

## ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΝΟΣ ΠΕΔΙΝΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΒΟΡΕΙΑ ΕΛΛΑΔΑ

Ο. Γιαννάκου<sup>1</sup>, Α. Καμαριανός<sup>1</sup>, Θ. Κουσουρής<sup>2</sup> και Στ. Κιλικίδης<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Εργ. Οικολογίας & Προστ. Περιβάλλοντος, Τμ. Κτηνιατρικής, Α.Π.Θ., Παν.Θυρ. 404, 54006 Θεσ/νίκη.

<sup>2</sup> Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΚΘΕ), Αγ. Κοσμάς, 16604 Ελληνικόν, Αθήνα.

### ABSTRACT

U. Giannakou, A. Kamarianos, Th. Kousouris & St. Kilikidis: Ecological classification of a lowland stream in North Greece.

Benthic macroinvertebrates are the group of organisms most widely used for assessment of river water quality. This paper describes the effort made to provide an ecological classification of the stream Voiranis in N.Greece, based on benthic macroinvertebrate communities, in relation to some physico-chemicals features of the stream. Six sampling stations were sampled during dry and wet season (summer and winter of 1994). Six biological indices have been calculated in order to find out which of them is able to integrate better the local conditions and evaluate in a clear way the ecological water quality. From the results it was pointed out that the Average Score Per Taxon index (ASPT index) gave a precise and clear picture of the stream conditions and was also in accordance with the physico-chemical data of the stream.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αλλαγές των περιβαλλοντικών παραγόντων κατά μήκος ενός ποταμού επιδρούν άμεσα στην κατανομή και την αφωνία του πληθυσμού των υδροβίων οργανισμών που ζούν σ' αυτό. Πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες επιβαρύνουν και ρυπαίνουν τα ποτάμια οικοσυστήματα, μεταβάλλουν τις φυσικές περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν και επομένως επιδρούν στη δομή και τη λειτουργία των υδροβίων βιοκοινωνιών. Οι βενθικοί μακροασπόνδυλοι οργανισμοί αποτελούν τον καταλληλότερο βιολογικό δείκτη των περιβαλλοντικών συνθηκών στα ποτάμια (Barton et al. 1992, Lenat et al. 1994). Τα συστήματα βιολογικών δεικτών που χρησιμοποιούν αυτούς τους οργανισμούς βοηθούν να ερμηνευτούν οι πληροφορίες που δίνει η βιοκοινότητα για την κατάσταση του ποτάμιου οικοσυστήματος. Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται μια οικολογική ταξινόμηση του ποταμού, το οποίο χωρίζεται σε διάφορες ζώνες. Στην κάθε ζώνη αποδίδεται μια οικολογική ποιότητα των νερών ανάλογα με την βιοκοινωνία που μπορεί να συντηρήσει, καθώς σε περιοχές συνεχούς ροής υπάρχει μία ισχυρή σχέση ανάμεσα στην βενθοπανίδα της περιοχής και στα περιβαλλοντικά της χαρακτηριστικά (Wright, 1995).

Σκοπός αυτής της μελέτης είναι η οικολογική ταξινόμηση ενός πεδινού ρέματος στην Β.Ελλάδα και ο προσδιορισμός της οικολογικής ποιότητας και πιθανής ρύπανσής του, χρησιμοποιώντας τους βενθικούς μακροασπόνδylους οργανισμούς ως δείκτες ποιότητας του ποτάμιου οικοσυστήματος, σε σχέση με ορισμένες φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού.

### ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στο ρέμα Βοϊράνης που ανήκει στην λεκάνη απορροής του ποταμού Στρουμώνα. Το ρέμα αυτό έχει μήκος 15 χλμ. και οι πηγές του βρίσκονται κοντά στην κοινότητα Ανω Κεφαλαρίου (Νομός Δράμας). Επιλέχθηκαν έξι σταθμοί δειγματοληψίας σε σχέση με τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην περιοχή. Ο σταθμός 1 βρίσκεται 50μ από την πηγή και χρησιμοποιήθηκε ως σταθμός αναφοράς. Μετά από 100μ βρίσκεται ένα ιχθυοτροφείο πέστροφας (ετήσια παραγωγή 100τ) που ρίχνει τα απόβλητά του στο ρέμα. Ο δεύτερος σταθμός τοποθετήθηκε ακριβώς μετά. Ο τρίτος τοποθετήθηκε περίπου 500μ μετά, μέσα στην κοινότητα Ανω Κεφαλαρίου. Ο τέταρτος σταθμός τοποθετήθηκε 500μ μετά το χωριό. Ο πέμπτος σταθμός τοποθετήθηκε 3,5-4χλ. μετά το χωριό, όπου βρίσκονται αγροτικές καλλιέργειες. Ο έκτος τοποθετήθηκε 10χλ. μετά, (15χλ. από την πηγή), στην αρχή του αρδευτικού συστήματος, στα Τενάγη Φιλίππων, όταν το ρέμα Βοϊράνης παίρνει την μορφή καναλιού. Έγιναν δύο δειγματοληψίες, η μία κατά την διάρκεια της ξηρής περιόδου και η άλλη κατά την διάρκεια της υγρής περιόδου του 1994. Από κάθε σταθμό συλλέχθηκαν πέντε δείγματα μακροασπόνδylων με την βοήθεια ενός δειγματολήπτη τύπου Surber τροποποιημένου και τρία δείγματα νερού που μεταφέρονταν στο εργαστήριο. Εξετάστηκαν οι παρακάτω παράμετροι: B.O.D., N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub> και P-PO<sub>4</sub> σύμφωνα με τις τεχνικές του PHA Standard Methods, (1989) και H.M.S.O. methods (1980). Επίσης στο πεδίο μετρήθηκαν σε κάθε σταθμό, η θερμοκρασία νερού, το pH και το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο, καθώς και η ταχύτητα και η ροή του νερού. Τα συστήματα βιολογικών δεικτών που εφαρμόστηκαν στους βενθικούς μακροασπόνδylους οργανισμούς είναι τα εξής: ο δείκτης Biological Monitoring Working Party (BMWP index) και ο Average Score Per Taxon (ASPT) (Armitage et al. 1983), ο Biological Monitoring Water Quality (t-BMWQ) και ο

Average Biological Water Quality (a-BMWQ) (Camargo, 1993), ο Extended Biotic Index (E.B.I.) (Woodiwiss, 1978) και ο Belgian Biotic Index (B.B.I.) (De Pauw et al. 1983). Η ταυτοποίηση των δειγμάτων έγινε για τις ανάγκες των δεικτών, μέχρι το επίπεδο της οικογένειας ή του γένους και σε ορισμένες ομάδες έφτασε μέχρι το επίπεδο του είδους.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στον Πίν.1 παρουσιάζεται η μέση σχετική αφθονία για κάθε ταξινομική ομάδα (taxa) που βρέθηκε στους σταθμούς δειγματοληψίας. Συνολικά καταγράφηκαν 24 ταξινομικές ομάδες βενθικών μακροσπονδυλών σε όλους τους σταθμούς. Άτομα του γένους *Hydropsila* (Τριχόπτερα) βρέθηκαν μόνο στις πηγές (Στ.1), καθώς για την ανάπτυξη τους απαιτούν υψηλή ποιότητα νερού και βρύα για υπόστρωμα, όπως το *Fontinalis* sp. που συναντάται στον σταθμό αυτό. Η κατανομή της τάξης των Εphemeroptera κατά μήκος του ρέματος παρουσιάζει ιδιαίτερη σημασία καθώς κάποια είδη είναι πολύ ευαίσθητοι δείκτες οργανικής ρύπανσης (*Ecdyonurus*, *Rhithrogena*), κάποια άλλα είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά (*Ephemera*, *Caenis*) και κάποια είναι αδιάφορα και διαβιώνουν σχεδόν παντού (*Baetis*, *E. ignita*). Εντούτοις τα *Baetis* sp. και *E. ignita* δεν βρέθηκαν στον Στ.6 σε καμία από τις δύο δειγματοληψίες. Τα είδη *Ephemera danica* και *Caenis luctuosa* συλλέχθηκαν μόνο στον Στ.6. Τα είδη αυτά είναι ανθεκτικά στη ρύπανση και μπορούν να διαβιώνουν σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου (Belfiore, 1983). Ο Στ.6 παρουσιάζει τη φτωχότερη σύνθεση βενθοπανίδας και την μικρότερη αφθονία από όλους τους σταθμούς. Τα σημαντικότερα είδη ήταν το *Chironomus th. plumosus*, *Bithynia tentaculata* και *Caenis luctuosa*, όλα είδη που προσαρμόζουν τις ανάγκες τους για να μπορούν να επιβιώνουν σε νερά με επιβαρυνμένη ποιότητα (Girod 1980, Rivosecchi 1984). Ο μοναδικός αντιπρόσωπος των αμφίποδων, το είδος *Gammarus pulex* συλλέχθηκε σε όλους τους σταθμούς σε μεγάλη αφθονία εκτός του Στ.6 όπου συλλέχθηκαν πολύ λίγα άτομα.

