



Π.2.1 Σχεδιασμός των προσαρμοσμένων στις Ελληνικές συνθήκες μοντέλων οικοτόπων και IFIM (2 water body types)

ECOFLOW-11ΣΥΝ_8_917

04 Μαρτίου 2013 - 31 Οκτωβρίου 2015

το έργο συγχρηματοδοτείται από το **Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ)** της **Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.)** στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ 2011»

Πακέτο εργασίας 2: Εννοιολογική ανάλυση και ανάπτυξη της μεθόδου εκτίμησης της οικολογικής παροχής

Task: Τεχνική Έκθεση



(Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα (ΕΠΑΝ II), ΠΕΠ Μακεδονίας – Θράκης, ΠΕΠ Κρήτης και Νήσων Αιγαίου, ΠΕΠ Θεσσαλίας – Στερεάς Ελλάδας – Ηπείρου, ΠΕΠ Αττικής)

ECOFLOW-11ΣΥΝ_8_917

Τίτλος Παραδοτέου: Σχεδιασμός των προσαρμοσμένων στις Ελληνικές συνθήκες μοντέλων οικοτόπων και IFIM (2 water body types)

Υπεύθυνος Φορέας: ΕΛΚΕΘΕ - Ινστιτούτο Θαλασσιών Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων

Πακέτο Εργασίας Π: 2

Κατάθεση έως: 04/03/2014.....

Κατατέθηκε στις: 30/06/2014.....

Φύση παραδοτέου: Τεχνική Έκθεση



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Ελλάδα
ονταγωνιστική
πολιτική παροχή
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
ΕΡΜΑ II
ΕΡΜΑ II
η περιφέρεια στο επίκεντρο της ανάπτυξης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη

Abstract:

The selected model(s) from WP1 are analyzed and optimized as a tool for the evaluation of the environmental effects of anthropogenic impacts to suit the environmental and biological peculiarities of Greece (xerothermic conditions, small river size, seasonal droughts, small body size and short life-span of fish species, etc.). Habitat modelling is essential for the evaluation of the effects of impaired flow regimes on the amount and quality of habitats.

From the methodological point of view, habitat models consist of a group of models designed to calculate an index to the amount of microhabitat available for different life stages of some indicator species, taken to represent the entire biological community, at different flow levels. It is thus a directly species / habitat orientated assessment method, allowing assessment of impacts caused by changing flow regimes or changing channel morphology, on physical instream habitat for selected target species. The two basic components of habitat models are the hydraulic and habitat simulations, and the development of habitat suitability criteria. Hydraulic and channel geometry/physical habitat measurements are made at specific locations on a cross-section of the river in different seasons representing various flow regimes.

Overall, the method introduces biological information into the water resources planning process, predicting how different instream flows provide different habitat levels. Application of the method requires detailed knowledge of the habitat requirements of the target species upon which species suitability criteria will develop.

Moreover, The Instream Flow Incremental Methodology (IFIM), which is a water resources management decision support tool, successfully applied in other parts of the world, will be adopted and suitably modified to become applicable under the Greek environmental conditions. The IFIM incorporates weighting and prioritizing processes by taking into account biological, social, political, and economic parameters to assist the selection process of water resources management plans. Thus, this tool will be linked to the hydro-ecological model (developed in WP 4) in order to offer a concrete and complete decision support tool to the ECOFLOW user.



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Σύνοψη πληροφοριών Αρχείου

Αριθμός Παραδοτέου:	2.1
Τίτλος Παραδοτέου:	Εννοιολογική ανάλυση και ανάπτυξη της μεθόδου εκτίμησης της οικολογικής παροχής)
Συγγραφείας:	Παπαδάκη Χ., Δημητρίου Η., Ντοανίδης Λ., Ζόγκαρης Σ., Ευελπίδου Ν., Σταματάκης Μ., Καρκάνη Ε., Francisco Martínez Capel., Rafael Mas Munoz
Αριθμός Πακέτου Εργασίας:	2
Συντονιστής ΠΕ:	ΕΛΚΕΘΕ - Ινστιτούτο Θαλασσίων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων
Εταίροι που συμμετέχουν στο ΠΕ:	ΕΚΠΑ – Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Ομάδα στόχος:	Διοικητικούς Φορείς, Διαχειριστές λήψεως αποφάσεων, μελετητές, επενδυτές, πανεπιστήμια, ερευνητικούς φορείς, σπουδαστές, ιδιώτες
Λέξεις κλειδιά:	Καμπύλες Καταλληλότητας Ενδιατήματος, Ενδιατήματα, Οικολογική παροχή, Έργα υδρομάστευσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Ελλάδα
ονταγανιστική
πολιτική
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
ΕΡΜΑ II
ΕΡΜΑ II
η περιφέρεια στο επίκεντρο της ανάπτυξης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη

Πίνακας Περιεχομένων

1	Εισαγωγή.....	11
2	Οι σχέσεις μεταξύ των οργανισμών και των υδατικών οικοσυστημάτων.....	13
2.1	Η έννοια του οργανισμού ενδείκτη	13
2.2	Συσχέτιση ιχθυοπανίδας και ποσοτικών πιέσεων στα υδατικά οικοσυστήματα.....	14
3	Επιλογή περιοχής μελέτης	16
3.1	Οριοθέτηση αντιπροσωπευτικού τμήματος ποταμού με τη μέθοδο της χαρτογράφησης ενδιαιτήματος	16
3.2	Τεχνική της χαρτογράφησης ενδιαιτήματος (Habitat Mapping).....	18
3.3	Παράδειγμα οριοθέτησης αντιπροσωπευτικού τμήματος ποταμού	20
3.4	Επιλογή μεμονωμένων τύπων μεσοενδιαιτήματος	23
3.5	Οι υδρομορφολογικές μονάδες (YMM) και η σχέση τους με τους οργανισμούς ενδείκτες.....	23
4	Στάδιο Υδραυλικής Προσομοίωσης	25
4.1	Γενικά	25
4.2	Επιλογή υδραυλικού μοντέλου που να ανταποκρίνεται στις Ελληνικές συνθήκες	25
4.3	Μεθοδολογία υδραυλικής προσομοίωσης για την εκτίμηση των ενδιαιτημάτων.....	27
4.4	Προετοιμασία δεδομένων εισόδου – στοιχεία τοπογραφίας κοίτης	28
4.5	Περιγραφή αποτύπωσης με Γεωδαιτικό εξοπλισμό GPS.....	30
4.6	Εφαρμογή υδραυλικού μοντέλου	34
4.7	Βαθμονόμηση υδραυλικού μοντέλου.....	35
4.8	Αποτελέσματα υδραυλικού μοντέλου	36
5	Μοντέλα προσομοίωσης ενδιαιτήματος	37
5.1	Γενική περιγραφή	37
5.2	Καμπύλες καταλληλότητας ενδιαιτήματος	39
6	Εκτίμηση της ελάχιστης αποδεκτής οικολογικής παροχής	43
6.1	Εφαρμογή αρχών Ενδοποτάμιας Αυξητικής Ροής (IFIM).....	43



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Σχήμα 3.1 Χωρική διακριτοποίηση των ποταμών ανάλογα με την τάξη μεγέθους της περιοχής που μελετάται (τροποποιημένο από Frissell et al., 1986).....	18
Σχήμα 3.2 Αποτύπωση τύπων ΥΜΜ σε τμήμα ποταμού μήκους 348m	20
Σχήμα 3.3 Κατανομή των τύπων μεσοενδιαιτήματος σε ποτάμια θέση 1000 m μήκους	22
Σχήμα 4.1 Διάγραμμα ροής εφαρμογής υδραυλικής προσομοίωσης	27
Σχήμα 5.1 Σχεδιάγραμμα ροής μοντέλου προσομοίωσης ενδιαιτημάτων	39
Σχήμα 6.1 Σχεδιάγραμμα ροής από την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας για ένα σενάριο παροχής (1m ³ /sec).....	48
Σχήμα 6.2 Διάγραμμα με την συνολική κατάλληλη σταθμισμένη έκταση για μία περιοχή μελέτης, με βάση δέκα σενάρια παροχών.....	51
Σχήμα 6.3 Διάγραμμα ροής της προτεινόμενης μεθοδολογίας για την εκτίμηση της οικολογικής παροχής με όλα τα στάδια εφαρμογής της.....	52
Σχήμα 6.4 Πολυκριτηριακή ανάλυση για την επιλογή της οικολογικής παροχής συνεκτιμώντας ανάγκες που είναι βασικές για την ανθρώπινη κοινωνία	54
Σχήμα 6.5 Καμπύλη διάρκειας παροχής με ποσοστά εμφάνισης στη μονάδα του χρόνου	56
Σχήμα 6.6 Καμπύλη κατάλληλης έκτασης ενδιαιτήματος και βέλτιστη και ελάχιστη αποδεκτή οικολογική παροχή	58

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 3.1 Ποτάμια θέση, περιοχή όπου επιλέγεται να γίνει η μέθοδος της χαρτογράφησης ενδιαιτημάτων.....	17
Εικόνα 3.2 Αεροφωτογραφία που απεικονίζει τους τύπους ΥΜΜ όπως έχουν καταγραφεί από την επιτόπια παρατήρηση	19
Εικόνα 3.3 Παράδειγμα από την επιλογή του αντιπροσωπευτικού τμήματος με τη μέθοδο της χαρτογράφησης ενδιαιτήματος (φόρμα πεδίου για την καταγραφή ΥΜΜ).....	20



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Εικόνα 3.4 Διακριτοποίηση ποταμού σε κελιά. Σε κάθε κελί επικρατούν διαφορετικές υδρογεωμορφολογικές συνθήκες.....	23
Εικόνα 4.1 Χάρτης περιοχής μελέτης Μεσοχώρα ανάντη με αποτελέσματα του βάθους ροής και των θέσεων των διατομών	28
Εικόνα 4.2 Τοπογραφική αποτύπωση με χρήση ειδικού τοπογραφικού εξοπλισμού. Τοπογραφικό GPS (επάνω εικόνα), χωροβάτης και σταδία (κάτω εικόνα)	29
Εικόνα 4.3 Εργασίες πεδίου γεωγραφική αποτύπωση ανάγλυφου	31
Εικόνα 4.4 Τμήμα ψηφιακού μοντέλου εδάφους για την περιοχή Τριπόταμο, με τα υψομετρικά σημεία με διαφορετική κωδικοποίηση και τις θέσεις των διατομών ελέγχου.....	32
Εικόνα 4.5 Παράδειγμα από τη χαρτογράφηση τύπων ΥΜΜ (τύπων μεσοενδιαιτημάτων) και των θέσεων διατομών	33
Εικόνα 4.6 Διακριτοποίηση διατομής σε κελιά και υπολογισμός ταχύτητας σε καθένα από αυτά.....	35
Εικόνα 5.1 Φωτογραφίες από τις τάξεις μεγέθους των ενδαιτημάτων	38
Εικόνα 5.2 Καμπύλες καταλληλότητας ενδαιτηματος ως προς το βάθος, για την ενήλικη πέστροφα από διάφορους συγγραφείς στη βιβλιογραφία.....	41
Εικόνα 5.3 Καμπύλες καταλληλότητας ενδαιτηματος ως προς τη μέση ταχύτητα ροής στη στήλη νερού, για την ενήλικη πέστροφα από διάφορους συγγραφείς στη βιβλιογραφία	42
Εικόνα 5.4 Καμπύλες καταλληλότητας ενδαιτηματος ως προς το τύπο του υποστρώματος, για την ενήλικη πέστροφα από διάφορους συγγραφείς στη βιβλιογραφία.....	42
Εικόνα 6.1 Αναπαράσταση κελιών (ψηφιδωτή μορφή αρχείου) από τα αποτελέσματα του υδραυλικού μοντέλου ως προς μια παράμετρο (ταχύτητα)	45
Εικόνα 6.2 Αποτελέσματα υδραυλικού μοντέλου ως προς το βάθος (αριστερά) και την ταχύτητα (δεξιά) εκφρασμένα σε τιμές δείκτη καταλληλότητας	47
Εικόνα 6.3 Καταλληλότητα των ενδαιτημάτων ως προς το σύνολο των παραμέτρων που μελετώνται (ταχύτητα, βάθος) για μία παροχή $8m^3/sec$	49



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Ελλάδα
οντιγανιστική
πολιτική που
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



η περιφέρεια στο επίκεντρο της ανάπτυξης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη

Εικόνα 6.4 Ποσοστά συνολικής υπό μελέτη έκτασης ανά κλάση καταλληλότητας ενδιαιτήματος και παροχή.....49

Εικόνα 6.5 Χάρτης κοίτης ποταμού με διακριτοποίηση σε κελιά τα οποία έχουν συγκεκριμένες τιμές για κάθε μια παράμετρο (βάθος, ταχύτητα, κάλυψη)50

Εικόνα 6.6 Κατάλληλη σταθμισμένη έκταση για δύο είδη στόχους σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης53

Εικόνα 6.7 Χρονοσειρά διακύμανσης κατάλληλης έκτασης ενδιαιτήματος και καμπύλης διάρκειας ενδιαιτήματος, από τον συνδυασμό χρονοσειράς παροχών και καμπύλης WUA ..55



1 Εισαγωγή

Τα ελληνικά ποτάμια δέχονται πολλές πιέσεις όσον αφορά στο φυσικό καθεστώς ροής τους. Κατασκευή μεγάλων φραγμάτων για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, ύδρευση και άρδευση, παράνομες απολήψεις νερού, ανεπαρκής διαχείριση υδατικών διαθεσίμων και ανεπαρκής νομοθεσία, είναι μόνο μερικές από αυτές. Παρόμοια προβλήματα αντιμετωπίζουν και άλλες μεσογειακές χώρες, καθώς αυξάνονται διαρκώς οι ανάγκες για άρδευση, υδροηλεκτρική ενέργεια, οικιακές χρήσεις και βιομηχανία, ακόμα και σε περιοχές όπου στο παρελθόν παρέμεναν αναλλοίωτες από ανθρώπινες παρεμβάσεις όπως είναι αυτές των ορεινών περιοχών.

Για την αντιμετώπιση των προαναφερθέντων ζητημάτων, την προώθηση της οικολογικής ακεραιότητας και την προστασία της βιοποικιλότητας, πολλές χώρες έχουν υιοθετήσει τον όρο Οικολογικά Αποδεκτό Καθεστώς Ροής. Ο όρος αυτός προκύπτει από την παρακολούθηση και ανάλυση του φυσικού καθεστώτος ροής και το ποσοστό που αυτό μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να καλύψει ανθρώπινες ανάγκες χωρίς να προκαλέσει αλλοιώσεις στις σχέσεις και στα χαρακτηριστικά των έμβιων οργανισμών. Κύρια γνωρίσματα του καθεστώτος ροής είναι το μέγεθος, η συχνότητα, η διάρκεια, η διακύμανση (εποχικότητα) και ο ρυθμός μεταβολής, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για τον προσδιορισμό του βαθμού της υδρολογικής μεταβολής (Poff *et al.*, 1997).

