



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ  
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ  
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Εκπαίδευσης και Αρχικής  
Επαγγελματικής Κατάρτισης

## **ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

### **ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

#### **ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΡΟΒΙΑΣ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ**

#### **ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

### **ΤΑ ΥΔΡΟΒΙΑ ΕΝΤΟΜΑ ΩΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΤΡΕΧΟΥΜΕΝΩΝ ΝΕΡΩΝ**

**ΜΠΑΛΚΑ ΝΙΚΗ**

**ΒΟΛΟΣ 2008**

**«ΤΑ ΥΔΡΟΒΙΑ ΕΝΤΟΜΑ ΩΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ  
ΤΡΕΧΟΥΜΕΝΩΝ ΝΕΡΩΝ»**

### **Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

- **Σταμόπουλος Δημήτριος**, Καθηγητής (D.E.A., D.Ing.), Αντικείμενο: Εφαρμοσμένη Εντομολογία-Ζωολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**.
- **Κλαουδάτος Σπυρίδων**, Καθηγητής (Δρ.), Αντικείμενο: Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
- **Σκόρδας Κωνσταντίνος**, Διδάσκοντας Π.Δ. 407/80 (Δρ.), Αντικείμενο: Οικοτοξικολογία, Γεωχημεία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πολλές ευχαριστίες εκφράζονται σε όσους συνέβαλλαν στη διαξαγωγή της μεταπτυχιακής διατριβής, σε οποιαδήποτε φάση, από τη συλλογή υλικού και την επιτόπια έρευνα έως και την εκτύπωση. Χωρίς την πρόθυμη διάθεση τους, η πτυχιακή δε θα μπορούσε να ολοκληρωθεί.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Δημήτριο Σταμόπουλο που μου ανέθεσε τη μεταπτυχιακή διατριβή και με καθοδήγησε σχετικά με τον τρόπο συγκέντρωσης και ταξινόμησης υλικού καθώς και με την σχετική επεξεργασία και την τελική σύνταξη του κειμένου. Επίσης, την υπόλοιπη τριμελή τον Καθηγητή κ. Σπυρίδωνα Κλαουδάτο και τον Διδάσκοντα Π.Δ. 407/80 κ. Κωνσταντίνο Σκόρδα για την πολύτιμη βοήθεια και το διδακτικό τους έργο που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών και την εκπόνηση της διπλωματικής μου διατριβής.

Πολλές ευχαριστίες στην Διδάσκοντα Π.Δ. 407/80 κα Μαριάνθη Χατζηϊωάννου για τις πολύτιμες συμβουλές της καθώς και τις φίλες και συναδέλφους Άννα Δεσποτοπούλου και Ελένη Καϊμακούδη για τη βοήθεια που προσέφεραν.

Τέλος, πολύτιμη ήταν η συμβολή των συμφοιτητριών μου Λουκίας Γιαννακοπούλου και Αγγελικής Παβέλη στη διεκπεραίωση των δειγματοληψιών στην περιοχή έρευνας, τις οποίες και ευχαριστώ θερμά.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για τον προσδιορισμό της ποιότητας των τρεχούμενων νερών, την έκταση της ρύπανσης και γενικότερα τις επιδράσεις σ' αυτά του ανθρωπογενούς ή μη περιβάλλοντος τους, έχουν κατά καιρούς αναπτυχθεί μέθοδοι χημικές και βιολογικές. Οι πρώτες καθορίζουν την ποιότητα σε μια δεδομένη στιγμή, ενώ οι δεύτερες, δηλαδή οι βιολογικές, δίδουν μια εικόνα σε κάποιο βάθος χρόνου.

Ο υπολογισμός της ποιότητας με βάση τις βιολογικές μεθόδους γίνεται με δειγματοληψίες υδρόβιων οργανισμών, η παρουσία των οποίων έχει άμεση σχέση με την καθαρότητα των υπό εξέταση υδάτων. Ορισμένες κατηγορίες από τους υδρόβιους αυτούς οργανισμούς αντέχουν περισσότερο και άλλες λιγότερο στα διάφορα επίπεδα ρύπανσης και λειτουργούν ως δείκτες καθαρότητας των νερών. Από την ευρεθείσα βιοποικιλότητα υπολογίζονται οι αντίστοιχοι βιοδείκτες, από την τιμή των οποίων καθορίζεται τελικά η ζητούμενη ποιότητα.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση με την οδηγία 60/2000 έχει καθορίσει το πλαίσιο αναφορικά με την κατάταξη της ποιότητας και καθαρότητας των υδάτων. Σήμερα υπάρχουν σε χρήση διάφορα συστήματα βιοδεικτών, ενώ παλαιότερα στις χώρες της Κεντρικής Ευρώπης χρησιμοποιούνταν το λεγόμενο Σαπρωβιοτικό Σύστημα.

Στα πλεονεκτήματα των βιολογικών μεθόδων περιλαμβάνεται, εκτός από τον σε βάθος χρόνου χαρακτηρισμό της ποιότητας των υπό εξέταση υδάτων και το χαμηλό απαιτούμενο κόστος, μειονέκτημα μπορεί να θεωρηθεί ο αναγκαίος μεγάλος χρόνος για την πραγματοποίηση των δειγματοληψιών, την αναγνώριση των ειδών και τον καθορισμό της βιοποικιλότητας για τον υπολογισμό του χρησιμοποιούμενου βιοδείκτη.

Στην παρούσα εργασία ερευνήθηκε η ποιότητα των νερών στο ρυάκι «Κοντόρεμα» Μακρυνίτσας του Πηλίου του Νομού Μαγνησίας και συγκεκριμένα στην υδρολογική λεκάνη των χειμάρρων Λαγονίκας-Πουρίου. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η αξιολόγηση της ποιότητας τρεχούμενων νερών σε ρυάκι περιοχής του Πηλίου, χρησιμοποιώντας ζώντα υδρόβια έντομα ως δείκτες καθαρότητας των νερών. Πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες υδρόβιων εντόμων με διάφορων τύπων απόχες και μετρήθηκαν ορισμένα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού στο ρυάκι, τα οποία ήταν η θερμοκρασία το νερού, το οξυγόνο, η αγωγιμότητα και το pH. Η αναγνώριση των εντόμων έγινε στο εργαστήριο με τη βοήθεια κλειδών και στερεοσκοπίου συνδεδεμένου με κάμερα και υπολογιστή, ενώ η επεξεργασία των φωτογραφιών έγινε με το πρόγραμμα Adobe-Photoshop 7,0. Για τον καθορισμό της ποιότητας έγινε επιλογή και χρήση του βιοδείκτη TBI, διότι η κατανομή των υδρόβιων εντόμων στην περιοχή έρευνας ήταν εντελώς τυχαία και ως εκ τούτου δεν υπήρχε δυνατότητα καθορισμού της πληθυσμιακής τους πυκνότητας, που αποτελεί προϋπόθεση για τη χρήση άλλων βιοδεικτών.

Ο υπολογισμός του επιλεγέντα βιοδείκτη TBI έδωσε για την ποιότητα του νερού στην περιοχή μελέτης στο ρυάκι «Κοντόρεμα» την τιμή 7, που αντιστοιχεί στον ποιοτικό χαρακτηρισμό «καλή». Διευκρινίζεται ότι για τιμές του βιοδείκτη 9 έως 10 η ποιότητα χαρακτηρίζεται εξαιρετική, ενώ για τιμές 0 έως 1 η ποιότητα είναι πολύ κακή με τις ενδιάμεσες διαβαθμίσεις.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1. 1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ .....	8
1. 1. 1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΕΡΟΥ .....	8
1. 1. 2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ.....	11
1. 1. 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	13
1. 2. ΒΙΟΔΕΙΚΤΗΣ.....	15
1. 2. 1. ΟΡΙΣΜΟΣ-ΒΙΟΔΕΙΚΤΗ .....	15
1. 2. 2. ΛΟΓΟΙ ΧΡΗΣΗΣ ΒΙΟΔΕΙΚΤΩΝ .....	16
1. 2. 3. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΒΙΟΔΕΙΚΤΩΝ .....	16
1. 2. 4. ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΔΕΙΚΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	17
1. 3 ΤΑ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΑ ΩΣ ΒΙΟΔΕΙΚΤΕΣ .....	18
1. 3. 1. ΣΧΕΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΩΝ.....	18
1. 3. 2. ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΒΙΟΔΕΙΚΤΕΣ, ΜΕ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΑ .....	19
1. 3. 2. 1. TBI (TRENT BIOTIC INDEX) .....	20
1. 3. 2. 2. IB (INDICE BIOTIQUE).....	23
1. 3. 2. 3. CHANDLER SCORE SYSTEM.....	26
1. 3. 3. 4. BMWP (BIOLOGICAL MONITORING WATER QUALITY).....	29
1. 3. 3. 5. ETBI (EXTENDED TRENT BIOTIC INDEX).....	32
1. 3. 3. 6. BBI (BELGIAN BIOTIC INDEX).....	34
1. 3. 3. 7. IBGN (INDICE BIOLOGIQUE GLOBAL NORMALISE).....	35
1. 3. 3. 8. GRAHAM'S BIOTIC INDEX.....	37
1. 3. 3. 9. LQI (LINCOLN QUALITY INDEX) .....	37
1. 4. ΥΔΡΟΒΙΑ ΕΝΤΟΜΑ ΩΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑΣ .....	38
1. 4. 1. ΥΔΡΟΒΙΑ ΕΝΤΟΜΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	39
1. 4. 1. 1. EPHEMEROPTERA .....	40
1. 4. 1. 2. PLECOPTERA.....	41
1. 4. 1. 3. TRICHOPTERA.....	42
1. 4. 1. 4. COLEOPTERA .....	43
1. 4. 1. 5. DIPTERA.....	44
1. 4. 1. 6. ODONATA .....	45
1. 4. 1. 7. HETEROPTERA.....	47
1. 4. 1. 8. HEMIPTERA .....	47
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	47
2. 1. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ - ΘΕΣΗ ΡΕΜΑΤΟΣ .....	47
2. 2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ.....	50
2. 3. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΕΙΔΩΝ .....	57
2. 3. 1. ΤΑΞΗ: TRICHOPTERA .....	57
2. 3. 1. 1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ TRICHOPTERA Α', ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ .....	58
2. 3. 1. 2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ TRICHOPTERA Α', ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΕΝΟΥΣ.....	67
2. 3. 2. ΤΑΞΗ: COLEOPTERA.....	71
2. 3. 2. 1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ COLEOPTERA Α'.....	72
2. 3. 2. 2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ COLEOPTERA Β'.....	77
2. 3. 3. ΤΑΞΗ: HETEROPTERA .....	79

2. 3. 3. 1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ HETEROPTERA Α' - ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ GERRIDAE .....	79
2. 3. 3. 2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ HETEROPTERA Β' - ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ NOTONECTIDAE) .....	82
2. 3. 4. ΤΑΞΗ: DIPTERA .....	84
2. 3. 4. 1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ DIPTERA Α' - ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ SIMULIIDAE.....	84
2. 3. 4. 2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ DIPTERA Β' - ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ SIMULIIDAE.....	86
2. 3. 4. 3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ DIPTERA Γ' - ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ SIMULIIDAE .....	89
2. 3. 5. ΤΑΞΗ: PLECOPTERA .....	92
2. 3. 6. ΤΑΞΗ: EPHEMEROPTERA.....	92
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	93
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	97
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	100



# **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

## **1. 1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ**

### **1. 1. 1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΕΡΟΥ**

Η ποιότητα των τρεχούμενων νερών προσδιορίζεται από φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά (Sargaonkar and Deshpande, 2003 : Metcalfe, 1989 : Boyacioglu and Boyacioglu, 2007). Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των υδάτων μεταβάλλονται από την ύπαρξη ρύπων, με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται η βιοαποικοδόμηση των οργανικών ουσιών, να επηρεάζονται οι τροφικές αλυσίδες και να διαταράσσονται τα οικοσυστήματα (Κουσουρή, 1998).

Στα φυσικά χαρακτηριστικά του νερού περιλαμβάνουν το χρώμα, η γεύση, την οσμή και τη θολερότητα του. Το καθαρό νερό δεν έχει καμία χρωστική ανταύγεια, είναι διαυγές, ενώ το χρώμα στο νερό προέρχεται από μικροοργανισμούς ή από ορισμένα μέταλλα, των οποίων τα ιόντα προκαλούν διάφορα ιζήματα. Η θολερότητα των νερών που παρουσιάζουν ρύπανση, οφείλονται σε ενώσεις που δεν διαλύονται στο νερό, περνάνε σ αυτό υπό μορφή λεπτών κόκκων και παραμένουν ως αιωρούμενα σωματίδια.

Το φως μέσα στο νερό αποτελεί σημαντικό παράγοντα οικολογικής σπουδαιότητας για τα φυτά και τα ζώα. Η φωτεινή ακτινοβολία πρωτίστως συνδέεται με τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς. Η διαφάνεια του νερού αποτελεί κριτήριο της διαπερατότητας του φωτός και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του βάθους της εύφωτης ζώνης, καθώς και ως κριτήριο για την τροφική κατάταξη των διαφόρων υδάτινων περιοχών.

Η θολερότητα είναι η κατάσταση μεταβολής της διαύγειας του νερού και διαμορφώνεται όταν σε αυτό βρίσκονται αιωρούμενα ή καθιζάνοντα σωματίδια. Μπορεί να προέρχεται από τα βιοτικά συστατικά της υδάτινης περιοχής, τα φερτά υλικά της γειτνιάζουσας εδαφικής περιοχής, που προέρχονται από την αποσάθρωση των γεωλογικών σχηματισμών και των εδαφών, την αναμόχλευση του πυθμένα και τις κάθε είδους απορρίψεις (Αλεξάκης, 2003)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στα φυσικά νερά μετρά την ικανότητα του νερού να άγει ηλεκτρικά φορτία και αποδεικνύει την ύπαρξη ηλεκτρολυτών, δηλαδή αποτελεί δείκτη της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων στα νερά. Σημειώνεται ότι η αύξηση των τιμών της αγωγιμότητας πάνω από κάποια όρια δίνει το μέτρο της αλατότητας του νερού. Η αλατότητα είναι ένας φυσικός παράγοντας που επηρεάζει έμμεσα ή και άμεσα πολλές φορές τους υδρόβιους οργανισμούς γιατί η μεταβολή της μπορεί να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό το σύστημα ωσμωρύθμισης τους.

Στα ευρύτερα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του νερού περιλαμβάνεται ο διαλυμένος και σωματιδιακός οργανικός άνθρακας, οι ενώσεις του αζώτου (αμμωνία, νιτρικά και νιτρώδη άλατα), οι ενώσεις του φωσφόρου (φωσφορικά άλατα), το διαλυμένο οξυγόνο (DO), το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), η αγωγιμότητα (conductivity) και η αλατότητα (salinity), η οξειδοαναγωγική δυνατότητα, το pH, οι φαινόλες, το υδρόθειο, τα κυανιούχα και τα φθοριούχα άλατα, η ολική σκληρότητα, το ασβέστιο, τα χλωριόντα, τα θειικά άλατα, το νάτριο, το κάλιο και τα μέταλλα όπως το μαγνήσιο, ο σίδηρος, το μαγγάνιο, το νικέλιο, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, ο μόλυβδος, το κάδμιο. (Σκορδίλης, 2006).

Στα βιολογικά χαρακτηριστικά του νερού περιλαμβάνονται τα φύκη, η ετεροτροφική και αυτοτροφική βιομάζα και οι ανώτεροι μικροοργανισμοί (Faria *et al.*, 2006 : Ντρης και συν., 2007).

Τα περισσότερα φυσικά νερά έχουν τιμές pH που κυμαίνονται μεταξύ 4 και 9. Η αύξηση της τιμής του pH είναι επικίνδυνη για τους ζώντες οργανισμούς. Οι τιμές μεταξύ 6,5 και 8,5 είναι συνήθως ακίνδυνες για τους υδρόβιους οργανισμούς, παρόλο που σε αυτό το εύρος είναι δυνατό να ενεργοποιηθεί η δηλητηριώδης δράση τοξικών ουσιών (Hutchinson, 1957, από Κουσουρής, 1989).

Το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο αποτελεί δείκτη μεταβολής της ποιότητας των νερών και δίνει σημαντικές πληροφορίες για τις βιολογικές και χημικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τις αναπνευστικές λειτουργίες των περισσότερων υδρόβιων οργανισμών και για το μεταβολισμό τους (Wetzel, από Κουσουρής, 1989).

Σε περιπτώσεις υδάτων που παρουσιάζουν αυξημένη ρύπανση, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά διαφοροποιούνται, δηλαδή παράγεται υδρόθειο ( $\text{H}_2\text{S}$ ), αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) και διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και το νερό έχει σχεδόν γκρι χρώμα και άσχημη οσμή, λόγω τεράστιων ποσοτήτων βακτηριδίων και κολλοειδών του αργίλου. Σε πολλές περιπτώσεις ποταμών, το κατώτερο σημείο της κοίτης είναι λασπώδες και το κάτω μέρος από τις πέτρες έχει μαύρο χρώμα με ένα επίστρωμα θειούχου σιδήρου ( $\text{Fe}_2\text{S}$ ). Στις περιπτώσεις αυτές, ζουν λίγα ασπόνδυλα, τα οποία έχουν χρωστική ουσία στο αίμα (πχ Chironomidae) ή υδρόβιοι οργανισμοί με ικανότητα πρόσληψης ατμοσφαιρικού αέρα (πχ Eristalis). Τα ψάρια συνήθως δεν είναι παρόντα. Κυριαρχούν τα βακτήρια και

ιδιαίτερα τα θειοβακτήρια που προσαρμόζονται καλύτερα στην παρουσία του υδρόθειου ( $H_2S$ ) (Friendrich *et al.*, 1992).

### 1. 1. 2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Κατά τη διαδρομή του νερού στον υδρολογικό κύκλο συμβαίνουν βιογεωχημικές αντιδράσεις, οι οποίες είναι η αιτία μεταβολής της ποιότητας και της ποσότητας των θρεπτικών και άλλων χαρακτηριστικών του. Αποτέλεσμα αυτού, είναι η ταξινόμηση των ποταμών σε κατηγορίες ανάλογα με την περιεκτικότητα τους σε ασβέστιο και σε μαγνήσιο, ανάλογα με τη σχέση ασβεστίου προς μαγνήσιο και ανάλογα με το pH. Στην Ελλάδα τα περισσότερα ποτάμια έχουν νερό με όξινο ανθρακικό περιεχόμενο (57%) και ακολουθούν εκείνα με περιεχόμενο σε ασβέστιο (16%), μαγνήσιο, νάτριο, κάλιο, θειικά άλατα και χλωρίοντα. (Skoulikidis, από Κουσουρής, 1998). Η κατηγοριοποίηση του νερού με βάση τους παραπάνω παράγοντες χαρακτηρίζει αντίστοιχες κατηγορίες ποιότητας του νερού ως προς την καθαρότητά του.

Το έτος 2000 θεσπίστηκε η επίσημη οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το νερό (Directive 60/2000), η οποία αποτελεί το πιο σημαντικό θεσμικό πλαίσιο που εισάγεται στον τομέα της ποιότητας του νερού σε διεθνές επίπεδο. Η οδηγία διαχωρίζει την ποιότητα του νερού σε 5 κατηγορίες, ως προς την καθαρότητά του, λαμβάνοντας υπόψη τα βιολογικά του στοιχεία (Neagu *et al.*, 1989). Οι κατηγορίες αυτές του χαρακτηρισμού της ποιότητας των νερών είναι: «υψηλή», «καλή», «μέτρια», «κακή» και «πολύ κακή». Στους υδρολογικούς χάρτες οι λεκάνες απορροής χρωματίζονται με μπλε, πράσινο, κίτρινο, πορτοκαλί ή

κόκκινο, σε αντιστοιχία με την κατά περίπτωση ποιότητα των υδάτων τους. Τα χρώματα αποτελούν και τους κωδικούς της κατηγορίας στην οποία ανήκουν. Το μπλε δηλαδή χαρακτηρίζει την «υψηλή» οικολογική κατάσταση, το πράσινο την «καλή», το κίτρινο τη «μέτρια», το πορτοκαλί την «κακή» και το κόκκινο την «πολύ κακή» ποιότητα.

