Βιβλίο οδηγός για την χρήση του υδροοικολογικού εργαλείου

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 : Εκπαίδευση και προώθηση του εργαλείου

Task: Τεχνική έκθεση

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

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

ECOFLOW-11ΣΥΝ_8_917

Τίτλος Παραδοτέου: : Βιβλίο οδηγός για την χρήση του υδρο-οικολογικού εργαλείου

Υπεύθυνος Φορέας: : Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ)

Πακέτο Εργασίας: : 6

Κατάθεση έως: 30/09/2015……..

Κατατέθηκε στις: 30/10/2015…….

Φύση παραδοτέου: : Τεχνική Έκθεση

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Περίληψη:

Η ανάπτυξη και χρήση της μεθοδολογίας εκτίμησης της ελάχιστης οικολογικής παροχής που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του ECOFLOW παρουσιάζεται στο συγκεκριμένο παραδοτέο. Συγκεκριμένα, αναλύονται τα βήματα υπολογισμού για εφαρμογή της μεθοδολογίας μέσα από μη αυτοματοποιημένες διαδικασίες (χειροκίνητοι υπολογισμοί) αλλά και με βάση την χρήση διαδικτυακής πλατφόρμας η οποία αναπτύχθηκε στα πλαίσια του έργου. Στόχος είναι η εξοικείωση των χρηστών της μεθοδολογίας μέσα από απλοποιημένα βήματα φιλικά προς το χρήστη καθώς κρίνεται ότι η διάχυση αυτής θα προσφέρει σημαντικά στην ενσωμάτωση ολοκληρωμένων και προσαρμοστικών προσεγγίσεων στην εφαρμογή πρακτικών διαχείρισης υδατικών πόρων. Οι Διευθύνσεις Υδάτων στις Περιφερειακές αρχές καθώς και το Υπουργείο Περιβάλλοντος είναι οι κύριοι χρήστες της προτεινόμενης μεθοδολογίας, μαζί με τους μηχανικούς περιβάλλοντος που σχεδιάζουν και λειτουργούν συστήματα αξιοποίησης νερού (φράγματα και αρδευτικά δίκτυα).

Abstract:

The methodology developed for the minimum ecological flow under the ECOFLOW project is presented in this deliverable. Specifically, the calculation steps for the implementation of the methodology through manual procedures (manual calculations) and through the use of a web platform which was developed within the project, are analyzised. The aim of this deliverable is to guide the users of the methodology through user-friendly simplified steps. The Water Directorates in regional authorities and the Ministry of Environment are the main users of the proposed methodology, together with environmental engineers who design and operate water utilization systems (dams and irrigation networks).

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Σύνοψη πληροφοριών Αρχείου

Αριθμός Παραδοτέου:	6.2
Τίτλος Παραδοτέου:	Βιβλίο οδηγός για την χρήση του υδροοικολο-γικού εργαλείου
Συγγραφέας:	Βαλσαμίδης Θ., Σεφερλή Μ., Παπαδάκη Χ., Κοτίνας Β., Ευελπίδου Ν., Δημητρίου Η., Σταματάκης Μ., Καμπόλης Ι., Καρκάνη Ε., Ιορδάνης Κ., Σαίτης Ι., Βλαχογιώργου Μ., Γιόξας Γ.
Αριθμός Πακέτου Εργασίας:	6
Συντονιστής ΠΕ:	ΕΚΠΑ
Εταίροι που συμμετέχουν στο ΠΕ:	Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.)
Ομάδα στόχος:	Διοικητικοί φορείς, διαχειριστές λήψεως αποφάσεων, μελετητές, σύμβουλοι, επενδυτές, πανεπιστήμια, ερευνητικοί φορείς, σπουδαστές, ιδιώτες
Λέξεις κλειδιά:	Οικολογική παροχή, υδρο-οικολογικό εργαλείο, ECOFLOW

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

1 Εισαγωγή 8

1.1 Απαιτήσεις λογισμικών 8

2 Σύντομο ιστορικό 9

2.1 Βιολογικές αναλύσεις και ενδείκτες 11
2.2 Χημικές Αναλύσεις 12
2.3 Υδρομορφολογικές αναλύσεις 14

3 Στάδια εφαρμογής μεθοδολογίας εκτίμησης ελάχιστης οικολογικής παροχής 14

3.1 Τοπογραφική αποτύπωση 14
3.2 Υδραυλική προσομοίωση 17
3.3 Προσομοίωση ενδιαιτημάτων ιχθυοπανίδας 18

4 Εκτίμηση Κατάλληλης Σταθμισμένης Έκτασης 20

4.1 Επιλογή σεναρίων παροχής που θα εφαρμοστούν στο υδραυλικό μοντέλο 21
4.2 Αποτελέσματα υδραυλικού μοντέλου 21
4.3 Εισαγωγή Κριτηρίων Καταλληλότητας Ενδιαιτήματος Ιχθυοπανίδας 22
4.3.1 Εφαρμογή της μεθοδολογίας με χειροκίνητους υπολογισμούς 22
4.3.2 Εφαρμογή της μεθοδολογίας μέσω της διαδικτυακής πλατφόρμας 33

5 Βιβλιογραφία 47

6 Ευρετήριο Όρων 48

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 50

6.1 Κριτήρια Καταλληλότητας Ενδιαιτημάτων Ιχθυοπανίδας 50
6.1.1 Ποταμοκέφαλος 50
6.1.2 Πέστροφα 51

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 54

6.2 Η Οδηγία 2000/60/ΕΕ 54

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 56

6.3 Οικολογική παροχή και υπολογισμός της 56

6.4 Μεθοδολογίες Εκτίμησης 58

Πίνακας εικόνων

Εικόνα 3.1 Αποτύπωση με τοπογραφικό GPS με διαφορετική κωδικοποίηση ανάλογα με τον τύπο υποστρώματος. Στην εικόνα απεικονίζονται και οι θέσεις των διατομών ελέγχου για την υδραυλική προσομοίωση. 15

Εικόνα 3.2 Παράδειγμα από Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (DEM) με θέσεις διατομών για την εκπόνηση υδραυλικής προσομοίωσης. 16

Εικόνα 3.3 Εικόνα από περιβάλλον ΓΠΣ όπου φαίνεται το μέγεθος κελιού (cell size 1,1).... 17

Εικόνα 3.4 Πέστροφα *Salmo farioides*, Karaman 1938 σε μικρό μέγεθος (<10 cm) αριστερά και σε μεγάλο μέγεθος (>10 cm) δεξιά. 20

Εικόνα 3.5 Ποταμοκέφαλος *Squalius peloponensis* Valenciennes, σε μικρό μέγεθος (<10 cm) αριστερά και σε μεγάλο μέγεθος (>10 cm) δεξιά. 20

Εικόνα 4.1 Κάβανος βάθους με βάση τα αποτελέσματα του υδραυλικού μοντέλου (βάθος σε cm) μέσα από το excel. 23

Εικόνα 4.2 Κάβανος ταχύτητας με βάση τα αποτελέσματα του υδραυλικού μοντέλου (ταχύτητα σε m/sec) μέσα από το excel. 24

Εικόνα 4.3 Εισαγωγή κριτηρίων καταλληλότητας βάθους ενδιαιτήματος ιχθυοπανίδας στο excel. 27

Εικόνα 4.4 Εισαγωγή κριτηρίων καταλληλότητας ταχύτητας ενδιαιτήματος ιχθυοπανίδας στο excel. 29

Εικόνα 4.5 Πολλαπλασιασμός επιπέδων σε πρόγραμμα Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων. Το κάθε επίπεδο αντιπροσωπεύει μία παράμετρο για την οποία έχουν υπολογιστεί τα κριτήρια καταλληλότητας ιχθυοπανίδας 30
Εικόνα 4.6 Το λογότυπο του έργου ο τίτλος της εφαρμογής 33
Εικόνα 4.7 Απεικόνιση του χάρτη της περιοχής μελέτης..... 33
Εικόνα 4.8 Αποθηκευμένες πληροφορίες..... 34
Εικόνα 4.9 Κουμπιά διαθέσιμων λογισμικών 35
Εικόνα 4.10 Διαχείριση δεδομένων υδρο-οικολογικής πλατφόρμας 35
Εικόνα 4.11 Εισαγωγή νέων δεδομένων στην πλατφόρμα 36
Εικόνα 4.12 Εισαγωγή δεδομένων υπό μορφή συμπιεσμένου αρχείου (zip) στην πλατφόρμα 37
Εικόνα 6.1 Κριτήρια καταλληλότητας βάθους (πάνω) και ταχύτητας (κάτω) για το μικρό μέγεθος ποταμοκέφαλου 50
Εικόνα 6.2 Κριτήρια καταλληλότητας βάθους (πάνω) και ταχύτητας (κάτω) για το μεγάλο μέγεθος ποταμοκέφαλου 51
Εικόνα 6.3 Κριτήρια καταλληλότητας βάθους (πάνω) και ταχύτητας (κάτω) για το μικρό μέγεθος της πέστροφας. 51
Εικόνα 6.4 Κριτήρια καταλληλότητας βάθους (πάνω) και ταχύτητας (κάτω) για το μεσαίο μέγεθος της πέστροφας. 52
Εικόνα 6.5 Κριτήρια καταλληλότητας βάθους (πάνω) και ταχύτητας (κάτω) για το μεγάλο μέγεθος της πέστροφας. 53

Πίνακας σχημάτων

Σχήμα 3.1 Κατάλληλη Σταθμισμένη Έκταση για μία περιοχή μελέτης με βάση δέκα σενάρια παροχών..... 32

1 Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 4 δεκαετιών, η μείωση των αποθεμάτων γλυκού νερού μέσω της κατασκευής φραγμάτων και των αντλήσεων για άρδευση και βιομηχανική χρήση, δημιουργεί σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και ακεραιότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Για να διατηρηθεί η οικολογική ακεραιότητα σε ένα υδάτινο οικοσύστημα είναι αναγκαίο να υπολογίζονται και να αξιολογούνται τα επίπεδα της διαθέσιμης παροχής νερού κατάντη φραγμάτων και έργων άντλησης νερού (ελάχιστες οικολογικές απαιτήσεις σε νερό), Στο Παράρτημα 3 παρατίθεται ένα σύντομο ιστορικό σχετικά με την οικολογική παροχή.

Το συγκριμένο εγχειρίδιο αποτελεί οδηγό για την εκτίμηση της ελάχιστης οικολογικής παροχής με βάση τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του έργου "Σύστημα εκτίμησης της αποδεκτής Οικολογικής παροχής σε ποτάμια και ρέματα της Ελλάδας".

Το επιστημονικό υπόβαθρο της μεθοδολογίας στηρίζεται στην υδραυλική προσομοίωση των περιοχών μελέτης και στην προσομοίωση της καταλληλότητας των ενδιαιτημάτων ειδών ιχθυοπανίδας μέσω ειδικών κριτηρίων καταλληλότητα που οριοθετήθηκαν στα πλαίσια του συγκεκριμένου έργου. Στη συνέχεια του εγχειριδίου περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα για την εφαρμογή της μεθοδολογίας.

Η ιστοσελίδα του έργου βρίσκεται στη διεύθυνση: www.ecoflow.gr/el/

Σκοπός του συγκεκριμένου εγχειριδίου είναι να αποτελέσει βοήθημα στους μηχανικούς και στους διαχειριστές υδατικών πόρων για την κατασκευή έργων και λήψεων αποφάσεων προς μία ολοκληρωμένη διαχείριση που θα λαμβάνονται ταυτόχρονα υπόψη οι ανθρώπινες και οι περιβαλλοντικές ανάγκες.

1.1 Απαιτήσεις λογισμικών

Στο συγκεκριμένο εγχειρίδιο παρέχονται οδηγίες εφαρμογής της μεθοδολογίας εκτίμησης της οικολογικής παροχής τόσο σε χειροκίνητο επίπεδο, όσο και σε αυτοματοποιημένο με τη

χρήση διαδικτυακής πλατφόρμας η οποία υλοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος ECOFLOW. Στην περίπτωση που η διαδικασία υπολογισμών γίνεται με χειροκίνητο τρόπο είναι απαραίτητα ένα υδραυλικό μοντέλο (HEC RAS, MIKE, RIVER2D κτλ), λογισμικό Excel 2003 ή και νεότερη έκδοση, λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ESRI κτλ).