Μέχρι σήμερα υπάρχει ένα ευρύ φάσμα μεθόδων για τον υπολογισμό του Οικολογικά Αποδεκτού Καθεστώτος Ροής. Σύμφωνα με τη Tharme 2003 υπάρχουν περισσότερες από 207 μεθοδολογίες, σε 44 χώρες σε έξι περιοχές του κόσμου. Στην Ελλάδα μέχρι σήμερα η ροή του ποταμού ρυθμίζεται σύμφωνα με τις διατάξεις της Υπουργικής Απόφασης 196978/2011 (ΦΕΚ 518/Β/5/04/2011). Η συνηθέστερη πρακτική που εφαρμόζεται είναι υδρολογικές μεθοδολογίες βασιζόμενες σε χρονοσειρές παροχών. Σύμφωνα με αυτές τις μεθοδολογίες οι ελάχιστες αποδεκτές ροές υπολογίζονται ως ποσοστό της μέσης μηνιαίας παροχής κατά τους θερινούς μήνες. Ωστόσο, πολλές φορές τα δεδομένα αυτά δεν υπάρχουν ή δεν είναι διαθέσιμα σε προσιτές βάσεις δεδομένων. Επιπρόσθετα, η εμπειρική αυτή μέθοδος δεν βασίζεται στις τυποχαρακτηριστικές συνθήκες του ποταμού, ούτε λαμβάνει υπόψη τις βιολογικές συνθήκες που επικρατούν (πχ είδη και πληθυσμοί ιχθύων). Έτσι, σε άλλες περιπτώσεις η ποσότητα του νερού που δίδεται με τον ανωτέρω υπολογισμό είναι μικρότερη από την ελάχιστη απαιτούμενη για να διατηρηθεί το υδάτινο οικοσύστημα σε μια σχετικά καλή κατάσταση και άλλες φορές



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



2 Οι σχέσεις μεταξύ των οργανισμών και των υδατικών οικοσυστημάτων

2.1 Η έννοια του οργανισμού ενδείκτη

Ορισμένες ομάδες ζώων και φυτών χρησιμοποιούνται εδώ και πολλές δεκαετίες ως ενδείκτες διακριτών τύπων ή ζωνών των οικοσυστημάτων. Πολλά είδη οργανισμών έχουν μελετηθεί ως ενδείκτες της ποιότητας των υδάτων. Οι οργανισμοί αυτοί αποτελούν μια από τις βασικές βιοτικές παραμέτρους που θεωρεί η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/60/ΕΚ ως απαραίτητη για την παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων και μπορούν, να ταξινομηθούν σε 4 κατηγορίες: α) φυτοπλαγκτό, β) μακρόφυτα και φυτοβένθος γ) μακροασπόνδυλα και μικροασπόνδυλα και δ) ψάρια.

Με βάση αυτές τις ομάδες βιοδεικτών έχουν αναπτυχθεί ποικίλα μοντέλα πρόβλεψης της οικολογικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων. Συγκεκριμένα, ο όρος ενδείκτης ή βιοδείκτης χρησιμοποιείται στην Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά (2000/60) για οργανισμούς ή συνενυρέσεις οργανισμών εξαιτίας της ικανότητάς τους να εκφράζουν δομικές και λειτουργικές πτυχές της βιοκοινωνίας, αλλά και λόγω της ευαισθησίας τους σε συγκεκριμένες ανθρωπογενείς πιέσεις. Επιπλέον, οι βιοδείκτες ανταποκρίνονται άμεσα στις βιολογικές μεταβολές και οι τεχνικές μέτρησής τους, έχουν χαμηλό κόστος.

Μέχρι πρόσφατα, η εκτίμηση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων βασιζόταν αποκλειστικά στη μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων σύμφωνα με την εθνική και κοινοτική νομοθεσία. Σήμερα οι οργανισμοί ενδείκτες συγκεντρώνουν το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας, γιατί αποτελούν αξιόπιστα εργαλεία για την εκτίμηση τόσο της ποιοτικής κατάστασης όσο και της ποσοτικής, των επιφανειακών υδάτων αφού μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα, γρήγορα και οικονομικά για την ανίχνευση των διαταραχών σε ένα υδατικό οικοσύστημα.

Σήμερα, η έρευνα της βιοτικής ταξινόμησης των ποταμών σε διάφορες κλίμακες αποτελεί πολύ ενεργητικό ερευνητικό πεδίο. Τα ποτάμια προσφέρουν ευρεία διαβάθμιση συνθηκών και ενδιαιτημάτων από τις πηγές έως τις εκβολές τους, κι αυτή η διαβάθμιση αντανακλάται στη διαφοροποίηση του τρόπου ζωής και της συμπεριφοράς των οργανισμών που συναντώνται κατά μήκος και κατά πλάτος ενός ποταμού. Διαφορετικές συνθήκες αντιπροσωπεύουν και τις προτιμήσεις από διαφορετικούς οργανισμούς καθώς αυτοί έχουν αναπτύξει προσαρμοστικότητα σε συγκεκριμένους τύπους ενδιαιτημάτων.



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



2.2 Συσχέτιση ιχθυοπανίδας και ποσοτικών πιέσεων στα υδατικά οικοσυστήματα

Στη διεθνή επιστημονική κοινότητα έχει πλέον αναγνωριστεί ότι τα ψάρια, εκτός από τη λειτουργία τους ως ενδείκτες για την ποιοτική κατάσταση ενός οικοσυστήματος μπορούν να λειτουργήσουν κατά τον ίδιο τρόπο και για τις ποσοτικές πιέσεις (Jowett 1992, Jager et al. 1993, Nehring and Anderson 1993, Bovee et al. 1994, Stalnaker et al. 1995, Studley et al. 1995). Συλλέγοντας πληροφορίες από την παρατήρηση και την καταγραφή των ιχθυοκοινοτήτων στα φυσικά τους ενδιαίτηματα είναι δυνατόν να εξαχθούν συμπεράσματα αναφορικά με το βαθμό της επίδρασης της αλλαγής στο φυσικό υδρολογικό καθεστώς ενός ποταμού από τυχόν ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Συστήματα οικολογικής ταξινόμησης που στηρίζονται στα ψάρια έχουν μακρά επιστημονική παράδοση και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε περιπτώσεις οικολογικής υποβάθμισης που οφείλονται σε ανθρωπογενείς επεμβάσεις στην υδρολογία, στη συνεκτικότητα και στην μορφολογία των ποταμών ή σε διακυμάνσεις της στάθμης φυσικών και τεχνητών λιμνών.

Οι παρεμβάσεις αυτές συνήθως αφορούν την αλλαγή του υδρολογικού καθεστώτος κατάντη έργων υδρομάστευσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις επικρατεί η απελευθέρωση νερού σε μη τακτά χρονικά διαστήματα, μεγάλες εκτάσεις κάτω από τα φράγματα και ταμιευτήρες, μένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα με ελάχιστο ή χωρίς καθόλου νερό και έντονες αυξομειώσεις της ροής, οι οποίες επηρεάζουν τόσο το υδατικό ισοζύγιο και τις ιστορικές γεωμορφολογικές τάσεις (Lariniier 2000) όσο και τα ενδιαίτηματα, τους έμβιους οργανισμούς και τα οικοσυστήματα, που έχουν εξελιχθεί για εκατομμύρια χρόνια κάτω από διαφορετικό υδρολογικό καθεστώς (Οικονόμου 2009).

Η ιχθυοπανίδα έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία την καθιστούν εξαιρετικό ενδείκτη της κατάστασης των ποταμών. Ο λόγος είναι ότι πολλά ψάρια είναι ισχυρά ρεόφιλα, παρουσιάζουν μεταναστευτική συμπεριφορά, έχουν στενές οικολογικές απαιτήσεις, ή ζουν σε εξειδικευμένους βιότοπους. Δύο ακόμα πολύ σημαντικοί λόγοι για τους οποίους τα ψάρια είναι εξαιρετικά σημαντικά ως βιολογικοί ενδείκτες είναι το μέγεθος και η διάρκεια ζωής τους. Είναι μεγαλόσωμα και μακρόβια ζώα και γι' αυτό το λόγο απαιτούν ειδικές συνθήκες και πόρους μέσα στα ποτάμια. Ορισμένα είδη εισέρχονται από τη θάλασσα όπως το χέλι για παράδειγμα. Άλλα κάνουν μεταναστευτικές διαδρομές για να βρουν ειδικές συνθήκες όπως τα «θερμικά καταφύγια» κατά το καλοκαίρι ή να αναπαραχθούν την άνοιξη. Επίσης τα ψάρια συσσωρεύουν τις επιπτώσεις πολλών προηγούμενων ετών διαβίωσης στο ποτάμι. Αν ένα ποτάμι είχε ξεραθεί ολοκληρωτικά το προηγούμενο έτος λόγω απολήψεων, η κατάσταση των



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



πληθυσμών των ιχθυοκοινοτήτων στο ποτάμι την επόμενη χρονιά δεν θα είναι καθόλου καλή. Επιπλέον, για πολλά είδη ψαριών είναι απαραίτητη η διαμήκους συνεκτικότητα του ποταμού – δηλαδή να μην υπάρχουν εμπόδια στην μετακίνησή τους στον άξονα του ποταμού. Τα εμπόδια δημιουργούνται κυρίως από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Μερικά εκ των οποίων είναι: φράγματα, δέσεις, δρόμοι, αντιδιαβρωτικά έργα, αναβαθμίδες, γέφυρες. Αυτά τα έργα αλλοιώνουν τη φυσική συνέχεια του ποταμού – διότι πολλά είδη δεν μπορούν να υπερβούν τις τεχνητές υδατοπτώσεις που δημιουργούνται.

Συνεπώς, ιχθυολογικές μέθοδοι βιοεκτιμήσεων μπορούν να αναγνωρίσουν και να ποσοτικοποιήσουν τις επιπτώσεις από: (α) διαταραχές της ποσότητας, της ταχύτητας ροής και άλλων υδρολογικών χαρακτηριστικών του νερού, (β) παρεμπόδιση των μεταναστεύσεων, π.χ. λόγω της δημιουργίας φραγμάτων, (γ) μορφολογικές αλλοιώσεις της κοίτης, των πρηνών και της κατάστασης του υποστρώματος ποταμών και λιμνών, (δ) αλλαγή της δομής και κατάστασης της παρόχθιας βλάστησης, που συνήθως συνοδεύει τις διακυμάνσεις απορροής, και (ε) μεταβολές θερμοκρασίας και άλλων φυσικοχημικών παραμέτρων που προξενούνται άμεσα ή έμμεσα από μεταβολές των συνθηκών ροής (Οικονόμου 2009).



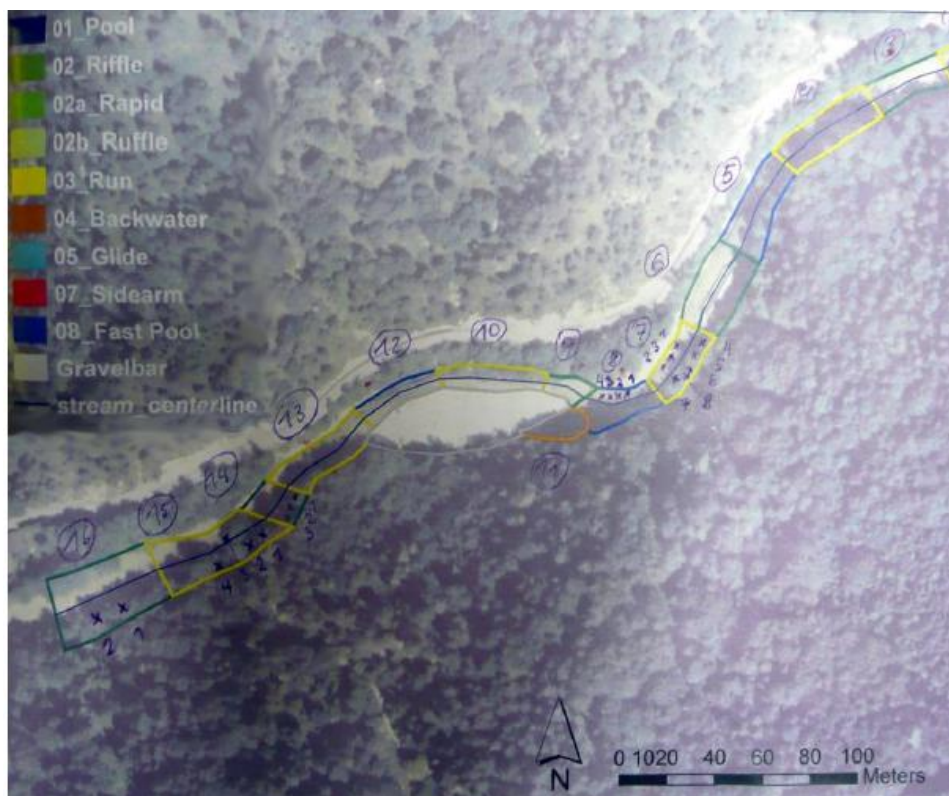
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

πρέπει να παραμένουν στο ποτάμι μετά από τυχόν ανθρωπογενείς παρεμβάσεις χωρίς να υποβαθμίζεται το ευρύτερο οικοσύστημα.

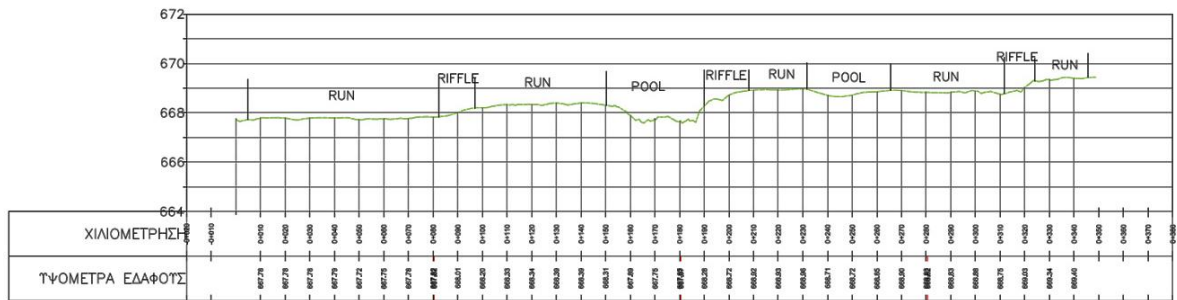
Ο παρατηρητής από προσωπική εμπειρία και με υποστηρικτικό υλικό (χάρτες, δορυφορικές εικόνες κτλ) αναγνωρίζει τους τύπους μεσοενδιατήματος. Η καταλληλότερη εποχή που μπορεί να γίνει αυτό είναι την περίοδο όπου επικρατούν χαμηλές φυσικές παροχές, όπου η αναγνώριση μπορεί να γίνει εύκολα και με ασφάλεια. Η αναγνώριση των μεσοενδιατημάτων περιλαμβάνει καταγραφή σε ειδική φόρμα πεδίου (παράρτημα Α) συγκεκριμένων χαρακτηριστικών. Ο εξοπλισμός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι μετρητική ταινία ή αποστασιόμετρο καθώς και ειδικά διαμορφωμένα σταδία με ενδείξεις βάθους.

Στη συνέχεια παρατίθενται παραδείγματα από τα αποτελέσματα της καταγραφής των μεσοενδιατημάτων και της οριοθέτησης αντιπροσωπευτικού τμήματος στην περιοχή του Αχελώου. Στην εικόνα 3.2 που ακολουθεί έχουν οριοθετηθεί σε αεροφωτογραφία οι τύποι των μεσοενδιατημάτων και το αντιπροσωπευτικό τμήμα, όπως αυτά προέκυψαν από την επιτόπια παρατήρηση. Ενώ στο σχήμα 3.2 η αποτύπωση των ΥΜΜ έγινε με βάση τη μηκοτομή τμήματος ποταμού, η οποία είχε υπολογιστεί από προηγούμενη μελέτη.



Εικόνα 3.2 Αεροφωτογραφία που απεικονίζει τους τύπους ΥΜΜ όπως έχουν καταγραφεί από την επιτόπια παρατήρηση





Σχήμα 3.2 Αποτύπωση τύπων ΥΜΜ σε τμήμα ποταμού μήκους 348m

Οι εικόνες 3.3 (αριστερά και δεξιά) που ακολουθούν, αφορούν τεχνικές αναγνώρισης και καταγραφής τύπων ΥΜΜ, με επιτόπια παρατήρηση.



Εικόνα 3.3 Παράδειγμα από την επιλογή του αντιπροσωπευτικού τμήματος με τη μέθοδο της χαρτογράφησης ενδιαιτήματος (φόρμα πεδίου για την καταγραφή ΥΜΜ)

3.3 Παράδειγμα οριοθέτησης αντιπροσωπευτικού τμήματος ποταμού

Στον πίνακα 3.2 που ακολουθεί παρατίθεται ένα παράδειγμα από την καταγραφή 1000 m μήκους ποτάμιας θέσης, το οποίο έχει προεπιλεγθεί με βάση τη γνώμη των ειδικών. Σε όλο το μήκος του συγκεκριμένου τμήματος γίνεται αναλυτική καταγραφή των τύπων μεσοενδιαιτήματος. Για κάθε ένα τύπο καταγράφονται το μήκος, το πλάτος, η έκταση, το κυρίαρχο είδος του υποστρώματος, τα χαρακτηριστικά του βάθι (πίνακας 3.2).

