών εξαιτίας της υψηλής πυκνότητας λαρβών και νεαρών ατόμων των ιχθύων υψηλής εμπορικής αξίας.

Οι **τεχνητοί ύφαλοι** (ΤΥ) είναι τεχνητές δομές σταθερών υλικών, φιλικών προς το περιβάλλον, οι οποίες τονίζονται σε επιλεγμένες περιοχές, με στόχο τη δημιουργία υποθαλάσσιου τεχνητού ανάγλυφου. Οι ΤΥ κατασκευάζονται από διάφορα υλικά, τα οποία συχνά σχετίζονται με τον τύπο του υλικού που είναι διαθέσιμο στη χώρα. Ωστόσο, η συντριπτική πλειοψηφία των Μεσογειακών υφάλων είναι από σκυρόδεμα. Οι δομές αυτές έχουν διαφορετικές μορφές και σχήματα ανάλογα με την πολυπλοκότητα που χρειάζεται να δημιουργήσουμε κάθε φορά. Όσο

μεγαλύτερη είναι η πολυπλοκότητα της δομής τόσο μεγαλύτερη είναι η ποικιλότητα των οργανισμών που θα προσελκύσει ο ύφαλος και τόσο διαφορετικά θα είναι τα ενδιατήματα που θα δημιουργηθούν σε αυτόν.



Δομές στοιχείων τεχνητών υφάλων διαφόρων σχημάτων και μεγεθών που χρησιμοποιούνται στην Μεσόγειο.



Εδραίοι ασπόνδυλοι οργανισμοί προσκολλημένοι στα στοιχεία του τεχνητού υφάλου Πρέβεζας και ψάρια διαφόρων ειδών που κολυμπούν ανάμεσα στα στοιχεία.

Εκτός της αύξησης της ποικιλότητας η κατασκευή τεχνητών υφάλων αποβλέπει και στην προστασία του παράκτιου περιβάλλοντος από την υποθαλάσσια διάβρωση και την προστασία των περιοχών από την παράνομη αλιεία, αυξάνοντας μακροπρόθεσμα τη βιομάζα των αυτόχθονων πληθυσμών, μέσω της δημιουργίας καταφυγίων και προστατευμένων κλειστών ζωνών γύρω από τον τεχνητό ύφαλο καθώς και ως τουριστικό αξιοθέατο (π.χ. δημιουργία καταδυτικών μονοπατιών).

### Η έννοια του καταφυγίου

- Το καταφύγιο αποτελεί για τη ζωή και τη βιολογία έννοια υψηλού ενδιαφέροντος. Τα καταφύγια εξασφαλίζουν την εξελικτική σταθερότητα στο ενδιαίτημα και διατηρούν τη βιοποικιλότητα στον γεωλογικό χρόνο. Χλωριδικά και πανιδικά μεταπαγετώδη καταφύγια διατήρησαν τη ζωή στον πλανήτη μας και εξασφάλισαν τη συνέχειά του.
- Εντός των καταφυγίων έχουν αναπτυχθεί οι επιστημονικές θεωρίες θηράματος – θηρευτή, οι θεωρίες για τα πληθυσμιακά ισοζύγια (Nash equilibrium) των διαφόρων ειδών καθώς και οι σύγχρονες οικολογικές θεωρίες.

Σήμερα περισσότερο παρά ποτέ, χρειαζόμαστε τόσο φυσικά όσο και τεχνητά καταφύγια. Η περιβαλλοντική κρίση που αντιμετωπίζουμε στις μέρες μας αφορά σημαντικές μεταβολές του κλίματος, μεταβολές στη στάθμη της θάλασσας αλλά στη σύσταση των ωκεανών όπως η οξίνισή τους κατά 30%, διακινδύνευση των κοραλλιογενών υφάλων, υποχώρηση της αρκτικής και ορεινής παγοκάλυψης, αύξηση του ρυθμού αφανισμού (extinction rate) των ειδών, ρύπανση αέρα, υδάτων και χέρσου, υποβάθμιση της ποιότητας των τροφίμων και αλλαγή των επιδημιολογιών των νόσων, σημαντική συρρίκνωση των ιχθυοποθεμάτων, διατάραξη των φυσικών κύκλων των οργανισμών, χαμηλές παραγωγικότητες και έλλειψη τροφικών πόρων.



