

Εκτίμηση των βιολογικών και οικολογικών λειτουργικών χαρακτηριστικών των βενθικών μακροασπονδύλων του ρέματος Σχολαρίου (Μυγδονία Λεκάνη)

Περιβολιώτη, Τ.¹, Ντισλίδου, Χ.¹, Αρτεμιάδου, Β.², Πατσία Α.³, Λαζαρίδου, Μ.¹

¹Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, rosemariegarden92@gmail.com, chntisli@windowslive.com, mlazarid@bio.auth.gr

² Δ/ση Αγροτικών Υποθέσεων Θεσσαλίας, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Θεσσαλίας-Στερεάς Ελλάδας, luteus07@gmail.com

³ Φορέας Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας-Βόλβης, a_patsia@hotmail.com

Περίληψη

Μελετήθηκαν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των βενθικών μακροασπονδύλων τριών σταθμών στο ρέμα Σχολαρίου και η συσχέτισή τους με τη ροή και την οικολογική ποιότητα. Η ιεραρχική-ομαδοποίηση διαχώρισε το σταθμό Σ1 με τη μεγαλύτερη ποικιλότητα ταξινομικών ομάδων (Simpson) και την καλύτερη οικολογική ποιότητα. Η ποικιλότητα και η συχνότητα εμφάνισης των λειτουργικών χαρακτηριστικών δε διέφεραν στους σταθμούς, πιθανόν επειδή η οικολογική ποιότητα ήταν παντού κατώτερη της καλής. Η στατιστική ανάλυση (Multiple-Correspondence-Analysis και Kruskal-Wallis-test) έδειξε ότι η μέση συχνότητα της οικολογικής λειτουργικής υποκατηγορίας «Άμμος» σχετίζεται με την αφθονία πολλών ταξινομικών ομάδων και ότι η ασυνέχεια παροχής (Σ2-Σ3) οδήγησε στην αυξημένη Παθητική Διασπορά Μέσω Αέρος.

Λέξεις κλειδιά: γένος, οικολογική ποιότητα, ροή

Assesment of biological and ecological traits of benthic macroinvertebrates of Scholari stream of Mygdonia basin

Perivolioti, T.¹, Ntislidou, C.¹, Artemiadou, A.² Patsia, A.³, Lazaridou, M.¹

¹Department of Biology, Aristotle University of Thessaloniki, rosemariegarden92@gmail.com, chntisli@windowslive.com, mlazarid@bio.auth.gr

² Department of Agricultural Affairs of Thessalia, Decentralized Administration of Thessalia-Stereia Ellada, luteus07@gmail.com

³ Management Authority of Lakes Koroneia-Volvi, a_patsia@hotmail.com

Abstract

This study analyzes the benthic macroinvertebrate taxa traits of three stations in Scholari stream in relation to their flow and ecological quality. Cluster-analysis separated the station S1 which had greater taxa diversity (Simpson's) and higher ecological quality than the others. There wasn't any significant difference of traits diversity and mean frequency between stations, perhaps because studied stations' ecological quality was lower than good. The statistical analysis (Multiple-Correspondence-Analysis and Kruskal-Wallis-test) showed that the mean frequency of the ecological trait subcategory "Sand" was related to the abundance of many taxa and that the discharge discontinuity (S2- S3) led to increased Passive Air Dispersion.

Keywords: genus, ecological quality, flow

1. Εισαγωγή

Μια διαφορετική προσέγγιση για το χαρακτηρισμό των κοινωνιών των βενθικών μακροασπονδύλων των υδάτινων οικοσυστημάτων είναι η εστίαση στα χαρακτηριστικά του τρόπου ζωής τους, με αποτέλεσμα την απόκτηση μιας «λειτουργικής εικόνας» για τη βιοκοινότητά τους (Bournaud et al., 1992). Η λειτουργική εικόνα της βιοκοινωνίας μπορεί να συγκριθεί με α) αυτή διαφορετικών οικοσυστημάτων ή τύπων οικοσυστημάτων, β) προβλέψεις από ντετερμινιστικά ή στοχαστικά μοντέλα, τα οποία συσχετίζουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες ενός οικοσυστήματος με τα χαρακτηριστικά που έχουν υιοθετήσει οι οργανισμοί, γ) προβλέψεις από ολιστικά μοντέλα, τα οποία συσχετίζουν τα βιολογικά χαρακτηριστικά στην περίπτωση μιας διαταραχής του οικοσυστήματος με την αφθονία των διαθέσιμων καταφυγίων (Charvet et al., 2000). Σκοπός της εργασίας ήταν η διαφοροποίηση οικολογικών και βιολογικών λειτουργικών χαρακτηριστικών σε