Πίνακας 3.2 Καταγραφή ΥΜΜ (μήκος, πλάτος, έκταση, κυρίαρχο είδος του υποστρώματος, χαρακτηριστικά του βάθι) σε ειδική φόρμα πεδίου



Τύπος ΥΜΜ	Μήκος (m)	Πλάτος (m)	Έκταση (m ²)	Είδος Υποστρώ-ματος	Μέγιστο Βάθος (m)	Μέσο Βάθος (m)
run	16.5	7	115.5	C	58	47
rapid	14	7.3	102.2	B	52	41.5
glide	16	15	240	C	68	51.5
rapid	29	8.7	252.3	C	47	29.75
pool	11.5	8.1	93.15	B	88	65.25
pool	26	7.2	187.2	B	92	77
pool	76	13	988	C	122	85
riffle	65	14	910	C	36	22.75
rapid	15.8	8	126.4	C	32	20.5
pool	93	18.3	1701.9	GR	150	93
riffle	30	20.6	618	C	38	26
run	43.5	12	522	C	36	26.5
glide	76	14	1064	C	52	42.75
riffle	13	14	182	C	35	18
run	31	19	589	C	65	36.75
rapid	23	18	414	C	42	23.5
pool	5	13.4	67	C	102	55.25
riffle	18	16	288	C	24	17
pool	37	13.2	488.4	C	77	69
rapid	79	11	869	B	42	24.75
run	24	10.2	244.8	C	51	43.75
riffle	80	12.2	976	B	60	22
riffle	38	8	304	B	42	34.75
rapid	17.7	14.3	253.11	B	32	24.75



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
 ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ


Η έννοια της βιοτικής τυπολογίας στους ποταμούς στηρίζεται στην εμπειρική παρατήρηση ότι πολλά είδη υδρόβιων οργανισμών –όπως τα ψάρια– μπορούν με την παρουσία και τη σύσταση των πληθυσμών τους να προσδιορίσουν διακριτές «βιοτικές ζώνες ποταμού», δηλαδή σχετικά ομοιογενή τμήματα με κοινά βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά. Μπορούμε να υποθέσουμε ότι παρόμοια τμήματα ποταμών με όμοια περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά φιλοξενούν παρόμοιες συναθροίσεις ψαριών, και σε γενικές γραμμές -εντός κοινών βιογεωγραφικών ορίων (Matthews 1998, Bayley & Li 2002, Belliard et al. 1997, Ζόγκαρης 2009). Στις συναθροίσεις των ειδών υδρόβιας ζωής λειτουργεί μια ιεραρχική χωρική σχέση που αρχίζει από τη μακροκλίμακα και διαφοροποιείται διαδοχικά ως τις επιμέρους υδρομορφολογικές μονάδες των επιφανειακών νερών (Moyle 1996, Moss 2000).

Οι υδρομορφολογικές μονάδες, αποτελούν τη βάση, καθώς συνδέουν τους μηχανισμούς της υδραυλικής και υδρολογίας του ποτάμιου οικοσυστήματος (παροχή, στερεοπαροχή, διάβρωση, ιζηματογένεση, μορφολογία του υδρογραφικού δικτύου, φυσικοχημική ποιότητα του νερού) με τις βιολογικές διεργασίες (προσαρμοστικότητα, συμπεριφορά, θήρευση, ανταγωνισμός, παραγωγή βιομάζας) ερμηνεύοντας έτσι σε μεγάλο βαθμό την κατανομή της χλωρίδας και της πανίδας και τη διαφοροποίησή τους στο χρόνο.

Η βασική σημασία της ζώνωσης είναι να μπορεί κανείς να εντοπίσει ευρύτερα μεγάλες και κοινές περιβαλλοντικές διαβαθμίσεις (gradients) στις οποίες ανταποκρίνεται η βιωτή με τέτοιο τρόπο που να δημιουργεί διακριτές και επαναλαμβανόμενες συναθροίσεις. Αυτή η βιοτική τυπολογία που ορίζει γενικευμένες ζώνες καθοδηγούμενες από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους είναι πολύ σημαντική στην αρχική κατανόηση της λειτουργίας των ποτάμιων οικοσυστημάτων. Συχνά τα πρότυπα ζώνωσης χρησιμοποιούν ευρύτερους αβιοτικούς παράγοντες (όπως υδρολογία, τάξη ποταμού, φυσικό-χημεία κ.ά.).



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
 ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ


4 Στάδιο Υδραυλικής Προσομοίωσης

4.1 Γενικά

Στο στάδιο αυτό, για την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας, περιγράφεται η υδραυλική προσομοίωση εντός των ορίων του αντιπροσωπευτικού τμήματος του ποταμού. Η υδραυλική προσομοίωση περιλαμβάνει τον υπολογισμό του βάθους, του πλάτους ροής και της ταχύτητας ροής, στο μήκος του ποταμού που ενδιαφέρει, για διάφορα σενάρια παροχών. Ο κύριος στόχος της υδραυλικής προσομοίωσης είναι ο υπολογισμός των υδραυλικών παραμέτρων ροής, για παροχές που δεν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις ταχύτητας, βάθους, κ.α. Τα αποτελέσματα αυτού του σταδίου συνδυάζονται με τα αποτελέσματα του επόμενου σταδίου της μεθοδολογίας (καμπύλες καταλληλότητας ενδιαίτηματος), ώστε τελικά να υπολογιστεί η ελάχιστη αποδεκτή οικολογική παροχή.

Η υδραυλική προσομοίωση διενεργείται με την εφαρμογή υδραυλικών μοντέλων ποτάμιας ροής. Η επιλογή του κατάλληλου υδραυλικού μοντέλου σχετίζεται με τα εξής χαρακτηριστικά:

- προσομοίωση σε 1 ή 2 διαστάσεις,
- απλοποιητικές παραδοχές που εφαρμόζονται για την επίλυση των εξισώσεων κίνησης της ποτάμιας υδραυλικής (εξισώσεις Saint Venant),
- ακρίβεια και εγκυρότητα των υπολογισμών,
- πλήθος και όγκος δεδομένων εισόδου που απαιτεί, καθώς και ευκολία εύρεσης ή μέτρησής τους,
- δυνατότητα υπολογισμού δευτερευόντων χαρακτηριστικών ροής όπως στερεοπαροχή

4.2 Επιλογή υδραυλικού μοντέλου που να ανταποκρίνεται στις Ελληνικές συνθήκες

Υπάρχει πληθώρα μοντέλων ποτάμιας υδραυλικής, ωστόσο η επιλογή ενός από αυτά σχετίζεται άμεσα με τον σκοπό και τους στόχους της εφαρμογής του, αλλά και τις ιδιαίτερες συνθήκες της περιοχής εφαρμογής του. Στο πλαίσιο του παρόντος έργου, το υδραυλικό μοντέλο θα πρέπει να μπορεί να συνεργάζεται / τροφοδοτεί το εργαλείο εκτίμησης της ελάχιστης αποδεκτής οικολογικής παροχής και συγχρόνως να είναι κατάλληλο για τον σχεδιασμό υδραυλικών έργων.

Στη διεθνή κοινότητα υπάρχουν διαθέσιμα υδραυλικά μοντέλα που περιλαμβάνουν και εργαλείο εκτίμησης της οικολογικής παροχής όπως το PHABSIM και το RIVER-2D. Ωστόσο και τα 2 δεν θεωρούνται ως τα πλέον κατάλληλα για την εφαρμογή τους στις ελληνικές



συνθήκες, λόγω ορισμένων μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν. Το PHABSIM παρόλο που διαθέτει εργαλείο υδραυλικής προσομοίωσης, αυτό εφαρμόζει αρκετά απλοποιημένες παραδοχές στους υδραυλικούς υπολογισμούς, με αποτέλεσμα να μην εφαρμόζεται από μηχανικούς και επιστήμονες για τον σχεδιασμό υδραυλικών έργων. Επιπλέον η εφαρμογή του απαιτεί μεγάλο πλήθος μετρήσεων στο πεδίο των υδραυλικών παραμέτρων ροής, κάτι που επίσης το καθιστά ακατάλληλο για τις ελληνικές συνθήκες. Το RIVER-2D από την άλλη πλευρά αποτελεί μια καλύτερη εναλλακτική, που συνεχίζει να παρουσιάζει ωστόσο το μειονέκτημα της εξαιρετικά μειωμένης εφαρμοστικότητας από τους επιστήμονες στο σχεδιασμό υδραυλικών έργων. Επιπλέον, λόγω της διδιάστατης προσομοίωσης που εκτελεί, απαιτεί περισσότερα δεδομένα εισόδου και είναι πιο δύσκολο στην εφαρμογή του αλλά και χρονοβόρο στους υπολογισμούς. Αυτό συνεπάγεται πως ο βαθμός ευκολίας εφαρμογής του θα είναι μικρός καθώς θα απαιτεί υδραυλικούς επιστήμονες με ιδιαίτερη εμπειρία και γνώση στο αντικείμενο. Το βασικό του πλεονέκτημα, παρά τη μειωμένη εφαρμογή του στον ελληνικό χώρο, κυρίως λόγω του διδιάστατου χαρακτήρα του είναι η μεγαλύτερη ακρίβεια στα αποτελέσματα εφόσον δίνεται η δυνατότητα εφαρμογής ακόμα και κάτω από ιδιαίτερες συνθήκες ροής.

Βασική προϋπόθεση για την δημιουργία ενός εργαλείου εκτίμησης οικολογικής παροχής, ελκυστικού στην εφαρμογή και κατάλληλου για τις ελληνικές συνθήκες, αποτελεί η αντιμετώπιση των προαναφερομένων δυσκολιών, με την επιλογή ενός υδραυλικού μοντέλου που θα πληροί τα εξής κριτήρια:

- Ευρεία αποδοχή και εφαρμογή από επιστήμονες για τον σχεδιασμό υδραυλικών έργων στην Ελλάδα
- Μικρές απαιτήσεις σε δεδομένα εισόδου και μικρό κόστος εφαρμογής
- Ακρίβεια και εγκυρότητα υπολογισμών
- Συνεργασία με το εργαλείο εκτίμησης της ελάχιστης οικολογικής παροχής

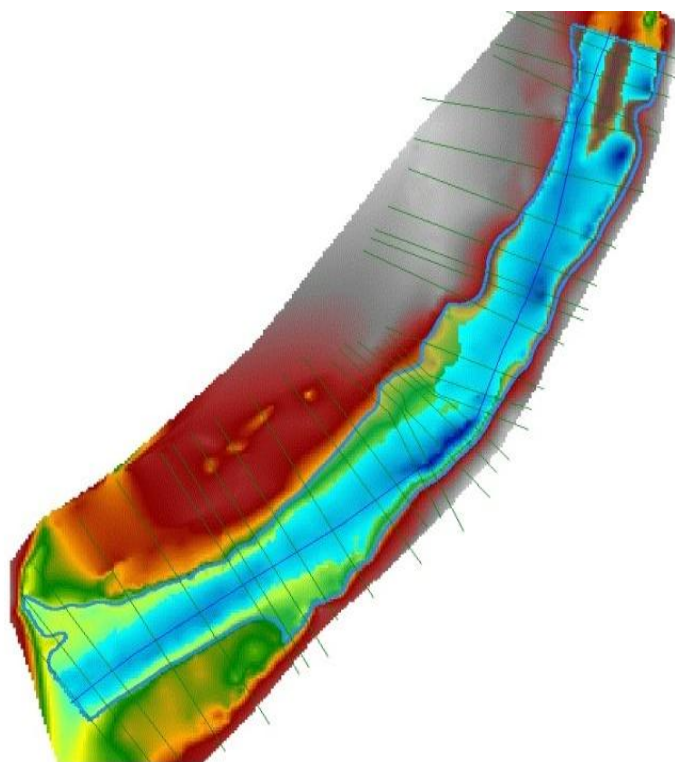
Στο πλαίσιο εκπόνησης του έργου ECOFLOW, “Σύστημα εκτίμησης της αποδεκτής οικολογικής παροχής σε ποτάμια της Ελλάδας” προτείνεται η εφαρμογή του υδραυλικού μοντέλου HEC-RAS v4.1, USACE. Το HEC-RAS είναι ένα καλά εδραιωμένο υδραυλικό μοντέλο που χρησιμοποιείται ευρέως στον σχεδιασμό υδραυλικών έργων στην Ελλάδα από μηχανικούς. Είναι μοντέλο μονοδιάστατης ροής (επίπεδη στάθμη νερού σε κάθε διατομή, μεταβολή της ταχύτητας μόνο κατά μήκος του ποταμού), το οποίο επιλύει αριθμητικά τις εξισώσεις Saint Venant, με τη βοήθεια ενός σχήματος πεπερασμένων διαφορών. Η αξιοπιστία



4.4 Προετοιμασία δεδομένων εισόδου – στοιχεία τοπογραφίας κοίτης

Το βασικότερο και σημαντικότερο στάδιο της υδραυλικής προσομοίωσης, είναι η τοπογραφική αποτύπωση του τμήματος του ποταμού που θα μελετηθεί (εικόνα 4.1). Η σωστή αποτύπωση του ανάγλυφου συνεπάγεται ευκολότερη βαθμονόμηση του υδραυλικού μοντέλου αλλά και ρεαλιστικότερα αποτελέσματα. Σφάλματα κατά το στάδιο αυτό είναι δύσκολο να διορθωθούν αργότερα, ενώ επηρεάζουν στο μεγαλύτερο βαθμό τα αποτελέσματα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί βέβαια στις μετρήσεις ώστε η ακρίβεια να είναι της τάξης των 1-2 cm

Η τοπογραφική αποτύπωση του ποταμού μπορεί να γίνει με 2 τρόπους: είτε συνεχής σε όλο το μήκος και πλάτος είτε διακριτή στις θέσεις μόνο όπου θα “κοπούν” οι διατομές. Ο πρώτος τρόπος έχει μεγαλύτερο όγκο δεδομένων και απαιτεί περισσότερη δουλειά στο πεδίο, ωστόσο χάρη στη χρήση τοπογραφικών GPS η αποτύπωση γίνεται πλέον εύκολα (εικόνα 4.2). Το πλεονέκτημα είναι ότι υπάρχει αποτύπωση όλου του τμήματος μελέτης του ποταμού και υπάρχει έτσι η δυνατότητα το πλήθος και η απόσταση μεταξύ των διατομών να καθοριστεί αργότερα από το γραφείο, ενώ τα αποτελέσματα του υδραυλικού μοντέλου μπορούν να παρουσιαστούν σε χάρτες όπως παρουσιάζεται παρακάτω.



Εικόνα 4.1 Χάρτης περιοχής μελέτης Μεσοχώρα ανάντη με αποτελέσματα του βάθους ροής και των θέσεων των διατομών



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Στην περίπτωση της διακριτής αποτύπωσης διατομών, έχουν προαποφασιστεί οι θέσεις και η απόσταση μεταξύ των διατομών και με τη βοήθεια χωροβάτη και σταδίας και αποτυπώνονται μόνο αυτές οι συγκεκριμένες διατομές. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου αποτύπωσης είναι ότι στην περίπτωση που κατά την εφαρμογή του υδραυλικού μοντέλου χρειαστεί να αλλάξουν θέση ή να πυκνώσουν οι διατομές, αυτό απαιτεί εξ αρχής δουλειά πεδίου. Ωστόσο υπάρχουν περιπτώσεις όπου η διακριτή αποτύπωση αποτελεί μονόδρομο, όπως στην περίπτωση όπου λόγω της τοπογραφίας και της βλάστησης στην περιοχή, δεν υπάρχει επικοινωνία με τη κεντρική μονάδα του τοπογραφικού GPS.



