

Μελέτη υποβάθρου της βενθικής μακροπανίδας σε πιθανή θέση εξόρυξης Υποθαλάσσιων Κοιτασμάτων Αδρανών Υλικών (Όρμος Αφάντου Ρόδου)

Ευαγγελόπουλος, Α.¹, Αραμπάνου, Μ.¹, Μαϊδανού, Μ.^{1,2}, Κατσιάρας, Ν.^{1,3}, Χασιώτης, Θ.¹, Κουτσούμπας, Δ.¹

¹Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, tevagelo@marine.aegean.gr, marm31201@marine.aegean.gr, mariam@hcmr.gr, nkatsiaras@hcmr.gr, hasiotis@aegean.gr, drosos@aegean.gr

²Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας και Γενετικής, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, mariam@hcmr.gr

³Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, nkatsiaras@hcmr.gr

Περίληψη

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι να παρέχει την πληροφορία υποβάθρου σχετικά με τη δομή και την ποικιλότητα των συναθροίσεων της βενθικής μακροπανίδας σε πιθανή θέση εξόρυξης υποθαλάσσιων κοιτασμάτων αδρανών υλικών στον όρμο Αφάντου της Ρόδου. Η δειγματοληψία με αρπάγη ιζήματος σε 6 σταθμούς σε βάθη έως 45 m έδειξε ότι στην περιοχή μελέτης μπορούν να διακριθούν δύο σημαντικά διαφορετικής δομής συναθροίσεις της βενθικής μακροπανίδας, η πρώτη σε σταθμούς βάθους 15 m και η δεύτερη στους σταθμούς βάθους 45 m. Οι συναθροίσεις στους βαθύτερους σταθμούς χαρακτηρίζονται από υψηλότερη αριθμητική αφθονία και πυκνότητα ειδών, ενώ η ποικιλότητα δεν διέφερε σημαντικά με το βάθος.

Λέξεις κλειδιά: δομή βιοκοινότητας, ποικιλότητα ειδών, βαθυμετρική μεταβλητότητα, υδροδυναμική

Baseline study of the benthic macrofauna at a potential Marine Aggregate Extraction site (Afantou Bay, Rhodes)

Evangelopoulos, A.¹, Arampanou, M.¹, Maidanou, M.^{1,2}, Katsiaras, N.^{1,3}, Hasiotis, T.¹, Koutsoubas, D.¹

¹Department of Marine Sciences, University of the Aegean, tevagelo@marine.aegean.gr, marm31201@marine.aegean.gr, mariam@hcmr.gr, nkatsiaras@hcmr.gr, hasiotis@aegean.gr, drosos@aegean.gr

²Institute of Marine Biology and Genetics, Hellenic Centre for Marine Research, mariam@hcmr.gr

³Institute of Oceanography, Hellenic Centre for Marine Research, nkatsiaras@hcmr.gr

Abstract

The aim of the present study is to give baseline information on the structure and diversity of the benthic macrofaunal assemblages at a potential marine aggregate extraction site at Afantou Bay, in Rhodes. Sampling was carried out with a sediment grab, at 6 sampling stations distributed along 3 transects perpendicular to the coastline and at two depth levels, 15 and 45 m. The results show that the assemblages were significantly different in structure between the two depth levels. The assemblages at the deeper stations were characterized by higher numerical abundance and species density, but diversity was not found to vary significantly with depth.

Keywords: community structure, species diversity, bathymetric variability, hydrodynamics

1. Εισαγωγή

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης σε υποθαλάσσια κοιτάσματα αδρανών υλικών (ΥΚΑΥ) εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στο θαλάσσιο πυθμένα και κατά συνέπεια η εκτίμηση τους εστιάζει κυρίως στα βενθικά ενδιαίτηματα και στις βενθικές συναθροίσεις ειδών, με ιδιαίτερη έμφαση στις συναθροίσεις της βενθικής μακροπανίδας (Ware & Kenny, 2011). Πριν την έναρξη της εξορυκτικής δραστηριότητας κρίνεται απαραίτητη η διενέργεια μελετών χαρακτηρισμού των ενδιαιτημάτων και συλλογής πληροφορίας υποβάθρου (DTLR, 2002). Η τελευταία πρέπει να παρέχει δεδομένα αναφοράς για παραμέτρους όπως είναι η δομή και η ποικιλότητα των συναθροίσεων της βενθικής μακροπανίδας, καθώς και η παρουσία ευαίσθητων και προστατευόμενων ειδών και ενδιαιτημάτων. Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η παροχή πληροφορίας υποβάθρου σχετικά με τη δομή και την ποικιλότητα των συναθροίσεων της βενθικής μακροπανίδας σε πιθανή θέση