τρεις σταθμούς του ρέματος Σχολαρίου της λεκάνης απορροής Μυγδονίας, ο συσχετισμός τους με την οικολογική ποιότητα των σταθμών καθώς και την επίδραση της διακοπτόμενης ροής νερού μεταξύ των σταθμών (Σ2, Σ3).

2. Υλικά και μέθοδοι

Πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία (Σεπτέμβριος 2013) βενθικών μακροασπονδύλων στο ρέμα Σχολαρίου (σταθμοί Σ1, Σ2, Σ3 μεταξύ των 2 τελευταίων υπήρχε ασυνέχεια παροχής) και έγινε καταγραφή του υποστρώματος [κλίμακα Wentworth (1922)]. Τα βενθικά μακροασπόνδυλα ταξινομήθηκαν σε επίπεδο γένους, με τη χρήση κλειδών (Tachet, 2010; Smith, 1989), και οικογένειας ή υποοικογένειας, όπου αυτό δεν ήταν δυνατό (μορφολογικές αλλοιώσεις). Εκτιμήθηκε η αφθονία των βενθικών μακροασπονδύλων και η οικολογική ποιότητα των σταθμών σύμφωνα με το Ελληνικό Σύστημα Αξιολόγησης (Artemiadou & Lazaridou, 2005) (ΕΣυΑ) και το δείκτη STAR_ICMi (Buffagni et al., 2005).

Εξετάστηκαν συνολικά 20 λειτουργικά χαρακτηριστικά (10 βιολογικά και 10 λειτουργικά, Πίνακας 1), τα οποία διακρίνονται σε συγκεκριμένες υποκατηγορίες (συνολικά 77 υποκατηγορίες). Κάθε υποκατηγορία συνδέεται με τις ταξινομικές ομάδες με μία τιμή που δηλώνει τη συγγένεια της ταξινομικής ομάδας με αυτήν [εύρος τιμών: 0 (χωρίς συγγένεια) - 5 (υψηλή συγγένεια) (Tachet, 2010; Bis & Polatera, 2004) και 0 για όσες δε βρέθηκαν πληροφορίες (Tachet, 2010)]. Υπολογίστηκε η μέση συχνότητα εμφάνισης της κάθε υποκατηγορίας σε κάθε σταθμό πολλαπλασιάζοντας την αφθονία της κάθε ταξινομικής ομάδας με την τιμή συγγενείας της με την υπό μελέτη υποκατηγορία και στη συνέχεια διαιρώντας το άθροισμα των γινομένων αυτών για κάθε υποκατηγορία με το σύνολο των ατόμων του κάθε σταθμού για τα οποία βρέθηκαν τιμές συγγένειας. Προσδιορίστηκε ο δείκτης ποικιλότητας Simpson για τις ταξινομικές ομάδες και για τις υποκατηγορίες των λειτουργικών χαρακτηριστικών κάθε σταθμού. Οι τιμές συγγένειας των λειτουργικών χαρακτηριστικών πολλαπλασιάστηκαν με την αφθονία της αντίστοιχης ταξινομικής ομάδας μετασχηματισμένη με το δεκαδικό λογάριθμο. Πραγματοποιήθηκε Kruskal-Wallis-test για τη διαπίστωση διαφορών ανάμεσα στους σταθμούς με βάση τα λειτουργικά χαρακτηριστικά. Η ιεραρχική ομαδοποίηση (δείκτης ομοιότητας Bray-Curtis) και η ανάλυση Multiple-Correspondence-Analysis (MCA) προσαρμοσμένη σε "fuzzy-coding" (Chevenet et al., 1994) πραγματοποιήθηκαν ξεχωριστά για τα οικολογικά και τα βιολογικά λειτουργικά χαρακτηριστικά. Η ανάλυση SIMPER χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των λειτουργικών χαρακτηριστικών που ήταν υπεύθυνα για τις ομάδες που προέκυψαν από την ιεραρχική ομαδοποίηση.