Ενώ στην περίπτωση της αυτοματοποιημένης διαδικασίας είναι απαραίτητο το υδραυλικό μοντέλο και ένα λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ESRI κτλ). Στα επόμενα κεφάλαια περιγράφονται αναλυτικά οι διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν για την εκτίμηση της οικολογικής παροχής, ενώ γίνεται ειδική αναφορά στα σημεία όπου πρέπει να ακολουθηθούν διαφορετικά βήματα ανάλογα με τη διαδικασία εκτίμησης (αυτοματοποιημένη ή μη).

2 Σύντομο ιστορικό

Η εκτίμηση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων στο παρελθόν γινόταν με εφαρμογή αποκλειστικά χημικών μεθόδων, μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του ’80. Σύμφωνα με αυτές, λαμβάνονταν δείγματα νερού από διάφορες θέσεις και ακολουθούσε η ανάλυσή τους προκειμένου να διερευνηθεί η χημική τους σύσταση, όπως για παράδειγμα, η αγωγιμότητα, η περιεκτικότητα σε οξυγόνο, η συγκέντρωση νιτρικών, φωσφορικών και αμμωνιακών ιόντων και άλλων ουσιών που θα μπορούσαν να υπάρχουν στο δείγμα. Στη συνέχεια, εφόσον εντοπίζονταν επιβλαβείς ουσίες σε αυξημένες συγκεντρώσεις, λαμβάνονταν συγκεκριμένα μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος.

Από το 1983 κι έπειτα, πολλοί ερευνητές άρχισαν να αντιλαμβάνονται ότι με την αποκλειστική χρήση χημικών μεθόδων δεν είναι δυνατό να υπάρξει μία ολοκληρωμένη εκτίμηση της ποιότητας των υδάτινων σωμάτων σε βάθος χρόνου, δεδομένου ότι με αυτό τον τρόπο υπήρχε δυνατότητα πληροφόρησης για την κατάσταση των νερών κατά τη στιγμή της δειγματοληψίας. Έτσι άρχισαν να εισάγονται και οι βιολογικές μέθοδοι οι οποίες σύμφωνα με αρκετούς επιστήμονες, παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των χημικών

(Armitage *et al.*, 1983; Wright *et al.*, 1984; Hellawell, 1986; Ormerod & Edwards, 1987; Thorp & Covich, 1991). Συγκεκριμένα, επειδή οι οργανισμοί διαβιούν και υφίστανται τις περιβαλλοντικές πιέσεις για μεγάλα χρονικά διαστήματα, μας δίνουν μακροχρόνιες πληροφορίες για την κατάσταση ενός βιότοπου ενώ οι χημικές πληροφορίες είναι στιγμιαίες κι έτσι απαιτούνται επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για ακριβή περιβαλλοντική εκτίμηση (DePauw & Vanhooren, 1983). Οι βιολογικές μέθοδοι επίσης υπερτερούν στο γεγονός ότι δεν απαιτούν συχνές δειγματοληψίες ενώ δίνουν πληροφορίες για το επίπεδο της ρύπανσης ανιχνεύοντας ποιοτικές αλλαγές οι οποίες δύσκολα θα ανιχνεύονταν από τις χημικές μετρήσεις.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της παρακολούθησης των υδάτων με βιολογικές μεθόδους είναι τα ακόλουθα:

1. Οι βιολογικές κοινότητες αντανακλούν την ολική οικολογική κατάσταση του οικοσυστήματος

2. Οι βιολογικές κοινότητες αντανακλούν τις πιέσεις καθ’ όλη τη διάρκεια του έτους και παρέχουν ικανή οικολογική εκτίμηση των μεταβαλλόμενων περιβαλλοντικών συνθηκών

3. Η περιοδική καταγραφή των βιοκοινοτήτων είναι σχετικά μη δαπανηρή, ειδικά όταν συγκρίνεται με το κόστος της εκτίμησης των τοξικών ρυπαντών με χημικές αναλύσεις ή με ελέγχους τοξικότητας

4. Σε περιπτώσεις που δεν έχουν προσδιοριστεί τα αίτια για συγκεκριμένες περιβαλλοντικές επιδράσεις, όπως για παράδειγμα μη σημειακές πηγές ρύπανσης που υποβαθμίζουν το ενδιαίτημα, οι βιολογικές μέθοδοι είναι το ιδανικό πρακτικό μέσο εκτίμησης.

Σήμερα έχει γίνει πλέον αντιληπτό ότι προκειμένου να επιτευχθεί μία ολοκληρωμένη εκτίμηση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων είναι απαραίτητες ταυτόχρονα οι χημικές και οι βιολογικές μετρήσεις, καθώς και μετρήσεις της μορφολογικής αλλοίωσης του περιβάλλοντα χώρου κάθε υδάτινου σώματος.

2.1 Βιολογικές αναλύσεις και ενδείκτες

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 (Παράρτημα 2) ως απαραίτητη για την παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων και μπορούν, να ταξινομηθούν σε 4 κατηγορίες: α) φυτοπλαγκτόν, 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 συνευρέσεις 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.

Ταυτόχρονα στη βιβλιογραφία υπάρχουν και οι βιολογικοί δείκτες ποιότητας υδάτων όπου, σύμφωνα με τους Couillard & Lefebvre (1985), είναι αλγόριθμοι που εκφράζουν ποσοτικά την εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων. Είναι μια απλοποιημένη έκφραση περίπλοκων συνδυασμών αρκετών παραγόντων και η εφαρμοσιμότητά τους βασίζεται στην αξιοπιστία και στην ποσότητα των πληροφοριών που παρέχουν. Ο τελικός δείκτης μπορεί να εκφρασθεί είτε ως ένα χαρακτηριστικό σύμβολο, είτε ως ένας συνδυασμός αριθμητικών και ποιοτικών μεταβλητών. Ο βιολογικός δείκτης συνεπώς παρέχει πληροφορίες για την κατάσταση του οικοσυστήματος και συνήθως εκφράζεται με έναν αριθμό ο οποίος περιγράφει την απόκλιση από κάποιον αριθμό αναφοράς. Αυτή η απόκλιση αντανακλά στο περιβάλλον την απόκλιση της ποιότητας μίας δεδομένης περιοχής από την ποιότητα της περιοχής αναφοράς.

2.2 Χημικές Αναλύσεις

Προκειμένου να ελεγχθεί η ποιότητα των υδάτων και κατά πως αυτή κατατάσσεται σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 2000/60, σε κάθε σημείο δειγματοληψίας θα πρέπει να λαμβάνονται οι παρακάτω μετρήσεις:

1. Θερμοκρασία (^oC)
2. pH
3. Διαλυμένο οξυγόνο (mg/L)
4. Κορεσμός οξυγόνου (%)
5. Αλατότητα (‰)
6. Αγωγιμότητα (μS/cm)
7. TDS (mg/L)

Στη συνέχεια λαμβάνει χώρα χημική ανάλυση των δειγμάτων που περιλαμβάνει ανίχνευση για:

1. Ιόντα χλωρίου (Cl_2^-)
2. Νιτρικά (NO_3^-)
3. Νιτρώδη (NO_2^-)
4. Αμμωνία (NH_3)
5. Φωσφορικά (PO_4^{-3})
6. Θειικά (SO_4^{-2})
7. Ολικά Διαλυμένα Στερεά (TSS)

Οι θέσεις δειγματοληψίας κατατάσσονται σε κλάσεις ποιότητας με βάση τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά με τη χρήση του Nutrient Classification System (NCS – Skoulikidis et al.,

2006). Σύμφωνα με το εν λόγω σύστημα κατάταξης, κάθε θέση δειγματοληψίας κατατάσσεται σε μία από πέντε κλάσεις ποιότητας (Υψηλή, Καλή, Μέτρια, Φτωχή, Κακή).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο όρος οικολογική ποιότητα αφορά σε ένα σύνολο φυσικοχημικών, υδρομορφολογικών και βιολογικών δεδομένων και οι πέντε προαναφερθείσες κατηγορίες οικολογικής ποιότητας ορίζονται με βάση το σύνολο των παραπάνω παραγόντων στο παράρτημα V της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2000/60.

Μετά τις βασικές μετρήσεις και την ανίχνευση των βασικών ιόντων κρίνεται συνετή η περαιτέρω εκτίμηση της ποιότητας του νερού που θα περιλαμβάνει δειγματοληψίες για:

α) θρεπτικά συστατικά (ολικός φώσφορος, ολικός διαλυμένος φώσφορος, άλατα φωσφόρου, ολικό άζωτο, ολικό διαλυμένο άζωτο, νιτρικά, νιτρώδη και αμμωνία) που θα αναλύονται με χρωματογραφικές μεθόδους

β) χημική ταυτοποίηση με μετρήσεις των ιόντων των κύριων στοιχείων με Φασματοσκοπία Ατομικής Απορρόφησης [AAS], [μαγνήσιο, ασβέστιο, νάτριο, διττανθρακικά, θειικά], αλλά και μετρήσεις περιεκτικότητας σε ιχνοστοιχεία με χρήση Φασματοσκοπίας Ατομικής Απορρόφησης με Φούρνο Γραφίτη [GFAAS] και Φασματοσκοπία Μάζας Επαγωγικά Συζευγμένου Πλάσματος [ICP-MS] [αρσενικό, χρώμιο, βόριο, νικέλιο, στρόντιο, μόλυβδος, ψευδάργυρος, χαλκός, σίδηρος]

γ) επί τόπου μετρήσεις των φυσικών παραμέτρων που περιλαμβάνουν pH, Eh, ηλεκτρική αγωγιμότητα, θερμοκρασία, Ολικά Διαλυμένα Άλατα [TDS], Διαλυμένο Οξυγόνο με ειδικό εξοπλισμό

δ) μετρήσεις βιογεωχημικών παραμέτρων που περιλαμβάνουν Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο [COD], Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο [BOD], Ολικό Οργανικό Άνθρακα [TOC] σε ξηρές και υγρές περιόδους. Η συχνότητα δειγματοληψίας εξαρτάται από τις περιόδους πλημμυρών.

Ακόμη αναφορικά με τα εδαφικά ιζήματα η περαιτέρω εκτίμηση πρέπει να περιλαμβάνει:

i) καταγραφή των ρυθμών καθίζησης και επαναιώρησης, του περιεχομένου σιδήρου, πυριτίου, αργιλίου, φωσφόρου, νατρίου, καλίου σε επιφανειακά ιζήματα και αιωρούμενα σωματίδια, με χρήση Φασματοσκοπίας Φθορισμού Ακτίνων Χ [XRF]

ii) περιεκτικότητα του εδάφους σε διαλυτά και αδιάλυτα ορυκτά [εβαποριτικά άλατα όπως γύψος, θεναρδίτης, τρόνα, εψωμίτης, υδρομαγνησίτης] με χρήση Φασματοσκοπίας Περίθλασης Ακτίνων Χ [XRD], Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας Σάρωσης [SEM] και ηλεκτρονικής μικροανάλυσης

iii) περιεκτικότητα σε οργανικό υλικό και διαφορετικά ιζηματογενή κλάσματα με πιστοποιημένο εξοπλισμό

2.3 Υδρομορφολογικές αναλύσεις

Η υδρομορφολογική ανάλυση αφορά κυρίως την αλλοίωση που έχουν υποστεί τα διάφορα στοιχεία ενός ποτάμιου σώματος, είτε αυτή είναι ανθρωπογενής, είτε φυσική. Συνηθέστερα λαμβάνονται υπόψη δύο δείκτες ο "*Habitat Quality Assessment*" και ο "*Habitat Modification Score*", όπου τα επιμέρους χαρακτηριστικά που εξετάζονται είναι η συνέχεια της ροής, η αλλαγή στη γεωμορφολογία κάθε 6 χρόνια και η συνεχής παρατήρηση της υδρολογικής κατάστασης.