Τεχνητοί ύφαλοι σε Αιγαίο και Ιόνιο Πέλαγος που έχουν ενταχθεί στην τριετή βιοπαρακολούθηση του Ινστιτούτου Αλιευτικής Έρευνας.

Μέσα στο πλαίσιο αυτό, γίνονται προσπάθειες από την επιστημονική κοινότητα να αντιστραφούν κάποια από τα παραπάνω φαινόμενα με τη χρήση εξειδικευμένων ερευνητικών εργαλείων. Ένα αποτελεσματικό επιστημονικό εργαλείο για την αύξηση της βιοποικιλότητας και των ιχθυοποθεμάτων των θαλάσσιων περιοχών είναι και η κατασκευή τεχνητών υφάλων που διενεργείται εδώ και 15 έτη στη χώρα μας και στην ευρύτερη Μεσόγειο. Μεταξύ των Ευρωπαϊκών κρατών οι περισσότεροι ΤΥ έχουν κατασκευαστεί σε Ιταλία, Ισπανία και Γαλλία. Στην Ελλάδα, το Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας συμμετέχει σε συνεργασία με άλλους ερευνητικούς φορείς και Ιδρύματα της χώρας στην κατασκευή και βιοπαρακολούθηση των ΤΥ μέσω των Επιχειρησια-

κών Προγραμμάτων Αλιείας που ξεκίνησαν από το 1994-1999 και υλοποιούνται μέχρι και σήμερα. Τεχνητοί ύφαλοι έχουν κατασκευαστεί και παρακολουθηθεί τόσο στο Αιγαίο όσο και στο Ιόνιο Πέλαγος και σε επιλεγμένες περιοχές υψηλής αλιευτικής σημασίας για τη χώρα.

### Βιολογική παρακολούθηση τεχνητών υφάλων

Από τη στιγμή που τοποθετείται ένας ΤΥ, ξεκινά η διαδικασία εποίκισμού ξεκινώντας από την εμφάνιση των μικροοργανισμών και των μικροφυκών. Στη συνέχεια εμφανίζονται διαδοχικά άλλα βενθικά είδη προερχόμενα από κοντινούς βραχώδεις πυθμένες και ακολουθούν είδη ιχθύων τα οποία τρέφονται, κρύβονται και αναπαράγονται στον ΤΥ.

Οι αλλαγές στο φυσικό και βιοτικό περιβάλλον που προκαλούνται από την πόντιση ενός ΤΥ είναι δυνατόν να επηρεάσουν την σύσταση των ιζημάτων στην περιοχή του. Συγκεκριμένα, οι ΤΥ μπορούν να μεταβάλουν το υδροδυναμικό καθεστώς, να προκαλέσουν διάβρωση των ιζημάτων ή να μεταβάλουν τις κατανομές μεγέθους των κόκκων των ιζημάτων, καθώς και να μεταβάλλουν την περιεκτικότητα της οργανικής ύλης στα ιζήματα (μέσω της μεταβολικής δραστηριότητας ή μέσω της συσσώρευσης οργανικών υλών). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της διαθεσιμότητας της τροφής και των βιολογικών αλληλεπιδράσεων, οι οποίες ενδέχεται να προκαλέσουν μεταβολές στην αφθονία και τη διασπορά των ειδών καθώς και στη σύνθεση του μακροβενθικού αποθέματος.