Εικόνα 4.2 Τοπογραφική αποτύπωση με χρήση ειδικού τοπογραφικού εξοπλισμού. Τοπογραφικό GPS (επάνω εικόνα), χωροβάτης και σταδία (κάτω εικόνα)

4.5 Περιγραφή αποτύπωσης με Γεωδαιτικό εξοπλισμό GPS

Ειδικός εξοπλισμός που περιλαμβάνει διπλόσυγχο δέκτη GPS και ασύρματη συσκευή ελέγχου των δεκτών (σταθμός βάσης) είναι ο εξοπλισμός που απαιτείται για την συνεχή τοπογραφική αποτύπωση του ποταμού σε όλο το μήκος. Η ακρίβεια προσδιορισμού θέσης για το κάθε ζεύγος των διπλόσυγχων δεκτών GPS είναι:

- μικρότερη του 1 εκατοστού οριζοντιογραφικά και υψομετρικά, για στατικό εντοπισμό και μετεπεξεργασία δεδομένων (Static, Post – Processing),
- μικρότερη του 1 εκατοστού οριζοντιογραφικά και 2 εκατοστών υψομετρικά, για κινηματικό εντοπισμό πραγματικού χρόνου (RTK – Real Time Kinematic).

Πρώτο στάδιο των εργασιών πεδίου αποτελεί η εύρεση και μέτρηση των τριγωνομετρικών σημείων. Η επιλογή των τριγωνομετρικών σημείων γίνεται σύμφωνα με κριτήρια ασφάλειας πρόσβασης και κάλυψης της περιοχής μελέτης. Ανάλογα με το μέγεθος της περιοχής μελέτης ορίζονται και τα αντίστοιχα τριγωνομετρικά σημεία, τα οποία και μετρούνται με διπλόσυγχους δέκτες GPS, με την μέθοδο του στατικού εντοπισμού, ταυτόχρονα με τις κινηματικές μετρήσεις. Ο χρόνος παραμονής και μέτρησης στα σημεία είναι από 10 έως 20 λεπτά.

Για την επίλυση χρησιμοποιούνται δεδομένα από τους εγγύτερους σταθμούς αναφοράς του Ελληνικού Συστήματος Εντοπισμού (HEPOS), οπότε και ακολουθείται διόρθωση των μετρήσεων. Η μετατροπή των συντεταγμένων από το σύστημα αναφοράς του HEPOS στο Ελληνικό Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς γίνεται με τη χρήση του επίσημου μετασχηματισμού ITRF – ΕΓΣΑ της Κτηματολόγιο Α.Ε. Αναλυτικά τα βήματα που ακολουθούνται είναι:

- επιλογή εγγύτερου σταθμού αναφοράς του HEPOS στην κάθε θέση
- εισαγωγή των αρχείων των μετρήσεων, και των αρχείων των δεδομένων του HEPOS σε ειδικό λογισμικό
- επίλυση των γραμμών βάσης μεταξύ των τριγωνομετρικών και του σταθμού αναφοράς του Hepos
- επίλυση των ταχυμετρικών σημείων χρησιμοποιώντας τις λειτουργίες επεξεργασίας που προσφέρονται από το χειριστήριο πεδίου



Στις παρακάτω εικόνες (εικόνες 4.3, αριστερά και δεξιά) παρουσιάζονται εργασίες πεδίου από την αποτύπωση με τοπογραφικό GPS του ανάγλυφου ενός τμήματος του ποταμού Αχελώου.



Εικόνα 4.3 Εργασίες πεδίου γεωγραφική αποτύπωση ανάγλυφου

Ο τρόπος τοπογραφικής αποτύπωσης είναι τελική απόφαση του μελετητή, ωστόσο στην εκπόνηση του παρόντος έργου εφαρμόστηκε ο τρόπος αποτύπωσης με τοπογραφικό GPS. Στην περίπτωση αυτή οι μετρήσεις του GPS (σημεία με x,y,z) χρησιμοποιούνται μέσω κατάλληλου λογισμικού για την κατασκευή του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DEM) του τμήματος μελέτης. Παράλληλα με την τοπογραφική αποτύπωση, σε κάθε σημείο μέτρησης δίνεται και ένας κωδικός ανάλογα με τον τύπο υποστρώματος της κοίτης στο σημείο (άμμος, κροκάλες, βράχια, κ.α), με το αν έχει ή όχι βλάστηση και με το αν κατακλύζεται ή όχι με νερό (πίνακας 4.1). Επίσης, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην επαρκή κάλυψη της περιοχής μελέτης με μετρήσεις. Συγκεκριμένα, θα πρέπει οι καταγραφές τοπογραφικών σημείων να είναι όσο πυκνότερες γίνεται, ιδανικά ανά 1-2 μέτρα περίπου και να καλύπτονται οπωσδήποτε σημαντικές αλλαγές στο βάθος, στην κλίση του ποταμού αλλά και φυσικά εμπόδια (νησίδες, βλάστηση, κτλ). Στο σημείο αυτό πρέπει επιπρόσθετα, να τονισθεί ιδιαίτερα ότι οι τύποι υποστρώματος που θα χρησιμοποιηθούν στο υδραυλικό μοντέλο πρέπει να ταυτίζονται με τους τύπους που θα χρησιμοποιηθούν στα μοντέλα προσομοίωσης ενδαιτήματος σε επόμενο στάδιο της μεθοδολογίας (πίνακας 4.1).



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



(Chow, 1959). Ο τελικός συντελεστής τραχύτητας κάθε διατομής θα προκύψει μετά από την διαδικασία βαθμονόμησης του μοντέλου.

4.6 Εφαρμογή υδραυλικού μοντέλου

Εφόσον επιλεγεί το κατάλληλο υδραυλικό μοντέλο, που να ικανοποιεί τα κριτήρια που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενη παράγραφο και να εκπληρώνει τους συγκεκριμένους στόχους εφαρμογής του, ακολουθεί η εφαρμογή του. Για τον σκοπό της προσομοίωσης ενδιαιτημάτων και την εκτίμηση της ελάχιστης οικολογικής παροχής, η υδραυλική προσομοίωση γίνεται για συνθήκες μόνιμης ροής δηλ. η παροχή παραμένει σταθερή στη διάρκεια του χρόνου.

Η εφαρμογή ενός υδραυλικού μοντέλου, προϋποθέτει τον ορισμό των αρχικών και οριακών συνθηκών στο τμήμα του ποταμού που μελετάται. Με τον όρο αρχικές συνθήκες νοούνται τα σενάρια διαφορετικών παροχών που θα προσομοιωθούν, ενώ με τον όρο οριακές συνθήκες νοείται η στάθμη νερού στην πιο ανάντη ή/και κατόντη διατομή του τμήματος ποταμού που μελετάται. Οι παροχές που θα προσομοιωθούν θα πρέπει να αντιπροσωπεύουν ένα τμήμα των παροχών του ποταμού από την Άνοιξη έως το Φθινόπωρο. Για την εισαγωγή των οριακών συνθηκών θα πρέπει να γίνει εισαγωγή μετρημένης στάθμης στις διατομές αυτές για τις αντίστοιχες παροχές που θα προσομοιωθούν, από διαδικασία υδρομετρήσεων ή από καμπύλες στάθμης παροχής.

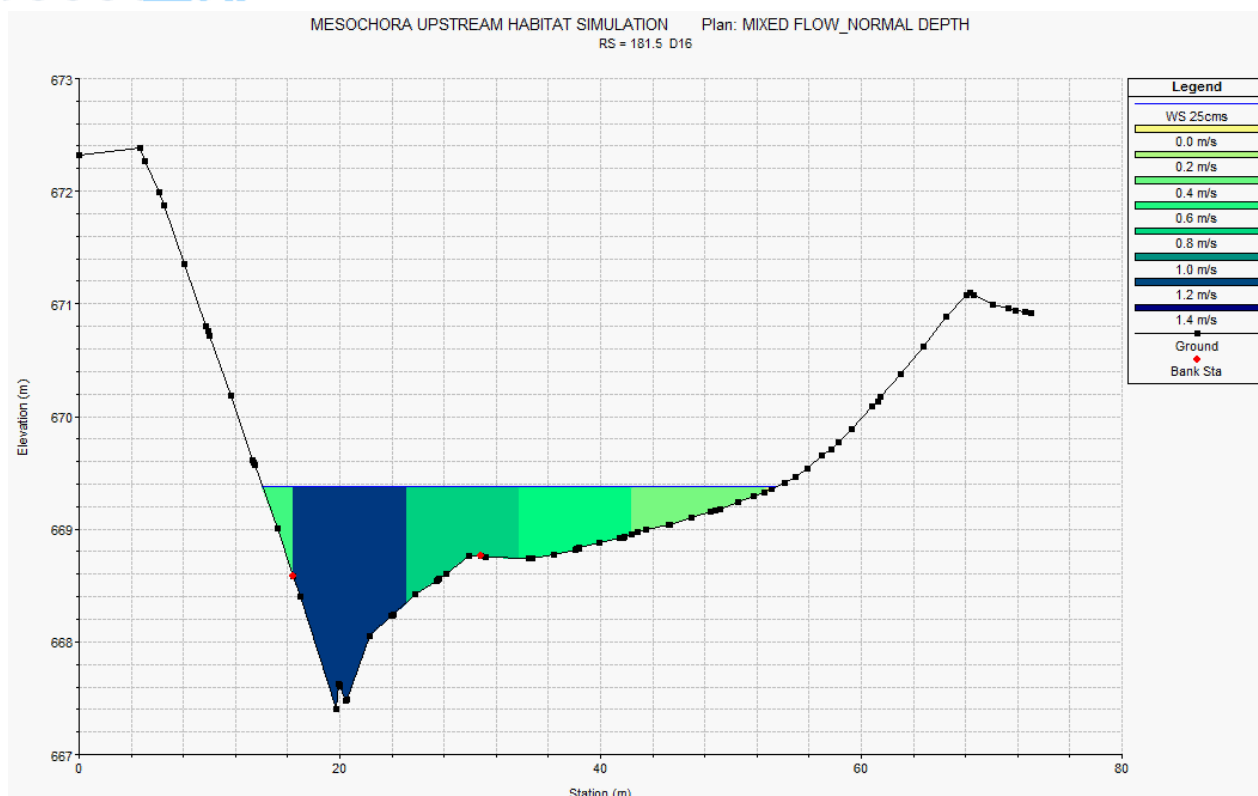
Επόμενο βήμα στην εφαρμογή του υδραυλικού μοντέλου είναι η διακριτοποίηση των διατομών σε επιμέρους κελιά (εικόνα 4.6) σύμφωνα με την μεθοδολογία IFIM. Με τον τρόπο αυτό θα υπολογιστεί ξεχωριστή ταχύτητα ροής σε κάθε κελί και όχι μια μέση ταχύτητα για όλη τη διατομή. Ο αριθμός των κελιών εξαρτάται από την τοπογραφία, το υπόστρωμα σε κάθε διατομή και από τον τύπο του ποταμού, ενώ δεν θα πρέπει να είναι μεγάλος καθώς αυτό θα καταστήσει δύσκολη την διαδικασία βαθμονόμησης και θα δώσει εσφαλμένα αποτελέσματα ταχυτήτων.



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ





Εικόνα 4.6 Διακριτοποίηση διατομής σε κελιά και υπολογισμός ταχύτητας σε καθένα από αυτά

4.7 Βαθμονόμηση υδραυλικού μοντέλου

Η βαθμονόμηση του υδραυλικού μοντέλου είναι η διαδικασία με την οποία ρυθμίζονται ορισμένες παράμετροι ώστε τα αποτελέσματα του μοντέλου να είναι κοντά στις πραγματικές μετρήσεις. Η βαθμονόμηση γίνεται κυρίως μέσω του συντελεστή τραχύτητας. Απαιτείται η μέτρηση της στάθμης και της ταχύτητας σε ορισμένες κρίσιμες διατομές του τμήματος ποταμού που μελετάται και στη συνέχεια η μεταβολή του συντελεστή τραχύτητας μέχρις ότου οι υπολογισμένες τιμές να πλησιάζουν στις μετρημένες.

Κριτήρια για την χωροθέτηση των κρίσιμων διατομών όπου θα γίνει η βαθμονόμηση του μοντέλου, είναι οι σημαντικές αλλαγές στην κλίση του ποταμού, ή στην μορφολογία των διατομών, καθώς επίσης και θέσεις όπου υπάρχει συμβολή ή διαχωρισμός κλάδων του ποταμού, αλλά και οι διατομές όπου αλλάζουν οι οριακές συνθήκες.



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



4.8 Αποτελέσματα υδραυλικού μοντέλου

Τελικό στάδιο της υδραυλικής προσομοίωσης είναι η εξαγωγή αποτελεσμάτων βάθους και ταχύτητας ροής, αλλά και άλλων παραμέτρων όπως μεταβολή του υποστρώματος του πυθμένα. Τα αποτελέσματα βάθους και ταχύτητας για όλα τα σενάρια παροχών εξάγονται σε ψηφιδωτά αρχεία (raster), έτσι ώστε σε επόμενο στάδιο της μεθοδολογίας να συνδυαστούν με τις Καμπύλες Καταλληλότητας Ενδειατήματος, για να προκύψει τελικά η ελάχιστη αποδεκτή οικολογική παροχή (περιγράφονται τα βήματα παρακάτω).



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



5 Μοντέλα προσομοίωσης ενδαιτήματος

5.1 Γενική περιγραφή

Η μοντελοποίηση των ενδαιτημάτων των οικοσυστημάτων του υδατικού περιβάλλοντος είναι μία καινούργια προσέγγιση σε εφαρμοσμένο επίπεδο για την εκτίμηση της οικολογικής παροχής. Είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στο εξωτερικό, κατά την τελευταία δεκαετία, καθώς με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα να συνυπολογιστούν οι ανάγκες βιοτικών ομάδων στόχων στη διαχείριση και λειτουργία μεγάλων έργων που αφορούν τα εσωτερικά ύδατα μιας περιοχής (υδρομαστεύσεις, φράγματα, εκτροπές, μικρά υδροηλεκτρικά έργα κα). Βασικός στόχος είναι η εκτίμηση της επίδρασης των μεταβολών της ροής ενός ποταμού, στη διαθέσιμη έκταση που έχουν οι οργανισμοί στόχοι (ενδείκτες), για να μπορούν να διαβιούν υπό καλές συνθήκες. Επίσης εφαρμόζεται και σε περιπτώσεις αποκατάστασης και διαχείρισης υποβαθμισμένων οικοσυστημάτων έχοντας ως επίκεντρο την ιχθυοπανίδα ή και άλλους υδρόβιους οργανισμούς (μακροασπόνδυλα, μακρόφυτα κα.) ανάλογα με τον ποταμό και την περιοχή που μελετάται. Η κύρια λειτουργία των μοντέλων προσομοίωσης ενδαιτημάτων είναι η εκτίμηση των κρίσιμων αβιοτικών παραμέτρων εκφραζόμενες ως απαιτήσεις των οργανισμών, στους χώρους (ενδαιτήματα) εντός των οποίων διαβιούν οι οργανισμοί αυτοί.

Κάθε οργανισμός έχει τις δικές του απαιτήσεις όσον αφορά τα χαρακτηριστικά του ενδαιτήματος που προτιμά. Για τη διευκόλυνση της μελέτης των απαιτήσεων των οργανισμών, ορίζονται διαφορετικές χωρικές κλίμακες εντός των οποίων μελετώνται τα αβιοτικά χαρακτηριστικά κατά συνέπεια και οι απαιτήσεις των οργανισμών. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις ως προς τις κλίμακες που πρέπει να επικεντρώνεται ο μελετητής (λεκάνη απορροής, ποτάμιο τμήμα, μέσο – μικρο ενδαιτήμα, κτλ, εικόνα 5.1). Η μεθοδολογία εκτίμησης της οικολογικής παροχής των ελληνικών ποταμών επικεντρώνεται σε επίπεδο μεσοκλίμακας (ορισμός μεσοενδαιτημάτων²) όπου περιλαμβάνονται όλα τα αντιπροσωπευτικά ενδαιτήματα του ποταμού (riffles, pools, rapids, κτλ) σε ποσοστό αντίστοιχο με αυτό που ισχύει για ολόκληρο το τμήμα του ποταμού που ανήκει στον ίδιο τύπο (πχ ορεινά, ασβεστολιθικά με μέτρια κλίση).