εξόρυξης ΥΚΑΥ στον όρμο Αφάντου της Ρόδου, όπως προσδιορίστηκε και χωροθετήθηκε μετά από θαλάσσια γεωφυσική-ιζηματολογική μελέτη από τους Kapsimalis et al. (2013).

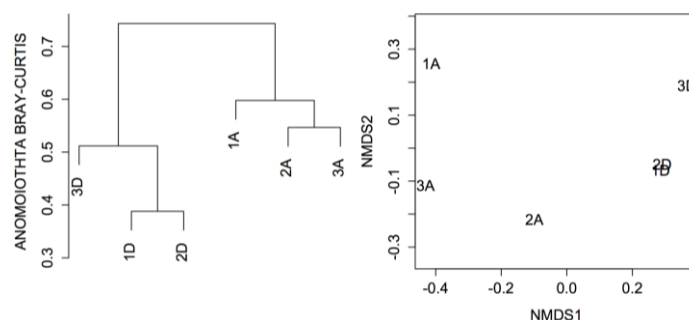
2. Υλικά και μέθοδοι

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε το 2013, με αρπάγη ιζήματος τύπου Smith-McIntyre (0.1 m², 2 επαναληπτικά δείγματα), σε 6 σταθμούς κατανεμημένους σε 3 διατομές (διατομές 1-3) κάθετες προς την ακτογραμμή και σε δύο επίπεδα βάθους (επίπεδο S = 15 m και επίπεδο D = 45 m). Όπως έδειξε η ανάλυση της κοκκομετρικής σύστασης του ιζήματος, οι σταθμοί βάθους 45 m 1D & 2D (ιζημα: ελαφρά χαλικώδης ιλυώδης άμμος) χαρακτηρίζονται από συγκριτικά ηπιότερη υδροδυναμική σε σχέση με τους ρηχότερους σταθμούς (άμμος).

Στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκε διαλογή των μακροβενθικών ασπονδύλων από το ιζημα, αναγνώριση τους στο κατώτερο δυνατό ταξινομικό επίπεδο (στην πλειοψηφία των περιπτώσεων σε επίπεδο είδους) και καταμέτρηση των ατόμων. Πραγματοποιήθηκαν (α) υπολογισμός της συνολικής αριθμητικής αφθονίας N (άτομα/δείγμα), της πυκνότητας ειδών (είδη/δείγμα), του πλούτου ειδών S, του εκτιμητή του πλούτου ειδών ES(100) (Sanders, 1968), του δείκτη ποικιλότητας τάξης 1 $^1D = e^{H'}$, όπου H' ο δείκτης εντροπίας των Shannon-Wiener (Jost, 2006; Tuomisto, 2010) και του δείκτη ισοδιανομής $F_{2/1} = (1/\lambda' - 1)/(e^{H'} - 1)$, όπου λ' ο δείκτης κυριαρχίας του Simpson (Tuomisto, 2012) (β) έλεγχος Mann-Witney για την ύπαρξη στατιστικά σημαντικής διαφοροποίησης στα μεγέθη των προαναφερθέντων παραμέτρων μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας, (γ) υπολογισμός των καμπυλών κατανομής του αριθμού των ειδών ανά γεωμετρική κλάση αφθονίας X2 (Gray & Pearson, 1982), (δ) ανάλυση ομαδοποίησης CLUSTER (επιλογή σύνδεσης μέσου όρου) και ανάλυση ταξιθέτησης NMDS των σταθμών δειγματοληψίας (μετασχηματισμός τετραγωνικής ρίζας των δεδομένων αφθονίας, επιλογή συντελεστή ομοιότητας Bray-Curtis) και (ε) έλεγχος PERMANOVA (Anderson, 2001) για την ύπαρξη στατιστικά σημαντικής διαφοροποίησης στη δομή των συναθροίσεων της βενθικής μακροπανίδας μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας. Οι αναλύσεις (α), (β) & (δ) πραγματοποιήθηκαν με βιβλιοθήκες της R, ενώ οι αναλύσεις (γ) & (ε) με το λογισμικό πολυμεταβλητής ανάλυσης PRIMER 6/PERMANOVA+.