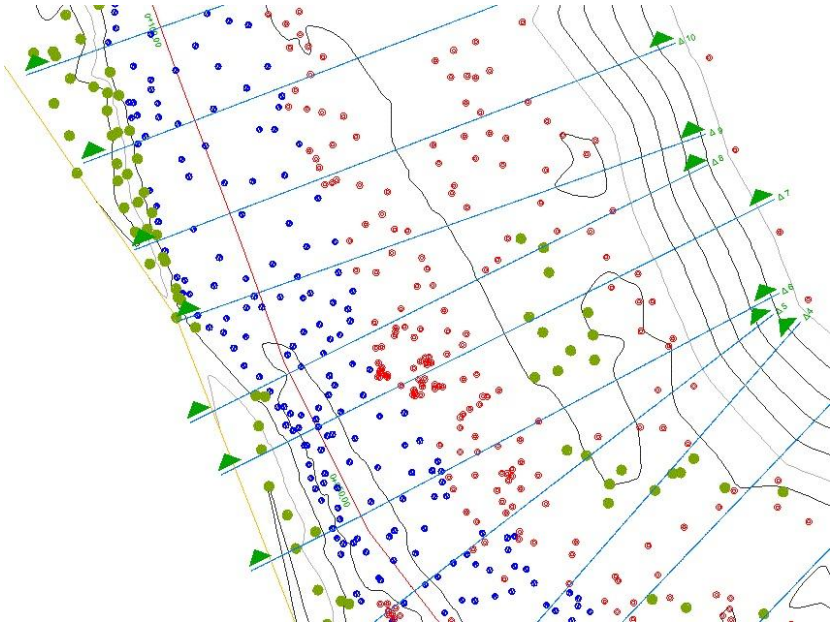
3 Στάδια εφαρμογής μεθοδολογίας εκτίμησης ελάχιστης οικολογικής παροχής

3.1 Τοπογραφική αποτύπωση

Βασική διαδικασία για τη εφαρμογή της μεθοδολογίας είναι να προηγηθεί τοπογραφική αποτύπωση της περιοχής μελέτης. Η τοπογραφική αποτύπωση ορίζει το υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα γίνουν οι υπολογισμοί της υδραυλικής προσομοίωσης και της εκτίμησης της

έκτασης των ενδιαιτημάτων που έχουν διαθέσιμη κάθε φορά συγκεκριμένα είδη ιχθυοπανίδας.

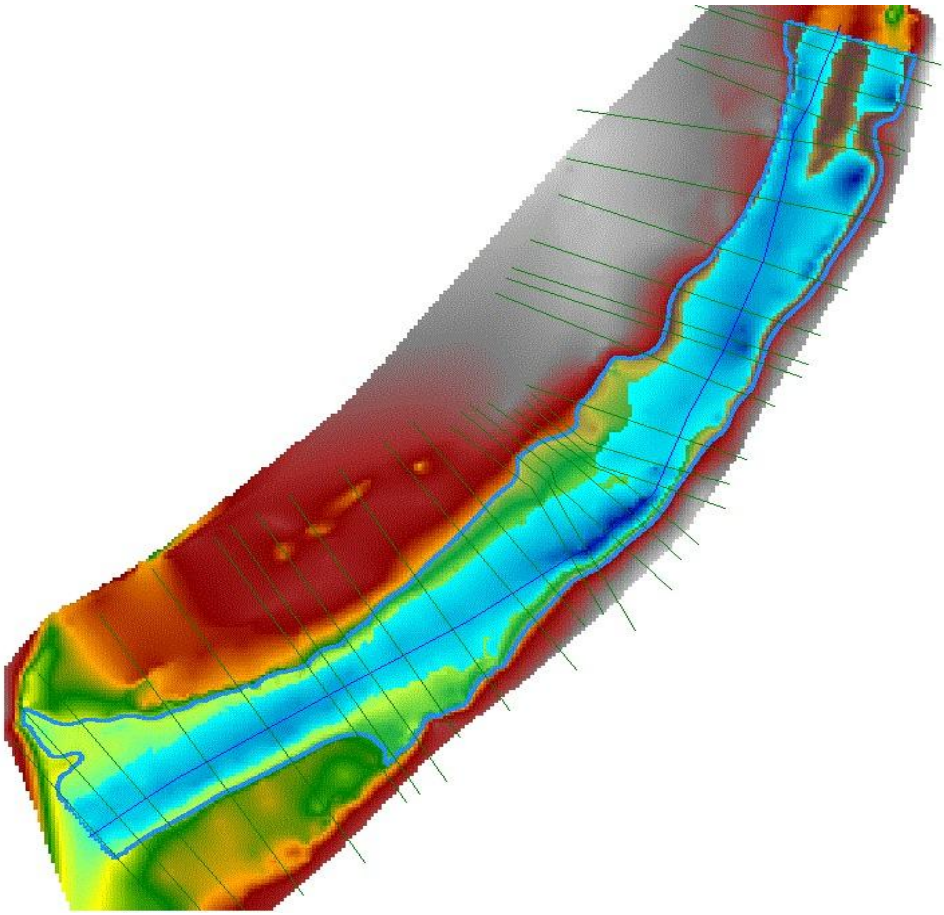
Ο τρόπος της τοπογραφικής αποτύπωσης είναι τελική απόφαση του μελετητή, ωστόσο στην εκπόνηση του παρόντος έργου εφαρμόστηκε αποτύπωση με τοπογραφικό GPS.



Εικόνα 3.1 Αποτύπωση με τοπογραφικό GPS με διαφορετική κωδικοποίηση ανάλογα με τον τύπο υποστρώματος. Στην εικόνα απεικονίζονται και οι θέσεις των διατομών ελέγχου για την υδραυλική προσομοίωση.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται για την επαρκή κάλυψη της περιοχής μελέτης με σημειακές μετρήσεις. Συγκεκριμένα, θα πρέπει οι καταγραφές τοπογραφικών σημείων να είναι αρκετά πυκνές, ιδανικά ανά 0.5 μέτρα και να καλύπτονται οπωσδήποτε σημαντικές μεταβολές που παρατηρούνται στο βάθος, στην κλίση του ποταμού αλλά και σε φυσικά εμπόδια (νησίδες, βλάστηση, κτλ). Επίσης θα πρέπει να καλυφθεί με μετρήσεις και η πλημμυρική κοίτη.

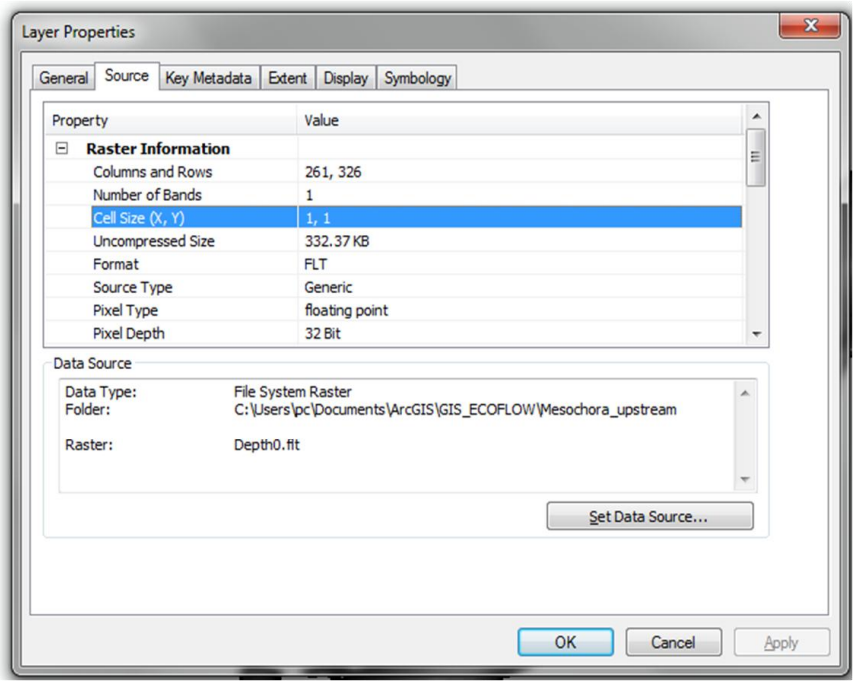
Στη συνέχεια οι μετρήσεις του τοπογραφικού GPS (σημεία με x,y,z) μέσω κατάλληλου λογισμικού Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) ή μέσω σχεδιαστικού προγράμματος (Autocad) χρησιμοποιούνται για την κατασκευή Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DEM) του τμήματος μελέτης (εικόνα 2.2).



Εικόνα 3.2 Παράδειγμα από Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (DEM) με θέσεις διατομών για την εκπόνηση υδραυλικής προσομοίωσης.

Κατά τη διαδικασία δημιουργίας Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου (DEM) σε περιβάλλον GIS ορίζεται το μέγεθος κελιού (Cell Size X, Y). Το μέγεθος κελιού είναι μία παράμετρος που σχετίζεται και με μετέπειτα υπολογισμούς για τον προσδιορισμό της κατάλληλης

διαθέσιμης έκτασης ενδιαιτήματος και θα πρέπει να σημειώνεται από τον μελετητή. Σε λεπτομερή αποτύπωση συνηθίζεται να είναι 1x1 (m). Επίσης κατά την δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους στα ΓΠΣ ορίζεται το -9999 ως αριθμός που θα αντιπροσωπεύει τα κελιά που δεν θα εμπεριέχουν καμία πληροφορία.



Εικόνα 3.3 Εικόνα από περιβάλλον ΓΠΣ όπου φαίνεται το μέγεθος κελιού (cell size 1,1).

Αποτυπώνοντας τη γεωμορφολογία της περιοχής μελέτης είναι δυνατόν με την εφαρμογή ενός υδραυλικού μοντέλου να διερευνηθούν οι μεταβολές σε παραμέτρους που σχετίζονται άμεσα με την ομαλή διαβίωση της ιχθυοπανίδας (βάθος, ταχύτητα, υπόστρωμα, κα) για διάφορα σενάρια παροχών.

3.2 Υδραυλική προσομοίωση

Η υδραυλική προσομοίωση πραγματοποιείται για τμήμα του ποταμού που απαιτεί η μελέτη. Το μήκος του τμήματος πρέπει να είναι **200 μέτρα το ελάχιστο**. Ο αριθμός των

διατομών ορίζεται με βάση τη γεωμορφολογία του τμήματος και την κρίση του μελετητή. Ως ικανοποιητικός αριθμός διατομών κρίνεται **15 ανά 100 μέτρα**.

Με βάση την υδραυλική προσομοίωση υπολογίζονται το βάθος και η ταχύτητα ροής για διάφορα σενάρια παροχών. Ο κύριος στόχος της υδραυλικής προσομοίωσης είναι ο υπολογισμός των υδραυλικών παραμέτρων ροής για παροχές όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις ταχύτητας, βάθους, κ.α. Τα αποτελέσματα της υδραυλικής προσομοίωσης συνδυάζονται με τα αποτελέσματα του επόμενου σταδίου της μεθοδολογίας (προσομοίωση ενδιαιτημάτων ιχθυοπανίδας), 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, ευκολία εύρεσης ή μέτρησής τους,
- δυνατότητα υπολογισμού δευτερευόντων χαρακτηριστικών ροής όπως στερεοπαροχή

Τα προσομοιωμένα αποτελέσματα της κάθε παραμέτρου στη συνέχεια μετατρέπονται μέσα από πρότυπες καμπύλες καταλληλότητας ενδιαιτήματος σε τιμές δείκτη καταλληλότητας υπολογίζοντας το διαθέσιμο κατάλληλο ενδιαίτημα για κάθε σενάριο παροχής.

3.3 Προσομοίωση ενδιαιτημάτων ιχθυοπανίδας

Η ιχθυοπανίδα των ποταμών ορίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση ως «Στοιχείο Βιολογικής Ποιότητας» και είναι απαραίτητη για την εκτίμηση και παρακολούθηση της υγείας των ποταμών. Επιπλέον επειδή είναι μεγαλόσωμοι και μακρόβιοι οργανισμοί απαιτούν

ειδικές συνθήκες και πόρους μέσα στα ποτάμια. Απαραίτητη για πολλά είδη ιχθυοπανίδας είναι η **δια μήκους συνεκτικότητα του ποταμού** – δηλαδή να μην υπάρχουν έργα (φράγματα, αντιδιαβρωτικά έργα, αναβαθμίδες, κ.α.) τα οποία εμποδίζουν τη μετακίνηση της ιχθυοπανίδας στον άξονα του ποταμού. Αυτά τα έργα αλλοιώνουν τη φυσική συνέχεια του ποταμού – διότι πολλά είδη δεν μπορούν να υπερβούν τις τεχνητές υδατοπτώσεις. Επιπλέον πολλά είδη δεν είναι σε θέση να ανταπεξέλθουν στις πιέσεις που δέχονται από τις αυξομειώσεις στην παροχή με αποτέλεσμα να μειώνεται ο πληθυσμός τους και συνεπώς η βιοποικιλότητα των ποταμών.