Στην χωρική κλίμακα αυτή (μεσοενδαιτήμα), πραγματοποιούνται οι υδρολογικές και υδραυλικές μετρήσεις και προσομοιώσεις έτσι ώστε να καταγραφούν οι επιπτώσεις διαφόρων σεναρίων

² Το μεσοενδαιτήμα είναι ένα τμήμα ποταμού που εμφανίζει ομοιογενή χαρακτηριστικά σε όλο το μήκος του ως προς τη ταχύτητα ροής, τα βάθη, τους τύπους υποστρώματος και την κάλυψη της κοίτης και ταυτίζεται στη βιβλιογραφία με τον όρο της υδρομορφολογικής μονάδας (βλέπε 3.3 κεφάλαιο).



παράγονται από ειδικευμένους επιστήμονες που γνωρίζουν πολύ καλά τη συμπεριφορά και τις προτιμήσεις της ιχθυοπανίδας εντός των ποταμών.

Τύπος I I : Καμπύλες Καταλληλότητας Χρήσης Ενδιαιτήματος (Habitat Suitability Use Curves). Οι καμπύλες αυτές μπορούν να παραχθούν με επιτόπια παρατήρηση εφαρμόζοντας τη μέθοδο της υποβρύχιας παρατήρησης (snorkeling).

Τύπος I I I : Καμπύλες Καταλληλότητας Προτιμήσεως Ενδιαιτήματος (Habitat Suitability Preference Curves). Στην ουσία με τις καμπύλες της κατηγορίας αυτής, επιδιώκεται να γίνει αντιληπτή η προτίμηση που δείχνουν οι ιχθυοκοινότητες ως προς την κατανομή τους στον χώρο.

Συνηθέστερα χρησιμοποιούνται οι καμπύλες καταλληλότητας χρήσης ενδιαιτήματος, οι οποίες αντιπροσωπεύουν το ενδιαίτημα που χρησιμοποιεί το είδος που μελετάται τη στιγμή της παρατήρησης.

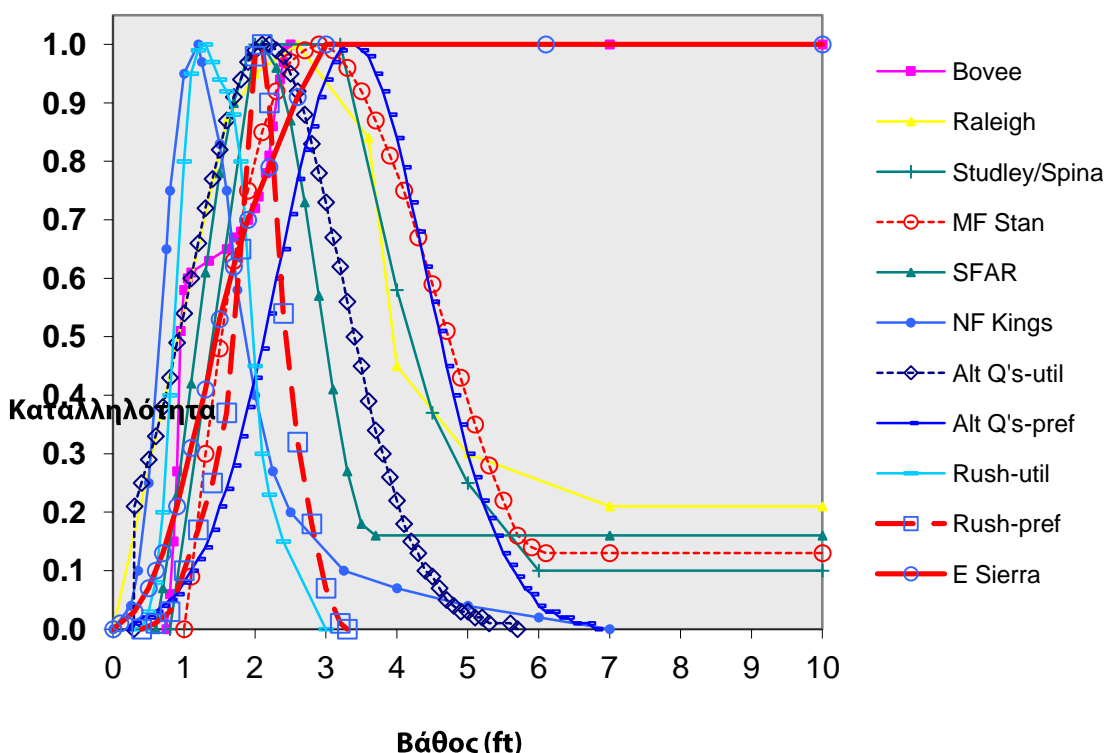
Οι καμπύλες έχουν ως στόχο την απόδοση ενός δείκτη καταλληλότητας, ο οποίος δέχεται τιμές από μηδέν έως ένα, για κάθε παράμετρο που εξετάζεται. Η τιμή μηδέν χρησιμοποιείται όταν η καταλληλότητα είναι πρακτικά μηδέν, χωρίς να υπάρχει κατάλληλο ενδιαίτημα, ενώ όταν η τιμή του δείκτη είναι μονάδα, τότε η καταλληλότητα του ενδιαιτήματος είναι άριστη.

Στις επόμενες εικόνες παρατίθενται καμπύλες καταλληλότητας ενδιαιτήματος από τη βιβλιογραφία, ως προς την παράμετρο του βάθους (εικόνα 5.2) και της ταχύτητας (εικόνα 5.3) για το είδος *Salmo trutta* (πέστροφα) ενήλικο στάδιο ζωής. Στην εικόνα 5.4 παρατίθενται καμπύλες καταλληλότητας από τη βιβλιογραφία, ως προς την παράμετρο του τύπου υποστρώματος για τα νεαρά άτομα του ίδιου είδους (*Salmo trutta*).



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Ενήλικη Πέστροφα


Εικόνα 5.2 Καμπύλες καταλληλότητας ενδιαιτήματος ως προς το βάθος, για την ενήλικη πέστροφα από διάφορους συγγραφείς στη βιβλιογραφία

Οι καμπύλες καταλληλότητας ενδιαιτήματος δείχνουν τα βέλτιστα χαρακτηριστικά για κάθε είδος οργανισμού και ηλικιακό στάδιο (πχ ενήλικη πέστροφα, νεαροί ποταμοκέφαλοι, κτλ) ως προς το βάθος, την ταχύτητα νερού και το είδος υποστρώματος. Τα δεδομένα αυτά εισάγονται στα αποτελέσματα του υδραυλικού μοντέλου ώστε να μεταφραστούν οι προσομοιωμένες ταχύτητες ροής και βάθος του ποταμού σε δείκτες καταλληλότητας διαβίωσης οργανισμών για κάθε μια από αυτές τις παραμέτρους. Έτσι για κάθε σενάριο παροχής προκύπτουν οι χάρτες καταλληλότητας ενδιαιτημάτων για τις ανωτέρω παραμέτρους οι οποίοι συνδυαζόμενοι αλγεβρικά δίνουν την συνολική κατανομή των κατάλληλων ενδιαιτημάτων στο ποτάμι για την συγκεκριμένη παροχή. Η ακριβής διαδικασία παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω. Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι οι βιβλιογραφικές καμπύλες καταλληλότητας διαφέρουν πάρα πολύ από μελετητή σε μελετητή. Αυτό οφείλεται κατ' αρχήν στις διαφορές των υδραυλικών και βιολογικών συνθηκών που υπάρχουν σε διαφορετικούς τύπους ποταμών. Έτσι, στα πεδινά τμήματα των ποταμών, οι οργανισμοί που διαβιούν είναι πιθανότερο να προτιμούν ήρεμα και βαθιά νερά ενώ στα ορεινά τμήματα

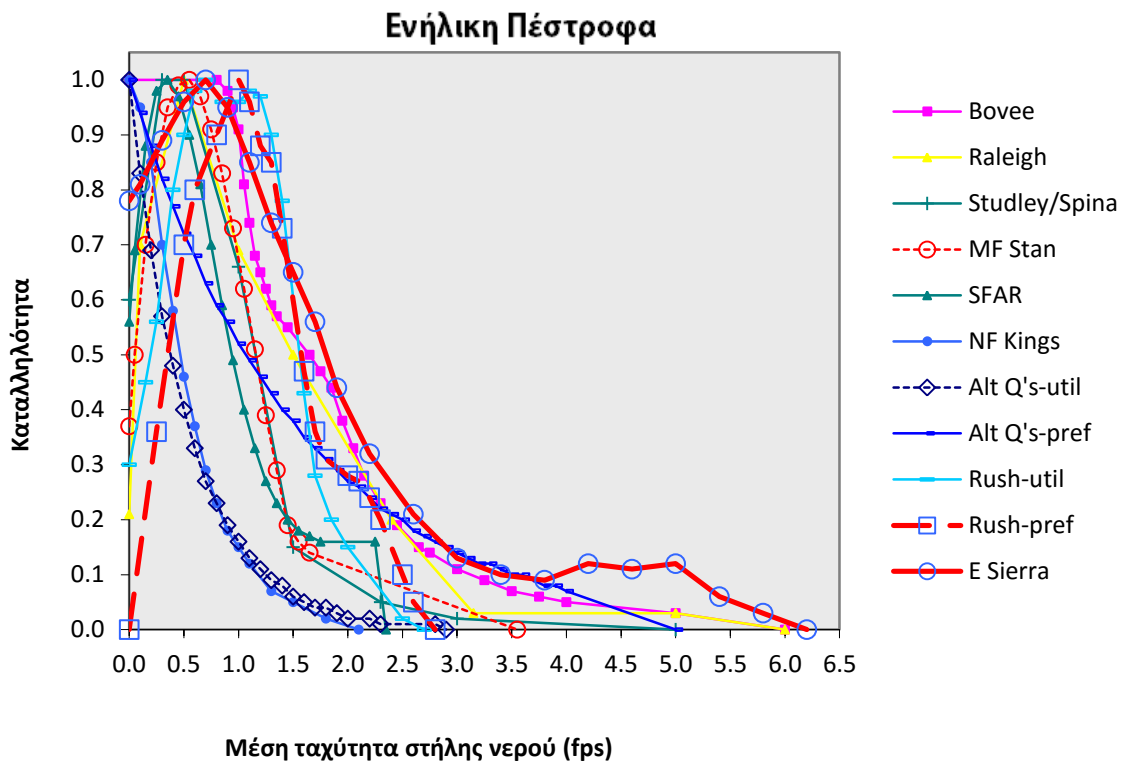


ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

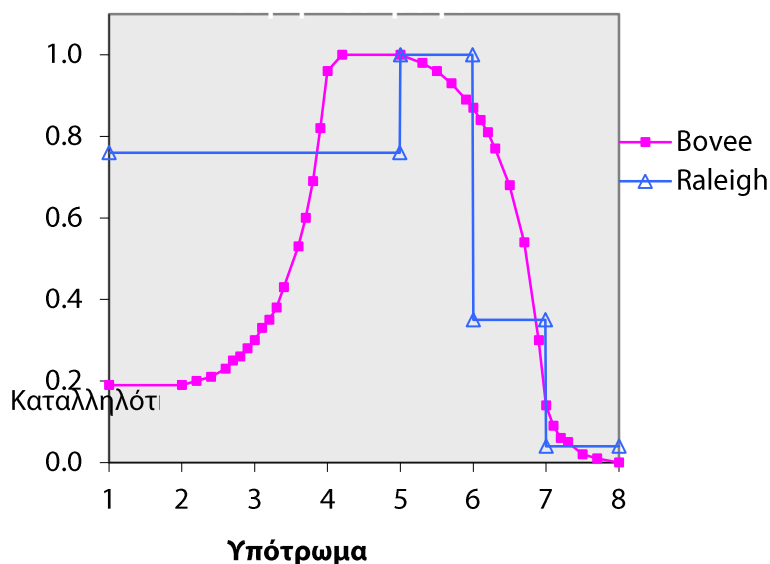
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



προτιμώνται γρήγορες ταχύτητες και μικρότερα βάθη. Επίσης, άλλοι παράγοντες όπως η υδροχημεία και τα επίπεδα ρύπανσης των νερών μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την καταγραφή της καταλληλότητας των ενδιαιτημάτων.



Εικόνα 5.3 Καμπύλες καταλληλότητας ενδιαιτήματος ως προς τη μέση ταχύτητα ροής στη στήλη νερού, για την ενήλικη πέστροφα από διάφορους συγγραφείς στη βιβλιογραφία



Εικόνα 5.4 Καμπύλες καταλληλότητας ενδιαιτήματος ως προς το τύπο του υποστρώματος, για την ενήλικη πέστροφα από διάφορους συγγραφείς στη βιβλιογραφία



6 Εκτίμηση της ελάχιστης αποδεκτής οικολογικής παροχής

6.1 Εφαρμογή αρχών Ενδοποτάμιας Αυξητικής Ροής (IFIM)

Στο τελικό στάδιο της μεθόδου για την εκτίμηση της οικολογικής παροχής υιοθετούνται τεχνικές που έχουν εφαρμοστεί για πρώτη φορά στη μέθοδο της Ενδοποτάμιας Αυξητικής Ροής (IFIM) στην Αμερική το 1970. Στο στάδιο αυτό ορίζονται βασικές κατευθύνσεις, αναδεικνύοντας τις προτεραιότητες με βάση τις οποίες μπορούν να ληφθούν αποφάσεις για τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Οι κατευθύνσεις αυτές τέθηκαν ως ερωτήματα για πρώτη φορά στα πλαίσια της IFIM και τα οποία θα πρέπει να μπορούν να απαντηθούν και για τα ελληνικά ποτάμια προτού ληφθούν αποφάσεις σχετικά με την τροποποίηση του φυσικού καθεστώτος ροής ενός ποταμού. Συγκεκριμένα, επειδή οι απαιτήσεις σε ενδιαιτήματα είναι διαφορετικές για το κάθε είδος, αυτό έχει ως αποτέλεσμα κατά την προσπάθεια τροποποίησης του καθεστώτος ροής για τη διατήρηση ενός συγκεκριμένου είδους οργανισμών, να υποβαθμίζονται κάποια άλλα είδη. Αυτό το γεγονός θα πρέπει να μπορεί να αξιολογηθεί από τοπικούς φορείς και ειδικούς ώστε να δοθεί η απαραίτητη προτεραιότητα σε σημαντικά ή προστατευόμενα είδη ή να επιλεγεί και ένα σενάριο καθεστώτος ροής που δεν θα είναι το απολύτως βέλτιστο για ένα είδος αλλά μπορεί να είναι αποδεκτά θετικό για δύο ή περισσότερα είδη. Επιπλέον, κρίσιμο στάδιο είναι το εάν η υδρολογική λεκάνη έχει υποστεί επιπτώσεις από ανθρώπινες παρεμβάσεις με σκοπό να βρίσκεται ή όχι σε οικολογική ισορροπία και ως εκ τούτου τα ενδιαιτήματα που υπάρχουν σε αυτή να είναι σε καλή κατάσταση. Συνεπώς με βάση την προηγούμενη εμπειρία που έχει αποκτηθεί από τη βιβλιογραφία και τα πολλά χρόνια εφαρμογής της IFIM σε πολλά μέρη του κόσμου προτείνονται τα παρακάτω στάδια για την ορθή εφαρμογή της εκτίμησης της οικολογικής παροχής και στα ελληνικά ποτάμια.

- Αναγνώριση του προβλήματος με καταγραφή των ευαίσθητων οικοσυστημάτων και οργανισμών του ποταμού,
- Μελέτη σκοπιμότητας με συλλογή στοιχείων χρήσεων νερού (άρδευση, ύδρευση, υδροηλεκτρική παραγωγή) και συνδεδεμένων οικονομικών δραστηριοτήτων (πχ βιομηχανία, τουρισμός, κτλ),
- Εφαρμογή της μεθόδου εκτίμησης οικολογικής παροχής για την εύρεση του βέλτιστου σεναρίου με οικολογικά κριτήρια,
- Εφαρμογή των υδραυλικών μοντέλων και των μοντέλων προσομοίωσης ενδιαιτημάτων,



- Εξέταση των επιπτώσεων των σεναρίων οικολογικής παροχής στην κάλυψη των ανθρωπογενών αναγκών νερού και στις οικονομικές δραστηριότητες.
- Επιλογή της βέλτιστης εναλλακτικής λύσης (συγκερασμός οικολογικών και κοινωνικοοικονομικών κριτηρίων)
- Παρακολούθηση της οικολογικής κατάστασης, επανεξέταση των σεναρίων οικολογικής παροχής και προσαρμογή (διορθωτικές κινήσεις).