(<http://river.bio.auth.gr/law/EL/Οδηγία%202000%2060%20ΕΟΚ%20%20Πολιτική%20Υδάτων.pdf>)

Πριν τη θέσπιση της Ευρωπαϊκής οδηγίας 60/2000, υπήρξε ένα σημαντικό σύστημα αξιολόγησης της ποιότητας των υδάτων, το οποίο ήταν σε χρήση από τα κράτη της Κεντρικής Ευρώπης κυρίως και ονομαζόταν Σαπρωβιοτικό (Saprobic system). Η ποιότητα των υδάτων μπορούσε να ταξινομηθεί σε τέσσερις (4) κύριες κατηγορίες ποιότητας νερού (ζώνες). Οι κατηγορίες διαχωρίζονταν στην ολιγοσαπρωβιοτική ζώνη (oligosaprobic zone), την α-μεσοσαπρωβιοτική ζώνη (a-mesosaprobic zone), τη β-μεσοσαπρωβιοτική ζώνη (b-mesosaprobic zone) και την πολυσαπρωβιοτική ζώνη (polysaprobic zone)

Η πολυσαπρωβιοτική ζώνη αποτελεί ζώνη εξαιρετικά έντονης ρύπανσης, η α-μεσοσαπρωβιοτική έντονης ρύπανσης, η β-μεσοσαπρωβιοτική μέτριας ρύπανσης και η ολιγοσαπρωβιοτική ζώνη χωρίς ρύπανση ή πολύ μικρή ρύπανση. (Kolkwitz and Marson, από Friedrich *et al.*, 1992 : Metcalfe, 1989).

### 1. 1. 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η εκτίμηση της ποιότητας των νερών γίνεται με βιολογικές και χημικές μεθόδους. Οι βιολογικές μέθοδοι κοστίζουν λιγότερο και δίνουν πληροφορίες για το τι συμβαίνει, σε βάθος χρόνου, ενώ οι χημικές μέθοδοι δίνουν πληροφορίες για το τι συμβαίνει, μόνο κατά την δεδομένη στιγμή που γίνεται ο έλεγχος (Λαζαρίδου, 2004)

Οι μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών που συμβαίνουν, για παράδειγμα κατά μήκος ενός ποταμού, επιδρούν άμεσα στην κατανομή και στην αφθονία του πληθυσμού των υδρόβιων οργανισμών που ζουν σε αυτό. Ιδιαίτερα οι ανθρώπινες δραστηριότητες επιβαρύνουν και ρυπαίνουν τα υδάτινα οικοσυστήματα, μεταβάλλουν τις φυσικές περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν και έτσι επιδρούν άμεσα στη λειτουργία και τη δομή των υδρόβιων βιοκοινωνιών (Barton and Metcalfe-Smith, 1992). Οι προκύπτουσες μεταβολές στη δομή των κοινωνιών των υδρόβιων οργανισμών είναι δηλαδή αποτέλεσμα μεταβολών κυρίως στη χημική σύσταση του νερού. Οι διάφοροι οργανισμοί αντιδρούν με διαφορετικό τρόπο στις μεταβολές του περιβάλλοντος. Οι πιο μεγάλες και ακραίες αντιδράσεις τους είναι ο θάνατος ή η μετανάστευσή τους σε άλλες περιοχές με μικρότερη ρύπανση. Άλλες αντιδράσεις, που όμως είναι δύσκολο να παρατηρηθούν, είναι η μειωμένη αναπαραγωγική ικανότητα και η αναστολή ορισμένων δραστηριοτήτων και μηχανισμών, που είναι απαραίτητες για τον μεταβολισμό τους.

Η βιολογική μέθοδος προσδιορισμού της καθαρότητας των νερών βασίζεται στην παρουσία ή την απουσία οργανισμών ως δείκτες καθαρότητας των νερών, που έχουν διαφορετική ευαισθησία στους διάφορους τύπους

ρύπανσης στο περιβάλλον και στη δυνατότητα τους να επιζούν σε διάφορα επίπεδα ρύπανσης και διαλυμένου οξυγόνου στο νερό. Η ανοχή των χαμηλών συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου ποικίλλει στις διάφορες κλάσεις οργανισμών, ακόμη και μέσα στις ίδιες τάξεις.

Ορισμένα είδη οργανισμών μπορούν να προσαρμοστούν σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου. Θεωρητικά, αυτά τα είδη είναι σπάνια, αλλά μπορούν να επιβιώνουν και να πολλαπλασιάζονται σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως επίσης άλλα είδη μπορούν και είναι ικανά να επιζήσουν σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου για μικρά ή μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (Friedrich *et al.*, 1992)

Με τη χρησιμοποίηση λοιπόν των υδρόβιων οργανισμών ως δεικτών καθαρότητας των τρεχούμενων νερών, είναι δυνατό να εξαχθούν συμπεράσματα για την ποιότητα του υδάτινου οικοσυστήματος (Γιαννάκου και συν., 1997). Έτσι, οι υδρόβιοι οργανισμοί αποτελούν τον «καθρέπτη» των επιπτώσεων των διαφόρων παρεμβάσεων στο υδάτινο περιβάλλον ούτως ώστε η μελέτη των διαφόρων μεταβολών που υφίστανται (πληθυσμιακές διαταράξεις, αλλαγές συμπεριφοράς, μεταναστεύσεις κλπ) να δίνει και το μέτρο της ποιότητας και καθαρότητας του νερού σε διάφορες περιοχές ή και σε διάφορες χρονικές περιόδους, και από τον καθορισμό των αντιδράσεών τους, να μπορεί προσδιοριστεί η καθαρότητα και γενικότερα η ποιότητα του νερού σε διάφορες περιοχές ή σε διάφορες χρονικές περιόδους (Friedrich *et al.*, 1992).

Η αξιολόγηση της ποιότητας του νερού, βασισμένη στις βιολογικές μεθόδους άρχισε τον περασμένο αιώνα, όπου διαπιστώθηκε ότι οι οργανισμοί που εμφανίζονται σε νερό που έχει ρυπανθεί είναι διαφορετικοί από τους

οργανισμούς που εμφανίζονται σε καθαρά νερά. (Sharma and Moog, 1996). Μετά την εισαγωγή του Σαπροβιωτικού συστήματος, στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα αναπτύχθηκαν σε πολλές χώρες διάφορες βιολογικές μεθόδους, για τον ίδιο σκοπό. Καμία όμως από τις μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί έως σήμερα, δεν έχει χαρακτηριστεί ως ιδανική για όλες τις περιοχές παγκοσμίως (Neagu *et al.*, 1989).

Για ένα ολοκληρωμένο σύστημα ποιοτικής αξιολόγησης τρεχούμενων νερών, τα στοιχεία από τις βιολογικές μεθόδους συνεξετάζονται μαζί με τα στοιχεία από τις αντίστοιχες χημικές αναλύσεις καθώς και τις μελέτες των ιζημάτων (Kozhova, από Friedrich *et al.*, 1992).

Σήμερα το ενδιαφέρον στις βιολογικές μεθόδους εντοπίζεται, κυρίως στα υδρόβια ασπόνδυλα και τα ψάρια (Plafkin *et al.* : Karr, από Ζορμποπούλου, 1999).

## **1. 2. ΒΙΟΔΕΙΚΤΗΣ**

### **1. 2. 1. ΟΡΙΣΜΟΣ-ΒΙΟΔΕΙΚΤΗ**

Η παρακολούθηση της ποιότητας του νερού στηρίζεται στους βιοδείκτες. Η έννοια του βιοδείκτη (Β.Δ.) στηρίζεται στον προσδιορισμό της καθαρότητας του νερού με βάση τους οργανισμούς που ζουν μέσα σε αυτό. Οι οργανισμοί λειτουργούν ως δείκτες καθαρότητας των νερών και αντιδρούν στη βιοτικές και αβιοτικές περιβαλλοντικές αλλαγές, αντικατοπτρίζοντας το μέγεθος μιας περιβαλλοντικής μεταβολής (Λαζαρίδου, 2004 : McGeoch, από Hodgkinson and Jackson, 2005).



## 1. 2. 2. ΛΟΓΟΙ ΧΡΗΣΗΣ ΒΙΟΔΕΙΚΤΩΝ

Η χρήση των βιοδεικτών θεωρείται σημαντική για την οικονομικότητα τους και γιατί αποτελούν ένα καλό τρόπο για να ελεγχθεί η επίδραση τοξικών ουσιών στους οργανισμούς, κάτι που θα ήταν δύσκολο να αποτιμηθεί με απευθείας μέτρηση των τοξικών ουσιών στη φύση. Επίσης η χρήση των βιοδεικτών θεωρείται σημαντική επειδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της αφθονίας ειδών και την ποικιλομορφία ειδών στα διάφορα οικοσυστήματα. (Spellerberg, από Rainio and Niemela, 2003: Bridgham, 1988).

Παρά το γεγονός ότι, η χρήση των βιοδεικτών είναι αρκετά δύσκολη και χρονοβόρα, εντούτοις, λόγω της οικονομικότητας της, αποτελεί μία διαδεδομένη μέθοδο έρευνας για να εντοπιστούν οι μεταβολές στο περιβάλλον. (Noss : Pearson and Cassola : Niemela, από Rainio and Niemela, 2003)

## 1. 2. 3. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΒΙΟΔΕΙΚΤΩΝ

Οι βιοδείκτες διαιρούνται στους περιβαλλοντικούς βιοδείκτες, στους οικολογικούς βιοδείκτες και στους δείκτες βιοποικιλότητας (McGeoch, από Rainio and Niemela, 2003)

Η βασική τους διαφορά είναι ότι οι περιβαλλοντικοί και οι οικολογικοί βιοδείκτες χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν τις μεταβολές που συμβαίνουν στο περιβάλλον, ενώ οι δείκτες βιοποικιλότητας για να προσδιορίσουν την ποικιλομορφία των ειδών στις διάφορες βιοκοινότητες. (Lindermayer *et al.*, από Rainio and Niemela, 2003)

Ειδικότερα, οι βιοδείκτες βιοποικιλότητας διαχωρίζονται σε 3 κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία, ανήκουν είδη υδρόβιων οργανισμών των οποίων η παρουσία αποτελεί ένδειξη της παρουσίας άλλων ειδών. Στη δεύτερη κατηγορία, ανήκουν είδη των οποίων η προσθήκη ή η απώλεια οδηγεί σε μεγάλες αλλαγές στην αφθονία ή στην εμφάνιση (ύπαρξη) ενός τουλάχιστον άλλου είδους (θεμελιώδη είδη) και στην τρίτη κατηγορία, ανήκουν κυρίως είδη που αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της βιομάζας ή του αριθμού των ειδών (Lindermayer *et al.*, 2000).

Οι βιοδείκτες, ως βιολογικές μέθοδοι, μπορεί να διαιρεθούν σε ποιοτικούς, σε ημιποσοτικούς και σε ποσοτικούς. Οι ποιοτικοί βιοδείκτες εξαρτώνται από την ποιότητα των ταξινομικών ομάδων και τη σύνθεση τους, οι ημιποσοτικοί εξαρτώνται από τη σχέση της σύνθεσης των ταξινομικών ομάδων και της αφθονίας τους και οι ποσοτικοί εξαρτώνται από την αφθονία των ταξινομικών ομάδων (Lenat : Washington : Rico *et al.* : Gowns *et al.*, από Cao, 1997).

#### **1. 2. 4. ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΔΕΙΚΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Στην Ελλάδα διαμορφώθηκε ο βιοδείκτης ΕΣΑ (Ελληνικό Σύστημα Αξιολόγησης). Έχει χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού σε διάφορα υδάτινα οικοσυστήματα στην Ελλάδα, όπως για παράδειγμα στο φράγμα Ταυρωπού από την Αναπτυξιακή Εταιρία Καρδίτσας και κατά τα χρονική περίοδο 2001-2002 και στην περιοχή του Αξιού και του Αώου από την Οικολογική κίνηση Θεσσαλονίκης και από το Βιολογικό τμήμα του Αριστοτελείου

Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης κατά τη χρονική περίοδο 2000-2001 (Artemiadou and Lazaridou, 2005).

Το υδροδυναμικό μοντέλο εκτίμησης ρύπων Ηριδανός διαμορφώθηκε στο Τμήμα Υδατικών Πόρων στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σκοπός του μοντέλου, ήταν η εκτίμηση της ρύπανσης στα υδάτινα συστήματα με τη χρήση του λογισμικού “Υδρογαία”. Στη διαδικασία εκτίμησης των ρύπων, λαμβάνονταν υπόψη εκτός των υπολοίπων χαρακτηριστικών και οι υπάρχοντες στο εξεταζόμενο υδάτινο σύστημα μικροοργανισμοί (Ντρης και συν., 2007).

Στην Ελλάδα επίσης, έχουν εφαρμοστεί και πλήθος βιοδεικτών άλλων χωρών. Το 1994 εφαρμόστηκαν οι βιοδείκτες BMWP, ASPT, BMWQ, ETBI και BBI στο ρέμα Βοϊράνης, που ανήκει στην υδρολογική λεκάνη απορροής του ποταμού Στρυμώνα, για την εκτίμηση των ρύπων του νερού του. Επίσης το 1994 εφαρμόστηκαν οι ίδιοι βιοδείκτες στον ταμιευτήρα Κρεμαστά και ειδικότερα στα ποτάμια Αγραφιώτης, Αγαλιανός, Ταυρωπός και Φραγκίστας. (Γιαννάκου, 1997 : Κουσουρή, 1997). Το 1998, 1999 και 2000 χρησιμοποιήθηκαν οι βιοδείκτες IBMWP και IASPT για την εκτίμηση του νερού των ποταμών Αλφειός και Πινειός (Ilioroulou *et al.*, 2003).

## **1. 3 ΤΑ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΑ ΩΣ ΒΙΟΔΕΙΚΤΕΣ**

### **1. 3. 1. ΣΧΕΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΩΝ**

Οι αλλαγές στο περιβάλλον κατά μήκος ενός ποταμού επιδρούν άμεσα στην κατανομή και την αφθονία του πληθυσμού των υδρόβιων οργανισμών που ζουν σ’ αυτό. Πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες επιβαρύνουν και ρυπαίνουν τα υδάτινα οικοσυστήματα, μεταβάλλουν τις φυσικές περιβαλλοντικές

συνθήκες που επικρατούν και επομένως επιδρούν στη δομή και τη λειτουργία των υδρόβιων βιοκοινωνιών. Επομένως η αφθονία ή μη διαφόρων ειδών μακροασπονδύλων σε υδρόβια οικοσυστήματα μπορεί να αποτελέσει ένα καλό δείκτη των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν σε αυτά (Κουσουρή και συν, 1997a : Barton and Metcalfe, 1992 ).

Τα μακροασπόνδυλα ανήκουν κυρίως στα φύλα: Platyhelminthes, Mollusca, Annelida και Arthropoda. Χρησιμοποιούνται σήμερα διεθνώς για την εκτίμηση της ποιότητας υδάτων και για την οικολογική τους ταξινόμηση, γιατί αποτελούν τους πλέον αξιόπιστους δείκτες περιβαλλοντικών συνθηκών στα ποτάμια (Armitage *et al.*, 1983 : Camargo, 1993).

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης των μακροασπονδύλων ως δεικτών ρύπανσης είναι ότι είναι άφθονα, μετακινούνται λίγο και δεν μεταφέρονται παθητικά, με αποτέλεσμα να αντιδρούν τόσο στις μεταβολές των συνθηκών των ενδιαιτημάτων τους όσο και στους ρύπους που ενδεχόμενα επισυμβαίνουν. Πλεονέκτημα επίσης είναι και η σύνθεση των βιοκοινωνιών τους που μας πληροφορεί για αλλαγές που έχουν συμβεί στο οικοσύστημα, ενώ απαραίτητη προϋπόθεση είναι να γνωρίζουμε καλά ποια είναι αυτή η σύνθεση σε αδιατάρακτη και μη επιβαρημένη από οποιουσδήποτε ρύπους κατάσταση (Λαζαρίδου, 2004 : Poulton *et al.*, 2003 : Artemiadou and Lazaridou, 2005).

### **1. 3. 2. ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΒΙΟΔΕΙΚΤΕΣ, ΜΕ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΑ**

Οι κυριότεροι βιοδείκτες που χρησιμοποιούν μακροασπόνδυλα είναι οι:

### **1. 3. 2. 1. TBI (TRENT BIOTIC INDEX)**

Ο βιοδείκτης TBI (Trent Biotic Index) αποτελεί την πρώτη βιολογική μέθοδο εκτίμησης της ποιότητας του νερού που χρησιμοποίησε μακροασπόνδυλα. Το 1964 χρησιμοποιήθηκε στον ποταμό River Trent της Αγγλίας για πρώτη φορά και αποτέλεσε αφετηρία πολλών παρόμοιων βιολογικών μεθόδων (Metcalf, 1989 : Neagu, 1989).

Ο βιοδείκτης TBI ανήκει στους ποιοτικούς βιοδείκτες, οι οποίοι εξαρτώνται από την ποιότητα των ταξινομικών ομάδων και από τη σύνθεσή τους (Lenat, από Cao *et al.*, 1997). Η μεθοδολογία του βιοδείκτη TBI είναι αρκετά απλή και καθορίζεται με βάση την παρουσία κάποιων ταξινομικών ομάδων από τα συλλεχθέντα μακροασπόνδυλα.

Για τον προσδιορισμό του βιοδείκτη TBI, δίνεται μία μονάδα (1) για κάθε οικογένεια στα Trichoptera, μία μονάδα (1) στα ενήλικα και στις προνύμφες για κάθε είδος Coleoptera, μία μονάδα (1) στις προνύμφες Simuliidae (Diptera), μία μονάδα στις προνύμφες Chironomidae εκτός το είδος Chironomus riparius που αποτελεί διαφορετική ταξινομική ομάδα, μία μονάδα (1) στο είδος Chironomus riparius, μία μονάδα (1) στα Plecoptera για κάθε είδος, μία μονάδα (1) στα Ephemeroptera για κάθε γένος εκτός του γένους Baetis rhodani που αποτελεί διαφορετική ταξινομική ομάδα, μία μονάδα (1) στο γένος Baetis rhodani, μία μονάδα (1) στις προνύμφες Megaloptera για κάθε είδος, μία μονάδα (1) στα Hirudinae για κάθε είδος, μία μονάδα (1) στα Mollusca για κάθε είδος, μία μονάδα (1) στα Crustacea για κάθε είδος, μια μονάδα (1) στα Hydracarina για κάθε είδος και τέλος μια μονάδα (1) για κάθε άλλο είδος προνύμφης (Chandler, από Metcalfe, 1989 : Mason, από Friedrich *et al.*, 1992).

Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα προστίθενται για να δώσουν ένα γενικό αποτέλεσμα το οποίο διαχωρίζεται σε 5 κατηγορίες που παρουσιάζουν το σύνολο των ταξινομικών ομάδων του δείγματος στον σχετικό πίνακα (Πιν. 1). Η πρώτη κατηγορία είναι από 0 έως 1, η δεύτερη από 2 έως 5, η τρίτη από 6 έως 10, η τέταρτη από 11 έως 15 και η πέμπτη είναι από 16 και άνω.

Η τομή της στήλης της κατηγορίας στην οποία ανήκει και της σειράς του πιο ευαίσθητου οργανισμού στη ρύπανση προσδιορίζει την τιμή του βιοδείκτη TBI.

Η τιμή του βιοδείκτη TBI χαρακτηρίζει την ποιότητα του νερού. Όταν η τιμή του βιοδείκτη TBI είναι 9 έως 10, η ποιότητα του νερού χαρακτηρίζεται εξαιρετική έως πολύ καλή, 7 έως 8 χαρακτηρίζεται καλή, 5 έως 6 χαρακτηρίζεται μέτρια, 3 έως 4 χαρακτηρίζεται κακή έως φτωχή και τέλος όταν είναι 0 έως 2 χαρακτηρίζεται πολύ κακή έως φτωχή (Ilioroulou *et al.*, 2003 : Woodiwiss, από Sladecsek, 1973 : Mason, από Friendrich *et al.*, 1992).

