



Τμήμα Περιβάλλοντος

Βιοποικιλότητα θαλάσσιων σπηλαίων της Ανατολικής Μεσογείου

Μάρκος Διγενής | Υποψήφιος Διδάκτορας | Τμήμα Περιβάλλοντος, Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Τριμελής επιτροπή: Δρ. Βασίλειος Γεροβασιλείου (κύριος επιβλέπων) | Δρ. Θάνος Νταϊλιάνης | Δρ. Στυλιανός Κατσανεβάκης

Σκοπός

1. Η **μακροοικολογική μελέτη των κοινοτήτων** (εδραίων και κινητικών ειδών) **θαλάσσιων σπηλαίων από διαφορετικές βιογεωγραφικές περιοχές** της Α. Μεσογείου: Αδριατική – Ιόνιο – Αιγαίο – Λεβαντίνη (Εικ. 1).
2. Η συγκριτική μελέτη **βενθικών κοινοτήτων μαλακού υποστρώματος** σε επιλεγμένα θαλάσσια σπήλαια.
3. Η διερεύνηση των **προτύπων κατανομής και επιπτώσεων των αλλόχθονων ειδών** στη βιοποικιλότητα των θαλάσσιων σπηλαίων της Ανατολικής Μεσογείου.
4. Η συγκριτική μελέτη των κοινοτήτων **τεχνητών και φυσικών θαλάσσιων σπηλαίων** στην Αδριατική.
5. Η **εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης** επιλεγμένων θαλάσσιων σπηλαίων της Ανατολικής Μεσογείου.

Εισαγωγή

Τα **θαλάσσια σπήλαια** αποτελούν **χαρακτηριστικό στοιχείο των βραχωδών ακτών της Μεσογείου**, με περισσότερα από 3.000 σπήλαια να έχουν καταγραφεί έως σήμερα, αν και ο πραγματικός αριθμός τους εκτιμάται ότι είναι πολύ μεγαλύτερος. Παρουσιάζουν **μεγάλη μορφολογική ποικιλία**, ενώ αβιοτικοί παράγοντες όπως το φως και ο υδροδυναμισμός δημιουργούν έντονη διαφοροποίηση των βιοκοινοτήτων στο εσωτερικό τους. Η διαφοροποίηση αυτή οδηγεί στη διάκριση **τριών βασικών οικολογικών ζωνών**: της **ζώνης εισόδου**, της **ημισκότεινης ζώνης** και της **σκοτεινής ζώνης**.

Τα Μεσογειακά θαλάσσια σπήλαια αποτελούν **σημαντικούς «ταμειυτήρες βιοποικιλότητας»**, φιλοξενώντας **≈2.400 είδη οργανισμών**, πολλά από τα οποία είναι **σπάνια, ενδημικά ή προστατευόμενα**. Στα σκοτεινά τους τμήματα απαντώνται ακόμη και **βαθύβια είδη**, καθώς οι περιβαλλοντικές συνθήκες προσομοιάζουν με εκείνες της **βαθιάς θάλασσας**. Παράλληλα, τα σπήλαια λειτουργούν ως **καταφύγιο για είδη με εμπορική σημασία**.

Παρότι τα θαλάσσια σπήλαια **προστατεύονται από την Ευρωπαϊκή και Μεσογειακή νομοθεσία**, η βιοποικιλότητά τους **απειλείται ολόένα και περισσότερο** από παράγοντες όπως η **κλιματική αλλαγή**, η **ρύπανση**, οι **τουριστικές δραστηριότητες** και η **εξάπλωση αλλόχθονων ειδών**.