Όσο αφορά τις φυσικοχημικές παραμέτρους, αξίζει να σημειωθεί η διαφοροποίηση του Στ.6 από τους υπόλοιπους

Πίν. 1. Μέση σχετική αφθονία (n=5) των ταξινομικών ομάδων (taxa) που βρέθηκαν στο ρέμα Βοϊράνης κατά την ξηρή και την υγρή περίοδο του 1994. (\*=1-50 άτομα, \*\*=50-100, \*\*\*=100-1000, \*\*\*\*= >1000)

Taxa	Στ.1		Στ.2		Στ.3		Στ.4		Στ.5		Στ.6	
	Ιουλ./Δεκ.		Ιουλ./Δεκ.		Ιουλ./Δεκ.		Ιουλ./Δεκ.		Ιουλ./Δεκ.		Ιουλ./Δεκ.	
Hydropsychidae	**	*	*	***			**		**			
Rhyacophilidae		*		*			*					
Hydroptilidae		*										
Baetis	*	*	**	**	*	*	***	***	***	**		
Ephemera	**	***		*		*	*		*			
Rhithrogena							*		*	*		
Ecdyonurus				*			**	*	*	*		
Caenis											*	**
Ephemera												*
Elminthidae	*	***	*	**	*	**	**	*	*	*		
Chironomidae	**		***	***	*		**		*		**	
Simuliidae			*	*			*		*	*		
Limonidae				*								
Psychodidae					*							
Gammaridae	***	****	***	***	***	***	***	***	***	***		*
Theodoxus	*	**	*	**	**	***	***	***	***	***	***	*
Bithynia	***	***			**	***	***	***	***	**	*	**
Gyraulus					*	*	*		*			**
Physa									*			
Planariidae						*	**					
Dugesidae						*	*		*			
Dina							*					
Lumbricidae						*						
Tubificidae							**	***	*	**		**

Ο σταθμός αυτός παρουσίασε χαρακτηριστικά στάσιμων νερών κατά την ξηρή περίοδο καθώς το νερό του χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς. Σημειώθηκε μείωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου κατά 3 μονάδες από τον μέσο όρο, επίσης μαζί με τον Στ.5 δέχεται την επιβάρυνση σε άζωτο νιτροδίων ιόντων που προέρχεται από τα εκπλύματα των γεωργικών εκτάσεων. Το B.O.D.<sub>5</sub> αυξάνει από τον Στ.1 στον Στ.2, γεγονός αναμενόμενο λόγω της λειτουργίας του ιχθυοτροφείου, χωρίς όμως να υπερβαίνει το επιθυμητό όριο για τη διαβίωση των ψαριών. Οι τιμές του B.O.D.<sub>5</sub> παραμένουν ψηλές και στον Στ.3, ενδεικτικό της επιρροής του ιχθυοτροφείου και μόνο μετά τον Στ.4 παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης λόγω της βιοαποδόμησης και της υψηλής ροής του νερού. Στο Στ.6 οι τιμές επανέρχονται στο επίπεδο του Στ.2, λόγω της χαμηλής ροής (μηδενικής το καλοκαίρι) και των εκπλυμάτων από τις γύρω γεωργικές εκτάσεις. Το αμμωνιακό άζωτο παρουσίασε σημαντική αύξηση από τον Στ.1 στον Στ.2 ξεπερνώντας τα όρια για τη διαβίωση των ψαριών σε γλυκά νερά (ΦΕΚ 438/86). Οι ίδιες τιμές παραμένουν και στον Στ.3 και μετά αρχίζουν και φθίνουν ως τον Στ.6 που παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές λόγω των διαδικασιών της νιτροποίησης και της αναγωγής των νιτρικών ιόντων από τους μικροοργανισμούς (Wetzel, 1983).

### Πίν.2 Μέση τιμή (n=3) των φυσικοχημικών παραμέτρων στους σταθμούς δειγματοληψίας στο ρέμα Βοϊράνης.

Επιλέχθηκαν έξι συστήματα βιολογικών δεικτών που είναι περισσότερο διαδεδομένα στην Ευρώπη (Πίν.3). Εγινε μια προσπάθεια σύγκρισης μεταξύ τους για να διαπιστωθεί πιά από αυτά λειτουργεί καλύτερα στις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες και δίνει τη δυνατότητα οικολογικής ταξινόμησης του ρέματος. Ο αγγλικός δείκτης BMWP