Πίνακας 1. Τα βιολογικά και οικολογικά λειτουργικά χαρακτηριστικά των βενθικών μακροασπονδύλων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

Βιολογικά Λειτουργικά Χαρακτηριστικά		Οικολογικά Λειτουργικά Χαρακτηριστικά	
Μέγιστο Μέγεθος Σώματος	Αναπαραγωγή	Εγκάρσια Διασπορά	Θερμοκρασία
Κύκλος Ζωής	Σχηματισμοί Ανθεκτικότητας	Διαμήκης Διασπορά	pH
Υδρόβια Στάδια Ζωής	Αναπνοή	Υψόμετρο	Τροφικό Επίπεδο
Διασπορά	Μετακίνηση και υπόστρωμα	Αλατότητα	Ταχύτητα
Τρόπος Τροφοληψίας	Τροφή	Σαπροβίωση	Μικροενδιαιτήματα

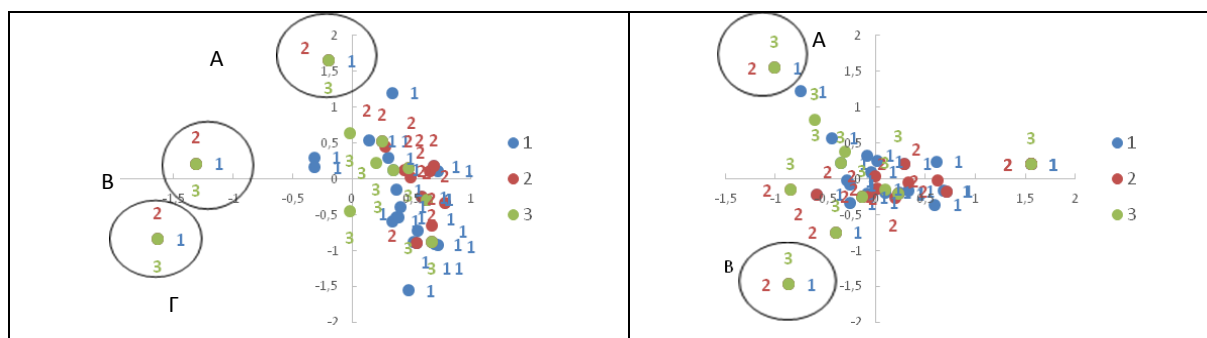
3. Αποτελέσματα

Η οικολογική ποιότητα, βάσει του ΕΣυΑ, εκτιμήθηκε ως μέτρια στο Σ1 και ως ελλιπής στους άλλους σταθμούς, ενώ βάσει του STAR_ICMi ως κατώτερη της καλής για όλους τους σταθμούς. Το υπόστρωμα του Σ1 αποτελούνταν σε ποσοστό 5% από άμμο, ενώ στους σταθμούς Σ3 και Σ2 από 40% και 35% αντίστοιχα (κλίμακα Wentworth). Συνολικά προσδιορίστηκαν 41 ταξινομικές ομάδες (Σ1: 31, Σ2: 18 και Σ3: 11). Ο δείκτης ποικιλότητας Simpson ως προς τις ταξινομικές ομάδες είχε μεγαλύτερη τιμή στο Σ1 (0,8515), ενώ στους σταθμούς Σ2 (0,7590) και Σ3 (0,7588) είχε μικρότερες.

Σύμφωνα με το δείκτη ποικιλότητας Simpson, όλοι οι σταθμοί εμφάνιζαν παρόμοια ποικιλότητα λειτουργικών χαρακτηριστικών, με εξαίρεση τα εξής: Εγκάρσια Διασπορά (μεγαλύτερος δείκτης ποικιλότητας στο Σ1), Υψόμετρο (μεγαλύτερος δείκτης ποικιλότητας στο Σ2) και Μικροενδιαιτήματα (μεγαλύτερος δείκτης ποικιλότητας στο Σ1). Η υποκατηγορία Άμμος (Κατηγορία: Μικροενδιαιτήματα) ($p=0,025$) ήταν το μόνο λειτουργικό χαρακτηριστικό που εμφανίστηκε στατιστικά σημαντικά διαφορετικό στο σύνολο των σταθμών (Kruskal-Wallis-test) με μέση συχνότητα εμφάνισης 2,761 (Σ2), 2,658 (Σ3) και 1,615 (Σ1).