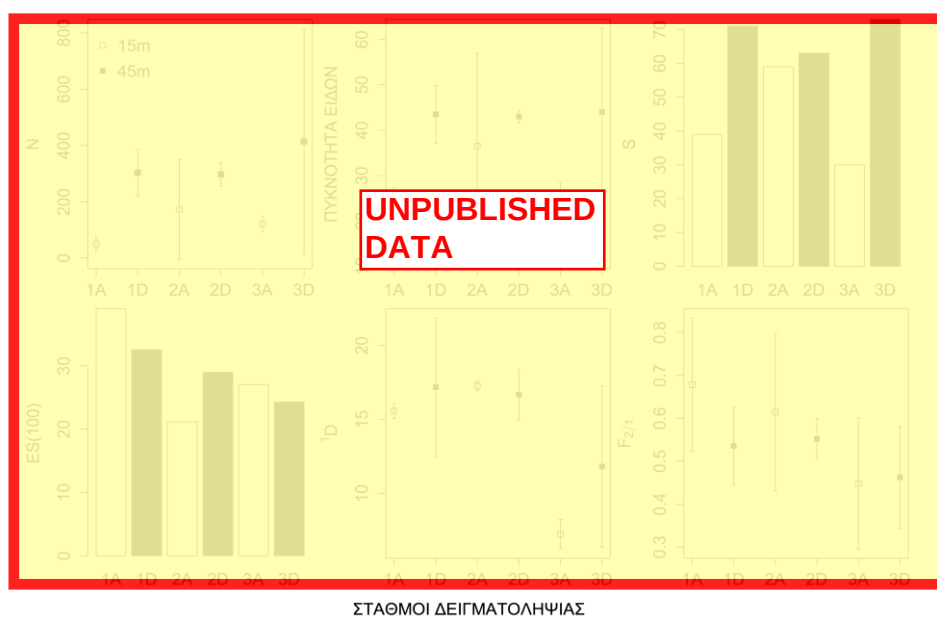
3. Αποτελέσματα

Αναγνωρίστηκαν συνολικά 172 taxa, τα οποία ταξινομούνται στα μαλάκια (102), στους πολύχαιτους σκώληκες (43) και στα καρκινοειδή (27). Τα αριθμητικά κυρίαρχα taxa (με συμμετοχή >10% στη συνολική αριθμητική αφθονία στο δείγμα) ήταν στους σταθμούς βάθους 45 m τα φυτοφάγα/θρυμματοφάγα γαστερόποδα μαλάκια *Bittium reticulatum* και *Bittium latreillii* και στους σταθμούς βάθους 15 m ο επιφανειακός ιζηματοφάγος πολύχαιτος *Caulleriella alata*. Σημαντική ήταν επίσης η αφθονία είδους θρυμματοφάγων ταναΐδωδών καρκινοειδών της υπερικογένειας Arseuideoidea στους περισσότερους σταθμούς. Οι αναλύσεις CLUSTER και NMDS έδειξαν πως υπήρχε σαφής διαφοροποίηση στη δομή των συναθροίσεων της βενθικής μακροπανίδας με το βάθος (Εικ. 1), η οποία ήταν και στατιστικά σημαντική (έλεγχος PERMANOVA: Pseudo-F = 3.77, $p < 0.05$).