Για παράδειγμα, σε ένα ρέμα συλλέγονται σε δειγματοληψίες 2 είδη νύμφης από την τάξη Plecoptera, ένα γένος νύμφης από την τάξη Ephemeroptera, μία οικογένεια από την τάξη Trichoptera και δύο είδη της τάξης Coleoptera και το άθροισμα των ταξινομικών ομάδων τους είναι  $2+1+1+1+2=6$ . Στον Πίνακα 1 στη δεύτερη στήλη το δείγμα ανήκει στην ομάδα: 6 έως 0 και το αποτέλεσμα του βιοδείκτη βρίσκεται στις ακριβώς παρακάτω τιμές της στήλης. Στη συνέχεια, ανάλογα με το πιο ευαίσθητο είδος του δείγματος, προσδιορίζεται και η τιμή του βιοδείκτη. Στην περίπτωση του παραδείγματος το πιο ευαίσθητο είδος είναι η νύμφη Plecoptera και ο βιοδείκτης βρίσκεται στην τομή της στήλης 6 έως 10 και της σειράς με τις νύμφες Plecoptera. Αν στο δείγμα υπάρχει μία μόνο νύμφη

Πίνακας 1. Υπολογισμός του βιοδείκτη TBI

Ευαίσθητοι οργανισμοί στη ρύπανση		Κατηγορίες, ανάλογα με το συνολικό αριθμό των ταξινομικών ομάδων				
		0-1	2-5	6-10	11-15	16+
		Βιοδείκτης				
Νύμφες Plecoptera	Περισσότερα από ένα.		7	8	9	10
	Μόνο ένα.		6	7	8	9
Νύμφες Ephemeroptera	Περισσότερα από ένα.		6	7	8	9
	Μόνο ένα γένος		5	6	7	8
Προνύμφες Trichoptera	Περισσότερα από ένα.		5	6	7	8
	Μόνο ένα.	4	4	5	6	7
<i>Grammarus</i>		3	4	5	6	7
<i>Asellus</i>		2	3	4	5	6
Tubificid worms και/ή προνύμφες Chironomidae		1	2	3	4	
Μερικοί οργανισμοί που αντέχουν σε συνθήκες έλλειψης διαλυμένου οξυγόνου, όπως το <i>Eristalis tenax</i>		0	1	2		

(Friendrich *et al.*, 1992)

Plecoptera, ο βιοδείκτης είναι ίσος με 7. Αν στο δείγμα υπάρχουν παραπάνω από μία νύμφες, ο βιοδείκτης είναι ίσος με 8.

### **1. 3. 2. 2. IB (INDICE BIOTIQUE)**

Ο γαλλικός IB (Indice Biotique) διαμορφώθηκε το 1968 και προέρχεται από το βιοδείκτη TBI. Στον προσδιορισμό του IB εξετάζεται μεγαλύτερος αριθμός ταξινομικών ομάδων από το βιοδείκτη TBI, επειδή οι πρώτες ταξινομικές ομάδες λαμβάνονται διαφορετικά, όταν αποτελούνται από ένα δείγμα της κάθε ταξινομικής ομάδας ή από περισσότερα.

Οι διαφορές των δυο βιοδεικτών είναι ότι ο βιοδείκτης TBI υπολογίζει διαφορετικά τα *Nais* από τα Naididae και τα *Baetis* από τα Ephemeroptera (Ghetti and Bonazzi, 1977). Επίσης, ο βιοδείκτης IB καθορίζει τη μέθοδο δειγματοληψίας των υδρόβιων μακροασπονδύλων και τη διαχωρίζει σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τη φύση των νερών. Στα τρεχούμενα νερά, η δειγματοληψία γίνεται με τη χρήση δειγματολήπτη και στα ήπια νερά γίνεται με αρπάγη. Σε αντίθεση, στο βιοδείκτη TBI η δειγματοληψία γίνεται με οποιαδήποτε μέθοδο (Metcalf, 1989).

Στον προσδιορισμό του βιοδείκτη IB, δίνεται μία μονάδα (1) στα Plecoptera για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Trichoptera για κάθε οικογένεια ή γένος, ανάλογα με την περίπτωση, μία μονάδα (1) στα Ephemeroptera για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Odonata για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Coleoptera για κάθε οικογένεια, μία μονάδα (1) στις νύμφες Mollusca για κάθε γένος ή είδος, ανάλογα με την περίπτωση, μία μονάδα (1) στα Crustacea για κάθε οικογένεια, μία μονάδα (1) στα Megaloptera για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Hemiptera



για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Diptera για κάθε οικογένεια ή υποοικογένεια ανάλογα με την περίπτωση, μία μονάδα (1) στα Planaridae για κάθε γένος ή είδος ανάλογα με την περίπτωση, μία μονάδα (1) στα Hirudinea για κάθε γένος ή είδος ανάλογα με την περίπτωση, μία μονάδα (1) στα Oligochaeta για κάθε οικογένεια, μία μονάδα (1) στα Nematoda και μία μονάδα (1) στα Hydracari (Metcalf, 1989).

Ο βιοδείκτης IB υπολογίζεται με τον ίδιο τρόπο που υπολογίζεται και ο βιοδείκτης TBI. Οι διαφορές τους είναι ότι ο IB χρησιμοποιεί διαφορετικό πίνακα (Πίν. 2). Στην πρώτη στήλη του πίνακα υπάρχουν οι ταξινομικές ομάδες από τις οποίες εξαρτάται η τιμή του βιοδείκτη. Η σειρά των ταξινομικών ομάδων στη στήλη αυτή είναι με βάση την αντοχή τους στη ρύπανση, ξεκινώντας από το πιο ευαίσθητο είδος. Επίσης, για τις 3 πρώτες ομάδες είναι απαραίτητο να καθορίζεται αν πρόκειται για ένα ή περισσότερα άτομα τα οποία αποτελούν διαφορετικές κατηγορίες.

Ο βιοδείκτης προσδιορίζεται στις επόμενες στήλες με βάση τον αριθμό των ταξινομικών ομάδων του δείγματος και την πιο ευαίσθητη ταξινομική ομάδα του δείγματος. Η τομή της στήλης που παρουσιάζει τον αριθμό των ταξινομικών ομάδων με τη σειρά που παρουσιάζει το πιο ευαίσθητο είδος του δείγματος στη ρύπανση είναι και η τιμή του βιοδείκτη IB.

Η διαφορά του με το βιοδείκτη TBI στη διαδικασία υπολογισμού του είναι ότι στον IB λαμβάνονται υπόψη όλα τα στάδια ανάπτυξης των Plecoptera. Η τάξη Plecoptera είναι το πιο ευαίσθητο είδος μαζί με την οικογένεια Ecdyonuridae των Ephemeroptera. Για τον υπολογισμό του βιοδείκτη IB, οι ταξινομικές ομάδες στις πρώτες σειρές του πίνακα έχουν διαφορετικές τιμές

Πίνακας 2. Υπολογισμός των βιοδεικτών IB και BBI

Ευαίσθητοι οργανισμοί στη ρύπανση		Κατηγορίες, ανάλογα με το συνολικό αριθμό των ταξινομικών ομάδων				
		0-1	2-5	6-10	11-15	16+
		Βιοδείκτης				
Plecoptera ή Ecdyonuridae (Heptageniidae)	Περισσότερα από ένα άτομο		7	8	9	10
	Μόνο ένα άτομο	5	6	7	8	9
Trichoptera	Περισσότερα από ένα άτομο		6	7	8	9
	Μόνο ένα άτομο	5	5	6	7	8
Ancyliidae ή Ephemeroptera (εκτός Ecdyonuridae)	Περισσότερα από δύο άτομα		5	6	7	8
	Έως και δύο άτομα	3	4	5	6	7
<i>Apheloceirus</i> Odonata Gammaridae Mollusca Sphaeridae		3	4	5	6	7
<i>Asellus</i> Hirudinea Sphaeridae Hemiptera Aphelocheirus		2	3	4	5	
Tubificidae Cironomidae		1	2	4		
Eristalinae (Syrphidae)		0	1	1		

(De Pauw and Vanhoover, 1983, από Metcalfe, 1989)

όταν αποτελούνται από ένα άτομο ή όταν αποτελούνται από περισσότερα άτομα, σε διαφορά με το βιοδείκτη IB.

### 1. 3. 2. 3. CHANDLER SCORE SYSTEM

Ο βιοδείκτης Chandler Score System διαμορφώθηκε το 1970 στη Σκωτία και αποτελεί εξέλιξη του βιοδείκτη TBI και ανήκει στους ποσοτικούς βιοδείκτες.

Η αφθονία εξαρτάται από τον αριθμό των ατόμων, ανά 5 ml νερού και διαχωρίζεται σε 5 επίπεδα αφθονίας. Το πρώτο επίπεδο (Present) αποτελείται από 1 έως 2 άτομα ανά 5 ml νερού. Το δεύτερο (Few) αποτελείται από 3 έως 10 άτομα ανά 5 ml. Το τρίτο επίπεδο (Common) αποτελείται από 11 έως 50 άτομα ανά 5 ml. Το τέταρτο επίπεδο (Abundant) αποτελείται από 51 έως 100 άτομα ανά 5 ml και το πέμπτο επίπεδο (Very abundant) αποτελείται τιμές μεγαλύτερες από 100 ανά 5 ml νερού.

Στον προσδιορισμό του βιοδείκτη Chandler δίνεται μία μονάδα (1) για κάθε είδος στις περισσότερες ταξινομικές ομάδες και λιγότερο για κάθε είδος.

Δηλαδή στα Taeniopterygidae, Perlodidae, Isoperlidae, Perlidae, Chloroperlidae, Leuctridae, Capniidae, στα Nemouridae εκτός τα *Amphinemura*, στα Ephemeroptera εκτός του *Baetis*, στα Megaloptera, στα Trichoptera εκτός του *Rhyacophila*, στα Tricladida εκτός του *P. alpina*, στα Mollusca εκτός του *Ancylus*, στα Chironomidae εκτός του *Chironomus riparius*, στο *Glossiphonia asellus*, στις βλένες εκτός *Haemopsis*, στα Glossiphonia, στο *Haemopsis*, στο *Ancylus rhyacophila*, στα Tubifex και στα *C. riparius*, Nais και *Planaria alpine*.

Επίσης, δίνεται μία μονάδα για κάθε γένος στα *Baetis* (Ephemeroptera) *Simulium* (Diptera), στα Coleoptera, Nematoda, στο *Amphinemura* (Plecoptera) και στο *Gammarus*. (Metcalf, 1989)

Η τιμή του βιοδείκτη προσδιορίζεται με βάση τον ανάλογο πίνακα (Πιν. 3). Για τον υπολογισμό του βιοδείκτη Chandler Score System διαχωρίζονται τα συλλεχθέντα μακροασπόνδυλα σε ταξινομικές ομάδες, με βάση τις ομάδες που υπάρχουν στην πρώτη στήλη του πίνακα. Ανάλογα με την αφθονία τους σε 5 ml δείγματος νερού τοποθετούνται και σε ανάλογη κατηγορία στην δεύτερη σειρά του πίνακα (Present, Few, Common, Abundance, Very abundance). Για κάθε ταξινομική ομάδα η τομή της ομάδας με την κατάλληλη στήλη που προσδιορίζει την αφθονία της, δίνει και ένα βαθμό. Ο μέσος όρος όλων των βαθμών δίνει και την τιμή του βιοδείκτη Chandler Score System με άριστα το 100.

Πίνακας 3. Υπολογισμός του βιοδείκτη Chandler Score System

Ταξινομικές ομάδες	Βαθμολογίες στα διάφορα επίπεδα αφθονίας του βιοδείκτη Chandler's Score System				
	Present	Few	Common	Abundance	Very abundance
<i>Crenobia alpina</i> , Taeniopterygidae, Perlidae, Isoperlidae, Perlidae, Chloroperlidae	90	94	98	99	100
Leuctridae, Capniidae, Nemouridae (εκτός <i>Amphinemura</i> )	84	89	94	97	98
Ephemeroptera (εκτός Baetis)	79	84	90	94	97
Cased Trichoptera, Megaloptera	75	80	86	91	94
<i>Ancylus</i>	70	75	82	87	91
<i>Rhyacophila</i> (Trichoptera)	65	70	77	83	88
<i>Dicranota</i> , <i>Limnophora</i>	60	65	72	78	84
<i>Simulium</i>	56	61	67	73	75
Coleoptera, Nematoda	51	55	61	66	72
<i>Amphinemura</i> (Plecoptera)	47	50	54	58	63
<i>Baetis</i> (Ephemeroptera)	44	46	48	50	52
<i>Gammarus</i>	40	40	40	40	40
Uncased Trichoptera (εκτός <i>Rhyacophila</i> )	38	36	35	33	31
Tricladida (εκτός <i>C. alpina</i> )	35	33	31	29	25
Hydracarina	32	30	28	25	21
Mollusca (εκτός <i>Ancylus</i> )	30	28	25	22	18
Chironomidae (εκτός <i>C. riparius</i> )	28	25	21	18	15
Glossiphonia	26	23	20	16	13
<i>Asellus</i>	25	22	18	14	10
Leech (εκτός <i>Haemopsis</i> , <i>Glossiphonia</i> )	24	20	16	12	8
<i>Haemopsis</i>	24	20	16	10	7
<i>Tubifex</i>	22	18	13	12	9
<i>Chironomus riparius</i>	21	17	12	7	4
<i>Nais</i>	20	16	10	6	2
Τα υπόλοιπα είδη που αναπνέουν από αέρα	19	15	9	5	1

(Chandler, 1970, από Metcalfe, 1989)

### **1. 3. 3. 4. BMWP (BIOLOGICAL MONITORING WATER QUALITY)**

Ο βιοδείκτης BMWP (Biological Monitoring Water Quality) διαμορφώθηκε το 1976 για την εκτίμηση ποταμών στην Αγγλία και στη Σκωτία (ISO, 1979). Προέρχεται από το βιοδείκτη Chandler Score System και εξελίχθηκε στο βιοδείκτη IBMWP. Η κάθε οικογένεια βαθμολογείται με μία τιμή μεταξύ 1 έως 10, που εξαρτάται από την τάξη στην οποία ανήκει. Η βαθμολογία του προσδιορίζεται από το σχετικό πίνακα (Πιν. 4). Στη συνέχεια, προστίθενται οι βαθμοί όλων των οικογενειών που εξετάζονται και υπολογίζεται η ολική βαθμολογία όλης της περιοχής έρευνας.

Κατά τα επόμενα έτη η διαδικασία υπολογισμού του βιοδείκτη άλλαξε. Η ζώνες κατάταξης τροποποιήθηκαν και καθιερώθηκε η Συνθετική ζώνη (Compositing zone), ενώ οι τιμές κυμάνθηκαν από 1 έως 100 αντί από 1 έως 10. Για τον υπολογισμό του βιοδείκτη προσδιορίζεται η ζώνη της περιοχής έρευνας, μεταξύ Διαβρωτικής ζώνης (Eroding zone) και Αποθετικής ζώνης (Depositing zone) σύμφωνα με τον πίνακα (Πιν. 5).

Πινάκας 4. Υπολογισμός του βιοδείκτη BMWP

Τάξεις	Αποτελέσματα
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae	10
Astacidae, Lestidae, Agridae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae (Ecnomidae), Phylopotamidae	8
Caenidae, Nemouridae, Rhyacophilidae (Glossosomatidae), Polycentropodidae, Limnephilidae	7
Neritidae, Viviparidae, Ancyliidae (Acroloxidae), Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae (Crangonyctidae), Platycnemididae, Coenagriidae	6
Mesovelidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae, Haliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae (Noteridae), Gyrinidae, Hydrophilidae, (Hydraenidae), Clambidae, Sciratidae, Dryopidae, Elmidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae (Dogesiidae), Dendrocoelidae	5
Beatidae, Sialidae, Pisicolidae.	4
Valvatidae, Hydrobiidae (Bithyniidae), Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Glossiphoniidae, Hirudiniidae, Erpobdellidae, Asellidae	3
Chironomidae	2
Oligochaeta	1

(Friedrich *et al.*, 1992 : Metcalfe, 1989)

Πίνακας 5. Υπολογισμός του βιοδείκτη BMWP

Οικογένειες	Βαθμολογία	
	Ζώνη διάβρωσης	Ζώνη απόθεσης
Siphonuridae Heptageniidae Leptophlebiidae Ephemerellidae Potamanthidae Ephemeridae Taeniopterygidae Leuctridae Capniidae Perlodidae Perlidae Chloroperlidae Aphelocheiridae Phryganeidae Molannidae Beraeidae Odontoceeridae Leptoceridae Goeridae Lepidostomatidae Brachycentridae Sericostomatidae	80	100
Astacidae Lestidae Agriidae Gomphidae Cordulegasteridae Aeshnidae Corduliidae Libellulidae Psychomyiidae Philopotamidae	60	80
Caenidae Nemouridae Rhyacophilidae Polycentropodidae Limnephilidae	50	70
Neritidae Viviparidae Ancyliidae Hydroptilidae Unionidae Corophiidae Gammaridae Platycnemididae Coenagriidae	40	40
Mesoveliidae Hydrometridae Gerridae Nepidae Naucoridae Notonectidae Pleidae Corixidae Haliplidae Hygrobiidae Dytiscidae Gyrinidae Hydrophilidae Clambidae Helodidae Dryopidae Elimithidae Chrysomelidae Curculionidae Hydropsychidae Tipulidae Simuliidae Planariidae Dendrocoelidae	30	30
Baetidae Sialidae Piscicolidae	20	20
Valvatidae Hydrobiidae Lymnaeidae Physidae Planorbidae Sphaeriidae Glossiphoniidae Hirudidae Eropebdellidae Asellidae	10	10

(ISO, από Metcalfe, 1989)



### **1. 3. 3. 5. ETBI (EXTENDED TRENT BIOTIC INDEX)**

Ο βιοδείκτης ETBI (Extended Biotic Index) διαμορφώθηκε το 1978 και βασίζεται στην παρουσία ορισμένων βενθικών ασπόνδυλων οργανισμών και κυρίως προνυμφών εντόμων (Woodiwiss, 1964, από Κουσουρή, 1989)

Ο βιοδείκτης ETBI αποτελεί επέκταση του βιοδείκτη TBI. Η διαφορά τους είναι ο διαφορετικός διαχωρισμός των ταξινομικών ομάδων σε ομάδες. Στον TBI το σύνολο των ταξινομικών ομάδων διαχωρίζεται σε 5 ομάδες ανάλογα με την τιμή του οι οποίες είναι 0 έως 1, 2 έως 5, 6 έως 10, 11 έως 15 και από 16 και παραπάνω. Στον ETBI, το σύνολο των ταξινομικών ομάδων διαχωρίζεται σε 10 ομάδες ανάλογα με την τιμή του οι οποίες είναι 0 έως 1, 2 έως 5, 6 έως 10, 11 έως 15, 16 έως 20, 26 έως 30, 31 έως 35, 36 έως 40 και 41 έως 45.

Στον προσδιορισμό του βιοδείκτη ETBI, δίνεται μία μονάδα (1) στις προνύμφες Trichoptera για κάθε οικογένεια, μία μονάδα (1) στα ενήλικα Coleoptera για κάθε οικογένεια, μία μονάδα (1) στα Diptera για κάθε οικογένεια, μία μονάδα (1) στα Annelida (Oligochaeta) για κάθε οικογένεια, μία μονάδα (1) στις νύμφες Plecoptera για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στις νύμφες Ephemeroptera για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Annelida για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα (Hirudinea) για κάθε είδος, μία μονάδα (1) στα Mollusca για κάθε είδος, μία μονάδα (1) στα Crustacea για κάθε είδος και τέλος δίνεται μία μονάδα (1) στα Megaloptera για κάθε είδος (Chandler, από Metcalfe, 1989 : Mason, από Friedrich *et al.* 1992).

Ο προσδιορισμός του βιοδείκτη ETBI γίνεται με τον ίδιο τρόπο που γίνεται στον βιοδείκτη TBI, σύμφωνα όμως με άλλον πίνακα (Πιν. 6). Στης συνέχεια, η

κατηγορία χαρακτηρίζεται με άριστα το 15 και υποδιαιρείται πάλι σε 5 κατηγορίες ποιότητας νερού.

Πίνακας 6. Υπολογισμός του βιοδείκτη ETBI

Ευαίσθητοι οργανισμοί στη ρύπανση		Κατηγορίες, ανάλογα με το συνολικό αριθμό των ταξινομικών ομάδων									
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45
		Βιοδείκτης									
Νύμφες Plecoptera	Περισσότερα από ένα.		7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Μόνο ένα.		6	7	8	9	10	11	12	13	14
Νύμφες Ephemeroptera	Περισσότερα από ένα.		6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Μόνο ένα γένος		5	6	7	8	9	10	11	12	13
Προνύμφες Trichoptera	Περισσότερα από ένα.		5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Μόνο ένα.	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Grammarus</i>		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Asellus</i>		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tubificid worms και/ή Chironomid προνύμφες		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Μερικοί οργανισμοί που αντέχουν σε συνθήκες έλλειψης διαλυμένου οξυγόνου, όπως το <i>Eristalis tenax</i>		0	1	2							

(Persoone and De Pauw, από Metcalfe, 1989)

### **1. 3. 3. 6. BBI (BELGIAN BIOTIC INDEX)**

Ο βιοδείκτης BBI (Belgian Biotic Index) χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά στο Βέλγιο το 1983. Αποτελεί βασική βιολογική μέθοδο εκτίμησης της ποιότητας του νερού στο Βέλγιο και στη Γερμανία (Gabriels *et al.*, 2005 : Semenchenko and Moroz, 2005).