Βασική διαφοροποίηση της μεθόδου που προτείνεται για την εκτίμηση της οικολογική παροχής προσαρμοσμένης στα ελληνικά δεδομένα συγκριτικά με την IFIM, είναι η χρήση υδραυλικών μοντέλων που προσομοιώνουν τις συνθήκες ταχύτητας, βάθους και είδους υποστρώματος.

Η διαδικασία που χρησιμοποιείται στην IFIM για να προσομοιώσει τα μακρο-ενδιαίτηματα με τις αλλαγές στο καθεστώς ροής εμπεριέχεται στο λογισμικό PHABSIM (*Physical Habitat Simulation*), το οποίο αποτελείται από 240 διακριτά modules που αναφέρονται στο βάθος νερού, στη ταχύτητα, στο υπόστρωμα και στη κάλυψη της κοίτης (Arthington & Zalucki, 1998). Η μεθοδολογία εκτίμησης της οικολογικής παροχής για τα ελληνικά ποτάμια μπορεί να συμπεριλάβει οποιοδήποτε υδραυλικό μοντέλο με το οποίο ο χρήστης έχει μια εξοικείωση (HEC RAS, MIKE 11 κτλ) και συνηθίζει να χρησιμοποιεί στο σχεδιασμό υδραυλικών έργων. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η μεγαλύτερη ακρίβεια, η αντιμετώπιση σύνθετων υδραυλικά ποταμών όπως αυτών της Ελλάδας, αλλά και η ευχρηστία της προτεινόμενης μεθοδολογίας για τα ελληνικά δεδομένα. Έτσι, από την υδραυλική προσομοίωση του αντιπροσωπευτικού τμήματος ποταμού μελέτης, όπως περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, προκύπτουν χάρτες κατανομής της ταχύτητας ροής, του βάθους και του υποστρώματος πυθμένα για κάθε ένα από τα διάφορα σεναρία παροχής που δοκιμάζονται στο μοντέλο.

6.2 Συνδυασμός αποτελεσμάτων υδραυλικού μοντέλου με τα αποτελέσματα των μοντέλων προσομοίωσης ενδιαιτήματος

Σε αυτό το στάδιο της μεθοδολογίας για την εκτίμηση της βέλτιστης και ελάχιστης οικολογικής παροχής γίνεται συνδυασμός των δύο προηγούμενων σταδίων, των αποτελεσμάτων της υδραυλικής προσομοίωσης και των καμπυλών καταλληλότητας ενδιαιτήματος. Για τον συνδυασμό χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παρεμβολής μεταξύ των τιμών των καμπυλών καταλληλότητας ενδιαιτήματος και των τιμών των παραμέτρων που έχουν εκτιμηθεί από το

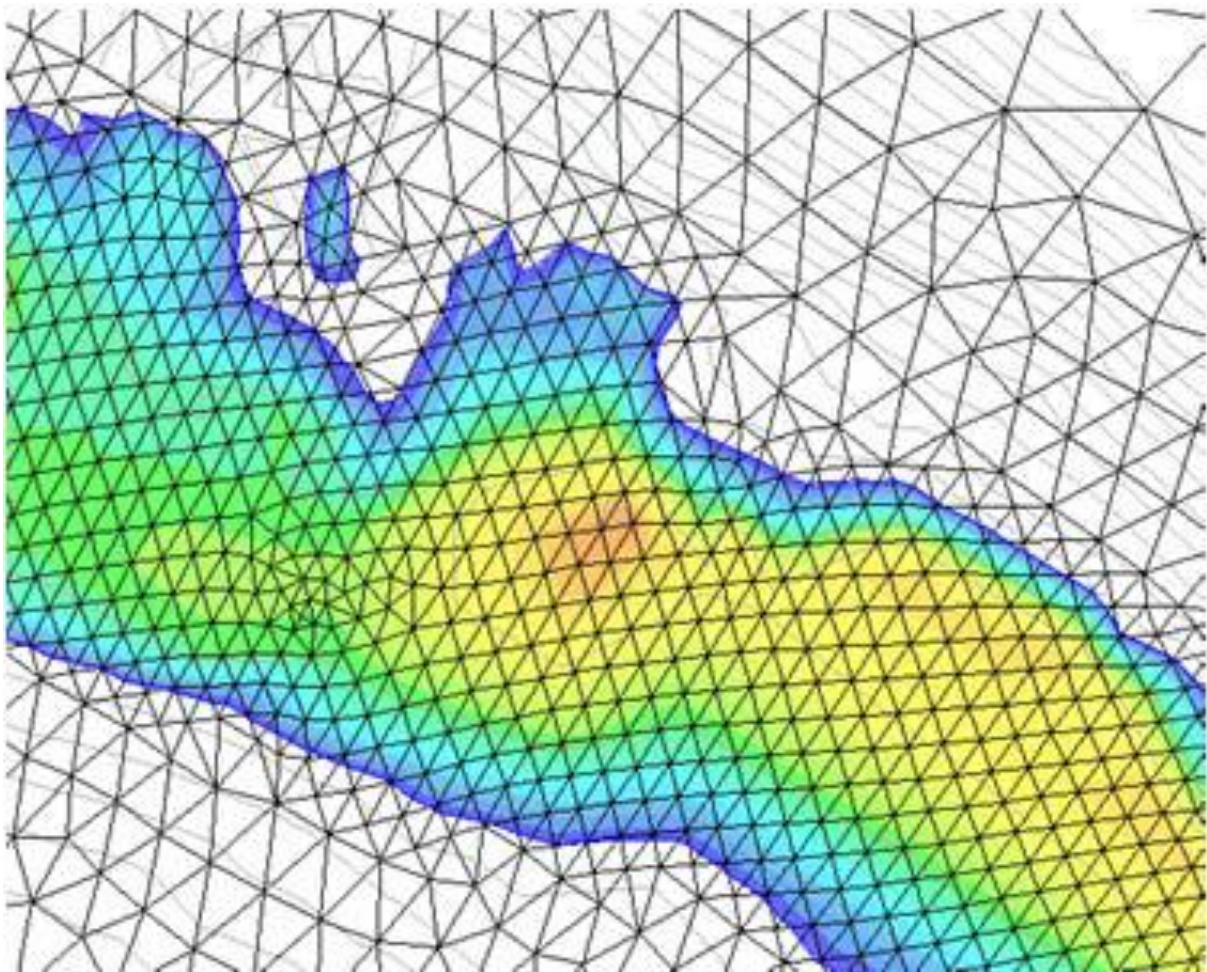


ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



υδραυλικό μοντέλο. Συγκεκριμένα γίνεται αντιστοίχιση των προσομοιωμένων αποτελεσμάτων του υδραυλικού μοντέλου υπό μορφή ψηφιδωτών αρχείων (raster) (εικόνα 6.1), σε τιμές του δείκτη καταλληλότητας, μέσω των καμπυλών καταλληλότητας ενδιαιτήματος. Η αντιστοίχιση του δείκτη εφαρμόζεται για κάθε σενάριο παροχής και για κάθε παράμετρο που εξετάζεται ξεχωριστά (βάθος, ταχύτητα, είδος υποστρώματος και κάλυψη) (παράρτημα Β). Συνεπώς, τα αρχεία με τα αποτελέσματα του υδραυλικού μοντέλου μετατρέπονται μέσω αυτής της διαδικασίας για κάθε παράμετρο (ταχύτητα, βάθος, υπόστρωμα) και για κάθε κελί, το μέγεθος του οποίου έχει ορίσει ο χρήστης στο υπόβαθρο των GIS, σε τιμές ανάλογα με την παροχή που έχει τεθεί ως αρχική συνθήκη στο υδραυλικό μοντέλο.



Εικόνα 6.1 Αναπαράσταση κελιών (ψηφιδωτή μορφή αρχείου) από τα αποτελέσματα του υδραυλικού μοντέλου ως προς μια παράμετρο (ταχύτητα)

Στους πίνακες 6.1 και 6.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων από δύο υδραυλικά μοντέλα (MIKE 11 και HEC RAS). Στον πίνακα 6.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων ως προς το βάθος και στον πίνακα 6.2 ως προς τις ταχύτητες για τρία σενάρια



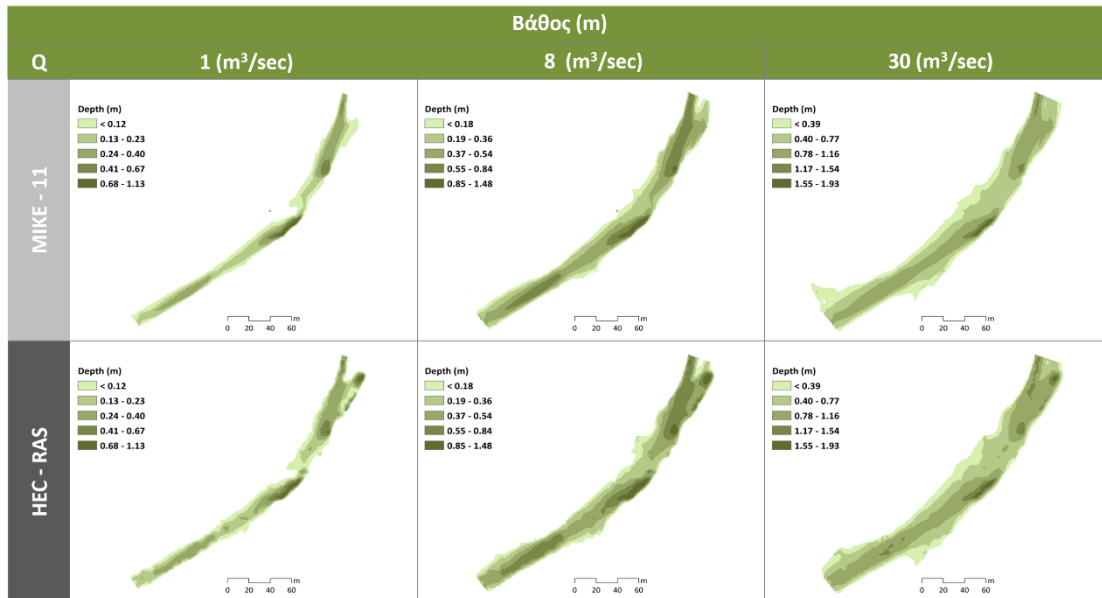
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

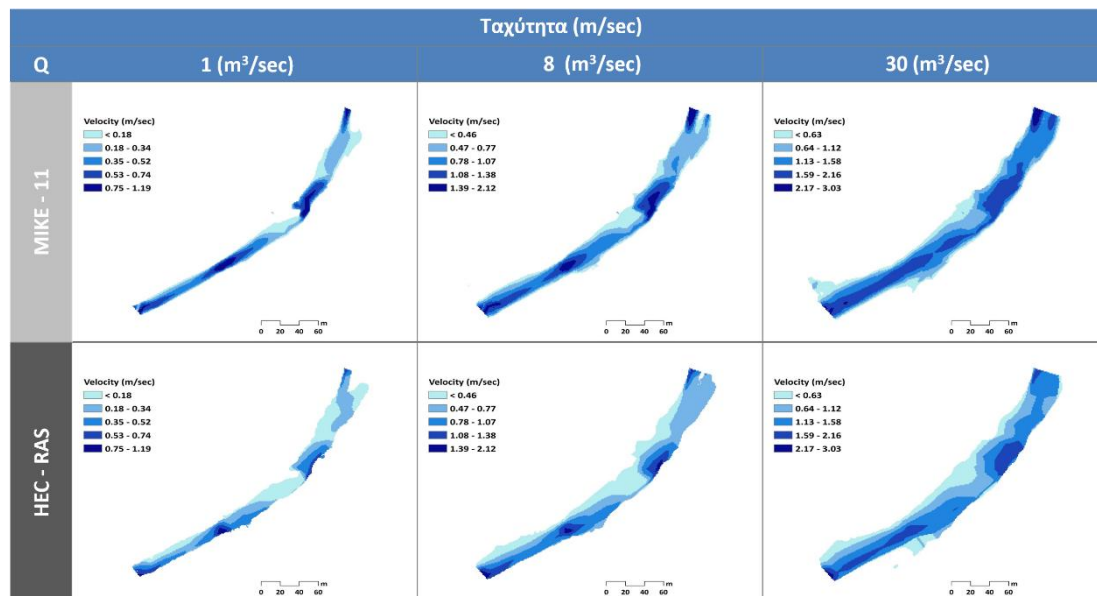


παροχών. Σημειώνεται ότι ο χρήστης της μεθόδου μπορεί να εφαρμόσει το υδραυλικό μοντέλο για όσες παροχές θεωρεί ότι θα είναι σκόπιμες σχετικά με την περιοχή μελέτης του. Ο ελάχιστος προτεινόμενος αριθμός των σεναρίων είναι πάνω από δέκα.

Πίνακας 6.1 Αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων (προσομοιωμένα βάθη) για τρεις τιμές παροχών



Πίνακας 6.2 Αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων (προσομοιωμένες ταχύτητες) για τρεις τιμές παροχών



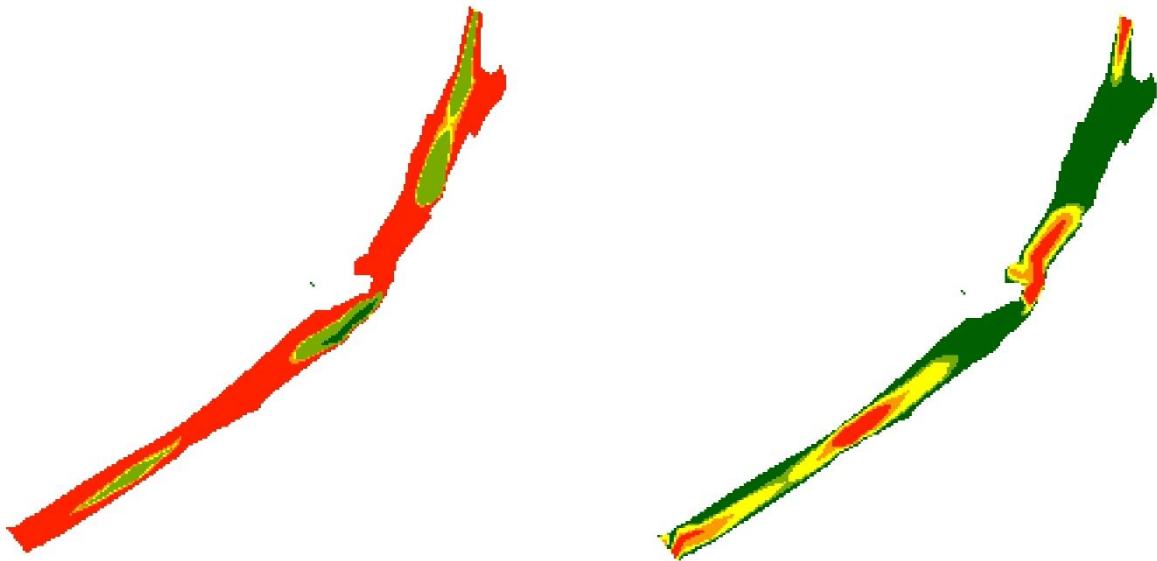
Επόμενο βήμα του σταδίου αυτού είναι ο υπολογισμός του σύνθετου δείκτη καταλληλότητας ο οποίος λαμβάνει υπόψη και τις τρεις παραμέτρους (βάθος, ταχύτητα, υπόστρωμα)(εικόνα 6.2).