Στα πλαίσια του συγκεκριμένου έργου υπολογίστηκαν τα κριτήρια που πληρούν τις προϋποθέσεις για την ομαλή διαβίωση δύο ειδών ιχθυοπανίδας. Της ορεινής ενδημικής πέστροφας, *Salmo farioides*, Karaman 1938 (εικόνα 2.2) για τρία στάδια ανάπτυξης ανάλογα με το μέγεθος (<10cm , 10 - 20cm, >20cm) και του ποταμοκέφαλου, *Squalius peloponensis* Valenciennes, 1844 (εικόνα 2.3) για δύο στάδια ανάπτυξης (<10cm , >10cm). Τα δύο αυτά είδη έχουν ευρεία εξάπλωση στα ορεινά τμήματα των ποταμών της Ελλάδας. Τα κριτήρια καταλληλότητας των συγκεκριμένων ειδών προϋπάρχουν στο λογισμικό με τη μορφή καμπύλων καταλληλότητας ενδιαιτήματος για τρία στάδια ανάπτυξης. Επιπλέον παρατίθενται στο Παράρτημα 1 στην περίπτωση που ακολουθηθεί η χειροκίνητη εφαρμογή της μεθοδολογίας. Στα επόμενα κεφάλαια γίνεται αναλυτική περιγραφή των σταδίων που πρέπει να εφαρμοστούν για τους τελικούς υπολογισμούς και με τους δύο τρόπους (χειροκίνητα και αυτοματοποιημένα).

Αρχικά ο μελετητής χρειάζεται να επιλέξει το είδος που τον ενδιαφέρει με βάση την περιοχή μελέτης. **Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι η εκτίμηση της οικολογικής παροχής μέσα από στα πλαίσια της συγκεκριμένης μεθοδολογίας προϋποθέτει την ύπαρξη τουλάχιστον ενός από τα δύο είδη ιχθυοπανίδας στην περιοχή μελέτης, διαφορετικά τα αποτελέσματα θα είναι ανακριβή.**

Εικόνα 3.4 Πέστροφα *Salmo farioides*, Karaman 1938 σε μικρό μέγεθος (<10 cm) αριστερά και σε μεγάλο μέγεθος (>10 cm) δεξιά.

Εικόνα 3.5 Ποταμοκέφαλος *Squalius peloponensis* Valenciennes, σε μικρό μέγεθος (<10 cm) αριστερά και σε μεγάλο μέγεθος (>10 cm) δεξιά.

4 Εκτίμηση Κατάλληλης Σταθμισμένης Έκτασης

Η κατάλληλη σταθμισμένη έκταση (WUA) είναι ένας έμμεσος τρόπος υπολογισμού των οικολογικών παροχών που πρέπει να δίνονται κατάντη έργων υδρομάστευσης και φραγμάτων. Με αυτό τον τρόπο ανάλογα με την παροχή που επικρατεί κάθε φορά υπολογίζεται η έκταση των διαθέσιμων ενδιαιτημάτων για συγκεκριμένα είδη ιχθυοπανίδας τα οποία έχουν κριθεί σημαντικά (είδη ενδείκτες) για τις περιοχές ενδιαφέροντος. Για τον υπολογισμό της έκτασης των διαθέσιμων ενδιαιτημάτων ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

4.1 Επιλογή σεναρίων παροχής που θα εφαρμοστούν στο υδραυλικό μοντέλο

Η οικολογική παροχή που εκτιμάται στα πλαίσια του συγκεκριμένου έργου βασίζεται στις θερινές συνθήκες που επικρατούν τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Οι χαμηλές παροχές που εμφανίζονται κατά την συγκεκριμένη χρονική περίοδο του έτους στα ελληνικά ορεινά ποτάμια θεωρούνται κρίσιμες καθώς είναι δυνατόν να προκύψουν ανταγωνιστικές χρήσεις του διαθέσιμου νερού με συνέπεια οι διαχειριστές να κληθούν να λάβουν αποφάσεις για περιόδους όπου το νερό περιορίζεται ακόμα και κάτω από φυσικές συνθήκες.

Λαμβάνοντας τα προηγούμενα υπόψη συνίσταται η προσομοίωση στο υδραυλικό μοντέλο να αφορά **τουλάχιστον πέντε σενάρια παροχών με εύρη τιμών από 0.5 έως 7m^3/sec**. Επιπλέον τα εύρη των παροχών που θα προσομοιώσουν θα πρέπει να αφορούν την κυρία κοίτη του ποταμού. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται το βέλτιστο αποτέλεσμα από πλευράς υπολογισμών καθώς οι προσομοιωμένες παροχές που πλημμυρίζουν την κύρια κοίτη και επεκτείνονται στην πλημμυρική ζώνη αφορούν μη μόνιμες συνθήκες και συνεπώς δεν ενδείκνυνται για προτάσεις οικολογικής παροχής ακόμα και όταν η σταθμισμένη κατάλληλη έκταση φαίνεται να είναι μεγαλύτερη σε σχέση με μικρότερες παροχές.

Στη συνέχεια και εφόσον ακολουθηθεί η αυτοματοποιημένη διαδικασία υπολογισμού της οικολογικής παροχής μέσα από την διαδικτυακή πλατφόρμα είναι εφικτή η παρουσίαση των αποτελεσμάτων για περισσότερα σενάρια παροχών με αυτοματοποιημένο τρόπο μέσα από τους αλγορίθμους που είναι εφοδιασμένο το λογισμικό της πλατφόρμας. Ενώ σε περίπτωση που ακολουθηθεί χειροκίνητος υπολογισμός η παρουσίαση των αποτελεσμάτων αφορά τις παροχές που προσομοιώθηκαν από το υδραυλικό μοντέλο. Η βαθμονόμηση του υδραυλικού μοντέλου συνίσταται να γίνεται σε τουλάχιστον δύο διαφορετικές συνθήκες ροής (χαμηλή και μεσαία).

4.2 Αποτελέσματα υδραυλικού μοντέλου

Η απόφαση σχετικά με την επιλογή του υδραυλικού μοντέλου (HEC-RAS, MIKE, RIVER2D κτλ) που θα εφαρμοστεί είναι αποκλειστικά επιλογή του μελετητή ανάλογα με τις

γνώσεις που διαθέτει. Εφόσον ολοκληρωθεί η προσομοίωση, θα πρέπει η εξαγωγή των αποτελεσμάτων των παραμέτρων που προσομοιώθηκαν (βάθος, ταχύτητας) του υδραυλικού μοντέλου να είναι υπό μορφή αρχείων ASCII ή FLT. Αν τα αποτελέσματα του μοντέλου είναι σε οποιαδήποτε άλλη μορφή, μπορεί να γίνει μετατροπή τους σε αρχείο ASCII (.txt) μέσα από περιβάλλον γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων (GIS).

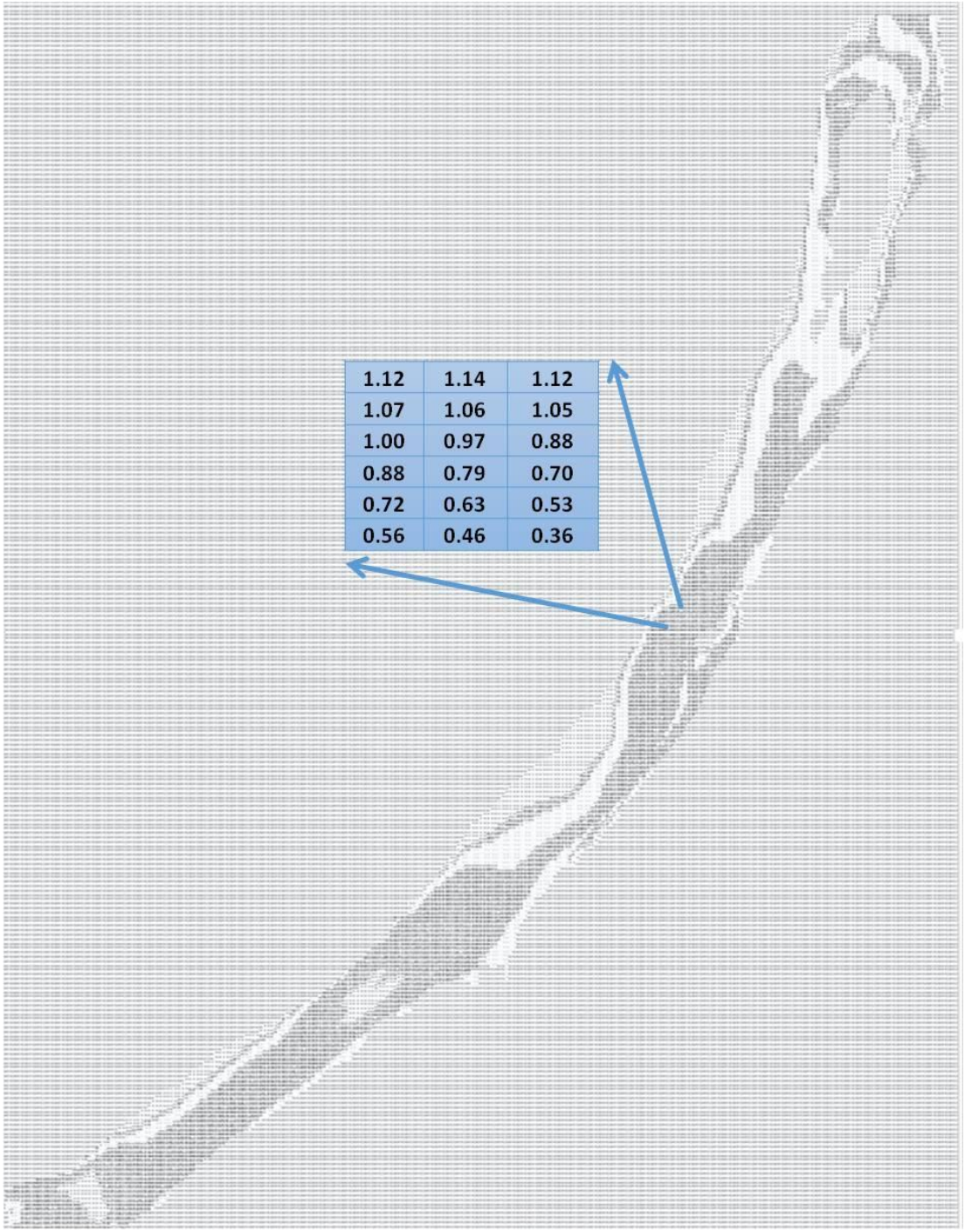
4.3 Εισαγωγή Κριτηρίων Καταλληλότητας Ενδιαιτήματος Ιχθυοπανίδας

4.3.1 Εφαρμογή της μεθοδολογίας με χειροκίνητους υπολογισμούς

Αρχικά δημιουργούνται αρχεία excel για κάθε παράμετρο που έχει προσομοιωθεί. Στη συνέχεια εισάγονται στο πρώτο φύλο (sheet) τα αποτελέσματα του υδραυλικού μοντέλου για κάθε παράμετρο ξεχωριστά, ώστε να γίνει χωρική ολοκλήρωση των τιμών των σημαντικότερων υδραυλικών παραμέτρων (βάθος, ταχύτητα, υπόστρωμα) και να δημιουργηθούν κάναβοι που θα καλύπτουν την κοίτη του ποταμού. Στην εικόνα 3.1 παρουσιάζεται ο κάναβος βάθους στο excel για μία παροχή, ενώ για την ίδια παροχή παρουσιάζεται ο κάναβος της ταχύτητας στην εικόνα 3.2.

Τα αρχεία που θα δημιουργηθούν θα πρέπει να είναι όσα και τα σενάρια παροχής που προσομοιώθηκαν στο υδραυλικό μοντέλο επί τις υδραυλικές παραμέτρους που προσομοιώθηκαν. Για παράδειγμα αν προσομοιωθούν το βάθος και η ταχύτητα για πέντε σενάρια παροχών, θα πρέπει να δημιουργηθούν αρχικά 5 κάναβοι βάθους και 5 κάναβοι ταχύτητας.

Εικόνα 4.1 Κάβανος βάθους με βάση τα αποτελέσματα του υδραυλικού μοντέλου (βάθος σε cm) μέσα από το excel.



Εικόνα 4.2 Κάβανος ταχύτητας με βάση τα αποτελέσματα του υδραυλικού μοντέλου (ταχύτητα σε m/sec) μέσα από το excel.