Στον προσδιορισμό του βιοδείκτη BBI, για τα έντομα, δίνεται μία μονάδα (1) στα Plecoptera για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Ephemeroptera για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Odonata για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Megaloptera για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Hemiptera για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Trichoptera για κάθε οικογένεια, μία μονάδα (1) στα Coleoptera για κάθε οικογένεια, μία μονάδα (1) στα Diptera για κάθε οικογένεια εκτός από τα Chironomidae και μία μονάδα (1) στα Chironomidae.

Στον προσδιορισμό του βιοδείκτη BBI, για τα υπόλοιπα μακροασπόνδυλα, δίνεται μία μονάδα (1) στα Platyhelminthes για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Oligochaeta για κάθε οικογένεια, μία μονάδα (1) στα Hirudinae για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Mollusca για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Crustacea για κάθε οικογένεια και μία μονάδα (1) στα Hydracarina. (Persoone and De Pauw, από Metcalfe, 1989).

Στη συνέχεια, προσθέτουμε όλες τις μονάδες και το άθροισμά τους δίνει το συνολικό αριθμό όλων των ταξινομικών ομάδων. Ο αριθμός τους διαχωρίζεται σε 5 κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία είναι από 0 έως 1, η δεύτερη είναι από 2 έως 5, ακολούθως οι υπόλοιπες είναι από 6 έως 10, από 11 έως 15 και η τελευταία κατηγορία είναι για τιμές μεγαλύτερες από 16. Από την κατηγορία στην

οποία ανήκει και το πιο ευαίσθητο είδος του δείγματος προσδιορίζεται ο αριθμός του βιοδείκτη BBI.

Για τον υπολογισμό των βιοδεικτών BBI και IB χρησιμοποιείται ο ίδιος πίνακας (Πιν. 2). Όταν η τιμή του βιοδείκτη BBI είναι 9 με 10, η ποιότητα του νερού χαρακτηρίζεται πολύ καλή έως εξαιρετική, 7 με 8 χαρακτηρίζεται καλή, 5 με 6 χαρακτηρίζεται μέτρια, 3 με 4 χαρακτηρίζεται φτωχή έως κακή και 0 με 2 χαρακτηρίζεται πολύ φτωχή έως πολύ κακή (Ilioroulou *et al.*, 2003).

### **1. 3. 3. 7. IBGN (INDICE BIOLOGIQUE GLOBAL NORMALISE)**

Ο γαλλικός βιοδείκτης IBGN (Indice Biologique Global Normalise) βασίστηκε στο βιοδείκτη TBI και στη συνέχεια αποτέλεσε τη βάση να εξελιχθεί ο βελτιωμένος βιοδείκτης IB και ο γαλλικός FBI. Εφαρμόστηκε πρώτη φορά για την αξιολόγηση των νερών σε ποταμό του Νεπάλ. Στη συνέχεια καθιερώθηκε ως βασικός βιοδείκτης για αρκετά χρόνια στη Γαλλία, που αποτελεί χώρα με παράδοση στον τομέα αυτό.

Τα μακροασπόνδυλα αναγνωρίζονται σε επίπεδο οικογένειας και ταξινομούνται σε 12 κατηγορίες. Οι ομάδες των μακροασπονδύλων διαχωρίζονται σύμφωνα με την ανοχή τους στη ρύπανση. Η αντίστοιχη καταχώρηση στον πίνακα (Πιν. 7) παρουσιάζει την πιο ευαίσθητη ομάδα, από την οποία προσδιορίζεται η τιμή του βιοδείκτη (Metcalf *et al.* 1989). Η κάθε οικογένεια βαθμολογείται με μία τιμή, που εξαρτάται από την τάξη στην οποία ανήκει. Στον Πίν. 7 παρουσιάζονται οι τιμές βαθμολογίας που παίρνουν οι διάφορες τάξεις των μακροασπονδύλων για κάθε οικογένεια.

Πίνακας 7 . Υπολογισμός του βιοδείκτη IBGN

Ταξινομικές ομάδες	>=40	37-39	34-36	30-33	26-29	22-25	18-21	14-17	10-13	7-9	4-6	1-3
Chloroperlidae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Capniidae Brachycentridae Odontoceridae Philopotamidae	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Leuctridae Glossosomatidae Goeridae Leptophlebiidae	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Nomouridae Lcpidostomatidae Sericostomatidae Ephemeridae Heptageniidae	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
Hydroptilidae Limnephilidae Rhyacophilidae Polymitarcidae Potamanthidae	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Leptoceridae Polycentropodidae Psychomyidae Ephemerellidae	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
Hydropsychidae Baetidae Caenidae Triclades				11	10	9	8	7	6	5	4	3
Elmidae Odonates Gammaridae Mollusques					9	8	7	6	5	4	3	2
Chironomidae Asellidae Achetes Oligochetes						7	6	5	4	3	2	1

(AFNOR, από Metcalfe, 1989)

### **1. 3. 3. 8. GRAHAM'S BIOTIC INDEX**

Στον προσδιορισμό του βιοδείκτη Graham υπολογίζεται ο αριθμός των ταξινομικών ομάδων των μακροασπονδύλων. Ο βιοδείκτης προσδιορίζεται με βάση το πιο ευαίσθητο είδος (Chandler, από Sladeczek, 1973).

Η ρύπανση του νερού διαχωρίζεται με βάση το αποτέλεσμα του βιοδείκτη σε 5 κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ο βιοδείκτης έχει τιμή μικρότερη του 2 και τα νερά θεωρούνται καθαρά. Στη δεύτερη κατηγορία ο βιοδείκτης έχει τιμή μεταξύ 2 και 3 και η ποιότητα των νερών ως προς τη ρύπανση θεωρείται φτωχή. Στην τρίτη κατηγορία ο βιοδείκτης είναι μεταξύ 3 και 4 και δείχνει ότι τα νερά παρουσιάζουν ρύπανση. Στην τέταρτη κατηγορία ο βιοδείκτης είναι μεταξύ 4 και 5 και δείχνει ότι τα νερά παρουσιάζουν ρύπανση σοβαρά, ενώ τέλος στην πέμπτη κατηγορία βιοδείκτης 5 δείχνει ότι τα νερά παρουσιάζουν ρύπανση έντονα.

### **1. 3. 3. 9. LQI (LINCOLN QUALITY INDEX)**

Ο βιοδείκτης LQI διαμορφώθηκε ως ένας εύκολος και κατανοητός βιοδείκτης που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ευρύτατα στην τυπική εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του νερού στα υδάτινα οικοσυστήματα.

Άλλοι σημαντικοί βιοδείκτες που αναπτύχθηκαν είναι ο αγγλικός RIVPACS (River Invertebrate Redition and Classification System), ο Australian που βασίστηκε στο RIVPACS και χρησιμοποιείται στην Αυστραλία ως κύριος βιοδείκτης, ο ιταλικός WSI (Wild State Index), ο ιταλικός IBE (Indice Biotico Estesio), που δημιουργήθηκε το 1997, ο αγγλικός ASPT (Average Score Per

Taxon), που έχει καθιερωθεί και στην Αυστραλία, ο ρουμανικός RIBI (Romanian Integrate Biotic Index), ο ιταλικός IFF (Index of Fluvial Functioning), ο αμερικάνικος HBI (Hilsenhoff Biotic Index) και ο DSFI (Danish Stream Fauna Index) που χρησιμοποιείται στη Δανία.

Επίσης, άλλοι βιοδείκτες είναι ο IBMWP (Iberian Biological Monitoring Working Party) που βασίστηκε στο βιοδείκτη BMWP, ο IQBN, ο IASPT (Iberian Average Score Per Taxon), ο RVI (Riparian Vegetation Index), ο SHI (Stream Habitat Integrity), ο IBI (Index of Biotic Integrity), ο VSA (Visual Stream Assessment), ο Vidorg Index, ο HQA (Habitat Quality Assessment), ο PDT (Percent Dominant Taxon) και ο EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) (Wright *et al.*, από Clarke and Murphy, 2006 : Neagu *et al.*, 1989 : Iliopoulou *et al.*, 2003 : Semenchenko *et al.*, 2003 : Faria *et al.*, 2006 : Extence *et al.*, 1987).

#### **1. 4. ΥΔΡΟΒΙΑ ΕΝΤΟΜΑ ΩΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑΣ**

Υδρόβια έντομα είναι τα έντομα εκείνα των οποίων ο βιολογικός τους κύκλος ή τουλάχιστον ένα μέρος αυτού λαμβάνει χώρα σε υδροβιοτόπους. Ιστορικά το ενδιαφέρον για τα υδρόβια έντομα ξεκίνησε στις δεκαετίες του '30 και του '40 και περιοριζόταν κυρίως στο στενό κύκλο των ψαράδων των ποταμών και λιμνών. Στη συνέχεια στις δεκαετίες του '50 και του '60, η μελέτη τους στράφηκε στη σημασία που παρουσιάζουν ως δείκτες καθαρότητας νερών. Η μελέτη της βιοοικολογίας των υδρόβιων εντόμων στην Ελλάδα είναι περιορισμένη και προς το παρόν δεν υπάρχουν ολοκληρωμένες και συστηματικές μελέτες των υπαρχόντων ειδών, των ενδιαιτημάτων τους, του ρόλου τους και της συμπεριφοράς τους (Σταμόπουλος, 2007).

Κάθε περιβαλλοντική μεταβολή στο υδάτινο οικοσύστημα, που οφείλεται στη ρύπανση, μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στις βιοκοινωνίες των υδρόβιων εντόμων, με αποτέλεσμα να καθιστά τα υδρόβια έντομα κατάλληλα για χρήση ως δεικτών καθαρότητας των νερών. Χαρακτηριστικό είναι η διαφορετική αντοχή και ευαισθησία των διαφόρων ειδών εντόμων. (Glastris *et al.*, 2001). Το stress που δημιουργείται από ρύπανση στα υδρόβια οικοσυστήματα προκαλεί εκτεταμένη δυσαναλογία στο πλήθος των διαφόρων ειδών εντόμων, οπότε επικρατούν τα ανεκτικά στη ρύπανση (De Subba and Saxena, 1981).

#### **1. 4. 1. ΥΔΡΟΒΙΑ ΕΝΤΟΜΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Στον ελλαδικό χώρο συναντούμε κυρίως σε τρεχούμενα νερά τις εξής τάξεις υδρόβιων εντόμων: Ephemeroptera (εικ. 1), Plecoptera (εικ. 2), Trichoptera (εικ. 3), Coleoptera (εικ. 4), Diptera (εικόνα 5), Odonata και Hemiptera.



#### **1. 4. 1. 1. EPHEMEROPTERA**



Εικόνα 1. Ενήλικο έντομο Ephemeroptera (πηγή: [www.lakecountyohio.org](http://www.lakecountyohio.org))

Οι υδρόβιες προνύμφες Ephemeroptera συμπληρώνουν τα προνυμφικά τους στάδια σε ένα έως τρία έτη και το ενήλικο τους στάδιο διαρκεί από λίγες ώρες έως και λίγες μέρες (Σταμόπουλος, 2007).

Η τάξη αυτή παρουσιάζει ιδιαίτερη σημασία καθώς κάποια είδη της είναι πολύ ευαίσθητοι δείκτες οργανικής ρύπανσης, όπως για παράδειγμα τα *Ecdyonurus* και *Rhythrogena*, ενώ κάποια άλλα είδη είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά όπως για παράδειγμα τα *Ephemera* και *Caenis*. Κάποια είδη είναι αδιάφορα και μπορούν να διαβιώνουν σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου (πχ. *Baetis*, *E. ignita*) (Κουσουρήs κ συν., 1997a).

Τα Ephemeroptera είναι ευαίσθητα σε χαμηλό pH σε σύγκριση με άλλα ασπόνδυλα και οι προνύμφες τους θεωρούνται καλοί δείκτες καθαρότητας των νερών. Παράδειγμα τα Beatidae είναι ευαίσθητα στη ρύπανση από

φυτοφάρμακα, έχει ερευνηθεί η ευαισθησία των προνυμφών *Hexagenia* στη ρύπανση από πετρέλαιο. Λίγα έχουν παρατηρηθεί σε ποτάμια κάτω από τις αστικές και βιομηχανικές περιοχές (Heliovaara and Vaisanen, 1993).

#### **1. 4. 1. 2. PLECOPTERA**



Εικόνα 2. Ενήλικο έντομο Plecoptera (πηγή: [www.lakecountyohio.org](http://www.lakecountyohio.org))

Τα Plecoptera ανήκουν στα ημιμετάβολα υδρόβια έντομα. Ζουν και προτιμούν κροκαλοειδή υποστρώματα. Απαντώνται στις πηγές ενός ποτάμιου συστήματος ή και στο ανάντι τμήμα αυτού. Δεν συναντώνται κατά το τέλος του καλοκαιριού και το φθινόπωρο. Κατά τους μήνες αυτούς, έχει ήδη γίνει η εκκόλαψη και τα έντομα πετούν στον αέρα ως ενήλικα. Τα ενήλικα είναι κυρίως χερσαία (Ζορμποπούλου, 1999).

Οι προνύμφες τους είναι κατάλληλα προσαρμοσμένες για διαβίωση μέσα στο νερό. Οι υδρόβιες προνύμφες στα Plecoptera βρίσκονται κυρίως σε τρεχούμενα νερά με αμμώδη και πετρώδη πυθμένα και αποτελούν σημαντική

τροφή για πολλά είδη ψαριών. Στην Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική βρίσκονται σε ορεινά ύδατα (Heliovaara and Vaisanen, 1993).

Απαντώνται κυρίως σε κρύα τρεχούμενα νερά με χαμηλές θερμοκρασίες. Η συλλογή τους γίνεται στους βράχους ποταμών και χειμάρρων, όταν είναι ενήλικα και μέσα στο νερό, κοντά σε πέτρες.

Οι προνύμφες των Plecoptera είναι σημαντικοί δείκτες καθαρότητας των νερων επειδή είναι από τα πλέον ευαίσθητα μακροασπόνδυλα στη ρύπανση και είναι εα πρώτα που εξαφανίζονται. Ζουν και προτιμούν και καλά οξυγονομένα νερά. Οι προνύμφες έχουν βράγχια και λαμβάνουν οξυγόνο και μέσω της επιφάνειας των σωμάτων τους, ζουν σε oligotroφικά περιβάλλοντα (Σταμόπουλος, 2007).

#### 1. 4. 1. 3. TRICHOPTERA



Εικόνα 3. Προνύμφη Trichoptera



Εικόνα 4. Ενήλικο έντομο Trichoptera

(πηγή: [www.aquatax.ca/trichoptera.htm](http://www.aquatax.ca/trichoptera.htm))

Τα Trichoptera βρίσκονται κυρίως κάτω από νεκρά βυθισμένα σε νερό φύλλα δασικών δέντρων, από τα οποία τρέφονται και κοντά σε πέτρες και κυρίως σε τρεχούμενα νερά. Θεωρούνται δείκτες καθαρότητας νερών και είναι πολύ ευαίσθητα σε καμπύλες τιμές του pH. Κατασκευάζουν, με τη βοήθεια

μέταξας που εκκρίνουν από τους σιελογόνους αδένες και με διάφορα άλλα υλικά ένα περίβλημα – θήκη, μέσα στην οποία βρίσκουν καταφύγιο και την οποία κουβαλούν πάντα μαζί τους (Σταμόπουλος, 2007).

Οι προνύμφες των Trichoptera, τόσο αυτές με θήκες όσο και αυτές χωρίς θήκες, προτιμούν να ζουν σε κροκαλοειδή υποστρώματα (Ζορμποπούλου, 1999).

#### 1. 4. 1. 4. COLEOPTERA



Εικόνα 5. Ενήλικο έντομο Coleoptera

Η Τάξη Coleoptera περιλαμβάνει ολομετάβολα έντομα. Είναι κυρίως χερσαία αρθρόποδα, αλλά υπάρχει και ένας σχετικά μικρός αριθμός ειδών, που είναι υδρόβια ή ημιυδρόβια. Τα περισσότερα υδρόβια απαντώνται σε υγροβιοτόπους γλυκών νερών με πλούσια βλάστηση.

Τα υδρόβια Coleoptera έχουν μεγάλο αριθμό ανεκτικών στη ρύπανση ειδών. Πιθανόν αυτό να οφείλεται κατά μεγάλο μέρος στα σκληρά τους έλυτρα και στην σκληρή τους επιδερμίδα (Heliovaara and Vaisanen, 1993).

#### 1. 4. 1. 5. DIPTERA



Εικόνα 6. Ενήλικο έντομο Diptera

Τα Diptera είναι 175 οικογένειες και περίπου 200.000 είδη. Από τις 175 οικογένειες της τάξης, υδρόβια είδη βρίσκονται σε 32 από αυτές και ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν είδη τα οποία ανήκουν σε 18 από αυτές. Οι προνύμφες και οι νύμφες της τάξης είναι υδρόβιες και τα ενήλικα είναι χερσαία παρόλο που μερικές φορές απαντώνται πολύ κοντά στην υδάτινη μάζα.

Έντομα της οικογένειας Simuliidae βρίσκονται σε σημεία των ρεμάτων ή ποταμών όπου τα νερά έχουν μεγάλη ταχύτητα και σε παρόχθιες ζώνες μεγάλων λιμνών.

Τα έντομα της οικογένειας Tipulidae απαντώνται σε ρέματα και ποταμούς με γρήγορα ή αργά ρέοντα ύδατα, σε πηγές, σε αβαθή λιμνών ή λιμναζόντων υδάτων, σε γλυκά ή υφάλμυρα νερά ελών, σε υγρά βρύα, σε κοιλότητες δέντρων που συγκρατούν νερό και άλλα φυτοτέλματα, σε θαλάσσιες παλιρροϊκές ζώνες,



σε κεκορεσμένα με νερό εδάφη, σε προσωρινές συγκεντρώσεις νερού και σε κατακλισμένα με νερό εδάφη (Σταμόπουλος, 2007).

Ορισμένες προνύμφες, της οικογένειας Chironomidae φέρουν στην αιμόλεμφο τους αιμοσφαιρίνη, οπότε έχουν την ικανότητα να εκμεταλλεύονται ακόμη και πολύ χαμηλά ποσοστά από το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο, κάτι που συμβαίνει σε νερά που παρουσιάζουν ρύπανση. Τα Chironomidae έχουν σημαντικό ενδιαφέρον, γιατί βρίσκονται σε αφθονία, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανακύκλωση της οργανικής ύλης και αποτελούν σημαντικά θηράματα για ψάρια και υδρόβια πουλιά (Faria *et al.*, 2006).

#### **1. 4. 1. 6. ODONATA**



Εικόνα 7. Ενήλικο έντομο Odonata (πηγή: [www.lakecountyohio.org](http://www.lakecountyohio.org))

Είναι ημιμετάβολα έντομα, τα οποία βρίσκονται μόνο κοντά σε διάφορους τύπους υδροβιοτόπων. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ειδών ζει σε γλυκά νερά. Πολύ λίγα είδη εντόμων Odonata που συχνάζουν σε υφάλμυρα νερά στα δέλτα

των ποταμών ή σε βράχους ακτών όπου σχηματίζονται μικροί νερόλακκοι από θαλασσινό νερό μαζί με νερό της βροχής.

Τα έντομα της τάξης συναντώνται σε πλήθη διαφόρων υδροβίων ενδιαιτημάτων και βασικός λόγος είναι η ανοχή τους στη μόλυνση ποικίλλει σε σημαντικό βαθμό ανάλογα με την οικογένεια. Παράδειγμα, τα είδη της οικογένειας Gomphidae ανήκουν στα πολύ ευαίσθητα είδη, και τα είδη των οικογενειών Lestidae, Coenogrionidae και Libellulidae ανήκουν στα πολύ ανθεκτικά. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας επιλογής ενδιαιτήματος, φαίνεται να είναι η βοτανική σύνθεση της παρόχθιας χλωρίδας, δεδομένου ότι υπάρχουν ενδείξεις για προτίμηση από τα θηλυκά προς ορισμένα φυτά που αποτελούν κατάλληλα υποστρώματα για ωοτοκία. Ρέματα, λίμνες, ταμιευτήρες νερού, εποχιακοί ή μόνιμοι νερόλακκοι, βαλτώδεις εκτάσεις και έλη, είναι μερικοί από τους πιο συνηθισμένους υγροβιότοπους στους οποίους συναντούμε τα Odonata.