Στους ΤΥ που είναι ποντισμένοι στις ελληνικές θάλασσες διενεργούνται τακτικές δειγματοληψίες που αποσκοπούν στην παρακολούθηση των υδρογραφικών χαρακτηριστικών τόσο στη στήλη του νερού όσο και στο ιζήμα. Τα φυσικά χαρακτηριστικά των υδάτων (θερμοκρασία, αλατότητα, πυκνότητα και διαλυμένο οξυγόνο) μετρούνται στο σημείο που έχουν ποντιστεί τα στοιχεία του υφάλου, αλλά και στην ευρύτερη θαλάσσια περιοχή από το επιφανειακό στρώμα έως και τον πυθμένα. Στόχος των μετρήσεων αυτών είναι η καταγραφή των ποσοτήτων των υδάτων που φτάνουν στους ΤΥ από τους παρακείμενους ποταμούς (π.χ. στις περιπτώσεις του Αχέροντα στον ΤΥ Πρέβεζας, του Ρήχιου στον ΤΥ Ιερισσού, του Αξιού-Αλιάκμονα στους ΤΥ Κίτρους και Λιτοχώρου), καθώς και η καταγραφή των επιπέδων του διαλυμένου οξυγόνου κυρίως στον πυθμένα των ΤΥ. Η ανάπτυξη υποξικού/ανοξικού στρώματος στον πυθμένα μπορεί να δημιουργηθεί από τη μεταβολή της υδρολογίας και τη συσσώρευση επιπλέον βιομάζας, οπότε η μέτρηση του οξυγόνου στους ΤΥ είναι πρωτίστης σημασίας. Επιπλέον, διενεργείται η συλλογή δειγμάτων νερού που προορίζονται για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων κλωροφύλλης-α, η οποία αποτελεί δείκτη της πρωτογενούς παραγωγής και του ευτροφισμού. Τα δείγματα λαμβάνονται από πέντε βάθη συμπεριλαμβανομένης της επιφάνειας και του πυθμένα. Οι συγκεντρώσεις που μετρούνται στις περιοχές του ΤΥ συγκρίνονται με αυτές των παρακείμενων θαλάσσιων περιοχών ούτως ώστε να διαπιστωθεί η επίδραση της πόντισης των στοιχείων στα επίπεδα ευτροφισμού των περιοχών των ΤΥ. Το υδροδυναμικό καθεστώς που επικρατεί στους ΤΥ αποσαφηνίζεται με την πόντιση ρευματογράφου. Η διεύθυνση και η ταχύτητα των υδάτων μετριοούνται τόσο στα σημεία πόντισης των τσιμεντένιων στοιχείων όσο και στην ευρύτερη θαλάσσια περιοχή. Οι τυχόν μεταβολές στη κυκλοφορία των υδάτων εξαιτίας της λειτουργίας του ΤΥ καταγράφονται λεπτομερώς. Τέλος, ο ρυθμός ιζηματοπόθεσης μελετάται με την τοποθέτηση αριθμού ιζηματοπαγίδων στις περιοχές των ΤΥ. Πρόκειται για πλαστικούς κυλίνδρους



οι οποίοι τοποθετούνταν συνήθως στον πυθμένα με σκοπό την συλλογή αιωρούμενου ιζήματος και τον υπολογισμό του ρυθμού εναπόθεσης των αιωρούμενων υλικών στον πυθμένα. Οι παγίδες είναι ικανές να συλλέξουν αιωρούμενα στερεά μικρού μεγέθους, ή ακόμα και μεγαλύτερα συσσωματώματα, όπως οργανικό υλικό, κελύφη, νεκρούς θαλάσσιους οργανισμούς, σκόνη και ορυκτά. Με τη μέθοδο αυτό διενεργείται η εκτίμηση της διάρκειας ζωής των ΤΥ.