Στη συνέχεια σε επόμενο φύλο του excel εισάγονται τα κριτήρια καταλληλότητας ενδιαιτήματος για το είδος και το μέγεθος της ιχθυοπανίδας που αφορά την περιοχή μελέτης. Στο Παράρτημα 1 παρατίθενται τα κριτήρια καταλληλότητας ενδιαιτήματος για την πέστροφα για τρία στάδια ανάπτυξης και τον ποταμοκέφαλο για δύο στάδια ανάπτυξης. Ο μελετητής καλείται να επιλέξει το είδος της ιχθυοπανίδας που βρίσκεται στην περιοχή μελέτης που τον ενδιαφέρει. **Δεν είναι εφικτός ο υπολογισμός της οικολογικής παροχής για ποτάμια όπου δεν βρίσκεται υπό φυσικές συνθήκες κανένα από τα δύο είδη που έχουν προηγουμένως αναλυθεί.**

Τα κριτήρια καταλληλότητας ορίζονται μέσα από καμπύλες (καμπύλες καταλληλότητας), οι οποίες αντιστοιχίζουν τις συνθήκες βάθους, ταχύτητας και υποστρώματος που ικανοποιούν την καλή διαβίωση των ειδών του πίνακα 3.1 με έναν συντελεστή καταλληλότητας ενδιαιτήματος (δείκτης καταλληλότητας - HS), όπως αυτές ορίστηκαν από έρευνα πεδίου με τη μέθοδο της υποβρύχιας παρατήρησης. Στη διεθνή βιβλιογραφία σημαντικότερα κριτήρια για την εκτίμηση της οικολογικής παροχής είναι τα κριτήρια του βάθους και της ταχύτητας. Σε κάποιες περιπτώσεις όπου κρίνεται σκόπιμο χρησιμοποιούντα και επιπλέον κριτήρια όπως είναι τα κριτήρια καταλληλότητας υποστρώματος και κάλυψης.

Πίνακας 3.1. Είδη ιχθυοπανίδας και τάξεις μεγέθους για την εκτίμηση των κριτηρίων καταλληλότητας ενδιαιτήματος για τις ελληνικές συνθήκες

Λατινική Ονομασία	**Τάξεις Μεγέθους (cm)**	**Ελληνική Ονομασία**
Salmo farioides	< 10, 10-20, 21+	Ιονική Πέστροφα
Squalius Peloponensis	<10, 10-20, 21+	Ποταμοκέφαλος Πελοποννήσου

Στη συνέχεια, με εξισώσεις τύπου IF, FORECAST, OFFSET οι οποίες υπάρχουν διαθέσιμες στο excel γίνεται αντιστοίχιση των τιμών βάθους με τα αντίστοιχα κριτήρια

καταλληλότητας βάθους. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για την ταχύτητα (εικόνα 3.3) όπως και για κάθε παράμετρο για την οποία έχουν υπολογισθεί από εργασίες πεδίου τα αντίστοιχα κριτήρια καταλληλότητας. Συνεπώς με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται νέοι κάναβοι οι οποίοι αποτυπώνουν την καταλληλότητα ενδιαιτήματος για κάθε κελί στο excel. Με αυτό τον τρόπο όλες οι αρχικές τιμές των παραμέτρων (βάθους, ταχύτητας, υποστρώματος κτλ) μετατρέπονται σε τιμές δείκτη καταλληλότητας (βάθους, ταχύτητας, υποστρώματος κτλ).

Εικόνα 4.3 Εισαγωγή κριτηρίων καταλληλότητας βάθους ενδιαιτήματος ιχθυοπανίδας στο excel.

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

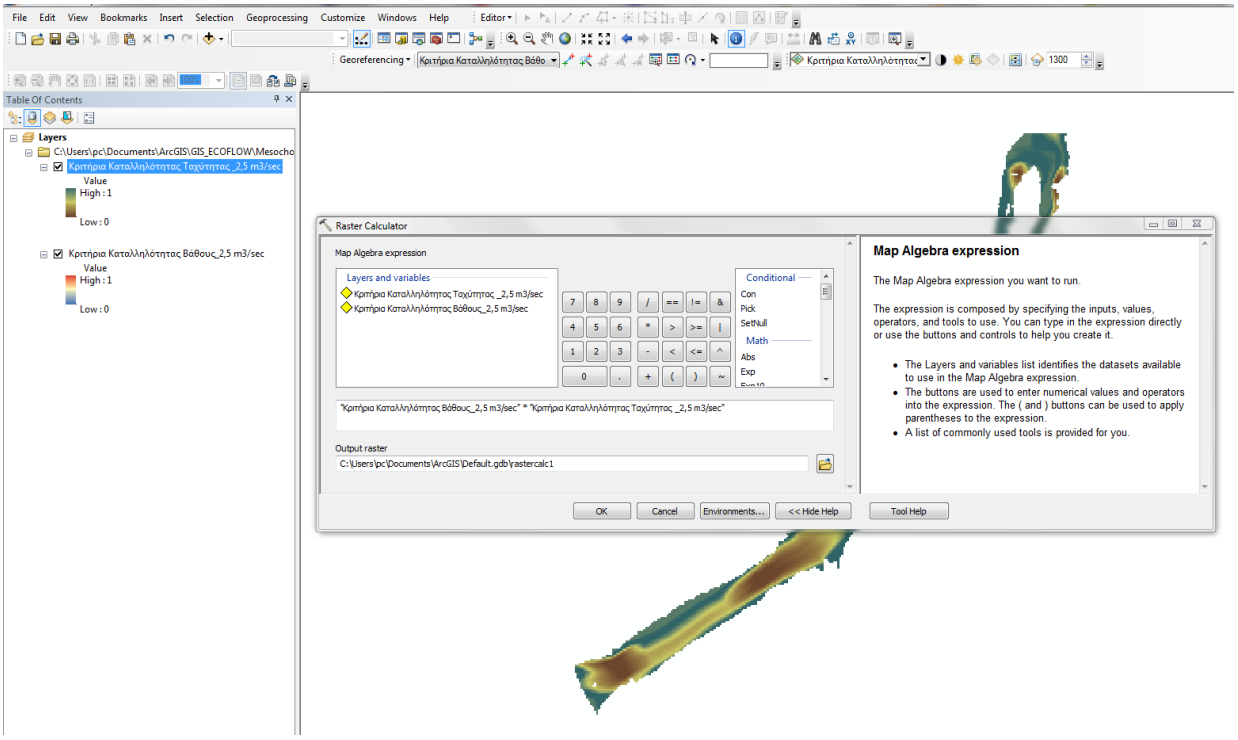
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Εικόνα 4.4 Εισαγωγή κριτηρίων καταλληλότητας ταχύτητας ενδιαιτήματος ιχθυοπανίδας στο excel.

Στη συνέχεια οι νέοι κάναβοι εκφρασμένοι σε δείκτες καταλληλότητας εισάγονται σε πρόγραμμα Γεωγραφικών Πληροφορικών Συστημάτων. Εκεί πλέον κάθε κάναβος αποτελεί ένα επίπεδο. Επόμενο στάδιο είναι ο πολλαπλασιασμός των επιπέδων (εικόνα 3.5) μέσα από ειδικές εντολές (raster calculator). Με τη διαδικασία αυτή υπολογίζεται ο τελικός σύνθετος δείκτης καταλληλότητας για κάθε κελί ο οποίος ενσωματώνει την καταλληλότητα όλων των επιμέρους παραμέτρων (βάθος, ταχύτητα, υπόστρωμα κτλ).



Εικόνα 4.5 Πολλαπλασιασμός επιπέδων σε πρόγραμμα Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων. Το κάθε επίπεδο αντιπροσωπεύει μία παράμετρο για την οποία έχουν υπολογιστεί τα κριτήρια καταλληλότητας ιχθυοπανίδας

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

4.3.1.1 Μετατροπή του σύνθετου δείκτη καταλληλότητας σε επιφάνεια

Ολοκληρώνοντας τους υπολογισμούς στο excel και στα ΓΠΣ για κάθε σενάριο παροχής που εξετάζεται προκύπτει ένας τελικός σύνθετος δείκτης για κάθε κελί. Στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται το κάθε κελί με την επιφάνεια που έχει οριστεί αρχικά. Το άθροισμα όλων των κελιών πολλαπλασιασμένων με τις επιφάνειές τους είναι η Σταθμισμένη Κατάλληλη Έκταση[1] (WUA).

WUA (Q)= Σ SI(i) * A(i) (1)

WUA: Σταθμισμένη Κατάλληλη Έκταση για παροχή Q

SI(i): σύνθετος δείκτης καταλληλότητας του κάθε κελιού

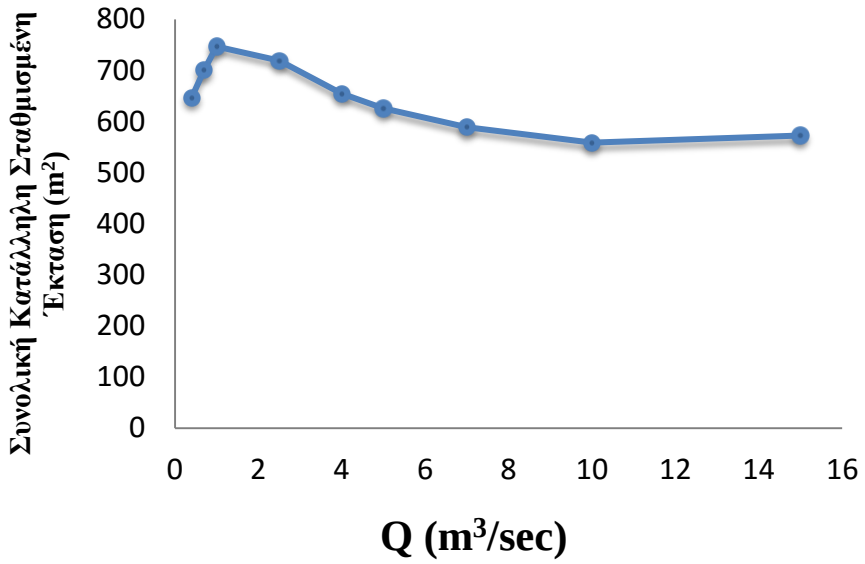
A(i,): έκταση του κελιού

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

Στο σχήμα 3.1 έχει υπολογιστεί η συνολική κατάλληλη σταθμισμένη έκταση (εκφρασμένη σε τετραγωνικά μέτρα), για την ενήλικη πέστροφα, για δέκα σενάρια παροχών. Από το διάγραμμα αυτό (3.1) ο μελετητής μπορεί να συμπεράνει για το είδος της πέστροφας (*Salmo farioides*), κατά τη διάρκεια του ενήλικου σταδίου ζωής της (μέγεθος ψαριού >21cm), την ελάχιστη παροχή που απαιτείται για την διατήρηση του κατάλληλου ενδιαιτήματός 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. Στην συγκεκριμένη περίπτωση στο σχήμα 3.1 είναι 1.5m^3/s, είναι φανερό

[1] Μετάφραση του αγγλικού όρου Weighted Usable Area

ότι όταν η παροχή αυξάνεται πάνω από 1.5 m^3/sec στη προκειμένη περιοχή μελέτης, τότε η κατάλληλη διαθέσιμη έκταση για το είδος της πέστροφας μειώνεται.



Σχήμα 4.1 Κατάλληλη Σταθμισμένη Έκταση για μία περιοχή μελέτης με βάση δέκα σενάρια παροχών

4.3.2 Εφαρμογή της μεθοδολογίας μέσω της διαδικτυακής πλατφόρμας

4.3.2.1 Δομή του υδρο-οικολογικού εργαλείου

Κατά την είσοδο του στο υδρο-οικολογικό εργαλείο, το οποίο αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του ECOFLOW, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει το λογότυπο του έργου και τον τίτλο της εφαρμογής.