Οι νύμφες των Odonata είναι αποκλειστικά υδρόβιες. Εύκολα προσαρμόζονται στα διάφορα μικροπεριβάλλοντα που ζουν και να εξειδικεύονται στη θήρευση οργανισμών που απαντώνται σε αυτά.

Σε υγροβιότοπους μη όξινους, πλούσιους σε θρεπτικά συστατικά και με απουσία ψαριών, αναπτύσσουν μεγάλους πληθυσμούς και δίνεται η δυνατότητα συνύπαρξης πολλών ειδών. Ο αριθμός των σταδίων ποικίλει όχι μόνο σε επίπεδο είδους αλλά και σε επίπεδο πληθυσμού (Σταμόπουλος, 2007).

#### **1. 4. 1. 7. HETEROPTERA**



Εικόνα 8. Ενήλικο έντομο Heteroptera

(πηγή:<http://insects.tamu.edu/extension/youth/bug/bug027.html>)

Τα περισσότερα είδη είναι χερσαία, αλλά υπάρχουν επίσης τα υδρόβια και οι ημιυδρόβια, όπως τα Gerridae.

#### **1. 4. 1. 8. HEMIPTERA**

Τα Hemiptera είναι ημιμετάβολα έντομα και το μεγαλύτερο ποσοστό τους είναι χερσαία. Τα περισσότερα υδρόβια Hemiptera, ζουν στην επιφάνεια των νερών ή ακριβώς από κάτω. (Σταμόπουλος, 2007)

## **2 . ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

### **2. 1. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ - ΘΕΣΗ ΡΕΜΑΤΟΣ**

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η βιολογική εκτίμηση της ποιότητας των τρεχούμενων νερών με χρήση ζώντων υδρόβιων εντόμων στο ρέμα



«Κοντόρεμα» στο κοινοτικό Δάσος Μακρυνίτσας του Πηλίου, σε υψόμετρο 1028 μέτρα, σε γεωγραφικό πλάτος 39' 27" 03 N και γεωγραφικό μήκος 23' 00' 29 E (Εικ. 9).



Εικόνα 9. Ρέμα μελέτης «Κοντόρεμα»

Η επιλογή του ρέματος στη συγκεκριμένη περιοχή έγινε επειδή τα περισσότερα από αυτά τα υδρόβια έντομα ζουν σε μεγάλα υψόμετρα. Γεωγραφικά, η περιοχή υπάγεται στην περιφέρεια του Δήμου Ζαγοράς, του Νομού Μαγνησίας. Βρίσκεται κοντά στις πηγές Λαγονίκας και ανήκει στην υδρολογική λεκάνη των χειμάρρων Λαγονίκας – Πουρίου, με έκταση 32.750 τετραγωνικών χιλιομέτρων (Βαντζέλας, 1983). Η απόσταση της διαδρομής από τη πόλη του Βόλου στην περιοχή της έρευνας ήταν 27,7 χιλιόμετρα.

Η διαδρομή από τη Γεωπονική σχολή στην περιοχή της έρευνας καταγράφηκε με φορητή συσκευή GPS (Εικ. 10).



Εικόνα 10. Διαδρομή Γεωπονικής σχολής – Περιοχής έρευνας

Το κοινοτικό δάσος Μακρυνίτσας, βρίσκεται στις δυτικές πλαγιές του όρους Πήλιο, πάνω από τον οικισμό της κοινότητας Μακρυνίτσας και απέχει από το χωριό μια ώρα. Χαρακτηρίζεται από αμιγή συστάδα Οξιάς με πρεμνοφυή διαχειριστική μορφή ομήλικων ενώσεων. Η ηλικία των δέντρων είναι μεταξύ 30 και 35 ετών και απουσιάζει κάθε είδους αναγέννησης.

Από εδαφολογική άποψη το υπό μελέτη ρέμα «Κοντόρεμα», σύμφωνα με τα στοιχεία των Διευθύνσεων Δασών Β' και Δ' του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, βρίσκεται στον εδαφολογικό χάρτη της Ζαγοράς και περιγράφεται με τον κωδικό αριθμό (σύμβολο) X5X3 – 444 – 1 - ΕΟ2ΝΝ. Σύμφωνα με στοιχεία του χάρτη, η περιοχή, χαρακτηρίζεται κυρίως από μέσο μέρος κλιτύων και από αποστρογγυλωμένες κορυφές και ανήκει στη ζώνη Οξιάς. Ο βαθμός ανθρωπογενούς επίδρασης στην φυσική βλάστηση της

περιοχής είναι μέτριος. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στην περιοχή έρευνας είναι οι σχιστόλιθοι. Το βάθος εδάφους είναι σε ορισμένα σημεία βαθύ (0,60μ - 1,20μ) και σε άλλα αβαθές (0,15μ - 0,30μ). Δεν υπάρχει σχεδόν καμία χαραδρωτική διάβρωση και οι κλίσεις εδάφους είναι μέτριες και ελαφρές. (Τσώνου και συν., 1984) (Δασαρχείο Βόλου, 2003).

## 2. 2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ

Όπως προαναφέρθηκε, ο προσδιορισμός της ποιότητας του νερού του ρέματος έγινε με βιολογική μέθοδο με δειγματοληψίες υδροβίων εντόμων. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν κυρίως με τη χρήση διαφόρων τύπων αποχών. Ορίστηκαν τα σημεία δειγματοληψίας γύρω από το ρυάκι και συλλέχθηκαν υδρόβια έντομα τα οποία στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου και αναγνωρίστηκαν.

Οι δειγματοληψίες έγιναν στις 20/3/2007, 19/4/2007, 3/5/2007, 13/6/2007 και 19/10/2007. Η ώρα δειγματοληψίας ήταν περίπου από τις 11:30 πμ μέχρι και τις 3:30 μμ. Στις δειγματοληψίες μετρήθηκαν, αναλύθηκαν και προσδιορίστηκαν οι βιολογικοί και μη βιολογικοί παράμετροι του νερού. Οι βιολογικοί παράμετροι αφορούσαν τα υδρόβια έντομα του ρέματος και οι μη βιολογικοί παράμετροι αφορούσαν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του.

Οι μη βιολογικοί παράμετροι που μετρήθηκαν ήταν η θερμοκρασία του νερού ( $T_{\text{νερού}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ )) η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας ( $T_{\text{atm}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ )), η αγωγιμότητα (conductivity ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )), το ποσό του διαλυμένου οξυγόνου (DO ( $\text{mg L}^{-1}$ )) και το pH. Για τη μέτρηση τους, χρησιμοποιήθηκαν φορητά όργανα, τα οποία ήταν το αγωγιμόμετρο – πεχάμετρο «Consort C531» και το οξυγονόμετρο «Oxi 330/SET» της WTV.

Η διαδικασία δειγματοληψίας στο πεδίο πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο: «Άμεσες δειγματοληψίες» (Direct searching and collecting), η οποία δεν απαιτεί μεγάλο εξοπλισμό (Sutherland, 2006). Η συλλογή των εντόμων έγινε χρησιμοποιώντας απόχες ή απευθείας με το χέρι για τα μεγάλα έντομα και με χρήση πινέλων για μικρότερα έντομα (Εικ. 11).



Εικόνα 11. Συλλογή εντόμων με πινέλα

Η συγκεκριμένη μέθοδος επιλέχτηκε ως πλέον κατάλληλη, επειδή δίνει περιθώριο επιλογής στη συλλογή επιθυμητών τάξεων εντόμων, για τον υπολογισμό των βιοδεικτών. Τα έντομα κυρίως εντοπίζονται πάνω στις πέτρες ή κάτω από αυτές, επίσης ανάμεσα στην υδρόβια βλάστηση και ανάμεσα σε ξύλα και ρίζες παρόχθιας βλάστησης. Στην υδρόβια βλάστηση, εντοπίζονται ιδιαίτερα στα φύλλα παρόχθιων φυτών (Εικ. 12).



Εικόνα 12. Φύλλα παρόχθιων φυτών

Οι απόχες ήταν διαφόρων ειδών, είχαν δίχτυ διαμέτρου ματιού 2 χιλιοστά (Εικ. 13) και 1,5 χιλιοστό (Εικ. 14, 15).



Εικόνα 13. Απόχη Α



Εικόνα 14. Απόχη Β



Εικόνα 15. Απόχη Γ

Τα έντομα, για τη μεταφορά τους από το πεδίο στο εργαστήριο, τοποθετήθηκαν σε γυάλινα βάζα με νερό (Εικ. 16) και συντηρήθηκαν στο εργαστήριο σε υγρό Rappel's fluid (10% φορμόλη, 30% αιθυλική αλκοόλη, 7% οξικό οξύ και 53% νερό). Στη συνέχεια αναγνωρίστηκαν σε επίπεδο τάξης.



Εικόνα 16. Δοχεία μεταφοράς εντόμων



Η αναγνώριση των συλλεχθέντων ειδών έγινε για τις ανάγκες του υπολογισμού του βιοδείκτη TBI, μέχρι το επίπεδο της οικογένειας ή του γένους και σε ορισμένες ομάδες έφτασε έως το επίπεδο του είδους.

Τα συλλεχθέντα έντομα προσδιορίστηκαν με κλείδες των McCafferty and Patrick (1998), Anders Nilsson (1996a, 1996 b) και Merritt and Cummins (1996).

Η αναγνώριση των εντόμων έγινε με χρήση στερεοσκοπίου, τύπου «Olympus» SZX9 (Εικ. 17) συνδεδεμένο με κάμερα και υπολογιστή. Χρησιμοποιήθηκαν δύο πακέτα λογισμικού «Acell Soft Imaging System» για τη λήψη των φωτογραφιών και το «Adobe Photoshop 7,0» για την επεξεργασία τους.



Εικόνα 17. Στερεοσκόπιο τύπου «Olympus» SZX9

Αναγνωρίστηκαν οι τάξεις Ephemeroptera, Heteroptera, Coleoptera, Trichoptera, Plecoptera και Diptera. Στην τάξη Heteroptera βρέθηκαν ενήλικα έντομα και αναγνωρίστηκε ένα είδος της οικογένειας Notonectidae και ένα γένος της οικογένειας Gerridae. Στην τάξη Trichoptera αναγνωρίστηκε ένα γένος προνυμφών της οικογένειας Limnephiliidae, στην τάξη Coleoptera δύο γένη

ενήλικων της οικογένειας Dytiscidae, στα Diptera δύο γένη ενήλικων και ένα γένος νύμφης της οικογένειας Simuliidae καθώς και ένα ενήλικο της οικογένειας Tipulidae. Τα έντομα Plecoptera και Ephemeroptera δεν αναγνωρίστηκαν περαιτέρω, επειδή στις δειγματοληψίες βρέθηκε μόνο ένα έντομο από κάθε τάξη.

Πίνακας 8. Δειγματοληψίες

Δειγματοληψίες	Τάξη Trichoptera	Τάξη Coleoptera		Τάξη Diptera				Τάξη Heteroptera		Τάξη Plecoptera	Τάξη Ephemeroptera
		Γένος Agabus	Οικογένεια Dytiscidae	Οικογένεια Tipulidae	Γένος Cnephia	Γένος Greniera	Γένος Prosimulium	Οικογένεια Notonectidae	Οικογένεια Gerridae		
	Οικογένεια Limnephilidae	Γένος Hatesus						Γένος Notonecta	Γένος Geris		
20/03/2007	X	X		X	X	X			X	X	
19/04/2007	X	X		X	X	X	X		X	X	X
03/05/2007	X										
13/06/2007	X	X	X					X	X		
19/10/2007		X									



Στις πρώτες δειγματοληψίες παρατηρείται (Πίν. 11) παράλληλα αυξάνεται και η θερμοκρασία του νερού και κατά συνέπεια το οξυγόνο μειώνεται. Η τιμή του pH παραμένει σε όλες τις δειγματοληψίες περίπου σταθερή και η αγωγιμότητα αυξάνεται σταδιακά.

Στις τελευταίες δειγματοληψίες παρατηρείται ότι κατά τη σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, μειώνεται παράλληλα και η θερμοκρασία του νερού ως επόμενο και το οξυγόνο αυξάνεται. Η τιμή του pH μειώνεται ελάχιστα και η αγωγιμότητα μειώνεται σταδιακά.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις παρακάτω μετρήσεις αποτελεί η δειγματοληψία του Οκτωβρίου 2007. Την εποχή του φθινοπώρου γενικότερα, λόγω βροχοπτώσεων αυξάνεται η στάθμη του νερού και επίσης αυξάνεται η περιεκτικότητα του σε οξυγόνο. Όμως στη δειγματοληψία του Οκτωβρίου 2007, το οξυγόνο είχε μειωθεί λόγω της ανομβρίας που είχε προηγηθεί. Το νερό δεν ήταν καθαρό, η στάθμη του νερού είχε μειωθεί αρκετά και τα νερά του ρέματος ήταν σχεδόν στάσιμα. Στη δειγματοληψία αυτή απουσίαζαν τα περισσότερα υδρόβια έντομα, καθώς βρέθηκαν μόνο ελάχιστα ενήλικα Coleoptera.

Πίνακας 9. Μετρήσεις των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του ρέματος στις δειγματοληψίες

Δειγματοληψίες	Μη συγχώνευση κελιών			
	Τνερού	Οξυγόνο	pH	Αγωγιμότητα
20/03/2007	7,3	10,7	7,12	27,4
19/04/2007	9,6	12	7,2	30
03/05/2007	10,1	7,22	7,45	36
13/06/2007	12	6,71	7,11	124
19/10/2007	10,2	5,6	6,9	57

## 2. 3. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΕΙΔΩΝ

Όπως προαναφέρθηκε, έγινε για τις ανάγκες του υπολογισμού του βιοδείκτη TBI (Trent Biotic Index), μέχρι το επίπεδο της οικογένειας ή του γένους. Σε ορισμένες ομάδες έφτασε μέχρι το επίπεδο του είδους.

### 2. 3. 1. ΤΑΞΗ: TRICHOPTERA

(κλείδες κατά Anders, 1996a)

Αναγνωρίστηκαν δύο προνύμφες της οικογένειας Limnephiliidae, που είχαν φτιάξει θήκες από διαφορετικά υλικά.



Εικόνα 18Α. Προνύμφη Trichoptera



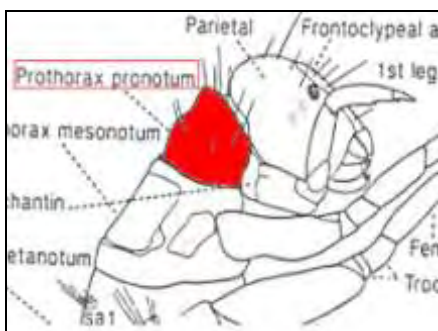
Εικόνα 18Β. Προνύμφη Trichoptera

Οι πρώτες προνύμφες είχαν θήκες φτιαγμένες από μικρά τεμάχια σχιστόλιθου (Εικ. 18Α), ενώ οι δεύτερες προνύμφες είχαν θήκες φτιαγμένες από φυτικά υπολείμματα (Εικ. 18Β). Από την αναγνώρισή τους βρέθηκε ότι ανήκουν στο ίδιο γένος.

## 2. 3. 1. 1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ TRICHOPTERA Α', ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ

### 1<sup>ο</sup> βήμα

Το πρόνωτον καλύπτεται από σκληρίτες (Εικ. 19<sup>Α</sup>, 19Β).



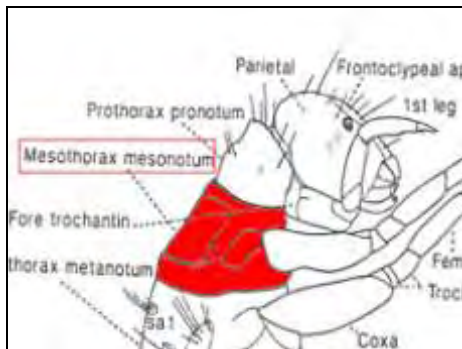
Εικόνα 19Α. Πρόνωτον



Εικόνα 19Β. Πρόνωτον

## 2° βήμα

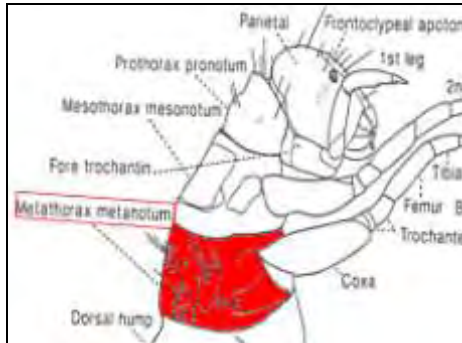
Ο μεταθώρακας και κάποιες φορές ο μεσοθώρακας, είναι ολόκληρη μεμβρανώδης ή στο μεγαλύτερο τμήμα της φέρει ζεύγη από μικρούς σκληρίτες (Εικ. 20Α, 20Β, 21Α, 21Β)



Εικόνα 20Α. Μεσοθώρακας



Εικόνα 20Β. Μεσοθώρακας



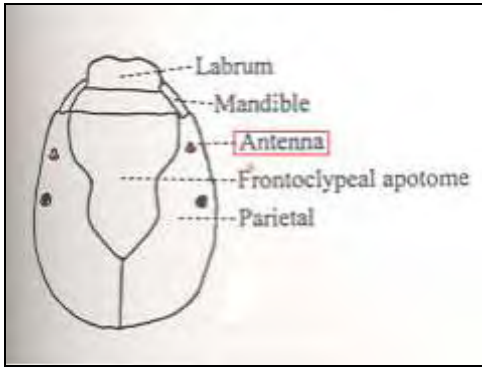
Εικόνα 21Α. Μεταθώρακας



Εικόνα 21Β. Μεταθώρακας

## 3° βήμα

Η κεραία έχει κανονικό μήκος, που δεν είναι μεγαλύτερο από τρεις φορές το πλάτος της, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις δεν υπάρχει (Εικ. 22Α, 22Β).



Εικόνα 22Α. Κεραία



Εικόνα 22Β. Κεραία

#### 4<sup>ο</sup> βήμα

Στο πάνω μέρος του μεσοθώρακα, δεν υπάρχει ζευγάρι από σκούρες καμπύλες γραμμές (Εικ. 23).



Εικόνα 23. Μεσοθώρακας χωρίς καμπύλες γραμμές

#### 5<sup>ο</sup> βήμα

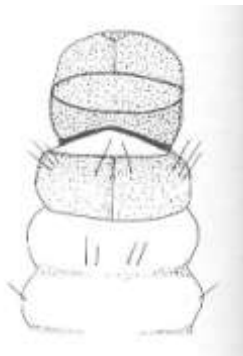
Το μεγαλύτερο τμήμα του μεσοθώρακα καλύπτεται από σκληρωτινισμένες πλάκες, άνισα διαιρεμένες, συνήθως έντονα χρωματισμένες αν και κάποιες φορές ελαφρά (Εικ. 24).



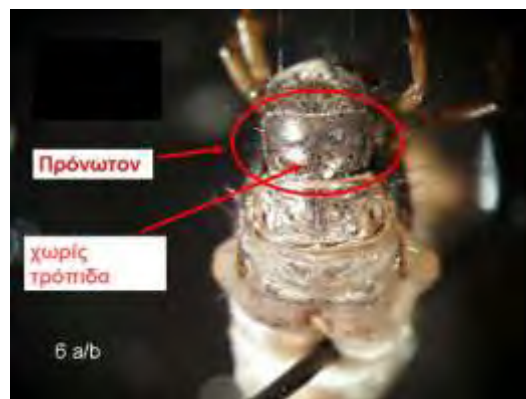
Εικόνα 24. Μεσοθώρακας χωρίς έγχρωμες πλάκες

### 6° βήμα

Στο πρόνωτον δεν υπάρχει τρόπιδα (Εικ. 25Α, 25Β).