Παράμετροι	Στ.1		Στ.2		Στ.3		Στ.4		Στ.5		Στ.6	
	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	
Θερμοκρασία C	16	16	17.5	16.4	17	16.6	16.5	16	16.5	15.5	17.8	13.5
Διαλ. οξύ. mg/l	9.5	9.6	10.2	9.2	11	8.6	10.1	10.2	9	10.6	6.4	9.5
pH	7.47	7.48	7.58	7.65	7.74	7.72	7.8	7.85	7.88	7.8	8.15	8.2
B.O.D. <sub>5</sub> mg/l	0.7	0.25	1.3	0.65	1.4	0.65	1.2	0.5	1.1	0.5	1.3	0.8
N-NO <sub>3</sub> mg/l	0.83	0.95	0.77	1.1	0.75	0.9	0.77	0.97	0.78	0.96	0.8	0.96
N-NO <sub>2</sub> µg/l	12.4	8.37	16.2	14.7	19	12.8	21	17.3	24.3	32.5	34.9	35.3
N-NH <sub>3</sub> mg/l	0.06	0.04	0.55	0.4	0.5	0.35	0.07	0.06	0.06	0.045	0.042	0.038
P-PO <sub>4</sub> µg/l	7.46	6.6	11.3	10.6	10.8	11.5	9.26	11.9	10.9	13.3	4.7	10.2
Ροή m <sup>3</sup> /sec	1.25	1.35	1.24	1.36	0.77	1.44	1.12	1.61	0.65	1.28	N.D.	0.83

Πίν.3 Τιμές των Βιολογικών δεικτών που υπολογίστηκαν για κάθε σταθμό δειγματοληψίας στο ρέμα Βοϊράνης κατά την ξηρή και την υγρή περίοδο του 1994.

Δείκτες	Στ.1		Στ.2		Στ.3		Στ.4		Στ.5		Στ.6	
	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	Ιουλ./Δεκ.	
Aq. taxa	8	9	7	11	8	10	16	8	15	8	3	6
BMWP	38	43	33	71	26	40	67	37	60	31	9	27
ASPT	5.42	6.14	4.71	5.91	4.33	5	5.15	5.28	5	5.16	3	4.5
t-BMWQ	72	80	61	129	62	89	128	75	115	61	20	48
a-BMWQ	9	10	8.7	9.92	7.75	8.9	8.53	9.37	8.21	8.71	6.66	8
E.B.I	6	6	6	8	5	6	9	7	8.5	7	5	6
B.B.I	6	6	5	8	5	5	10	7	9	8	4	5

καθώς και ο αντίστοιχος ισπανικός t-BMWQ έδειξαν να επηρεάζονται έντονα από τον αριθμό των taxa, αποδίδοντας στους σταθμούς με τον μεγαλύτερο αριθμό ταξινομικών μονάδων την υψηλότερη ποιότητα και μη λαμβάνοντας υπόψη τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του κάθε σταθμού.

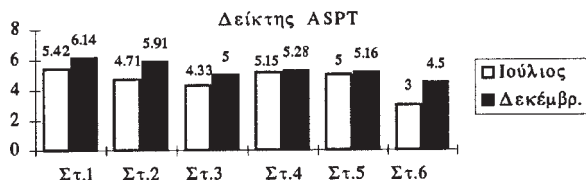
Οι δείκτες ASPT (αγγλικός) και a-BMWQ (ισπανικός), προέρχονται από τους παραπάνω δείκτες BMWP και t-BMWQ αντίστοιχα, διαφέροντας τη βαθμολογία του κάθε σταθμού με τον αριθμό των taxa που βρέθηκαν. Είναι έτσι ανεξάρτητοι από το μέγεθος του δείγματος και δείχνουν μικρή ευαισθησία στις εποχιακές διακυμάνσεις. Οι Rico et al. (1992), βρήκαν ότι σε συνθήκες όπου η μικρή ποικιλομορφία της βενθοπανίδας δεν είναι αποτέλεσμα ρύπανσης αλλά της