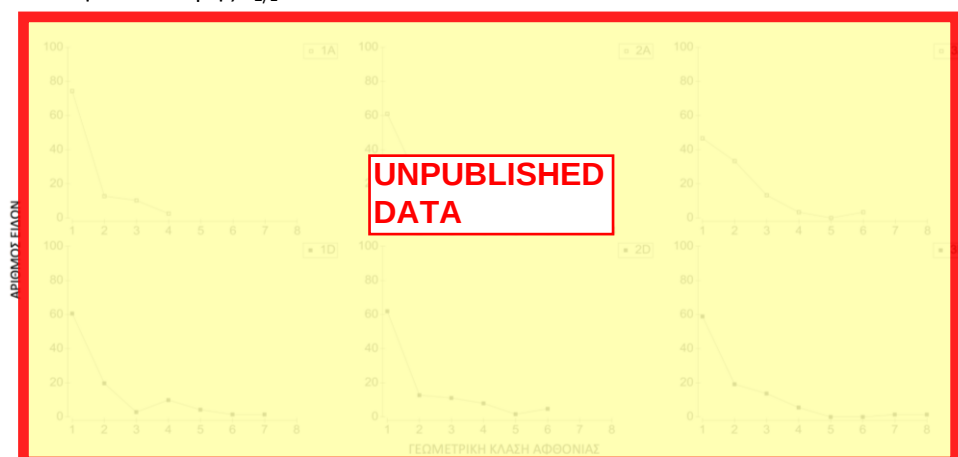


Εικ. 1. Δενδρόγραμμα της ομαδοποίησης CLUSTER και διάγραμμα της ταξιθέτησης NMDS των σταθμών δειγματοληψίας.

Η συνολική αριθμητική αφθονία N και η πυκνότητα των ειδών ήταν σημαντικά υψηλότερες (έλεγχος Mann-Witney: $H = 32$, $p < 0.05$ και $H = 31$, $p < 0.05$ αντίστοιχα) στους βαθύτερους σταθμούς (Εικ. 2). Αντίθετα, ο πλούτος ειδών S , ο εκτιμητής πλούτου ειδών $ES(100)$, ο δείκτης ποικιλότητας 1^D και ο δείκτης ισοδιανομής $F_{2/1}$ δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των δύο επιπέδων βάθους (Εικ. 2). Η κλίση και το μήκος των καμπυλών της κατανομής του αριθμού των ειδών ανά γεωμετρική κλάση αφθονίας X_2 (Εικ. 3) έδειξε πως όλοι οι σταθμοί δειγματοληψίας χαρακτηρίζονταν από την παρουσία πολλών σπάνιων ειδών, με επικρατούσα την κλάση της αφθονίας του ενός ατόμου/δείγμα, ενώ ο αριθμός των κλάσεων αφθονίας ήταν γενικά περιορισμένος (4-8). Οι σταθμοί βάθους 45 m γενικά χαρακτηρίζονταν από την παρουσία μεγαλύτερου αριθμού κλάσεων αφθονίας (6-8) σε σχέση με τους σταθμούς βάθους 15 m (4-6).



Εικ. 2. Μεταβλητότητα μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας της συνολικής αριθμητικής αφθονίας N , της πυκνότητας ειδών, του πλούτου ειδών S , του εκτιμητή πλούτου ειδών $ES(100)$, του δείκτη ποικιλότητας τάξης 1^D και του δείκτη ισοδιανομής $F_{2/1}$.



Εικ. 3. Διαγράμματα των καμπυλών της κατανομής του αριθμού των ειδών ανά γεωμετρική κλάση αφθονίας X_2 για κάθε σταθμό δειγματοληψίας.

4. Συμπεράσματα/Συζήτηση

Οι αναλύσεις CLUSTER, NMDS και ο έλεγχος PERMANOVA έδειξαν πως τα δύο επίπεδα βάθους χαρακτηρίζονται από την παρουσία συναθροίσεων βενθικής μακροπανίδας σημαντικά διαφορετικής δομής. Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση στη δομή των