Εικόνα 4.6 Το λογότυπο του έργου ο τίτλος της εφαρμογής

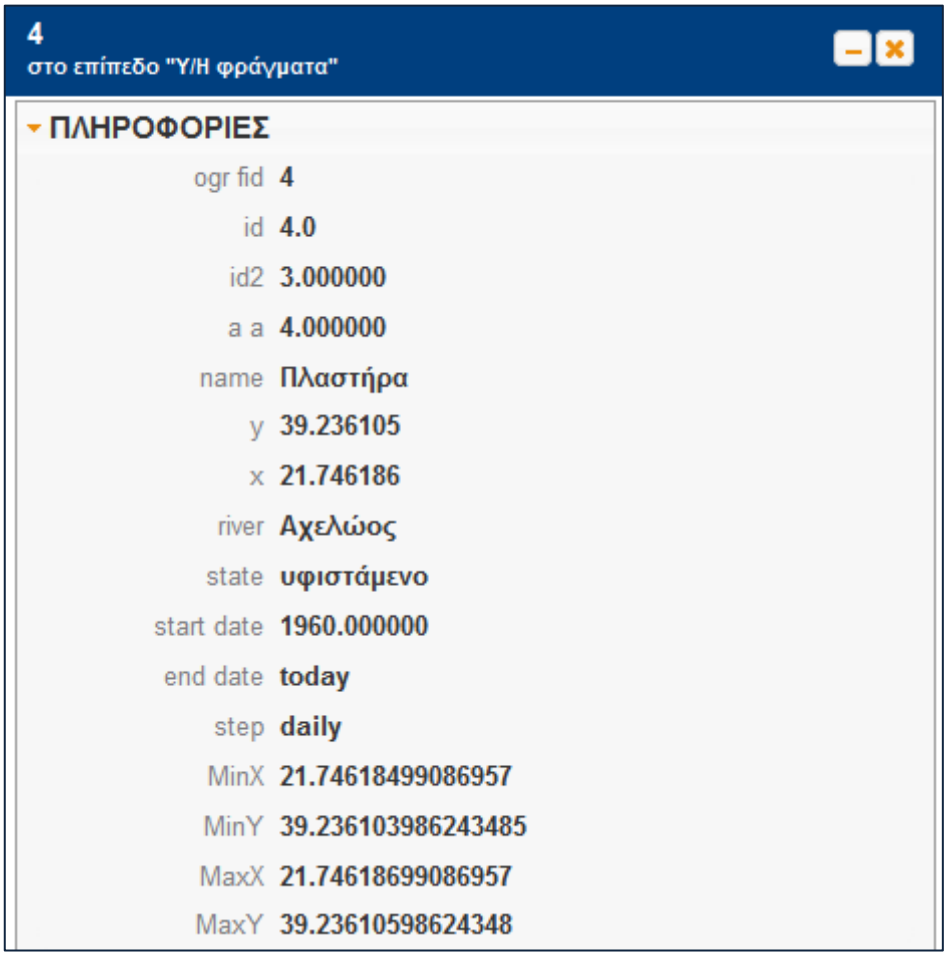
Κάτω ακριβώς από το λογότυπο του έργου εμφανίζεται ο χάρτης της ευρύτερης περιοχής που εμφανίζεται και στο κεντρικό παράθυρο της εφαρμογής.

Εικόνα 4.7 Απεικόνιση του χάρτη της περιοχής μελέτης

Χρησιμοποιώντας το εργαλείο του μεγεθυντικού φακού ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιήσει αναζήτηση μιας συγκεκριμένης περιοχής ή διεύθυνσης πληκτρολογώντας το όνομα ή τη διεύθυνσή της στο αντίστοιχο πεδίο «Εντοπίστε μια τοποθεσία». Ακολούθως η εφαρμογή προσφέρει τη δυνατότητα χρησιμοποιώντας τα γεωγραφικά εργαλεία από την αντίστοιχη μπάρα:

- να μετακινήσει το χάρτη,
- να μεγεθύνει ή να μικρύνει το χάρτη,
- να πραγματοποιήσει αναζήτηση στα δεδομένα του χάρτη,

- να δει περισσότερες πληροφορίες, , για κάποιο σημείο επιλέγοντας πρώτα το κουμπί "**i**" και στη συνέχεια επιλέγοντας το σημείο ενδιαφέροντος επάνω στο χάρτη για το οποίο επιθυμεί να προβάλει περισσότερες πληροφορίες. Σε αυτή την περίπτωση εμφανίζεται στην οθόνη ένα επιπλέον παράθυρο το οποίο παρουσιάζει όλες τις πληροφορίες οι οποίες είναι αποθηκευμένες στην εφαρμογή για το συγκεκριμένο σημείο.



Εικόνα 4.8 Αποθηκευμένες πληροφορίες

- να επιλέξει ένα συγκεκριμένο σημείο του χάρτη, ,
- να επιλέξει μια περιοχή τετράγωνου σχήματος, ,
- να αφαιρέσει όλες τις προηγούμενες επιλογές του, ,

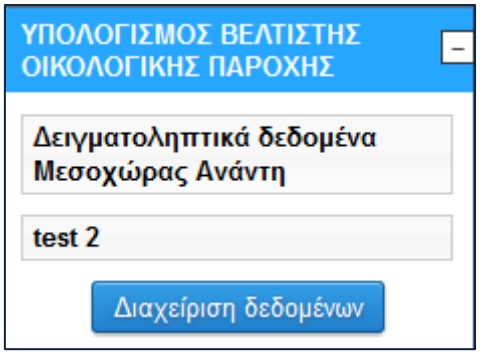
- να δει της συντεταγμένες του σημείου πάνω στο οποίο είναι τοποθετημένος ο κέρσορας του ποντικιού του, X: 20°10'04.4 (20.1679°) Y: 39°28'03.5 (39.4676°).

Τέλος, χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα κουμπιά: "Υπολογισμός Κατάλληλης Σταθμισμένης (WUA)" και "Εργαλείο Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS)" ο χρήστης μπορεί να καλέσει τα αντίστοιχα λογισμικά, η ανάλυση των οποίων θα ακολουθήσει σε επόμενες ενότητες.

Εικόνα 4.9 Κουμπιά διαθέσιμων λογισμικών

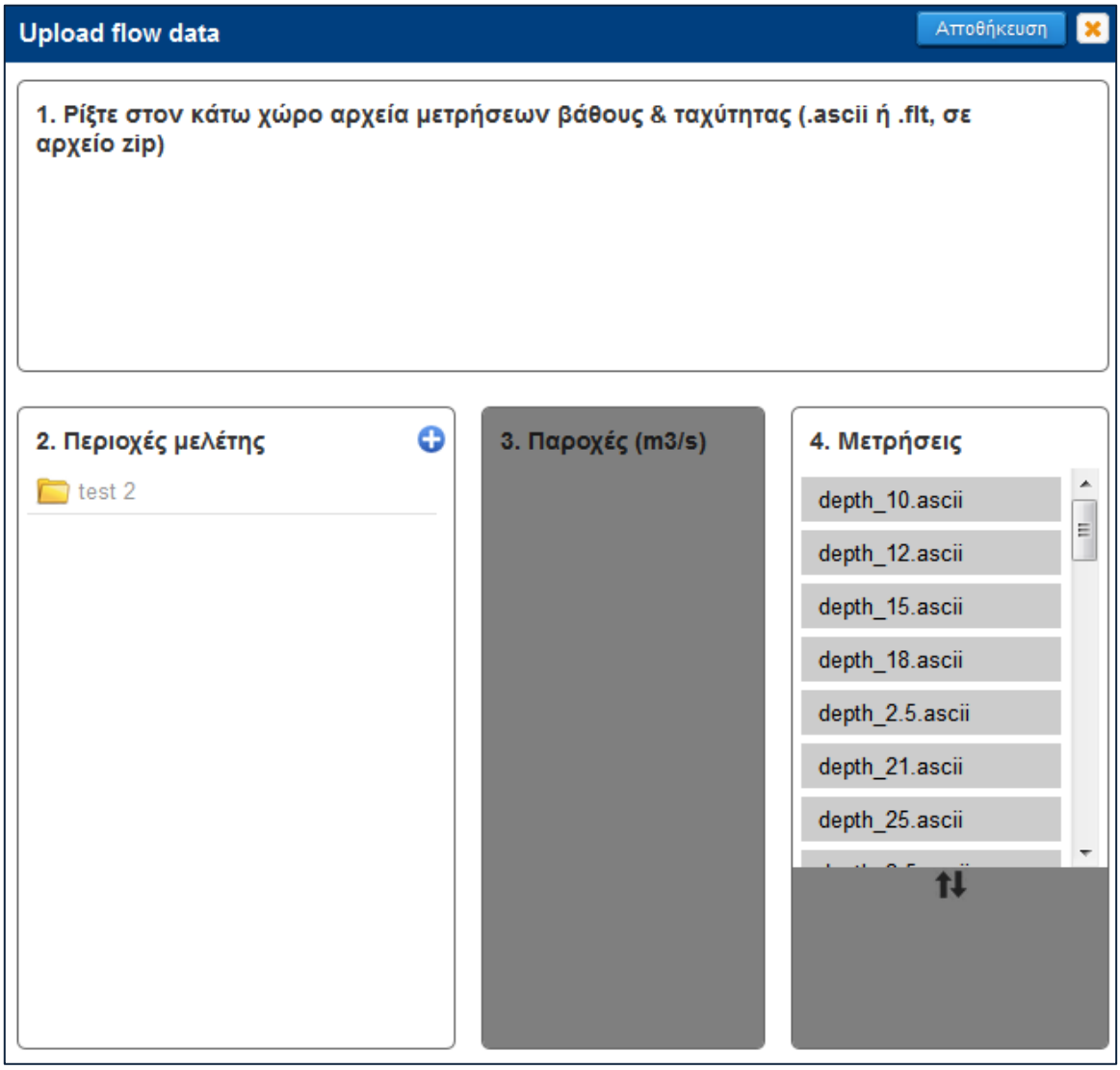
Για την εκτίμηση της "Κατάλληλης Σταθμισμένης Έκτασης", ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει είτε να ανεβάσει και να χρησιμοποιήσει τα δικά του δεδομένα, είτε να επιλέξει μέσα από μια λίστα ήδη ενσωματωμένων στην πλατφόρμα.

Στην πρώτη περίπτωση, θα πρέπει πρώτα να πραγματοποιήσει "είσοδο" στην εφαρμογή. Στη συνέχεια επιλέγοντας το κουμπί "Υπολογισμός Κατάλληλης Σταθμισμένης Έκτασης (WUA)", ενεργοποιείται αυτόματα στο δεξί τμήμα της οθόνης το παράθυρο "Υπολογισμός Βέλτιστης Οικολογικής Παροχής".



Εικόνα 4.10 Διαχείριση δεδομένων υδρο-οικολογικής πλατφόρμας

Επιλέγοντας το κουμπί “Διαχείριση δεδομένων” ενεργοποιείται αυτόματα το παράθυρο “Upload flow data” μέσω του οποίου μπορεί να ανεβάσει τα δικά του δεδομένα, με απλά βήματα τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στο ακόλουθο κείμενο.



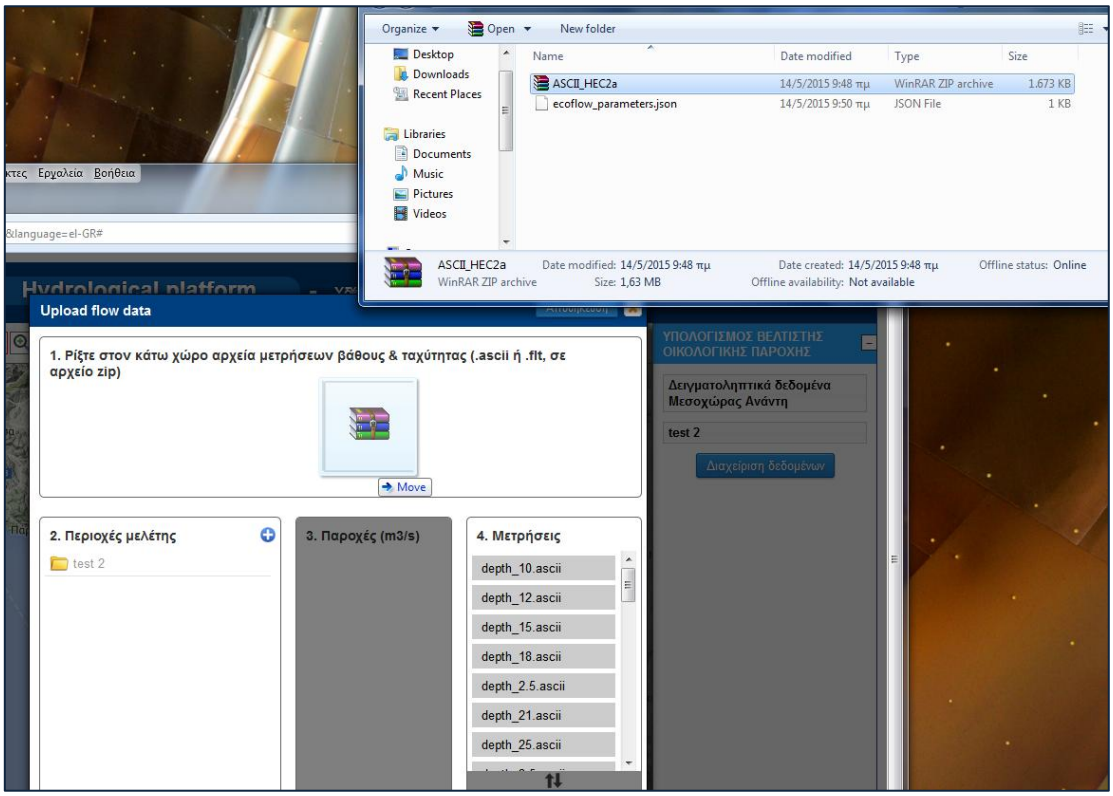
Εικόνα 4.11 Εισαγωγή νέων δεδομένων στην πλατφόρμα

4.3.2.2 Βήμα 1ο: Εισαγωγή δεδομένων

Ο χρήστης θα πρέπει να φροντίσει να έχει αποθηκευμένο σε κάποια θέση του υπολογιστή του ένα συμπιεσμένο αρχείο μορφής zip, το οποίο θα περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα δεδομένα για την εκτίμηση της οικολογικής παροχής και στη μορφή. Πιο συγκεκριμένα, το

αρχείο θα πρέπει να περιλαμβάνει δεδομένα μετρήσεων βάθους και ταχύτητας, σε μορφή *.ascii ή *.flt (Binary Floating-Point file).