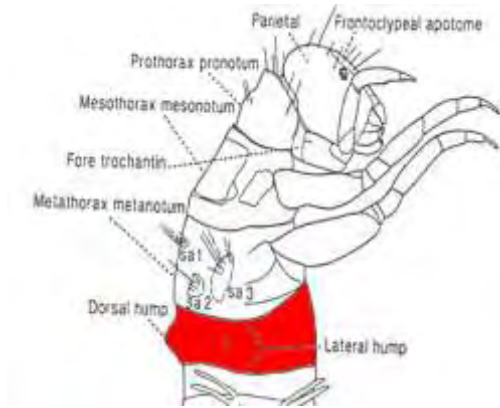
Εικόνα 25Α. Πρόνωτον με τρόπιδα



Εικόνα 25Β. Πρόνωτον χωρίς τρόπιδα

### 7° βήμα

Στο πρώτο κοιλιακό τμήμα υπάρχει πλευρικό ύβωμα στην κάθε πλευρά (Εικ. 26Α, 26Β).



Εικόνα 26Α. Πλευρικό ύβωμα



Εικόνα 26Β. Πλευρικό ύβωμα

Δεν υπάρχει πάντα, όμως όταν υπάρχει φαίνεται να προεξέχει ένα μεσαίο νωτιαίο ύβωμα (Εικ. 27).



Εικόνα 27. Νωτιαίο ύβωμα

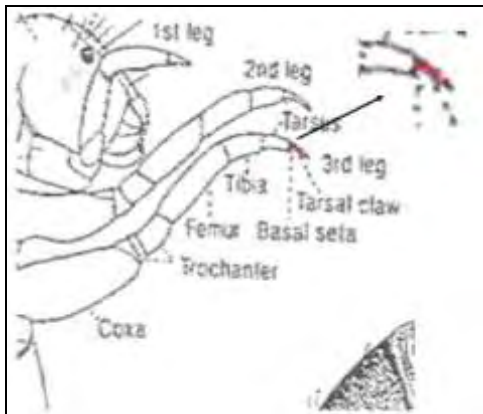
### 8<sup>ο</sup> βήμα

Οι προνυμφικές θήκες είναι φτιαγμένες από διάφορα υλικά. (Εικ.18Α, 18Β)

### 9<sup>ο</sup> βήμα

Οι μετατάρσιοι όνυχες δεν έχουν διαφορά στη δομή από τους όνυχες στα άλλα πόδια (Εικ. 28Α, 28Β).

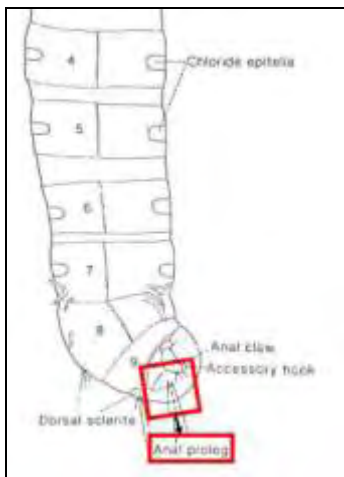




Εικόνα 28Α. Μετατάρσιος όνυχας    Εικόνα 28Β. Μετατάρσιος όνυχας

### 10<sup>ο</sup> βήμα

Στην περιοχή της έδρας η προνύμφη με πλευρικούς σκληρίτες δεν δημιουργεί λοβό και βρίσκονται γύρω από τη βάση της κορυφής. Εδρικός ψευδόποδας με πλευρικό σκληρίτη που δεν προεκτείνεται προς τα πίσω ως λοβός γύρω από τη βάση της ακραίας τρίχας (Εικ. 29Α, 29Β)



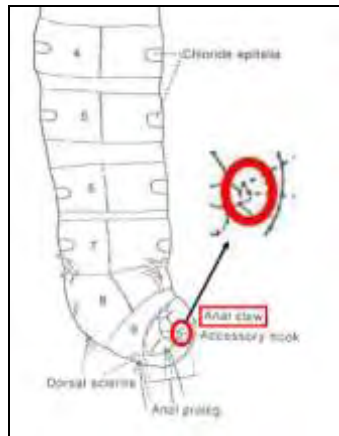
Εικόνα 29Α. Περιοχή της έδρας

Εικόνα 29Β. Περιοχή της έδρας



### 11<sup>ο</sup> βήμα

Η βάση του εδραίου όνυχα με τη μεσοκοιλιακή επιφάνεια να στερείται εμφανούς ψύκτρας από λεπτές τρίχες αν και υπάρχει περίπτωση να υπάρχει μια νωτιαία τρίχα (Εικ. 30Α, 30Β)



Εικόνα 30Α. Βάση του εδραίου όνυχα



Εικόνα 30Β. Βάση του εδραίου όνυχα

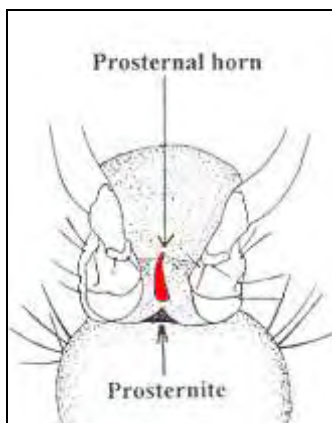
### 12<sup>ο</sup> βήμα

Η κεραία βρίσκεται σε αρκετή απόσταση από το εμπρόσθιο περιθώριο στο περίβλημα της κεφαλής κάψας προσεγγίζοντας το μάτι (Εικ. 31). Βάση του εδρικού όνυχα με την μεσοκοιλιακή επιφάνεια να στερείται προεξέχουσας ψύκτρας από λεπτές τρίχες.



Εικόνα 31. Κεραία

Το προστερνικό κέρασ υπάρχει αν και κάποιες φορές είναι κοντό (Εικ. 32Α, 32Β).



Εικόνα 32Α. Προστερνικό κέρασ Εικόνα 32Β. Προστερνικό κέρασ

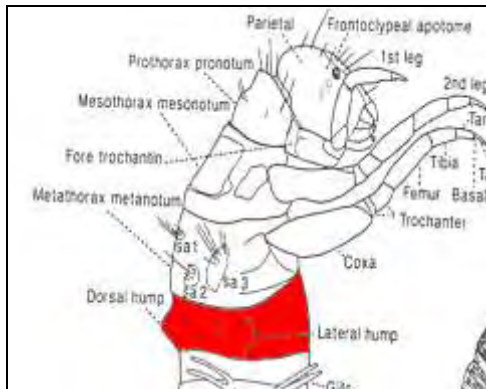
### 13<sup>ο</sup> βήμα

Η «θήκη» της προνύμφης γίνεται από ψήγματα πέτρας και από φυτικά υπολείμματα (Εικ. 18Α, 18Β)

### 14<sup>ο</sup> βήμα

Η κεραία βρίσκεται περίπου στο μέσον της απόστασης μεταξύ των πρόσθιων ορίων της κεφαλής και του ματιού.

Πάντα υπάρχει ένα νωτιαίο ύβωμα μεσαίου μεγέθους (Εικ. 33A, 33B).



Εικόνα 33A. Νωτιαίο ύβωμα



Εικόνα 33B. Νωτιαίο ύβωμα

### 15<sup>ο</sup> βήμα

Στο μεσοθώρακα υπάρχουν σκληρίτες σε κάθε ήμισυ (Εικ. 34).



Εικόνα 34. Σκληρίτες σε κάθε ήμισυ στο μεσοθώρακα

**Συμπέρασμα: Η εξετασθείσα προνύμφη ανήκει στην οικογένεια Limnephiliidae**

## **2. 3. 1. 2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ TRICHOPTERA Α', ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΕΝΟΥΣ**

### 1<sup>ο</sup> βήμα

Στην κοιλιακή χώρα υπάρχουν βράγχια (Εικ.35Α, 35Β).



Εικόνα 35Α. Βράγχια στην κοιλιακή χώρα



Εικόνα 35Β. Βράγχια στην κοιλιακή χώρα

### 2<sup>ο</sup> βήμα

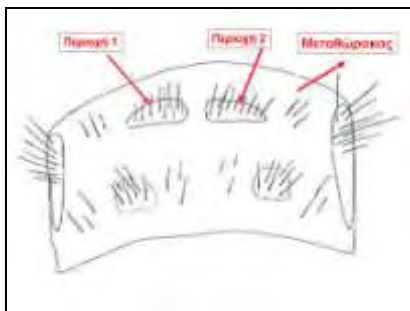
Τα βράγχια έχουν απλά νήματα (Εικ. 36).



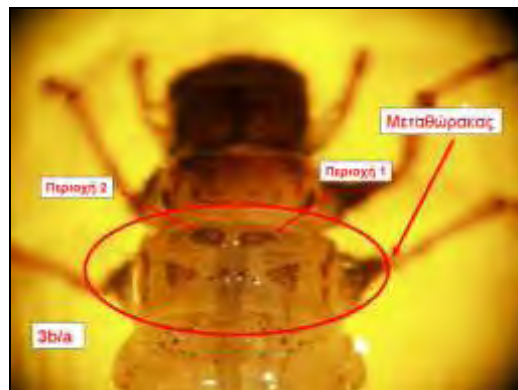
Εικόνα 36. Βράγχια με απλά νήματα

### 3<sup>ο</sup> βήμα

Στο μεταθώρακα υπάρχουν σκληρίτες και στις δύο περιοχές (Εικ. 37Α, 37Β).



Εικόνα 37Α. Σκληρίτες στις δύο περιοχές



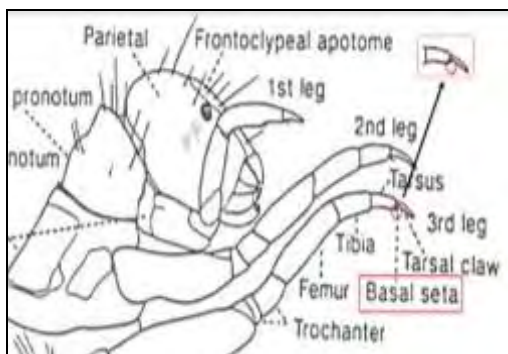
Εικόνα 37Β. Σκληρίτες στις δύο περιοχές του μεταθώρακα

Στην κοιλιακή χώρα υπάρχει μία πλευρική κροσσωτή, η οποία εκτείνεται από το εμπρόσθιο έως το οπίσθιο άκρο ή του εμπροσθίου ορίου του τρίτου κοιλιακού τμήματος (Εικ. 38Α, 38Β).



Εικόνα 38Α. Πλευρική κροσσωτή      Εικόνα 38Β. Πλευρική κροσσωτή

Κάθε ταρσικός όνυχας μαζί με βάσης τρίχα, με μήκος περίπου ίσο με το μήκος του όνυχας (Εικ. 39Α, 39Β).



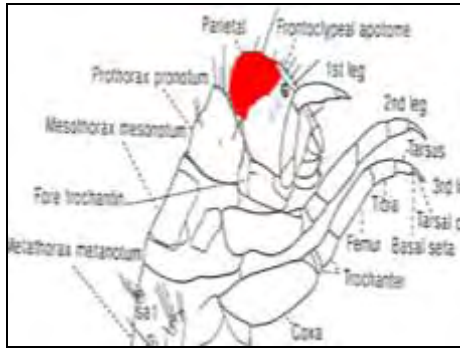
Εικόνα 39Α. Τρίχα στη βάση

Εικόνα 39Β. Τρίχα στη βάση

#### 4<sup>ο</sup> βήμα

Η εμπρόσθιο-νοτιαία επιφάνεια των βρεγματικών, δεν έχει κοντές τρίχες (Εικ. 40Α, 40Β).





Εικόνα 40Α. Επιφάνεια των βρεγματικών



Εικόνα 40Β. Επιφάνεια των βρεγματικών

Κάθε ταρσικός όνυχας έχει μία βασική τρίχα που εξέχει λίγο από την άκρη του όνυχας (Εικ. 40).



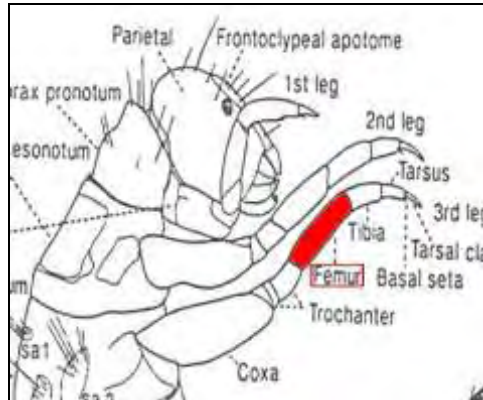
Εικόνα 41. Ταρσικός όνυχας

### 5<sup>ο</sup> βήμα

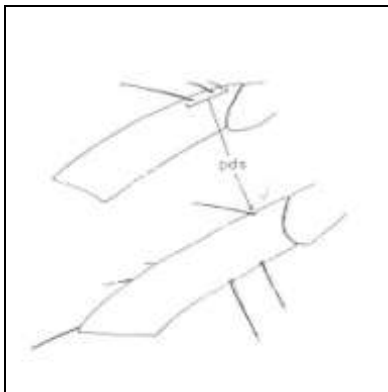
Ο μεσοθώρακας έχει στη μέση κάθε πλευράς 2 ξεχωριστούς σκληρίτες.

### 6<sup>ο</sup> βήμα

Ο μεταμηρός έχει περισσότερες από μία ραχιαίες τρίχες (Εικ. 42, 43Α, 43Β).



Εικόνα 42. Μεταμηρός



Εικόνα 43Α. Πολλές τρίχες στο μεταμηρό



Εικόνα 43Β. Πολλές τρίχες στο μεταμηρό

**Συμπέρασμα: Η εξετασθείσα προνύμφη προδιορίζεται ως: *Halesus* (Sephens, 1836).**

### **2. 3. 2. ΤΑΞΗ: COLEOPTERA**

(κλείδες κατά Anders, 1996a)

Συλλέχθηκαν δύο γένη της οικογένειας Dytiscidae.



### 2. 3. 2. 1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ COLEOPTERA Α'



Εικόνα 44. Ενήλικο έντομο Coleoptera

#### 1<sup>ο</sup> βήμα

Στο μεσοθώρακα υπάρχει ασπίδιο ορατό (Εικ. 45Α, 45Β).



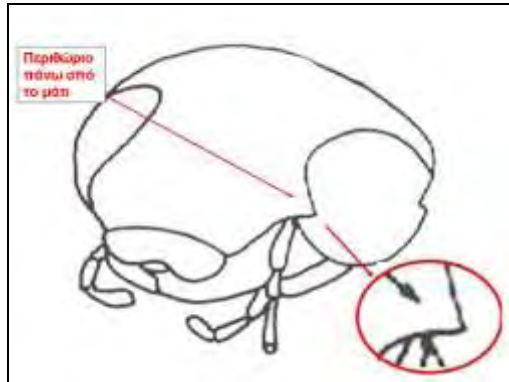
Εικόνα 45Α. Ασπίδιο



Εικόνα 45Β. Ασπίδιο

#### 2<sup>ο</sup> βήμα

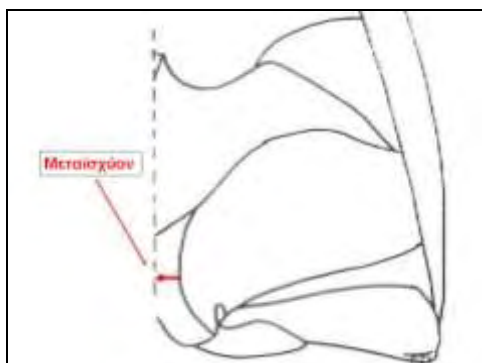
Ύπαρξη εξοχής μη εμπρόσθιας παρυφής του οφθαλμού κοντά στη βάση της κεραίας (Εικ. 46Α, 46Β).



Εικόνα 46Α. Περιθώριο πάνω από το μάτι Εικόνα 46Β. Περιθώριο πάνω από το μάτι

### 3<sup>ο</sup> βήμα

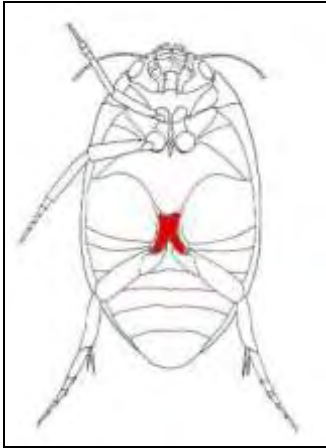
Το γραμμικό διάστημα του μεταΐσχύου στο στενότερο σημείο είναι φαρδύτερο από την προστερνική απόφυση (Εικ. 47Α, 47Β).



Εικόνα 47Α. Μεταΐσχύον

Εικόνα 47Β. Μεταΐσχύον

Οι γραμμές στο μεταΐσχύον αποκλίνουν περισσότερο εμπρόσθια, κατευθείαν ή κατά την επέκτασή τους, στο μεταστέρνο πριν από το μέσο της συρραφής (Εικ. 48Α, 48Β).



Εικόνα 48Α. Μεταϊσχύον



Εικόνα 48Β. Μεταϊσχύον

Πριν το μεταστέρνο και μεταξύ των δύο μεταϊσχύων, υπάρχει μια μέση αποτύπωση, σε σχήμα V, μερικές φορές λεπτή, αλλά συνήθως βαθιά (Εικ. 49).



Εικόνα 49. Μέση αποτύπωση V

#### 4° βήμα

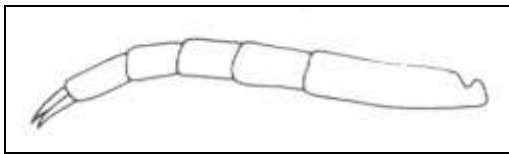
Υπάρχουν έλυτρα δικτυωτά, χωρίς βαθιά αποτύπωση, με εγκάρσιες ραβδώσεις (Εικ. 50).



Εικόνα 50. Έλυτρο

### 5<sup>ο</sup> βήμα

Ο πάνω μετατάρσιος όνυχας δεν είναι πολύ πιο κοντός από τον οπίσθιο όνυχα (Εικ. 51Α, 51Β).



Εικόνα 51Α. Μετατάρσιοι όνυχες



Εικόνα 51Β. Μετατάρσιοι όνυχες

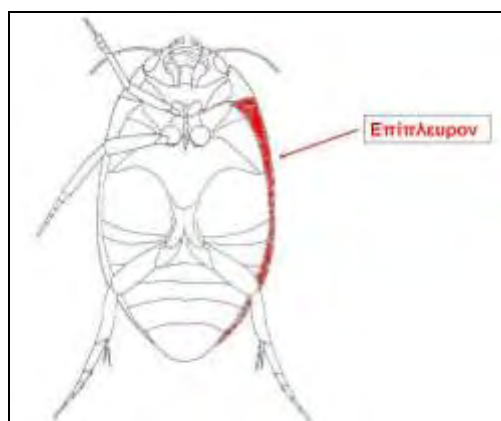
Τα μετατάρσια τμήματα 1 έως 4, έχουν περιφερικά όρια, τα οποία είναι λίγο πολύ ίσα (Εικ. 52).



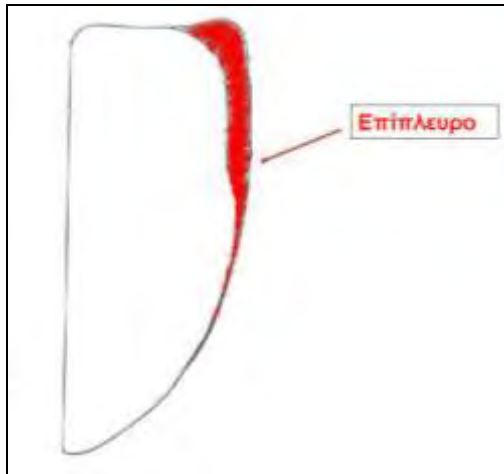
Εικόνα 52. Μετατόρση τμήματα 1-4

### 6° βήμα

Το επίπλευρο στενεύει απότομα κοντά στο κέντρο. Δεν είναι πολύ πιο πλατύ από τη βάση της κνήμης, στο ύψος του τρίτου κοιλιακού τμήματος (Εικ. 53Α, 53Β, 53Γ).



Εικόνα 53Α. Επίπλευρο



Εικόνα 53Β. Επίπλευρο



Εικόνα 53Γ. Επίπλευρο

**Συμπέρασμα:** Η εξετασθείσα προνύμφη προδιορίζεται σε γένος ως: *Agarus* (Leach) και ανήκει στην οικογένεια Dytiscidae.

### 2. 3. 2. 2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ COLEOPTERA Β'



Εικόνα 54. Ενήλικο έντομο Coleoptera

#### 1<sup>ο</sup> βήμα

Στο μεσοθώρακα υπάρχει ασπίδιο ορατό (Εικ. 55).