συναθροίσεων μεταξύ των διατομών. Οι συναθροίσεις της βενθικής μακροπανίδας στους βαθύτερους σταθμούς χαρακτηρίζονται επίσης από υψηλότερη αριθμητική αφθονία και πυκνότητα ειδών, αλλά όχι και σημαντικά διαφορετικό πλούτο ειδών, ισοδιανομή και ποικιλότητα τάξης 1. Τα παρατηρηθέντα πρότυπα, όσον αφορά στη δομή και στη συνολική αφθονία των συναθροίσεων, θα μπορούσαν να ερμηνευτούν μέσα από τη διαφοροποίηση με το βάθος της ποιότητας και της ποσότητας των πόρων τροφής, ως συνέπεια της διαβάθμισης της υδροδυναμικής με το βάθος (Snelgrove & Butman, 1994). Η παρατηρούμενη διαφοροποίηση της πυκνότητας ειδών μεταξύ των επιπέδων βάθους φάνηκε πως οφείλεται σε ανάλογη διαφοροποίηση της συνολικής αριθμητικής αφθονίας και όχι σε διαφοροποίηση στον πλούτο ειδών (Gotelli & Colwell, 2010). Τέλος, η μορφή των καμπυλών της κατανομής του αριθμού των ειδών ανά γεωμετρική κλάση αφθονίας X^2 είναι για όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας τυπική μη ρυπασμένων συνθηκών (Gray & Pearson, 1982).

Η εξόρυξη από ΥΚΑΥ απαιτεί λεπτομερή εξέταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στη βενθική μακροπανίδα, γνώση που θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση και για την πιθανή αποκατάσταση του οικοσυστήματος (Boyd et al., 2005). Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας θα μπορούσαν (α) να χρησιμοποιηθούν ως άξονας αναφοράς στην εκπόνηση ενός σχεδίου πιθανής μελλοντικής εξόρυξης του ΥΚΑΥ από τον όρμο Αφάντου και να συντελέσουν στην απαιτούμενη συστηματική παρακολούθηση κατά τη διάρκεια αλλά και μετά από την εξόρυξη και (β) να βοηθήσουν στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων στο πλαίσιο του παράκτιου/θαλάσσιου αναπτυξιακού σχεδιασμού της ευρύτερης περιοχής.

5. Ευχαριστίες

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της Πράξης: «ΘΑΛΗΣ-ΕΚΠΑ-Υποθαλάσσια κοιτάσματα αδρανών υλικών: Μέθοδοι εντοπισμού και εξόρυξης, περιβαλλοντικές επιπτώσεις και δυνατότητες εκμετάλλευσης-MARE» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση», η οποία συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο-EKT) και από Εθνικούς Πόρους.

6. Βιβλιογραφία

- Anderson, M. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26, 32-46.
- Boyd, S.E., Limpenny, D.S., Rees, H.L. and Cooper, K.M. 2005. The effects of marine sand and gravel extraction on the macrobenthos at a commercial dredging site (results 6 years post-dredging). *ICES Journal of Marine Science*, 62 (2), 145-162.
- DTLR (Department for Transport, Local Government and the Regions) 2002. *Guidelines for the conduct of benthic studies at aggregate dredging sites*. DTLR, London, 119 pp.
- Gotelli, N.J. and Colwell, R.K. 2010. Estimating species richness. p. 39-54. In: *Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment*. Magurran, A.E. and McGill, B.J. (eds). Oxford University Press, Oxford.
- Gray, J.S. and Pearson, T.H. 1982. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. *Marine Ecology Progress Series*, 9, 111-119.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 363-375.
- Kapsimalis, V., Rousakis, G., Hatiris, G., Kalogirou, S., Hasiotis, T. et al. 2013. Searching for marine aggregate deposits in the Afantou Bay (Rhodes island, Greece). p. 87. In: *40th CIESM Congress, 28 October - 1 November, 2013, Marseilles, France. Proceedings*.
- Sanders, H.L. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *The American Naturalist*, 102, 243-282.
- Snelgrove, P.V.R. and Butman, C.A. 1994. Animal-sediment relationships revisited: cause versus effect. *Oceanography and Marine Biology - An Annual Review*, 32, 111-177.
- Tuomisto, H. 2010. A consistent terminology for quantifying species diversity? Yes, it does exist. *Oecologia*, 164, 853-860.
- Tuomisto, H. 2012. An updated consumer's guide to evenness and related indices. *Oikos*, 121, 1203-1218.
- Ware, S.J. and Kenny, A.J. 2011. *Guidelines for the conduct of benthic studies at marine aggregate extraction sites (2nd edition)*. Marine Aggregate Levy Sustainability Fund (MALSF), Suffolk, 80 pp.