Την παρακολούθηση του υδρολογικού προφίλ των περιοχών των ΤΥ ακολουθεί και η βιολογική παρακολούθηση, η οποία αφορά τόσο τον πυρήνα του υφάλου όσο και την περιοχή εξισορρόπησης γύρω από τον ύφαλο (buffer zone). Ο πυρήνας του ΤΥ παρακολουθείται σε εποχική βάση με οπτικές δειγματοληψίες, φωτογραφίσεις και βιντεοσκοπήσεις, από εξειδικευμένη καταδυτική ομάδα του ΙΝΑΛΕ, καθώς και με εποχικά δείγματα που λαμβάνονται από το σκληρό υπόστρωμα με στόχο να καταγραφεί λεπτομερειακά η διαδοχή των οργανισμών επί του ΤΥ. Συμπληρωματικά, παρακολουθούνται και εξειδικευμένες ομάδες ζώων, όπως τα Καρκινοειδή Δεκάποδα με ειδικές παγίδες και συσκευές άντλησης τόσο γύρω από τον πυρήνα του ΤΥ όσο και πάνω σε αυτόν. Τα Καρκινοειδή Δεκάποδα αποτελούν ένα από τα κύρια ταξινομήματα ζωικών οργανισμών μετά τους ιχθύες, με σημαντικό ρόλο στην τροφική πυραμίδα των διαφόρων θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Πρόκειται για οργανισμούς με ισχυρή αντιπροσώπευση τόσο στη στήλη του νερού (ως στοιχεία των ζωπλαγκτικών κοινοτήτων) όσο και στις βενθικές κοινότητες των παράκτιων και βαθύβιων οικοσυστημάτων. Εξαιτίας της τροφοληψίας τους και του γεγονότος ότι είναι σαπροφάγοι οργανισμοί, συμβάλλουν στην ανακύκλωση και τη ροή της ενέργειας στις τροφικές πυραμίδες. Επιπλέον, πολλά είδη εμφανίζουν σημαντικό εμπορικό ενδιαφέρον και αποτελούν κύριο τροφικό πόρο για πολλές περιοχές. Ειδικότερα για τα «τεχνητά ενδιαιτήματα» (artificial habitats) των τεχνητών υφάλων, τα Καρκινοειδή Δεκάποδα αποτελούν μια ομάδα οργανισμών-στόχων που απαντώνται σε διάφορες οικοθέσεις, καταλαμβάνοντας μικροενδιαιτήματα μέσα στους πυρήνες των υφάλων αλλά και στην περιοχή γύρω από τον ύφαλο, αυξάνοντας έτσι τη βιοποικιλότητα του οικοσυστήματος και το αλιευτικό δυναμικό του.

Επιπλέον, και σε εποχική επίσης βάση, διενεργούνται δειγματοληψίες με τράτα βυθού στην εγγύς περιοχή γύρω από τον ΤΥ με στόχο να παρακολουθείται η βιοποικιλότητα των ιχθύων και μακροασπόνδυλων της περιοχής και να εξάγονται συμπεράσματα για την επίδραση του ΤΥ στην ιχθυοπανίδα της ζώνης εξισορρόπησης. Η συλλογή των δειγμάτων πραγματοποιείται από εξειδικευμένο προσωπικό του ΙΝΑΛΕ και διενεργείται καταγραφή της βιοποικιλότητας και ιχθυοαποθεμάτων της περιοχής, λαμβάνονται βαρυμετρικά στοιχεία των οργανισμών, αφθονίες, γεννητική ωριμότητα των ειδών και λαμβάνονται δείγματα ιχθυοπλαγκτού και ζωπλαγκτού από τη στήλη του νερού. Τα δείγματα αυτά αναλύονται διεξοδικά με στόχο την καταγραφή και την αποτύπωση της βιολογικής πληροφορίας στη στήλη του νερού ανά περιοχή και ανά εποχή.

Μέσα σε ένα έντονα μεταβαλλόμενο παράκτιο περιβάλλον, μεγάλων σύγχρονων αλιευτικών προκλήσεων και αναγκών, στο οποίο αναδύεται η ανάγκη για μια ορθολογική διαχείριση των ιχθυοαποθεμάτων και των θαλάσσιων τροφικών πόρων, η κατασκευή και παρακολούθηση τεχνητών υφάλων σε περιοχές σημαντικού αλιευτικού ενδιαφέροντος παραμένει για τη χώρα μας αλλά και για ολόκληρη τη Μεσόγειο ένα σημαντικό εγχείρημα με υψηλό ανταποδοτικό όφελος για την μελλοντική μας παραγωγή και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας.



Υποβρύχιες δειγματοληψίες στον πυρήνα ΤΥ από δύτες του Ινστιτούτου Αλιευτικής Έρευνας.



Τράτα βυθού για τη διενέργεια δειγματοληψιών από τον ΤΥ Λιτοχωρίου.



Πολύχαιτοι δακτυλιοσκόληκες και σπόγγοι από τον πυρήνα του ΤΥ Πρέβεζας.

Πληροφορίες: Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, Νέα Πέραμος, 64007 Καβάλα, τηλ.: 25940 22692, e-mails: anastasiadou@inale.gr, nikkami@inale.gr, www.inale.gr