Εικόνα 55. Ασπίδιο ορατό

### 2<sup>ο</sup> βήμα

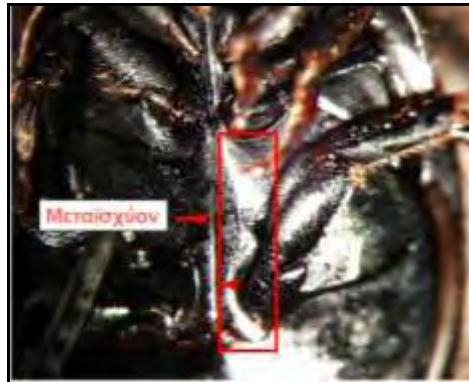
Στο μάτι υπάρχει ορατό περιθώριο από πάνω και γύρω από τη βάση της κεραίας (Εικ. 56).



Εικόνα 56. Περιθώριο πάνω από το μάτι

### 3<sup>ο</sup> βήμα

Το πάχος του μεταίσχου, στο στενότερο σημείο του εσωτερικά, είναι φαρδύτερο από το πάχος της απόφυσης του προστέρνου (Εικ. 57).



Εικόνα 57. Μεταίσχυον

**Συμπέρασμα:** Η εξετασθείσα προνύμφη προδιορίζεται σε γένος ως: *Ilybius* (Erichson, 1832) και ανήκει στην οικογένεια Dytiscidae.

### 2. 3. 3. ΤΑΞΗ: HETEROPTERA

(κλείδες κατά Anders, 1996a)

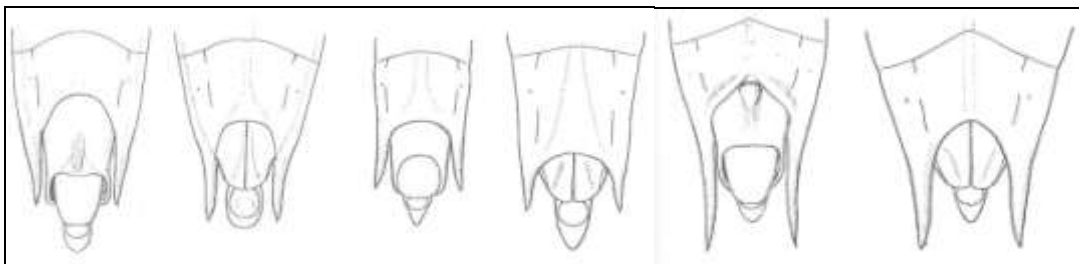
Συλλέχθηκαν δύο γένη της οικογένειας Gerridae και ένα είδος της οικογένειας Notonectidae.

#### 2. 3. 3. 1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ HETEROPTERA Α' - ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ GERRIDAE

##### 1<sup>ο</sup> βήμα

Στο έβδομο κοιλιακό τμήμα, οι κάτω γωνίες πλευρικά έχουν σχήμα τριγωνικό καταλήγοντας σε μύτη (Εικ. 58Α, 58Β). Δεν έχουν αγκάθια.





Εικόνα 58Α. Έβδομο κοιλιακό τμήμα με τριγωνικές γωνίες πλευρικά που καταλήγουν σε μύτη

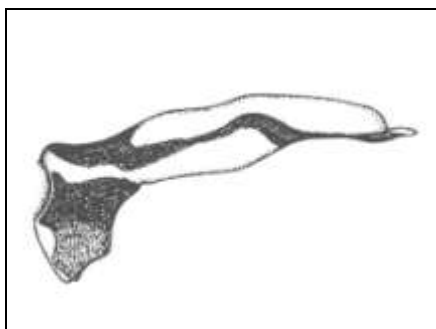


Εικόνα 58Β. Έβδομο κοιλιακό τμήμα με τριγωνικές γωνίες πλευρικά που καταλήγουν σε μύτη.

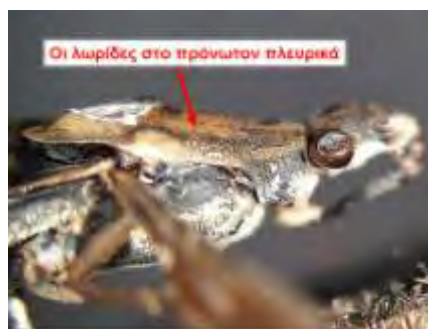
Το μήκος του σώματός του είναι μικρότερο από 11,5mm. Στο μέσον του πρόνωτον και στο οπίσθιο τμήμα του έχει χρώμα καστανο-κοκκινωπό ή καφέ, ενώ στο εμπρόσθιο μαύρο με ωχρές μεσαίες ταινίες (Εικ. 59, 60Α, 60Β).



Εικόνα 59. Πρόνωτον



Εικόνα 60Α. Πρόνωτον πλευρικά



Εικόνα 60Β. Πρόνωτον πλευρικά

**Συμπέρασμα: Η εξετασθείσα προνύμφη προδιορίζεται ως: Gerris**

### 2. 3. 3. 2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ HETEROPTERA Β' - ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ NOTONECTIDAE)



Εικόνα 61. Ενήλικο έντομο Heteroptera

#### 1° βήμα

Υπάρχει μαύρο ασπίδιο (Εικ. 62).



Εικόνα 62. Μαύρο ασπίδιο

#### 2° βήμα

Έχουν ωχρό χρωματισμό και ημιέλυτρα (Εικ. 63) .



Εικόνα 63. Ωχρά ημιέλυτρα

Στα ημιέλυτρα σχηματίζονται μαύρα στίγματα μόνο κατά μήκος των παρυφών (Εικ. 64Α, 64Β).



Εικόνα 64Α. Ημιέλυτρα



Εικόνα 64Β. Ημιέλυτρα

**Συμπέρασμα:** Η εξεταζόμενο ενήλικο προδιορίζεται ως: *Notonecta glauca* (Linnaeus, 1758) και ανήκει στην οικογένεια Notonectidae.

## **2. 3. 4. ΤΑΞΗ: DIPTERA**

(κλείδες κατά Anders, 1996b)

Συλλέχτηκαν τρία γένη της οικογένειας Simuliidae και ένα γένος της οικογένειας Tipulidae.

### **2. 3. 4. 1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ DIPTERA Α' - ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ SIMULIIDAE**

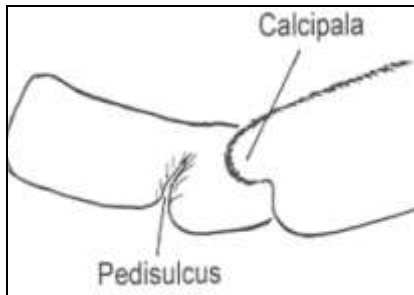
#### 1<sup>ο</sup> βήμα

Το φτερό έχει το κερκιδικό νεύρο 2 να διακλαδίζεται. Τα τρία πρώτα νεύρα βρίσκονται στο μπροστινό φτερό και έχουν τρίχες σε διάφορα μεγέθη αλλά χωρίς άκανθες (Εικ. 65).



Εικόνα 65. Το κερκιδικό νεύρο 2 διακλαδίζεται

Ο βασίταρσος (basitarsus) του μπροστινού ποδιού δεν διαθέτει ή έχει πολύ μικρό calcipala, ενώ το δεύτερο τμήμα του ταρσού δεν έχει pedisulcus (Εικ. 66A, 66B).



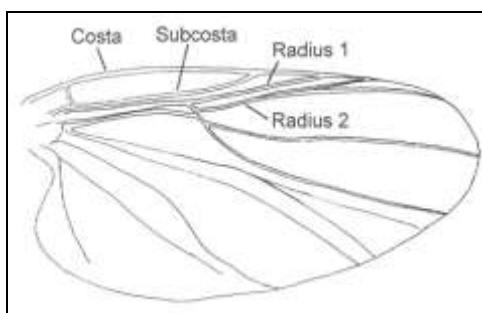
Εικόνα 66A. Βασίταρσος με calcipala



Εικόνα 66B. Βασίταρσος χωρίς calcipala

## 2<sup>ο</sup> βήμα

Το φτερό έχει το κερκιδικό νεύρο 2 να διακλαδίζεται κοντά στο άκρο του (Εικ. 67A, 67B). Στην άκρη του υπάρχουν 3 νεύρα με τρίχες διαφορετικών μεγεθών.



Εικόνα 67A. Κερκιδικό νεύρο 2



Εικόνα 67B. Κερκιδικό νεύρο 2

Η κεραία έχει 10 άρθρα (Εικ. 68).



Εικόνα 68. Κεραία

**Συμπέρασμα:** Η εξεταζόμενο ενήλικο προδιορίζεται ως: *Greniera* (Doby & David, 1959) της οικογένειας Simuliidae.

## 2. 3. 4. 2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ DIPTERA Β' - ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ SIMULIIDAE

Νύμφη (pupae)



Εικόνα 69. Νύμφη Simuliidae

1<sup>ο</sup> βήμα

Το τελευταίο κοιλιακό τμήμα στο ραχιαίο φέρει 2 μεγάλες ισχυρές άκανθες (Εικ. 70).



Εικόνα 70. Δύο μεγάλες ισχυρές άκανθες

2<sup>ο</sup> βήμα

Το νυμφικό βομβύκιο δεν έχει καθορισμένο σχήμα (Εικ. 71).



Εικόνα 71. Νυμφικό βομβύκιο



3<sup>ο</sup> βήμα

Το βράγχιο σε σχήμα δέντρου, αποτελείται από διακλαδώσεις νημάτων στο θώρακα του εντόμου και σε διαφορετικές αποστάσεις από τη βάση.

4<sup>ο</sup> βήμα

Το βράγχιο έχει μέχρι 22 νήματα.

5<sup>ο</sup> βήμα

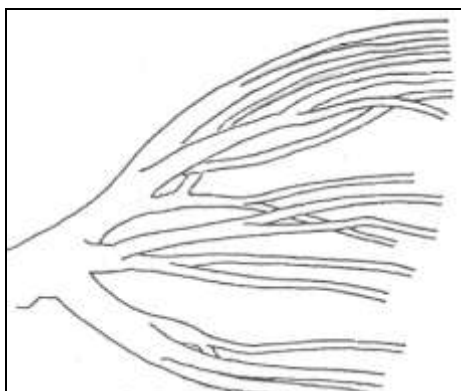
Το βράγχιο έχει μέχρι 16 νήματα.

6<sup>ο</sup> βήμα

Το βράγχιο έχει 16 νήματα, τα οποία λεπταίνουν στην άκρη.

7<sup>ο</sup> βήμα

Η κύρια και πιο μεγάλη διακλάδωση που σχηματίζεται στο βράγχιο έχει τύπο διακλάδωσης «2-3-3» (Εικ. 72Α, 72Β).



Εικόνα 72Α. Μορφή: 2-3-3



Εικόνα 72Β. Μορφή: 2-3-3

8<sup>ο</sup> βήμα

Το βομβύκιο έχει ακαθόριστο σχήμα, αλλά καλύπτεται κανονικά σε ολόκληρη την νύμφη.

**2. 3. 4. 3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ DIPTERA Γ' - ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ SIMULIIDAE**

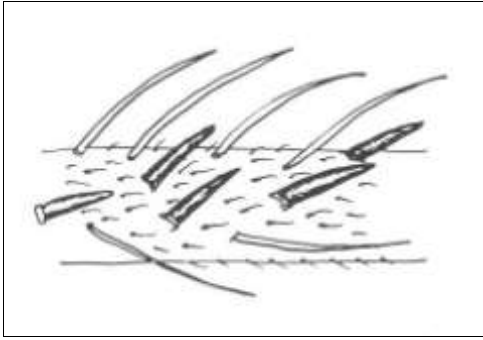
Ενήλικο έντομο.



Εικόνα 73. Ενήλικο έντομο Diptera

1<sup>ο</sup> βήμα

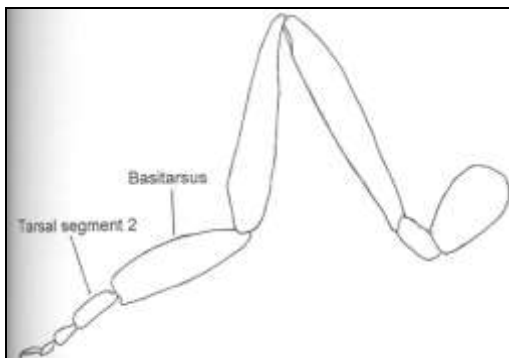
Το φτερό έχει το κερκιδικό νεύρο 2 απλό και μερικές φορές πιο παχύ στην άκρη. Τα τρία πρώτα νεύρα έχουν αγκάθια και τρίχες διαφορετικού μεγέθους (Εικ. 74A, 74B).



Εικόνα 74Α. Νεύρο με αγκάθια και τρίχες Εικόνα 74Β. Το κερκιδικό νεύρο απλό

## 2<sup>ο</sup> βήμα

Το πίσω πόδι έχει βασίταρσο χωρίς calcipala, και το δεύτερο τμήμα του ταρσού δεν έχει pedisulcus ((Εικ. 75Α, 75Β).

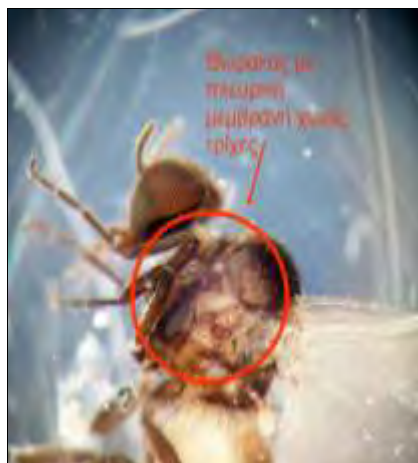


Εικόνα 75Α. Βασίταρσος

Εικόνα 75Β. Οπίσθιο πόδι

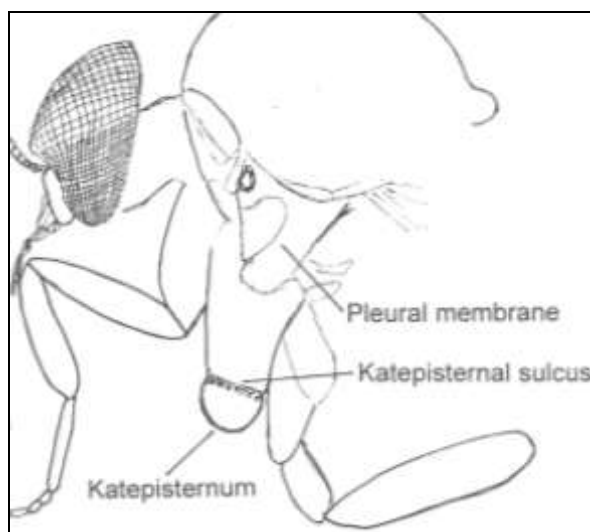
## 3<sup>ο</sup> βήμα

Ο θώρακας φέρει πλευρική μεμβράνη, χωρίς τρίχες (Εικ. 76).



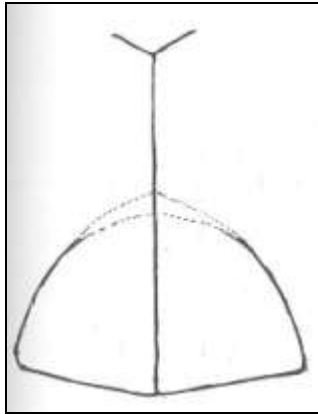
Εικόνα 76. Θώρακας χωρίς τρίχες

Το katepisternum στην πλευρική όψη, έχει ύψος περίπου όσο το μήκος του (Εικ. 77).



Εικόνα 77Α. Katepisternum

Ο αύλαξ στο katepisternum είναι πλατιά και έχει ακαθόριστο σχήμα (Εικ. 78Α, 78Β)



Εικόνα 78Α. Katapisternum Εικόνα 78Β. Katapisternum

**Συμπέρασμα:** Το εξεταζόμενο ενήλικο προδιορίζεται ως: *Cnephia* (Enderlein, 1921)

### **2. 3. 5. ΤΑΞΗ: PLECOPTERA**

Συλλέχθηκε ένα γένος της οικογένειας Leuctridae.

### **2. 3. 6. ΤΑΞΗ: EPHEMEROPTERA**

Συλλέχθηκε ένα γένος.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όπως προαναφέρθηκε για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκε ο βιοδείκτης TBI. Η επιλογή του TBI σε σχέση με άλλους βιοδείκτες έγινε λαμβάνοντας υπόψη ότι η κατανομή των υδρόβιων εντόμων στη συγκεκριμένη περιοχή ήταν εντελώς τυχαία και έτσι δεν υπήρχε δυνατότητα να υπολογισθεί η πληθυσμιακή τους πυκνότητα. Ως γνωστό για τον υπολογισμό του TBI δεν λαμβάνεται υπόψη η πληθυσμιακή πυκνότητα των ειδών αλλά ο συνολικός αριθμός των ταξινομικών ομάδων (taxa) (Friedrich *et al.*, 1992)

Η τελική τιμή του βιοδείκτη προσδιορίζεται από σχετικό πίνακα, όπου δίνεται μια μονάδα στα έντομα του δείγματος σε επίπεδο τάξης ή οικογένειας ή γένους ή είδους και στη συνέχεια, ανάλογα με το σύνολο των ταξινομικών ομάδων (taxa) που υπολογίζονται και ανάλογα με το πιο ευαίσθητο είδος που υπάρχει στο δείγμα, προσδιορίζεται το αποτέλεσμα. Στη συγκεκριμένη εργασία το πιο ευαίσθητο είδος ήταν τα Plecoptera.

Στον προσδιορισμό του βιοδείκτη της περιοχής έρευνας δίνεται μία μονάδα (1) στα Ephemeroptera για κάθε γένος, μία μονάδα (1) στα Coleoptera για κάθε είδος, μία μονάδα (1) στα Trichoptera για κάθε οικογένεια, μία μονάδα (1) στην οικογένεια Simuliidae για κάθε προνύμφη και μία μονάδα (1) στα Plecoptera για κάθε είδος (Friedrich *et al.* 1992).

Ο συνολικός αριθμός των ταξινομικών ομάδων των υδρόβιων εντόμων που συλλέχθηκαν και αναγνωρίστηκαν ήταν επτά (7). Αναγνωρίστηκαν ένα γένος της τάξης Ephemeroptera, δύο είδη της τάξης Coleoptera, η οικογένεια Limnephiliidae της τάξης Trichoptera, δύο προνύμφες της οικογένειας Simuliidae της τάξης Diptera και ένα είδος της τάξης Plecoptera.

Πίνακας 8. Δειγματοληψίες

Δειγματοληψίες	Τάξη Trichoptera	Τάξη Coleoptera		Τάξη Diptera				Τάξη Heteroptera		Τάξη Plecoptera	Τάξη Ephemeroptera
		Γένος Agabus	Οικογένεια Dytiscidae	Οικογένεια Tipulidae	Γένος Chephia	Γένος Greniera	Γένος Prosimulium	Οικογένεια Notonectidae	Οικογένεια Gerridae		
	Οικογένεια Limnephiliidae	Γένος Hatesus						Γένος Notonecta	Γένος Geris		
20/03/2007	X	X		X	X	X			X	X	
19/04/2007	X	X		X	X	X	X		X	X	X
03/05/2007	X										
13/06/2007	X	X	X					X	X		
19/10/2007		X									

Πίνακας 1. Υπολογισμός του βιοδείκτη TBI

Ευαίσθητοι οργανισμοί στη ρύπανση		Κατηγορίες, ανάλογα με το συνολικό αριθμό των ταξινομικών ομάδων				
		0-1	2-5	6-10	11-15	16+
		Βιοδείκτης				
Νύμφες Plecoptera	Περισσότερα από ένα.		7	8	9	10
	Μόνο ένα.		6	7	8	9
Νύμφες Ephemeroptera	Περισσότερα από ένα.		6	7	8	9
	Μόνο ένα γένος		5	6	7	8
Προνύμφες Trichoptera	Περισσότερα από ένα.		5	6	7	8
	Μόνο ένα.	4	4	5	6	7
Grammarus		3	4	5	6	7
Asellus		2	3	4	5	6
Tubificid worms και/ή προνύμφες Chironomidae		1	2	3	4	
Μερικοί οργανισμοί που αντέχουν σε συνθήκες έλλειψης διαλυμένου οξυγόνου, όπως το Eristalis tenax		0	1	2		

(Friendrich *et al.*, 1992)



Το άθροισμα των ταξινομικών ομάδων ισούται με 7 και ανήκει στην ομάδα 6 έως 10, στον σχετικό πίνακα (Πιν. 1). Στην περιοχή έρευνας ο βιοδείκτης προσδιορίστηκε, σύμφωνα με τον πίνακα (Πιν. 1), ίσος με επτά (7) επειδή το πιο ευαίσθητο είδος ήταν το έντομο της τάξης Plecoptera. Όπως έχει προαναφερθεί ο βιοδείκτης TBI λαμβάνει τιμές μεταξύ του δέκα (10) για τα πολύ καθαρά νερά και του μηδενός (0) για τα πολύ ρυπασμένα νερά.