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ





Εικόνα 6.2 Αποτελέσματα υδραυλικού μοντέλου ως προς το βάθος (αριστερά) και την ταχύτητα (δεξιά) εκφρασμένα σε τιμές δείκτη καταλληλότητας

Για τον υπολογισμό του εφαρμόζονται διεθνώς 2 μαθηματικές σχέσεις: το απλό γινόμενο των επιμέρους δεικτών (1) ή ο γεωμετρικός μέσος των επιμέρους δεικτών που εκφράζεται ως η νιοστή ρίζα του γινομένου N αριθμών (2).

$$CSI (i) = SI(v) \cdot SI(d) \cdot SI(s) \quad (1)$$

$$CSI (i) = \sqrt[N]{SI(v) \cdot SI(d) \cdot SI(s)} \quad (2)$$

CSI (i): Σύνθετος δείκτης καταλληλότητας

SI(v): Δείκτης Καταλληλότητας για την ταχύτητα

SI(d): Δείκτης Καταλληλότητας για το βάθος

SI(s): Δείκτης Καταλληλότητας για το είδος του υποστρώματος

Στο σχεδιάγραμμα ροής (σχήμα 6.1) παρατίθενται τα στάδια της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Στάδιο 1: αποτελέσματα υδραυλικού μοντέλου, στάδιο 2: καμπύλες καταλληλότητας από την ιχθυοπανίδα της περιοχής, στάδιο 3: συνδυασμός όλων των δεικτών καταλληλότητας, στάδιο 4: υπολογισμός Σύνθετου δείκτη καταλληλότητας.



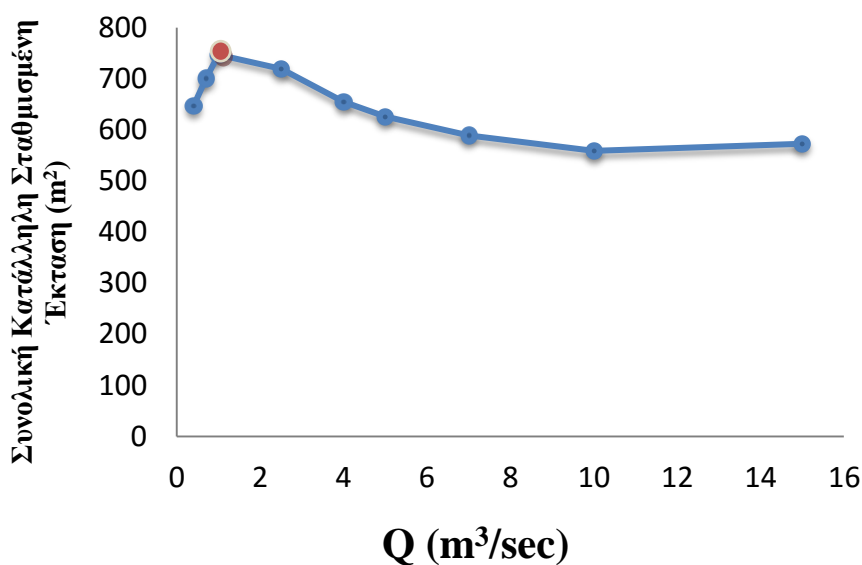
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλες τις παροχές και επομένως δημιουργούνται ζεύγη τιμών $WUA - Q$. Η γραφική παράσταση των ζευγών αυτών παρουσιάζεται στο σχήμα 6.2 και αποτελεί την καμπύλη της Σταθμισμένης Κατάλληλης Έκτασης ενδιαιτήματος για κάθε παροχή για ένα συγκεκριμένο είδος ενδιαφέροντος και στάδιο ανάπτυξης.

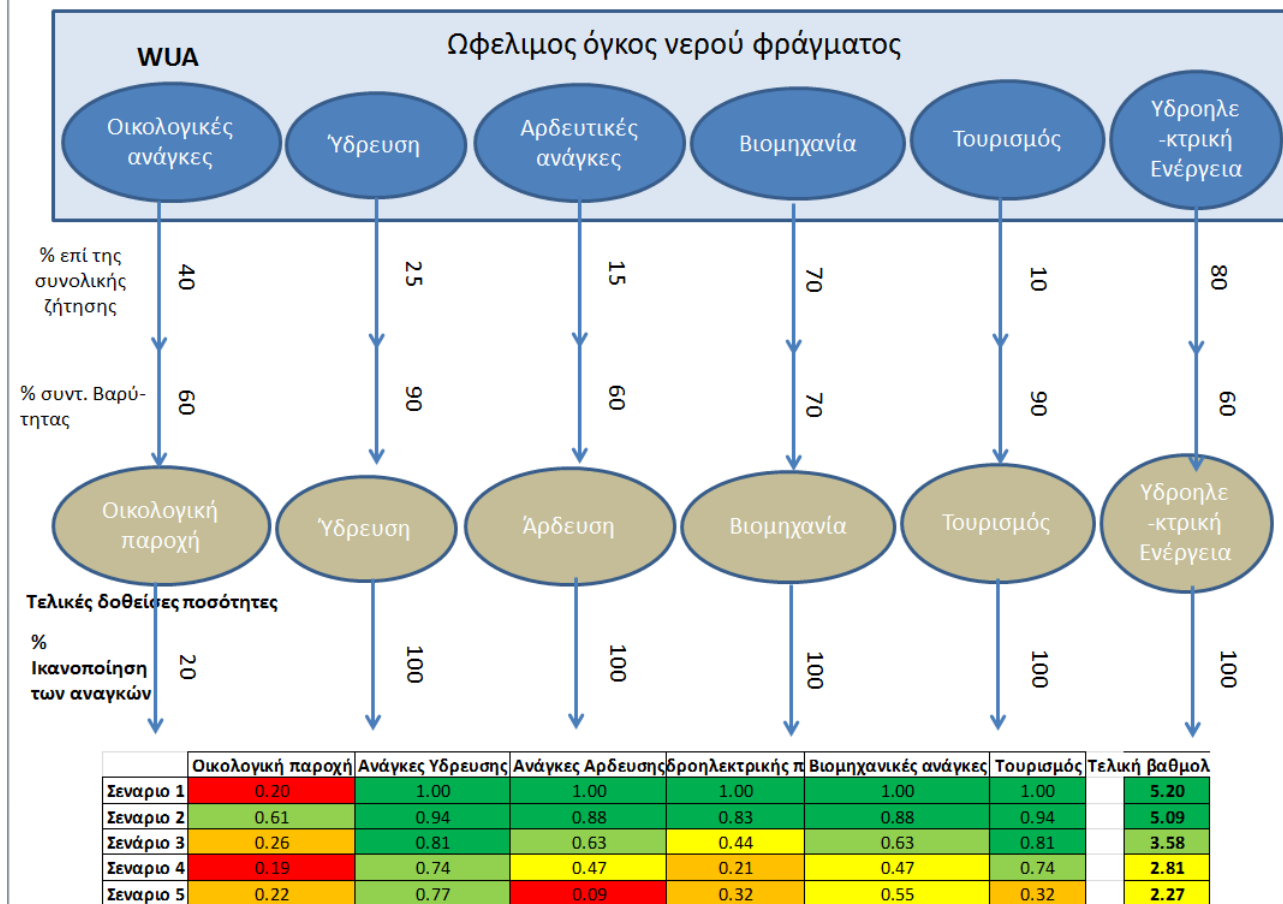
Στο σχήμα 6.2 έχει υπολογιστεί η συνολική κατάλληλη σταθμισμένη έκταση (εκφρασμένη σε τετραγωνικά μέτρα), για την ενήλικη πέστροφα, για δέκα σενάρια παροχών. Από το διάγραμμα αυτό (6.2) ο μελετητής μπορεί να συμπεράνει για το είδος της πέστροφας (*Salmo trutta*), κατά τη διάρκεια του ενήλικου σταδίου ζωής της (μέγεθος ψαριού >21cm), την βέλτιστη ελάχιστη παροχή για την διατήρηση κατάλληλου ενδιαιτήματος στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης. Όπως φαίνεται στο σχήμα υπάρχει μια τιμή παροχής η οποία μεγιστοποιεί την κατάλληλη έκταση ενδιαιτήματος και αυτή αποτελεί την βέλτιστη ελάχιστη οικολογική παροχή που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι περίπου $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Όταν η παροχή αυξάνεται πάνω από $1.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης, τότε η διαθέσιμη έκταση για το συγκεκριμένο είδος της ιχθυοπανίδας μειώνεται.



Σχήμα 6.2 Διάγραμμα με την συνολική κατάλληλη σταθμισμένη έκταση για μία περιοχή μελέτης, με βάση δέκα σενάρια παροχών

Συνεπώς με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης της μεθόδου μπορεί να υπολογίσει, ανάλογα με το σενάριο παροχής που θα επιλέξει να εφαρμόσει, την έκταση της κατάλληλης περιοχής του ενδιαιτήματος που θα έχουν διαθέσιμη οι οργανισμοί ενδείκτες καθώς και την κατάσταση στην οποία θα μεταβαίνει με τυχόν παρεμβάσεις. Η επιλογή αυτή γίνεται συνδυάζοντας τις βέλτιστες οικολογικές



Σενάριο 1 (1m3/s)


Σχήμα 6.4 Πολυκριτηριακή ανάλυση για την επιλογή της οικολογικής παροχής συνεκτιμώντας ανάγκες που είναι βασικές για την ανθρώπινη κοινωνία

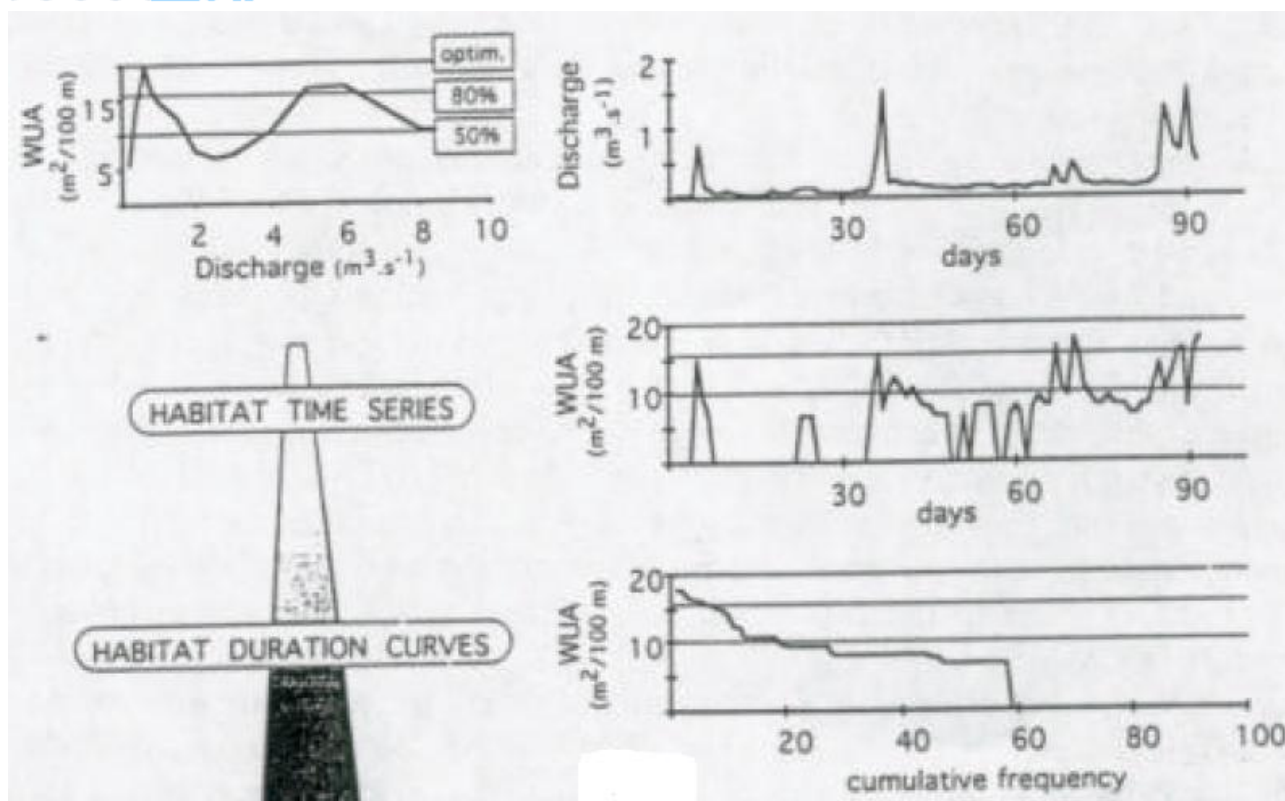
6.4 Κατάρτιση Καμπύλης Διάρκειας Ενδιαιτήματος

Έχοντας υπολογίσει με την ανωτέρω μεθοδολογία, την καμπύλη κατάλληλης έκτασης ενδιαιτήματος ($WUA - Q$) μπορεί κανείς να παράξει μια χρονοσειρά μεταβολής της κατάλληλης έκτασης με ημερήσιο ή και μηνιαίο βήμα, για μια συγκεκριμένη περίοδο, η οποία ορίζεται από τις παροχές που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή της καμπύλης κατάλληλης WUA (εικόνα 6.7). Δηλαδή αν οι παροχές που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία της καμπύλης WUA ανταποκρίνονται στην θερινή περίοδο (Μάιο – Σεπτέμβριο) τότε και η χρονοσειρά της κατάλληλης έκτασης θα αντιστοιχεί στην περίοδο αυτή.



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
 ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Εικόνα 6.7 Χρονοσειρά διακύμανσης κατάλληλης έκτασης ενδιαιτήματος και καμπύλης διάρκειας ενδιαιτήματος, από τον συνδυασμό χρονοσειράς παροχών και καμπύλης WUA

Μια ακόμη ενδιαφέρουσα καμπύλη είναι η καμπύλη διάρκειας ενδιαιτήματος ΚΔΕ. Η καμπύλη αυτή παρουσιάζει την πιθανότητα υπέρβασης μιας συγκεκριμένης έκτασης κατάλληλου ενδιαιτήματος μέσα σε ένα χρονικό διάστημα. Η έννοια της ΚΔΕ είναι όμοια με αυτή της ΚΔΠ (καμπύλη διάρκειας παροχών) από την οποία και προέρχεται. Συνδυάζοντας λοιπόν την καμπύλη διάρκειας παροχών στο κατάντη όριο του τμήματος ποταμού που μελετάται, με την καμπύλη κατάλληλης έκτασης ενδιαιτήματος, προκύπτει η ΚΔΕ. Η καμπύλη αυτή δίνει μια γρήγορη πληροφορία, σχετικά με το ποσοστό του χρόνου στο οποίο εμφανίζεται ή ξεπερνιέται μια οριακή τιμή κατάλληλης έκτασης που θεωρείται κρίσιμη για την διατήρηση του ενδιαιτήματος.

Για την δημιουργία των ανωτέρω 2 τύπων καμπυλών έκτασης ενδιαιτήματος, είναι απαραίτητες προηγούμενες μετρήσεις παροχής συνήθως σε ημερήσιο χρονικό βήμα του υπό μελέτη ποταμού. Οι ημερήσιες παροχές μπορούν να εκτιμηθούν από επεξεργασία σταθμημετρικών/σταθμηγραφικών δεδομένων και καμπυλών στάθμης-παροχής από σταθμούς καταγραφής δεδομένων (υδρολογικών, μετεωρολογικών) όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην περιοχή μελέτης. Στο Σχήμα 6.5 παρουσιάζεται παράδειγμα καμπύλης διάρκειας παροχής.