μειωμένης βιολογικής ικανότητας του οικοσυστήματος (χαμηλή συγκέντρωση θρεπτικών, όπως συνήθως συμβαίνει στις πηγές), τότε ο δείκτης ASPT λειτουργεί καλύτερα από τον BMWP, δίνοντας τιμές που αντιστοιχούν σε μια υψηλή ποιότητα νερού. Σε ανάλογα συμπεράσματα οδηγήθηκε και ο Camargo (1993) χρησιμοποιώντας τους ισπανικούς δείκτες t-BMWQ και a-BMWQ. Στο ρέμα Βοϊράνης, οι δείκτες ASPT και a-BMWQ λειτουργήσαν με τον ίδιο τρόπο τοποθετώντας τον Στ.1 στην υψηλότερη ποιοτικά θέση και κατά την ξηρή και κατά την υγρή περίοδο, παρότι οι διαφορές με τους επόμενους σταθμούς δεν ήταν πολύ μεγάλες. Αυτό όμως είναι αναμενόμενο καθώς το ρέμα είναι πεδινό. Η θερμοκρασία του νερού της πηγής ήταν αρκετά υψηλή και δεν επέτρεπε την παρουσία ταχα υψηλόβαθμων, όπως τα Πλεκόπτερα, που θα διαχώριζαν ευκρινέστερα τον Στ.1 από τους επόμενους, αλλά που συναντώνται σε θερμοκρασίες κάτω των 12 °C και πάνω από 700μ. υψόμετρο. Ο δείκτης ASPT δίνει την δεύτερη θέση στον Στ.4, ακολουθούν ο Στ.5, ο Στ.2, ο Στ.3 και τελευταίος ο Στ.6. Συμφωνεί έτσι με τις αναλύσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων όπου εντοπίζεται μια επίδραση στους Στ.2 και Στ.3 από τα απόβλητα του ιχθυοτροφείου, (αύξηση της συγκέντρωσης των B.O.D., N-NH<sub>3</sub>) ενώ από τον Στ.4 και μετά οι τιμές των παραμέτρων αυτών μειώνονται σημαντικά. Ο δείκτης a-BMWQ διαφοροποιείται από τον ASPT κατατάσσοντας τον Στ.2 στη δεύτερη θέση. Οι άλλοι δύο δείκτες (E.B.I. και B.B.I) δεν κατορθώνουν να διαφοροποιήσουν τους σταθμούς αναμεταξύ τους. Στη μειωμένη ευαισθησία του E.B.I. όταν χρησιμοποιείται σε νερά χαμηλής περιεκτικότητας θρεπτικών υλάτων κατέληξαν και οι Rossaro et al. (1993). Από όλους τους παραπάνω δείκτες, ο ASPT κατόρθωσε να αποδώσει πιστότερα την εικόνα του ρέματος σε σχέση με τις αναλύσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων, παρόλη την φτωχότερη σύνθεση της πανίδας συγκριτικά με ένα ορεινό ρέμα (Σχ.1).

*Σχ.1 Διακύμανση τιμών του δείκτη ASPT στους δειγματοληπτικούς σταθμούς στο ρέμα Βοϊράνης.*

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1989): Standard methods for the examination of water and wastewater, 17th edition. APHA-



AWWA-WPCF, Washington, DC.

ARMITAGE, P.D., MOSS, D., WRIGHT, J.F. & 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 Res.*, 17:333-347.

BARTON, D.R. & 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. *Envir. Monitor. & Assessment*, 21:225-244.

BELFIORE, C. (1983): Ephemeroptera. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/201, Roma.

CAMARGO, J.A. (1993): Macroinvertebrate surveys as a valuable tool for assessing freshwater quality in the Iberian peninsula. *Envir. Monitor. & Assessment*, 24:71-90

DE PAUW, N. & VANHOOREN, G. (1983): Method for biological assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*, 100:153-168.

GIROD, A. (1980): Gasteropodi, 1. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/44, Roma.

H.M.S.O. (1980): Phosphorous in waters, effluents and sewages. Her Majesty's Stationary Office, London.

LENAT, D.R. & BARBOUR, M.T. (1994): Using benthic macroinvertebrate community structure for rapid, cost-effective, water quality monitoring: rapid bioassessment. in S.L.Loeb and A.Spacie (eds). *Biological monitoring of aquatic systems*. Lewis Publishers, Ann Arbor, Michigan.

RICO, E., RALLO, A., SEVILLANO, M.A. & ARRETXE, M.L. (1992): Comparison of several biological indices based on river macroinvertebrate benthic community for assessment of running water quality. *Annl. Limnol.*, 28(2):147-156.

RIVOSECCHI, L. (1984): Diptera. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/206, Roma.

ROSSARO, B. & PIETRANGELO, A. (1993): Macroinvertebrate distribution in streams: a comparison of CA ordination with biotic indices. *Hydrobiologia*, 263:109-118.

WETZEL, R.G. (1983): *Limnology*. Saunders College Publishing, New York.

WOODIWISS, F.S. (1978): *Biological water assessment methods*. Severn-Trent Authorities. U.K.

WRIGHT, J.F. (1995): Development and use of a system for predicting the macroinvertebrate fauna in flowing waters. *Austr. J. of Ecol.*, 20:181-197.