Μεθοδολογία

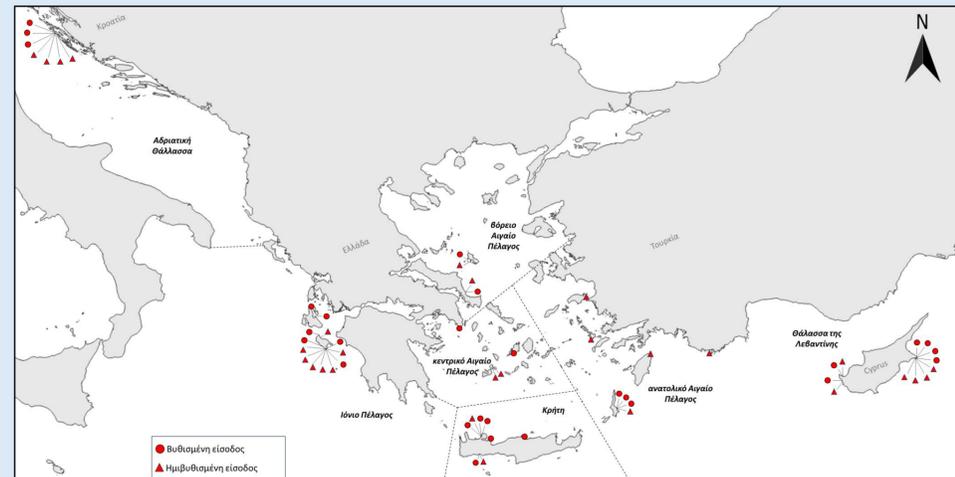
- Για την **ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των ειδών σκληρού υποστρώματος**, λήφθηκαν **10 φωτογραφικά πλαίσια** από κάθε οικολογική ζώνη **37 θαλάσσιων σπηλαίων**, κατά τη διάρκεια **επιστημονικής αυτόνομης κατάδυσης** (Εικ. 2Α). Συνολικά συλλέχθηκαν **970 φωτογραφικά πλαίσια**, τα οποία αναλύθηκαν με το λογισμικό **PhotoQuad**, προκειμένου να υπολογιστεί το **ποσοστό κάλυψης κάθε αναγνωρισμένου είδους** (Εικ. 2Β).
- Για τη **μελέτη της κινητικής πανίδας** (π.χ. **καρκινοειδή & ψάρια**), ένας επιστήμονας δύτες κατέγραφε με **οπτική παρατήρηση (visual census)** όλα τα είδη που εντόπιζε εντός **τριών λεπτών** σε κάθε οικολογική ζώνη **57 σπηλαίων (time-transects)**. Παράλληλα, καταγράφηκαν τα **κύρια γεωμορφολογικά και τοπογραφικά χαρακτηριστικά** κάθε σπηλαίου, καθώς και **πιθανές πιέσεις και απειλές**.
- Για τη **μελέτη των κοινοτήτων μαλακού υποστρώματος**, συλλέχθηκαν **πυρήνες ιζήματος** από τις τρεις οικολογικές ζώνες δύο θαλάσσιων σπηλαίων της **Κρήτης**. Η διαλογή και αναγνώριση των οργανισμών πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του **ΕΛΚΕΘΕ Κρήτης**.
- Η **στατιστική επεξεργασία των δεδομένων** πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού **Primer-6**.

Προκαταρκτικά Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

- Όλα τα μελετώμενα σπήλαια φιλοξενούν **πλούσια βιοποικιλότητα**, με πολλά σπάνια, ενδημικά και προστατευόμενα είδη. Καταγράφηκαν επίσης **τρία είδη για πρώτη φορά στον ελλαδικό χώρο**: οι πλατυέλμινθες *Thysanozoon brocchii* (Ζάκυνθος – Εικ. 3Α) και *Prostheceraeus moseleyi* (Κάρπαθος – Εικ. 3Β), καθώς και το γυμνοβράγχιο *Felimare gasconi* (Κρήτη – Εικ. 3Γ).
- Σε αρκετά σπήλαια εντοπίστηκαν σπάνιοι **βιοσηματισμοί ηλικίας εκατοντάδων ετών** (π.χ. λιθόσπογγοι, βιοσταλακτίτες), ενώ συλλέχθηκαν και νέες πληροφορίες για τη διατροφή του σπάνιου ψαριού *Scorpaenodes arenai* (Εικ. 3Δ).
- Στην εδραία πανίδα κυριαρχούν οι **σπόγγοι**, ενώ στην κινητική πανίδα επικρατούν οι **οστεϊχθύες** ως προς τον αριθμό ειδών και την αφθονία. Η δομή των βενθικών κοινοτήτων διαφοροποιείται έντονα μεταξύ των οικολογικών ζωνών των σπηλαίων, ιδιαίτερα μεταξύ της ζώνης εισόδου και των σκοτεινών τμημάτων, ενώ σημαντικές διαφορές εμφανίζονται και μεταξύ σπηλαίων της ίδιας περιοχής λόγω διαφορών στη μορφολογία και το βάθος τους. Υψηλότερη ποικιλότητα κινητικών ειδών καταγράφηκε σε σπήλαια των νότιων ακτών της Κρήτης και της Σάμου.
- Πολλά **αλλόχθονα είδη** εντοπίστηκαν στις νοτιοανατολικές περιοχές (Κύπρος και Καστελόριζο), γεγονός που συνδέεται με την εγγύτητα στη Διώρυγα του Σουέζ και τις κλιματικές συνθήκες. Τα καρκινοειδή *Carura tenuipes* (Εικ. 3Ε) και *Urocaridella pulchella* (Εικ. 3Ζ) καταγράφηκαν για πρώτη φορά στο Ιόνιο, δείχνοντας την εξάπλωσή τους σε νέες περιοχές.
- Τα περισσότερα σπήλαια δέχονται **πιέσεις και απειλές** όπως παρουσία αλλόχθονων ειδών, θαλάσσια απορρίμματα, αυξημένο τουρισμό, λανθασμένη καταδυτική συμπεριφορά και επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (π.χ. νέκρωση ροδοφυκών και σπόγγων).

Δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά με κριτές

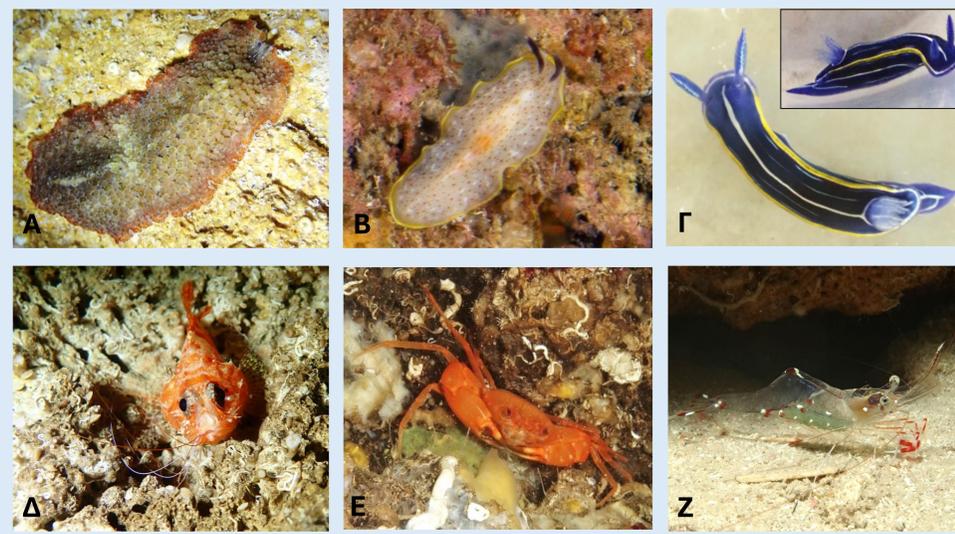
1. **Digenis M**, Akyol O, Benoit L, Biel-Cabanelas M, Çamlık Ö Y, ... , Gerovasileiou V (2024) New records of rarely reported species in the Mediterranean Sea (March 2024). *Mediterranean Marine Science*, 25(1): 84-115.
2. Christidis G, Ammar I A, Antit M, Barhoum Y M, Brundu G, ..., **Digenis M**, ..., Gerovasileiou V (2024) New records of introduced species in the Mediterranean (August 2024). *Mediterranean Marine Science*, 25(2): 453-479.
3. **Digenis M**, Ragkousis M, Dimitriadis C, Katsanevakis S, Gerovasileiou V (2025) Assessing the Motile Fauna of Eastern Mediterranean Marine Caves. *Fishes*, 10, 383.
4. Gratsia, E., Zenetos, A., **Digenis, M.**, Gerovasileiou, V., Kasapidis, P., & Karakassis, I. (2026). From Hulls to Caves: Insights into the Introduction and Expansion of Non-Indigenous Marine Bivalves of the Genera *Isognomon* and *Malleus* in the Eastern Mediterranean Sea. *Diversity*, 18(2), 127.
5. Pistevo CAJ, Zenetos A, Stranga Y, Teaca A, Begun T, ... **Digenis M**, ... , Katsanevakis S (submitted) Unpublished Mediterranean and Black Sea records of marine alien, cryptogenic, and neonative species. *BiolInvasions Records*.



Εικόνα 1. Περιοχή μελέτης και θέση των **57 θαλάσσιων σπηλαίων** που κατανομούνται σε επτά βιογεωγραφικές περιοχές σε Ελλάδα, Κροατία και Κύπρο (Αδριατική – Ιόνιο – βόρειο Αιγαίο – κεντρικό Αιγαίο – ανατολικό Αιγαίο – Κρήτη – Λεβαντίνη). Με διαφορετικό σύμβολο υποδηλώνεται ο τύπος εισόδου κάθε σπηλαίου (βυθισμένη ή ημιβυθισμένη).



Εικόνα 2. Λήψη φωτογραφικών πλαισίων από καταδυόμενο επιστήμονα στο ημισκότεινο εσωτερικό θαλάσσιου σπηλαίου του Ιονίου, χρησιμοποιώντας νέα μεθοδολογική προσέγγιση που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της έρευνας (Α). Ανάλυση των φωτογραφικών πλαισίων με τη χρήση του λογισμικού PhotoQuad (Β).



Εικόνα 3. Είδη πλατυέλμινθων (Α, Β) και γυμνοβράγχιου (Γ) που καταγράφηκαν για πρώτη φορά στον ελλαδικό χώρο, καθώς και σπάνιο είδος ψαριού (Δ) που έχει θηρεύσει την εμπορική γαρίδα *Plesionika narval*. Είδη αλλόχθονων δεκαπόδων (Ε, Ζ) που καταγράφηκαν για πρώτη φορά στο Ιόνιο Πέλαγος σε θαλάσσια σπήλαια.