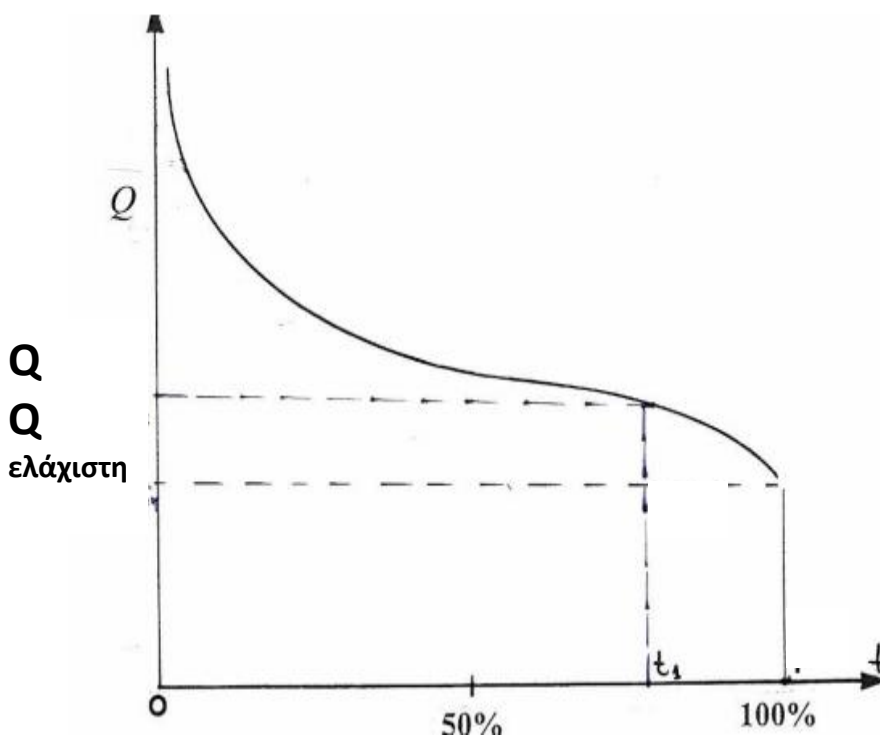
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Επειδή η καμπύλη διάρκειας ενδιαιτημάτων ή παροχών, είναι μια γνησίως μονότονη συνάρτηση, παρουσιάζει δηλαδή ένα μέγιστο και ένα ελάχιστο, ενώ η καμπύλη WUA όχι, αφού σε μια τιμή κατάλληλης έκτασης μπορεί να αντιστοιχηθούν περισσότερες από μια παροχές, η συσχετίσή τους δεν μπορεί να είναι άμεση, όπως με την καμπύλη χρονοσειράς WUA.

Η διαδικασία δημιουργία της ΚΔΕ απαιτεί την εκτίμηση της κατάλληλης έκτασης WUA για κάθε τιμή παροχής και κατόπιν την κατάταξη των τιμών αυτών σε φθίνουσα σειρά και την απόδοση σε κάθε μια της πιθανότητας υπέρβασης κατά Weibull σύμφωνα με την σχέση : $F = m/(n+1)$ όπου m ο αύξων αριθμός της κάθε τιμής WUA και n το πλήθος των τιμών.



Σχήμα 6.5 Καμπύλη διάρκειας παροχής με ποσοστά εμφάνισης στη μονάδα του χρόνου

6.5 Καθορισμός διακύμανσης οικολογικής παροχής σε ετήσια βάση – Καθεστώς Οικολογικής Ροής

Για πολλά χρόνια και ακόμη και σήμερα χρησιμοποιείται η έκφραση «οικολογική ροή», ως μια μονοσήμαντη τιμή της ροής. Στην πραγματικότητα, η χρήση της έννοιας αυτής παραπέμπει εμμέσως σε μια ελάχιστη τιμή παροχής, η οποία επιτρέπει τη δημιουργία ικανοποιητικών συνθηκών για την διατήρηση των ενδιαιτημάτων κάτω από δυσχερείς συνθήκες όπως για παράδειγμα την ξηρή περίοδο του έτους. Τα ποτάμια συστήματα ωστόσο έχουν διακυμάνσεις της

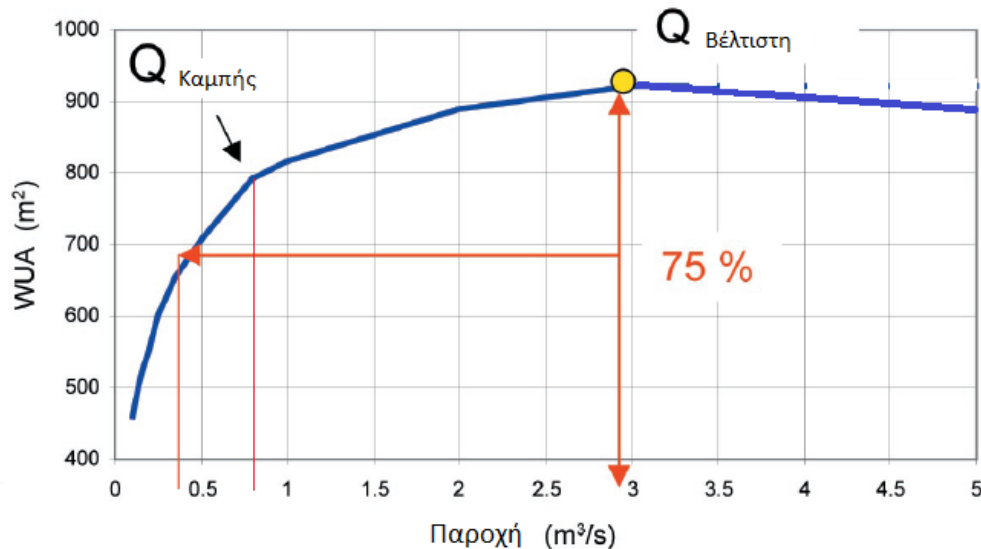


ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



ποτάμια με πολύ μικρές παροχές το καλοκαίρι. Η υψηλή αποδεκτή οικολογική παροχή εκτιμάται ως η παροχή που αντιστοιχεί στο σημείο καμψής της καμπύλης WUA, στο σημείο δηλαδή που μειώνεται η κλίση της καμπύλης, και χρησιμοποιείται για την διαμόρφωση οικολογικού καθεστώτος ροής σε ποτάμια με σημαντικές παροχές το καλοκαίρι. Στο ακόλουθο σχήμα 6.4, παρουσιάζονται οι δύο ελάχιστες αποδεκτές οικολογικές παροχές. Με αυτή την πρακτική καθορισμού της ελάχιστης οικολογικής παροχής (σημείο καμψής) συμφωνούν και οι I. Jowett and B. Biggs (2006).



Σχήμα 6.6 Καμπύλη κατάλληλης έκτασης ενδιαιτήματος και βέλτιστη και ελάχιστη αποδεκτή οικολογική παροχή

Ένας άλλος τρόπος που μπορεί να καθοριστεί η ελάχιστη αποδεκτή οικολογική παροχή, είναι με τη βοήθεια των γραφημάτων του σχήματος 6.6, του ποσοστού δηλαδή της συνολικής έκτασης μελέτης ανά κλάση καταλληλότητας ενδιαιτήματος. Να βρεθεί δηλαδή η παροχή εκείνη για την οποία το 10% της έκτασης παρουσιάζει μέτριας ή χαμηλότερης καταλληλότητας ενδιαιτήμα, ή κάποιος ανάλογος συνδυασμός.

Ο υπολογισμός του οικολογικού καθεστώτος ροής συνίσταται στον καθορισμό των μηνιαίων παροχών καθόλο το έτος. Ο υπολογισμός των μέσων μηνιαίων παροχών γίνεται με βάση την ακόλουθη σχέση (4) για τις περιπτώσεις όπου η μέση παροχή κάθε μήνα του έτους είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη αποδεκτή οικολογική παροχή, όπως αυτή έχει εκτιμηθεί τελικά:

$$Q_i' = \frac{Q_e \cdot Q_i}{Q_{\min}} \quad (4)$$



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Όπου Q'_i είναι η νέα μέση παροχή του μήνα i , Q_e είναι η ελάχιστη αποδεκτή οικολογική παροχή, Q_i είναι η φυσική μέση παροχή του μήνα i , και Q_{\min} είναι η ελάχιστη φυσική μέση μηνιαία παροχή. Στην περίπτωση που για κάποιους μήνες η μέση παροχή είναι μικρότερη της ελάχιστης αποδεκτής οικολογικής παροχής, τότε η οικολογική παροχή για τους μήνες αυτούς τίθεται ίση με την φυσική μέση μηνιαία παροχή.

Σημειώνεται ωστόσο πως ο καθορισμός ενός οικολογικού καθεστώτος ροής με την ανωτέρω μεθοδολογία, αποτελεί ένα ενδεικτικό καθεστώς και μια γενική κατεύθυνση, χωρίς να αποτελεί απαίτηση διατήρησης, όπως στην περίπτωση της ελάχιστης αποδεκτής οικολογικής παροχής ή ακόμη και της βέλτιστης οικολογικής παροχής. Η διακύμανση των παροχών τους υπόλοιπους μήνες, εκτός τους θερινούς, στηρίχτηκε στην διακύμανση των φυσικών παροχών και όχι στις ανάγκες των ψαριών και τους δείκτες καταλληλότητας για το βάθος και την ταχύτητα. Η απόκλιση επομένως από το οικολογικό καθεστώς ροής τους υπόλοιπους μήνες, δεν συνεπάγεται αναγκαία υποβάθμιση των οικοσυστημάτων ή μείωση των κατάλληλων ενδιαιτημάτων, εφόσον βρίσκεται σε λογικά πλαίσια και θα πρέπει να καθορίζεται σε κάθε περίπτωση λαμβάνοντας υπόψη και άλλους παράγοντες τόσο του φυσικού περιβάλλοντος όσο και του ανθρωπογενούς.



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

- Huet M., (1959), Profiles and biology of western European streams as related to fisheries management. *Transactions of the American Fisheries Society* **88**: 155–163
- Illies J. & Botosaneanu L., (1963). Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Int. Assoc. Theor. Appl. Limnol. Commun.*, **12**: 1-57 pp
- Jager, H., DeAngelis D.L., Sale M.J., Winkle W. Van, and Schmoyer D.D., (1993). An individual-based model for Smallmouth Bass reproduction and young of the year dynamics in streams. *Rivers* 4: 91-113
- Jowett, I.G., (1982). The incremental approach to studying stream flows: New Zealand case studies. In: McColl, R.H.S. (Ed.), *River low flows: conflicts of water use. Ministry of Works and Development Water and Soil Miscellaneous Publication* **47**: 9-15
- Jowett, I.G. and Biggs, B. J. F., (2006). Flow regime requirements and the biological effectiveness of habitat-based minimum flow assessments for six rivers. *Intl. J. River Basin Management* **4**, 3 pp. 179–189
- King J.M. and Tharme R.E., (1993). River ecologists need hydrological information for assessing environmental water allocations, but what form should it take and why? In: *Proc. Sixth South African National Hydrological Symposium*. 8-10 Sept., 1993, Univ. of Natal, Pietermaritzburg, RSA
- Larinier, M., (1990). Gifu
- Matthews W. J., (1988). North American streams as systems for ecological study. *Journal of the North American Benthological Society* **7**(4): 387–4
- Matthews W.J., (1998). *Patterns in freshwater fish ecology*. Chapman and Hall
- Morhardt, J.E., Hanson, D.F., and Coulston, P.J., 1983, Instream flow analysis—Increased accuracy using habitat mapping, in *Waterpower* 83, Norris Tenn., International conference of hydropower, Tennessee Valley Authority, Norris, Tenn. p. 1,294-1,304.
- Moss B., (2000). Biodiversity in fresh waters – an issue of species preservation or system functioning? *Environmental Conservation*, **27**:1-4



- Ζόγκαρης Σ., 2009. *Συμβολή στη βιοτική ταξινόμηση των ποταμών της Ελλάδας με βάση την ιχθυοπανίδα και την παράχθια βλάστηση*. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων Σχολή Διαχείρισης Φυσικών Πόρων και Επιχειρήσεων Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Αγρίνιο
- Κουσουρής Θ. Σ., (1998). Το Νερό στη φύση, στην ανάπτυξη, στην προστασία του περιβάλλοντος. Μονογραφίες Θαλάσσιων Επιστημών. Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών
- Κούτσικος Ν., «Ανάπτυξη και έλεγχος εφαρμογής ενός νέου συστήματος εκτίμησης της κατάστασης των ποταμών της Ελλάδας» Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, 2009
- Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23 Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων
- Οικονόμου, Α., Ζόγκαρης Σ., Χατζηνικολάου Γ., Γιακουμή Σ., Τάχος Β., Βαρδάκας Λ., Σκουλικίδης Ν., Δημητρίου Η., Μουσούλης Η., Οικονόμου Ε., (2009). *Μελέτη της ιχθυοπανίδας και προτάσεις για τη διατήρησή της στην περιοχή κατασκευής του Υ/Η Ιλαρίωνα*. Τελική έκθεση Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών - Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων. Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Μεσοενδιαίτημα : Το φυσικό περιβάλλον, σε μεσαία κλίμακα, στο οποίο ζει και αναπαράγεται ένα είδος, ένας πληθυσμός ή μια βιοκοινότητα

Μικροενδιαίτημα : Το φυσικό περιβάλλον, σε μικρή κλίμακα, στο οποίο ζει και αναπαράγεται ένα είδος, ένας πληθυσμός ή μια βιοκοινότητα

Ποτάμι : Τα υδάτινα ρεύματα που παρουσιάζουν μόνιμη ροή

Υδατικό Καθεστώς : Το σύνολο των χαρακτηριστικών που αφορούν τα νερά των ποταμών

Υδρογραφικό δίκτυο: δίκτυο μεταφοράς - κίνησης του επιφανειακού νερού και των ιζημάτων μιας υδρολογικής λεκάνης

Υδρολογική λεκάνη: μία καλά καθορισμένη τοπογραφική και υδρολογική ενότητα, η οποία αποτελεί τη στοιχειώδη χωρική μονάδα της αποστράγγισης της επιφάνειας της χέρσου

Υδρο-οικολογία : Είναι η επιστήμη που σχετίζεται με τα ενδιαίτηματα των οργανισμών και το πως αυτοί αλληλεπιδρούν με τα υπόγεια και επιφανειακά νερά



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Ελλάδα
ανταγωνιστική
ανάπτυξη
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



η περιφέρεια στο επίκεντρο της ανάπτυξης



9 Παραρτήματα

Παράρτημα Α

Φόρμα Πεδίου, Καταγραφή ΥΜΜ σε περιοχή ποταμού

Ημερομηνία:				Θέση δειγματοληψίας:			Παρατηρητής:				Έργο:	
α/α	Τύπος ΥΜΜ	Μήκος (m)	Πλάτος (m)	Έκταση (m ²)	είδος υποστρώματος	δευτερεύων τύπος υποστρώματος	Βάθος 1 (m)	Βάθος 2 (m)	Βάθος 3 (m)	Μέγιστο Βάθος (m)	Μέσο Βάθος (m)	Παρατηρήσεις
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Ελλάδα
ανταγωνιστική
πρόσβαση παντού
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



η περιφέρεια στο επίκεντρο της ανάπτυξης



Παράρτημα Β

Παράδειγμα αντιστοίχισης αποτελεσμάτων υδραυλικού μοντέλου σε τιμές δείκτη καταλληλότητας

Model output – numeric model								Calculation of SI (each)					Combined SI	WUA _{cell}
Flow	node	coord. x	coord. y	depth	velocity	channel index	area	G_a_S_DSI	G_a_S_VSI	G_a_S_CiSI	G_a_S_CbSI	G_a_S_WUA		
2.16	10079	-105019.63	300188.35	0.35	0.59	6	4.39	0.00	0.81	1	0.00	0.00		
2.16	10080	-105019.91	300186.31	0.10	0.10	6	4.29	0.00	0.19	1	0.00	0.00		
2.16	10081	-105029.30	300207.36	0.31	0.00	5	4.28	0.00	0.01	1	0.00	0.00		
2.16	10082	-105021.99	300202.20	0.00	0.00	5	4.67	0.00	0.00	1	0.00	0.00		
2.16	10083	-105023.11	300193.88	0.61	0.70	6	4.25	0.58	0.64	1	0.37	1.58		
2.16	10084	-105022.93	300195.96	0.90	0.49	5	4.23	0.92	1.00	1	0.92	3.89		
2.16	10085	-105022.60	300198.17	1.10	0.34	5	3.74	1.00	0.69	1	0.69	2.57		
2.16	10086	-105022.41	300200.11	0.60	0.02	5	3.73	0.55	0.04	1	0.02	0.08		
2.16	10087	-105023.99	300202.86	0.14	0.01	5	4.05	0.00	0.01	1	0.00	0.00		

Depth SI calculation:
 If depth is within Interval 1– then DSI is 0
 If depth is within Interval 2– then DSI is a function of [m*depth + c]
 If depth is within Interval 3– then DSI is 1



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Ελλάδα
ανταγωνιστική
πρόσβαση στην ανάπτυξη
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



η περιφέρειά σου επένδυσε στην ανάπτυξη



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