Επιλέγοντας το αρχείο zip, κρατώντας πατημένο το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού και σύροντάς το μέσα στο παράθυρο των δεδομένων, όπως φαίνεται και στην ακόλουθη εικόνα, η χρήστης μπορεί με απλό και εύκολο τρόπο να εισάγει τα δεδομένα του στην εφαρμογή.

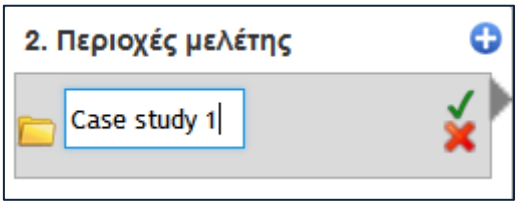


Εικόνα 4.12 Εισαγωγή δεδομένων υπό μορφή συμπιεσμένου αρχείου (zip) στην πλατφόρμα

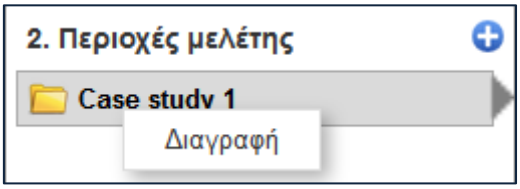
4.3.2.3 Βήμα 2ο: Αρχειοθέτηση Σεναρίων

Μετά την εισαγωγή των δεδομένων, ο χρήστης θα πρέπει στη 2η οθόνη "Περιοχές μελέτης" του ίδιου παραθύρου, να δημιουργήσει, επιλέγοντας το κατάλληλο κουμπί "New Folder" , τον αντίστοιχο φάκελο στον οποίο θα αποθηκευθούν τα σενάρια των παροχών που θα ακολουθήσουν σε επόμενο στάδιο. Προτείνεται το όνομα του φακέλου να αντιστοιχεί στην εκάστοτε περιοχή μελέτης, για αποφυγή πιθανής μελλοντικής σύγχυσης, καθώς οι φάκελοι που θα δημιουργεί θα αποθηκεύονται και θα διατηρούνται στο λογαριασμό του.

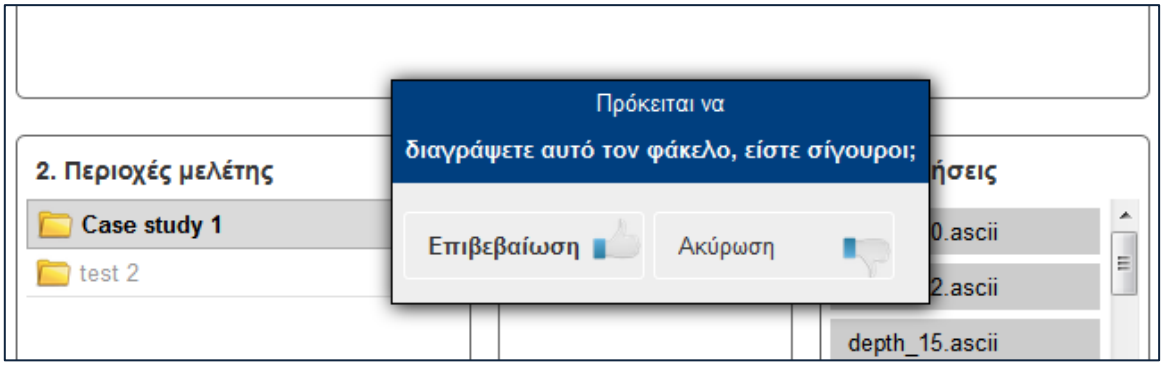
Πληκτρολογώντας το όνομα του φακέλου έχει τη δυνατότητα χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα εργαλεία είτε να αποθηκεύσει το νέο φάκελο, είτε να τον διαγράψει .



Εφόσον ο χρήστης έχει δημιουργήσει ήδη ένα φάκελο μπορεί να τον διαγράψει από τη λίστα επιλέγοντας δεξί κλικ επάνω στο φάκελο και πατώντας διαγραφή.



Σε αυτή την περίπτωση εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο το οποίο ζητάει από το χρήστη να "επιβεβαιώσει" ή να "ακυρώσει" τη διαγραφή του φακέλου επιλέγοντας το αντίστοιχο κουμπί.

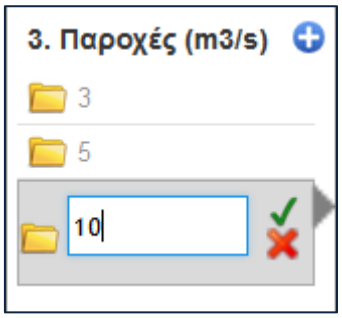


4.3.2.4 Βήμα 3ο: Ορισμός Σεναρίων Παροχών

Σε αυτό το βήμα ο χρήστης θα πρέπει να ορίσει τα σενάρια των παροχών τις οποίες θα τρέξει το λογισμικό υπολογισμού κατάλληλης σταθμισμένη έκτασης (WUA).

Η συγκεκριμένη διαδικασία επιτυγχάνεται, δημιουργώντας φακέλους, με τη διαδικασία που περιγράφηκε και στο βήμα 2, και δίνοντας σε κάθε φάκελο ως όνομα την αντίστοιχη παροχή που επιθυμεί να μελετήσει.

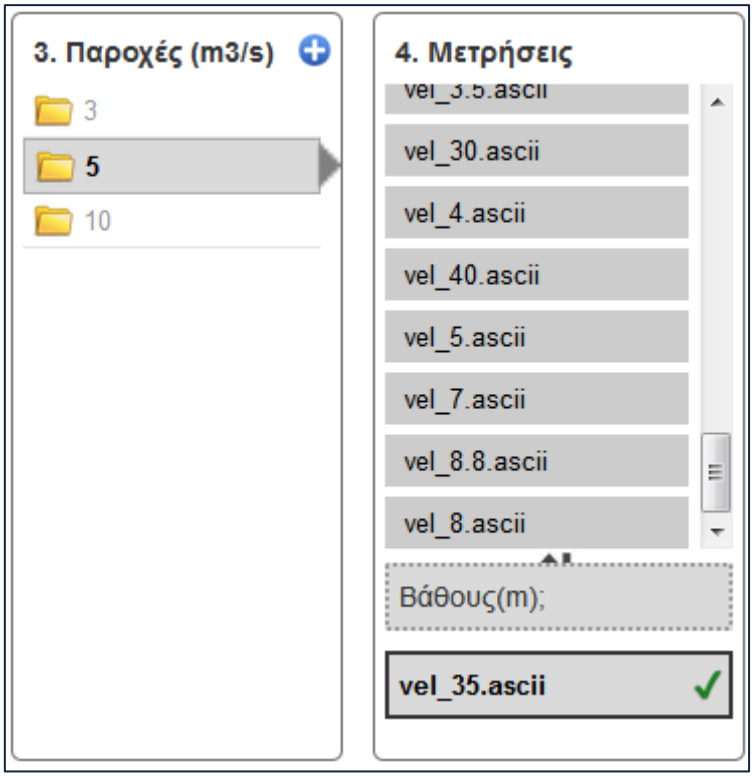
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο πεδίο συμπλήρωσης των σεναρίων των παροχών επιτρέπεται η χρήση μόνο αριθμητικών χαρακτήρων.



4.3.2.5 Βήμα 4ο: Ορισμός Ταχύτητας - Βάθους

Κατόπιν για κάθε σενάριο παροχής που όρισε ο χρήστης στο βήμα 3, θα πρέπει να αντιστοιχίσει από τη λίστα με τα διαθέσιμα αρχεία μετρήσεων που ανέβασε στο βήμα 1, τις αντίστοιχες μετρήσεις ταχύτητας και βάθους.

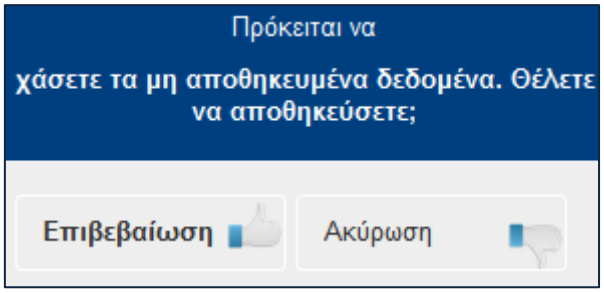
Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα επιλέγοντας το αντίστοιχο αρχείο βάθους ή ταχύτητας, να το σύρει και να το τοποθετήσει στο αντίστοιχο πεδίο ορισμού της κάθε παραμέτρου “Βάθους (m)” ή “Ταχύτητας (m/s)”.



Κάθε φορά που ο χρήστης επιλέγει και τοποθετεί κάποιο αρχείο μετρήσεων βάθους ή ταχύτητας στο αντίστοιχο πεδίο ορισμού της κάθε παραμέτρου, τότε αυτό απομακρύνεται από τη λίστα των διαθέσιμων αρχείων.

Εφόσον έχει ολοκληρώσει με την εισαγωγή των σεναρίων παροχών και την αντιστοίχηση των κατάλληλων αρχείων βάθους και ταχύτητας, θα πρέπει στο τέλος να αποθηκεύσει τις επιλογές του πατώντας το αντίστοιχο κουμπί “Αποθήκευση”.

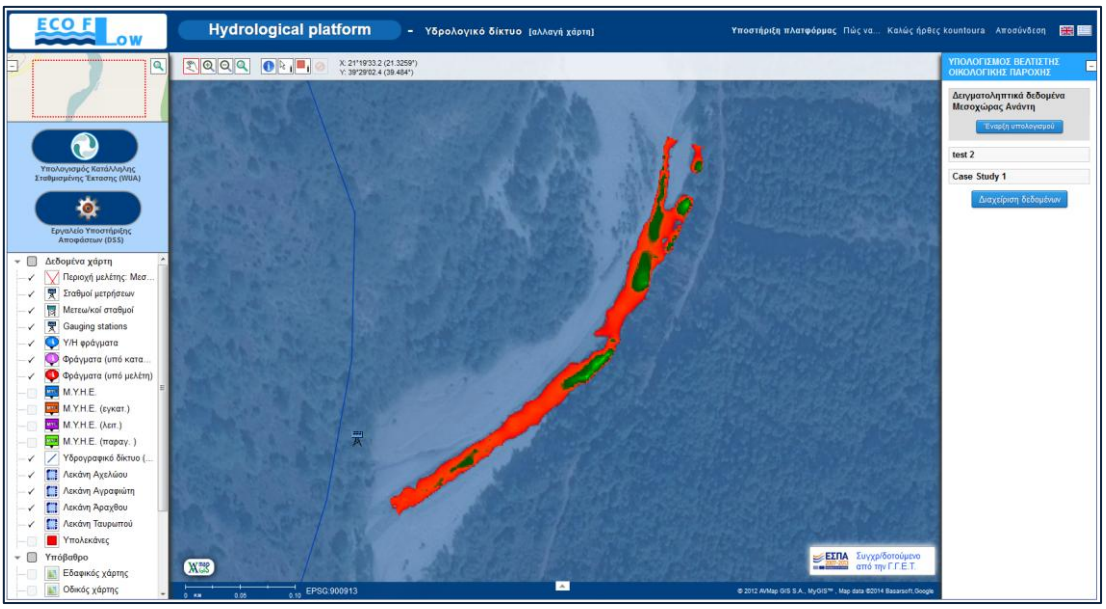
Στην περίπτωση που ο χρήστης κλείσει το παράθυρο της εισαγωγής των δεδομένων χωρίς πρώτα να τα έχει αποθηκεύσει, ένα ενημερωτικό μήνυμα εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή του το οποίο τον προειδοποιεί ότι η ολοκλήρωση της ενέργειας που έχει επιλέξει συνεπάγεται και την απώλεια των μη αποθηκευμένων δεδομένων και παράλληλα του δίνει τη δυνατότητα να τα αποθηκεύσει ή όχι επιλέγοντας το αντίστοιχο κουμπί “Επιβεβαίωση” ή “Ακύρωση”, πριν προχωρήσει σε επόμενο στάδιο.