Λαμβανομένου υπόψη ότι η ποιοτική κατάταξη των νερών όταν η τιμή του βιοδείκτη είναι 9 έως 10 χαρακτηρίζεται εξαιρετική-πολύ καλή, για τιμή 7 έως 8 χαρακτηρίζεται καλή, για τιμή 5 έως 6 χαρακτηρίζεται μέτρια, για τιμή 3 έως 4 χαρακτηρίζεται κακή και φτωχή και όταν είναι 0 έως 2 χαρακτηρίζεται πολύ κακή και πολύ φτωχή (Ilioroulou *et al.*, 2003), συμπεραίνεται ότι η ποιότητα των ρεχούμενων υδάτων στο πεδίο έρευνας στο ρέμα «Κοντόρεμα» του Πηλίου χαρακτηρίζεται «Καλή».

## 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μέθοδος εκτίμησης της ποιότητας των νερών με βιολογικούς δείκτες συνίσταται σε δειγματοληψίες υδρόβιων οργανισμών στην περιοχή της έρευνας. Στην παρούσα εργασία, βασικός σκοπός ήταν η εκτίμηση της ποιότητας των τρεχούμενων νερών σε ρέμα στο Πήλιο με χρήση ζώντων υδρόβιων εντόμων, ενώ παράλληλα μετρήθηκαν και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού του ρέματος, το οξυγόνο, η αγωγιμότητα, η θερμοκρασία νερού και το pH, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα σε σχέση με τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών.

Πλεονέκτημα της βιολογικής μεθόδου αποδείχτηκε ο απλός απαιτούμενος εξοπλισμός, καθώς χρειάστηκαν μόνο διάφορων τύπων απόχες και πινέλα για τη συλλογή των οργανισμών και ειδικά δοχεία για τη μεταφορά τους. Επίσης άλλο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ο χαρακτηρισμός της ποιότητας των υδάτων σε βάθος χρόνου. Μειονέκτημα της βιολογικής μεθόδου αποδείχτηκε η μεγάλη χρονική περίοδος που απαιτήθηκε, καθώς χρειάστηκαν αρκετοί μήνες για τις δειγματοληψίες και κυρίως για την αναγνώριση των συλλεχθέντων οργανισμών.

Τα διάφορα είδη υδροβίων εντόμων έχουν διαφορετική αντοχή στις δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες και η παρουσία τους έχει άμεση σχέση με την καθαρότητα των υπό εξέταση υδάτων. Η ανισοκατανομή των υδρόβιων εντόμων, κατά μήκος του ρέματος μελέτης, αποτέλεσε δυσμενή παράγοντα για τον υπολογισμό της αφθονίας τους.

Έχουν αναπτυχθεί αρκετοί βιοδείκτες που στηρίζονται στα μακροασπόνδυλα με βασικότερους τους TBI (Trent Biotic Index), IB (Indice

Biotique), Chandler Score System, BMWP (Biological Monitoring Water Quality), ETBI (Extended Trent Biotic Index), BBI (Belgian Biotic Index), IBGN (Indice Biotique Global Normalise), Graham's Biotic Index και LQI (Lincoln Quality Index).

Στην Ελλάδα έχει διαμορφωθεί ο βιοδείκτης ΕΣΑ (Ελληνικό Σύστημα Αξιολόγησης) που στηρίζεται στα μακροασπόνδυλα, αλλά δεν υπάρχουν ολοκληρωμένες και συστηματικές μελέτες συγκεκριμένα των υδρόβιων εντόμων στο ρόλο τους ως δείκτες καθαρότητας υδάτων και σε συνδυασμό με τη συμπεριφορά τους.

Οι παραπάνω βιοδείκτες διακρίνονται ως προς τη μεθοδολογία τους σε ποιοτικούς και σε ποσοτικούς. Οι ποιοτικοί εξαρτώνται από τα είδη των μακροασπονδύλων και οι ποσοτικοί από την αφθονία τους. Στην παρούσα εργασία, επιλέχτηκε ο βιοδείκτης TBI για τον προσδιορισμό της ποιότητας των νερών, που αποτελεί έναν απλής μεθοδολογίας ποιοτικό βιοδείκτη, του οποίου η τιμή δεν εξαρτάται από την αφθονία. Ο βιοδείκτης προσδιορίστηκε ίσος με 7 και η ποιότητα των τρεχούμενων νερών στο ρέμα χαρακτηρίστηκε «Καλή».

Στις πρώτες δειγματοληψίες, κατά το μήνα Μάρτιο και Απρίλιο, βρέθηκαν έντομα από τις τάξεις Trichoptera, Coleoptera, Diptera. Heteroptera, Plecoptera και Ephemeroptera. Κατά το μήνα Μάιο βρέθηκαν μόνο έντομα της τάξης Trichoptera σε μεγάλη ποσότητα και κατά το μήνα Ιούνιο και μετά από βροχές που είχαν σημειωθεί στις αρχές του μήνα, βρέθηκαν έντομα των τάξεων Trichoptera, Coleoptera, Diptera και Heteroptera. Η δειγματοληψία του Οκτωβρίου σημειώθηκε από ελάχιστα έντομα της τάξης Coleoptera και συγκεκριμένα το γένος *Agabus*, τα οποία αποδείχτηκαν και τα πιο ανεκτικά στις δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες.

Σε σύγκριση με τις μετρήσεις των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του ρέματος στις δειγματοληψίες παρατηρήθηκε ότι με την πάροδο του χρόνου μειώθηκε το οξυγόνο και συγχρόνως εξαφανίστηκαν τα υδρόβια έτοιμα από το ρέμα. Οι μετρήσεις του pH διατηρήθηκαν σχεδόν σταθερές χωρίς ιδιαίτερη επίδραση στα έντομα. Τέλος η αγωγιμότητα παρουσίασε μία έντονη σταδιακή αύξηση και στην τελευταία δειγματοληψία μειώθηκε η τιμή της απότομα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις παρακάτω μετρήσεις αποτελεί η δειγματοληψία του Οκτωβρίου 2007, όπου το οξυγόνο είχε μειωθεί λόγω της ανομβρίας που είχε προηγηθεί. Το νερό δεν ήταν καθαρό, η στάθμη του νερού είχε μειωθεί αρκετά και τα νερά του ρέματος ήταν σχεδόν στάσιμα.

Η βιολογική μέθοδος με χρήση των ζώντων υδρόβιων εντόμων αποδείχθηκε πολύ σημαντική καθώς τα έντομα ήταν εύκολο να συλλεχθούν και παρουσίασαν έντονες αλλαγές στη δομή τους στις μεταβολές της ποιότητας των νερών που σημειώθηκαν σε βάθος χρόνου.

Η διαμόρφωση κατάλληλου για όλα τα οικοσυστήματα βιοδείκτη που θα αποτελεί βασική βιολογική μέθοδο θα ήταν ιδιαίτερα σημαντική, καθώς θα αποτελεί βάση όλων των βιολογικών εκτιμήσεων. Θα αποτελεί βάση σύγκρισης όλων των αποτελεσμάτων και θα συντελεί στην εκτίμηση και των μελλοντικών μεταβολών που πρόκειται να σημειωθούν.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Αλεξάκης Α. (2003).** Περιβάλλον. Φύση και πολιτισμός. Έκδοση: Σιδέρη Μιχάλη: 27-28.
- **Βαντέλας Α. (1983).** Οι χειμαρρικές λεκάνες στα πλαίσια του υδρογραφικού δικτύου της χώρας. Υπουργείο Γεωργίας, Διεύθυνση Αναδασώσεων και Ορεινής Υδρονομίας, Τμήμα Χειμάρρων. Αθήνα: 15.
- **Γιαννάκου Ο., Καμαριανός Α., Κουσουρής Θ. και Κιλικίδης Σ. (1997).** Οικολογική ταξινόμηση ενός πεδινού ρέματος στη Βόρεια Ελλάδα. Πρακτικά 5<sup>ου</sup> πανελληνίου συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας (2): 289-291.
- **Γκούμας Κ. (2007).** Τα έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων στη Θεσσαλία (καθυστερήσεις–προοπτικές). Δ/ση Εγγείων Βελιώσεων & Υδατικών Πόρων ΝΑ Λάρισας: 1,16.
- **Δασαρχείο Βόλου.** Διαχειριστική έκθεση του κοινοτικού δάσους Μακρυνίτσας. Διαχειριστική περίοδος 1999-2003: 6-8, 27-29.
- **Ζορμποπούλου Μ. (1999).** Παρέμβαση ενημέρωσης και εκπαίδευσης των καθηγητών μέσης εκπαίδευσης. Διπλωματική εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Τμήμα Βιολογίας. Κεφάλαιο 5.
- **Κουσουρής Θ., Κιλικίδης Σ. και Γιαννάκου Ο. (1997α).** Οικολογική ταξινόμηση ενός πεδινού ρεύματος στη Βόρεια Ελλάδα. Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελληνίου συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας (2): 202 – 289.

- **Κουσουρής Θ., Κιλικίδης Σ. και Γιαννάκου Ο. (1997β).** Οικολογική ταξινόμηση σε ποτάμια στην Ευρυτανία. Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελληνίου συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας (2): 285 – 288.
- **Κουσούρης Θ. (1998).** Το Νερό στη Φύση, στην Ανάπτυξη, στην Προστασία του Περιβάλλοντος, Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΚΘΕ), Μονογραφίες Θαλασσίων Επιστημών, Αθήνα: 30-53, 55-68.
- **Μήτρακας Μ. (2001).** Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασίας νερού 2<sup>η</sup> Έκδοση. Εκδόσεις: Τζόλια. Θεσσαλονίκη: 47 - 48.
- **Ναλμπαντής Ι. και Κουτσογιάννης Δ. (1997).** Αναβάθμιση και επικαιροποίηση της υδρολογικής πληροφορίας της Θεσσαλίας. Τελική έκθεση. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Τομέας Υδατικών πόρων – Υδραυλικών και Θαλασσίων Έργων (4): 5-6.
- **Ντρης Π., Κουτσογιάννης Δ. και Κοντός Α. (2007).** Προσομοίωση και διαχείριση υδροσυστημάτων με τη χρήση του λογισμικού Υδρογαία. Οι εφαρμογές σε Καρδίτσα και Κάλυμνο. 17<sup>η</sup> Πανελλαδική Συνάντηση Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών ArcGIS (ARCInfo – ArcView - ArcGIS Server): 4.
- **Σκορδίλης Α.Δ. (2001).** Ελεγχόμενη εναπόθεση στερεών μη επικύνδυνων αποβλήτων. Εκδόσεις Ίων: 182-184.
- **Σταμόπουλος Δ. (2007).** Υδρόβια Εντομολογία. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας. Βόλος.

- **Τσώνου Η., Ζιάγκας Ε. και Νάκος Γ. (1985).** Εδαφολογικός χάρτης της Ελλάδος. Χάρτης Γαιών. Ζαγορά. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Διευθύνσεις Δασών Β' και Δ'.

### ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Anders N. (1996a).** Aquatic Insects of North Europe. A Taxonomic Handbook. Ephemeroptera - Plecoptera – Heteroptera - Neuroptera – Megaloptera – Coleoptera – Trichoptera - Lepidoptera. Copyright by Apollo books. Denmark (1): 274.
- **Anders N. (1996b).** Aquatic Insects of North Europe. A Taxonomic Handbook. Odonata - Diptera. Copyright by Apollo books. Denmark (2): 440.
- **Armitage P.D., Moss D., Wright J.F. and Furse M.T. (1983).** The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research* (173): 333-347.
- **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.
- **Barton D.R. and Metcalfe-Smith J.L. (1992).** A comparison of sampling techniques and summary indices for assessment of water quality in the Yamaska river, Quebec, based on benthic macroinvertebrates. *Environmental Monitoring and Assessment* (21): 225-244.
- **Boyacioglu Hu. and Boyacioglu Ha. (2007).** Surface water quality assessment by environmentric methods. *Environmental Monitoring and Assessment* (131): 371 – 376.



- **Bridgham D. (1988).** Chronic effects of 2, 29-dichlorobiphenyl on reproduction, mortality, growth and respiration of *Daphia pulicaria*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* (17): 731–740.
- **Cao Y. (1997).** Analysing benthic macroinvertebrate community changes along a pollution gradient: a framework for the development of biotic indices. *Water Research* (31) 4: 884-892.
- **Camargo J.A. (1993).** Macrobenthic surveys as a valuable tool for assessing freshwater quality in the Iberian peninsula. *Environmental Monitoring and Assessment*. 24, 71-90.
- **Clarke R. and Murphy J. (2006).** Effects of locally rare taxa on the precision and sensitivity of RIVPACS bioassessment of freshwaters. Applied issues. *Freshwater Biology* (51): 1924-1940.
- **Extence C.A., Bates A.J., Forbes W.J. and Berham P.J. (1987).** Biologically based water quality management. *Environmental Pollution* (45): 221-236.
- **Faria M., Re A., Malcato J., Silva P., Pestana J., Agra A., Nogueira A. and Soares A. (2006).** Biological and functional responses of *in situ* bioassays with *Chironomus riparius* larvae to assess river water quality and contamination. *Science of the Total Environment* (371): 125-137.
- **Friedrich G., Chapmen D. and Beim A. (1992).** Chapter 5 – The use of biological materials. Water quality assessments – A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring – Second edition. Edited by Deborah Chapmen.

- **Gabriels W., Goethals P. and De Pauw N. (2005).** Implications of taxonomic modifications and alien species on biological water quality assessment exemplified by the Belgian Biotic Index method. *Hydrobiologia* (542): 137-150.
- **Ghetti P.F. and Bonazzi G. (1977).** A comparison between various criteria for the interpretation of biological data in the analysis of the quality of running waters. *Water Research* (11): 819-831.
- **Glastris L.C., Grace L.M., Health R.S. and Leslie S.P. (2001).** Aquatic insect diversity as an indicator of water quality in the Quebrada. *Journal of Science* (5) 1: 35 – 38.
- **Heliovaara K. and Vaisanen R. (1993).** Insects and pollution. Studies on Insects in Relation to Pollution. CRC Press Inc: 15-29
- **Hodkinson D.I. and Jackson K.J. (2005).** Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystem. Springer science and business media. *Environmental Management* (35): 649-666.
- **Iliopoulou J., Kantzaris V., Katharios P., Kaspiris P., Georgiadis Th. and Montesantou B. (2003).** An application of different bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece). *Ecological Indicators* (3): 345-360.
- **Koutsoyiannis D. and I. Tselentis (2002).** Comment on the perspectives of water resources development in Greece with regard to the Water Framework Directive, Water Framework Directive - Harmonization with the Greek reality, Proceedings Department of Water

Resources, Hydraulic and Maritime Engineering – National Technical University of Athens, Athens: 87–92.

- **Lindenmayer D. B., Margules C. R. and Botkin D. B. (2000).** Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conservation Biology* (14): 941–950.
- **McCafferty P.W. (1998).** Aquatic Entomology The Fishermen's and Ecologists Illustrated Guide to Insects and their Relatives. Copyright by Jones and Bartlett. Publishers Canada: 448.
- **Merritt W.R. and Cummins K.W. (1996).** An introduction to the aquatic insects of North America, Third edition. Kendal/Hunt Publishing Company, Dubuque, IA.
- **Metcalf J. M. (1989).** Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. *Environmental Pollution*: 101-139.
- **Neagu A.N., Miron I. and Ghetu D. (1989).** Modern methods in assessment of running water quality through bioindicators: actual approach in Romania according to the limnological concepts. *Nachhaltigkeit fur Mensch und Umwelt*. Alexandru Ioan Cuza University. Faculty of Biology. Romania: 177 – 189.
- **Nijboer C.R., Verdonsohot M.F. and Van Der Werf C. D. (2005).** The use of indicator taxa as representatives of communities in bioassessment. *Freshwater Biology* (50): 1427 – 1440.
- **Poulton B., Wildhaber M., Charbonneau C., Fairchild J., Mueller B. and Schmitt C. (2003).** A longitudinal assessment of the aquatic

macroinvertebrate community in the channelized lower Missouri river.

*Environmental Monitoring and Assessment* (85) 1: 23 – 53.

- **Rainio J. and Niemela J. (2003).** Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* (12): 487 – 506
- **Sargaonkar A. and Deshpande V. (2003).** Development of an overall index of pollution for surface water based on a general classification scheme in Indian context. *Environmental Monitoring and Assessment* (89): 43–67.
- **Semenchenko V. and Moroz M. (2005).** Comparative analysis of biotic indices in the monitoring system of running water in a biospheric reserve. *Water Research* (32) 2: 200-203.
- **Sharma S. and Moog O. (1996).** The applicability of biotic indices and scores in water quality assessment of Napelese Rivers. *International Conference on Ecohydrology of High Mountain Areas* (March 1996): 23-26.
- **Sutherland W. (2006).** Ecological Census Techniques. a handbook. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge: 219, 222, 242.
- **Sladeczek V. (1973).** The reality of three british biotic indices. *Water Research* (7): 995-1002.
- **Subba R. and Saxena A. (1981).** Some aquatic insects as water quality indicators in the river Khan. Department of zoology, Madhav Science College, Vikram University, Ujjain (M.P.). India.

## ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Berger H. and Foissner W. 2003.** Illustrated guide and ecological notes to ciliate indicator species (Protozoa, Ciliophora) in running waters, lakes and sewage plants in: Handbuch Angewandte Limnologie (Ed. C. Steinerg). Ecomed Verlag  
<[http://www.protozoology.com/illustrated\\_guide/index.html](http://www.protozoology.com/illustrated_guide/index.html)>
- **Lazaridou**<<http://river.bio.auth.gr/law/EL/Οδηγία%202000%2060%20ΕΟΚ%20-%20Πολιτική%20Υδάτων.pdf>>
- **Κουσουρής Θ. (2006).** Υδατικοί Πόροι (Προέλευση, Ταξινόμηση, Κατανομή, Αποθέματα, Υγρότοποι, Αξιοποίηση, Διαχείριση) <[www.perivallon.com/material/availablematerial/YLIKOpimorfosis%20PE/ydatikoiporoi.pdf](http://www.perivallon.com/material/availablematerial/YLIKOpimorfosis%20PE/ydatikoiporoi.pdf)>
- **Λαζαρίδου Μ. (2004).** Ποιότητα Νερού – Βιοδείκτες - Βιολογικός Δείκτης (Β.Δ.) καθαρότητας νερών (Trent Biotic Index) <<http://1tee-livad.voi.sch.gr/environment.htm>>

## A B S T R A C T

The water quality of streams and rivers can be estimated by chemical and biological methods. By chemical methods the quality is evaluated for the time of the measurement. In contrary, the quality estimated by biological methods is not a temporary measurement, but it has a more permanent characteristic for the examined water. This is one of the advantages of the method. On the other hand the main disadvantage is the long time which is necessary to complete the whole trial.

For the quality evaluation by biological methods aquatic organisms and insects are in use as a kind of special tool for the evaluation. And this is, because their life in the water is always depending on the level of the pollution.

Many bioindicators are used for the estimation of the water quality in various countries. The 60/2000 directive of European Union specifies details about the classification of the water quality. In the past Saprovitic System was well known in the Central Europe.

In this project the quality of the stream "Kontorema" of the Pilion mountain near Makrinitza was examined. Samples of aquatic insects were taken from the stream and their kind characteristics were determined in the University Laboratory, by using taxonomic keys and a stereoscope connected to a camera and a computer. For the photo process of the aquatic insects the program Adobe- Photoshop 7.0 was used. Due to the insect random distribution, that was observed during taking the samples in my project, it was impossible to

define their population density. For this reason the TBI indicator was chosen to be used, as it was the most suitable for this case.

The estimated level of the TBI indicator is 7. This, according to TBI bio-indicator classification, means a quality of the level “Good” for the water of the examined stream “Kontorema”.