Στην MCA για τα βιολογικά λειτουργικά χαρακτηριστικά, η Αέρια Παθητική Διασπορά (Κατηγορία: Διασπορά) εμφάνισε τη μεγαλύτερη συσχέτιση (0,941) με τον άξονα 1, ενώ η υποκατηγορία Θρύμματα Φυτών (Κατηγορία: Τροφή) είχε τη μεγαλύτερη συσχέτιση (0,748) με τον άξονα 2. Τα βιολογικά λειτουργικά χαρακτηριστικά των ταξινομικών ομάδων των σταθμών ταξιθετήθηκαν γύρω από την αρχή των αξόνων (Εικ. 1). Η ομάδα Α εμφάνισε τη μεγαλύτερη θετική συσχέτιση με τον άξονα 2 και χαρακτηρίστηκε από την ταξινομική ομάδα *Caenis*, Stephens 1835. Η ομάδα Β είχε τη μεγαλύτερη αρνητική συσχέτιση με τον άξονα 1 λόγω της «φυλής» tribe Tanytarsini (Chironomidae, Δίπτερα) και η Γ λόγω της «φυλής» tribe Chironomini (Chironomidae, Δίπτερα).

Στην MCA για τα οικολογικά λειτουργικά χαρακτηριστικά, τη μεγαλύτερη συσχέτιση με τον άξονα 1 εμφάνισε η υποκατηγορία Εκτός ποτάμιου Συστήματος (Κατηγορία: Διαμήκης διασπορά) (0,852), ενώ η υποκατηγορία Άμμος εμφάνισε τη μεγαλύτερη συσχέτιση με τον άξονα 2 (0,796). Τα οικολογικά χαρακτηριστικά των ταξινομικών ομάδων των σταθμών ταξιθετήθηκαν γύρω από την αρχή των αξόνων (Εικ. 1). Η ομάδα Α είχε τη μεγαλύτερη θετική συσχέτιση με τον άξονα 2 και χαρακτηρίστηκε από τη «φυλή» tribe Tanytarsini (Chironomidae, Δίπτερα) και η ομάδα Β ταξιθετήθηκε στο αρνητικό τμήμα του άξονα 2, λόγω της «φυλής» tribe Chironomini (Chironomidae, Δίπτερα).



Εικ. 1. Διαγράμματα ταξιθέτησης (MCA) βάσει των βιολογικών (Αριστερά) και των οικολογικών λειτουργικών (Δεξιά) χαρακτηριστικών των ταξινομικών ομάδων των σταθμών Σ1 (1), Σ2 (2) και Σ3 (3) (Σεπτέμβριος 2013).

Με βάση την ιεραρχική ομαδοποίηση, οι Σ2 και Σ3 αποτέλεσαν μια ομάδα και στις δύο ομαδοποιήσεις, ενώ ο Σ1 αποτέλεσε μια ξεχωριστή ομάδα. Η μέση ομοιότητα (SIMPER) της ομάδας των Σ2 και Σ3 για τα βιολογικά λειτουργικά χαρακτηριστικά ήταν 94,36 % και για τα οικολογικά λειτουργικά χαρακτηριστικά ήταν 95,45 %.

4. Συμπεράσματα/Συζήτηση

Από το σταθμό Σ1 προς τους σταθμούς Σ2 και Σ3 μειώθηκε ο αριθμός των ταξινομικών ομάδων και ο δείκτης ποικιλότητας Simpson. Δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στην ποικιλότητά των λειτουργικών χαρακτηριστικών στους σταθμούς. Επίσης, δεν υπήρχαν μεγάλες διαφορές στη μέση συχνότητα εμφάνισης των περισσότερων υποκατηγοριών των λειτουργικών χαρακτηριστικών μεταξύ των σταθμών. Αυτό πιθανόν οφείλεται στο ότι η οικολογική κατάσταση των σταθμών ήταν κατώτερη της καλής. Ωστόσο, παρατηρήθηκε αύξηση της μέσης συχνότητας της Παθητικής

Διασποράς Μέσω Αέρος στο σταθμό Σ3, γεγονός που συμφωνεί με την MCA. Η ανάδειξη αυτής της παραμέτρου ως σημαντικής από την MCA πιθανόν να οφείλεται στην ασυνέχεια παροχής (Feio & Doledec, 2012) μεταξύ των σταθμών Σ2 και Σ3, η οποία διακόπτει τη μετακίνηση των οργανισμών μέσω νερού. Έτσι, οι οργανισμοί που απαντώνται στο σταθμό Σ3 έχουν μεγαλύτερο βαθμό συγγένειας με την Παθητική Αέρια Διασπορά (π.χ. μεγάλη αφθονία Tanytarsini & Chironomini), όπως φαίνεται στην MCA των βιολογικών λειτουργικών χαρακτηριστικών. Αντιθέτως, στο Σ1 (συνεχής ροή), συλλέχθηκαν περισσότερα άτομα οικογενειών (π.χ. Caenidae) με μεγάλο βαθμό συγγένειας με την υποκατηγορία Θρύμματα Φυτών. Το Kruskal-Wallis-test έδειξε ότι η διαφορά των σταθμών ήταν στατιστικά σημαντική μόνο στην υποκατηγορία Άμμος, γεγονός που συμφωνεί με την ανάλυση MCA. Η διαφορά αυτή των προτιμήσεων των οργανισμών μεταξύ των σταθμών μπορεί να εξηγηθεί από τη διαφορά της σύστασης του υποστρώματος των σταθμών βάσει της κλίμακας Wentworth, σύμφωνα με την οποία η άμμος αποτελούσε περισσότερο από το 1/3 του υποστρώματος στους δύο από τους τρεις σταθμούς. Στην ιεραρχική ομαδοποίηση των οικολογικών και των βιολογικών λειτουργικών χαρακτηριστικών, οι σταθμοί Σ2 και Σ3 ομαδοποιήθηκαν, γεγονός που συνάδει με το δείκτη ποικιλότητας Simpson's και την οικολογική ποιότητα των σταθμών. Με βάση την ανάλυση SIMPER η μέση ομοιότητα των σταθμών αυτών οφειλόταν σε χαρακτηριστικά με παρόμοια μέση συχνότητα εμφάνισης.

5. Βιβλιογραφία

- Artemiadou, V. and Lazaridou, M. 2005. Evaluation Score and Interpretation Index for the ecological quality of running waters in Central and Northern Hellas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 110, 1-40.
- Bis, B. and Usseglio-Polatera, P. 2004. *Species Traits Analysis*. A project under 5th Framework Programme.
- Bournaud, M., Richoux, P. and Usseglio-Polatera, P. 1992. An approach to the synthesis of qualitative information from aquatic Coleoptera communities. *Regulated Rivers Research & Management*, 7 (2), 165-180.
- Buffagni, A., Erba, S., Birk, S., Cazzola, M. et al. 2005. *Towards European Inter-Calibration for the Water Framework Directive: Procedures and examples for different river types from the E.C.* Project STAR. Instituto di Ricerca Sulle Acque, Rome, 460 pp.
- Charvet, S., Statzner, B., Usseglio-Polatera, P. and Dumont B. 2000. Traits of benthic macroinvertebrates in semi-natural French streams: an initial application to biomonitoring in Europe. *Freshwater Biology*, 43 (2), 277-296.
- Chevenet, F., Doledec, S. and Chessel, D. 1994. A fuzzy coding approach for the analysis of long term ecological data. *Freshwater Biology*, 31, 295-309.
- Feio, M. and Doledec, S. 2012. Integration of invertebrate traits into predictive models for indirect assessment of stream functional integrity: A case study in Portugal. *Ecological Indicators*, 15 (1), 236-247.
- Smith, K.G.V. (ed) 1989. *An introduction to the immature stages of British Flies*. Royal Entomological Society of London.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M. and Usseglio-Polatera, P. (eds). 2010. *Invertebres d'eau douce systematique, biologie, ecologie*. CNAS Editions.
- Wentworth, C. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30, 377-392