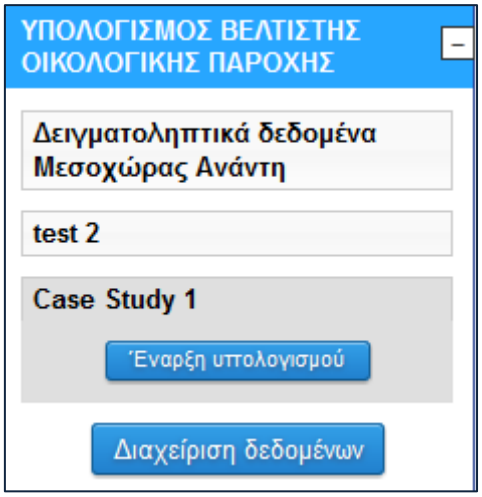
4.3.2.6 Βήμα 5ο: Έναρξη Υπολογισμού

Εφόσον επιλέξει την αποθήκευση των δεδομένων του, τότε στη λίστα των διαθέσιμων περιοχών για την εκτίμηση της οικολογικής παροχής θα έχει προστεθεί και μια επιπλέον επιλογή με το όνομα της περιοχής μελέτης που όρισε αρχικά στο βήμα 2.

Στην περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει κάποιο από τα δεδομένα τα οποία υπάρχουν ήδη αποθηκευμένα στην πλατφόρμα, τότε η κεντρική οθόνη της εφαρμογής θα επικεντρώνεται στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης ενώ ταυτόχρονα θα εμφανίζεται η τοπογραφική απεικόνιση των μεταβολών του βάθους του ποταμού για την επιλεγμένη περιοχή.

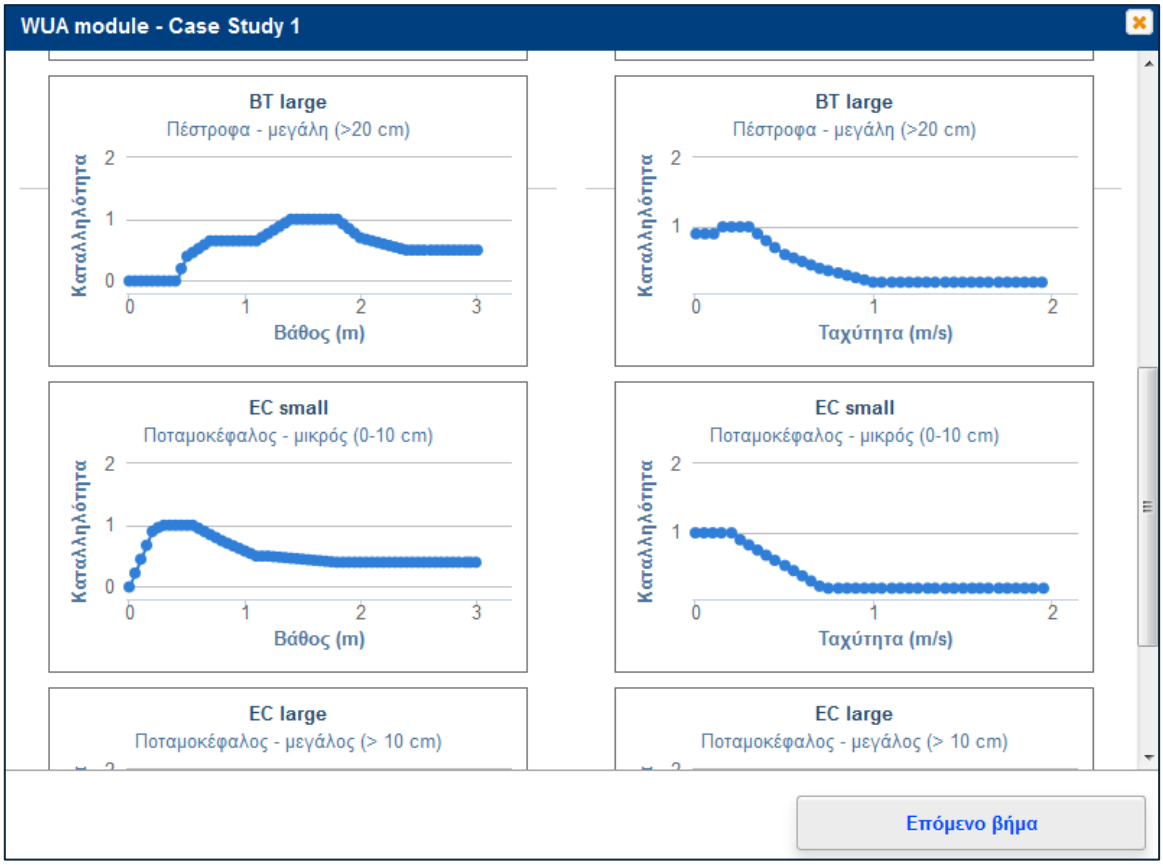


Επιλέγοντας κάποια από τις διαθέσιμες επιλογές της λίστας για τον υπολογισμό της βέλτιστης οικολογικής παροχής και στη συνέχεια πατώντας το κουμπί "Έναρξη υπολογισμού" μπορεί να ξεκινήσει την έναρξη των υπολογισμών της βέλτιστης οικολογικής παροχής.



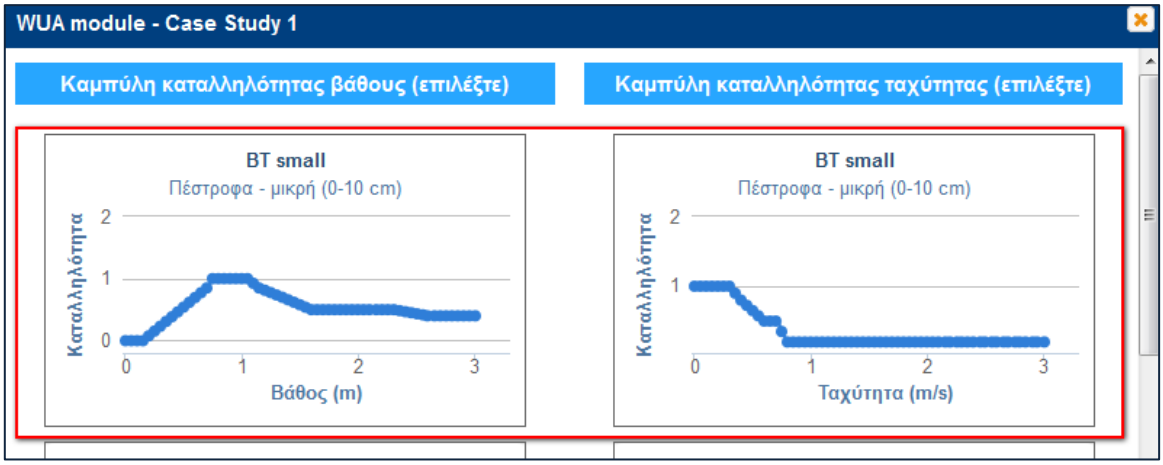
4.3.2.7 *Βήμα 6ο: Ορισμός Καμπυλών Καταλληλότητας*

Στο επόμενο στάδιο εμφανίζεται στην οθόνη του χρήστη μια λίστα με όλες τις διαθέσιμες καμπύλες καταλληλότητας βάθους και ταχύτητας, οι οποίες υπάρχουν ήδη ενσωματωμένες στην εφαρμογής για δύο διαφορετικά είδη ψαριών (Πέστροφα & Ποταμοκέφαλος) και τρεις διαφορετικές ηλικιακές κλάσεις (μικρή – μεσαία - μεγάλη).



Για την αποφυγή εξαγωγής λανθασμένων υπολογισμών κατάλληλης σταθμισμένη έκτασης, ο χρήστης θα πρέπει να φροντίσει να επιλέξει τις κατάλληλες καμπύλες καταλληλότητας ανάλογα με το είδος του ιχθύος και την ηλικιακή κλάση του, που είναι το επικρατέστερο στη δική του περιοχή ενδιαφέροντος.

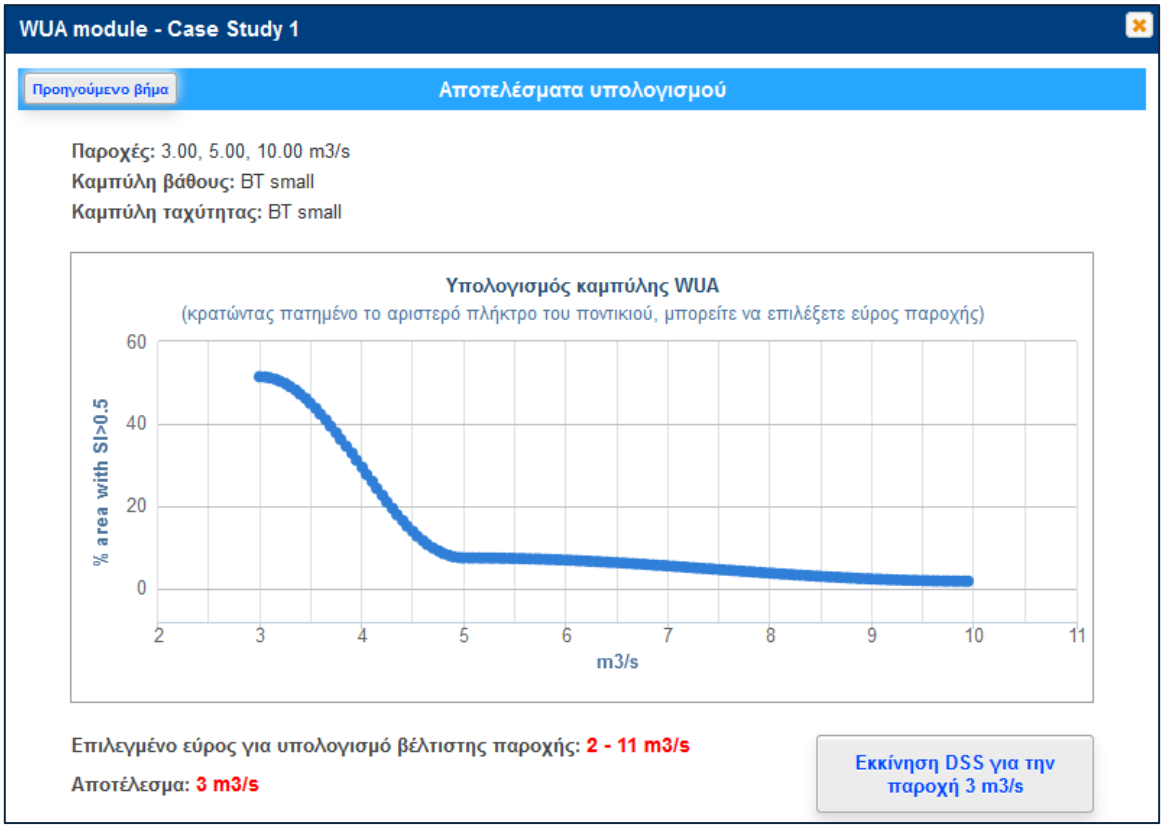
Εφόσον επιλέξει το κατάλληλο ζεύγος καμπυλών καταλληλότητας, αυτές θα μαρκαριστούν με κόκκινο πλαίσιο και στη συνέχεια θα πρέπει να επιλέξει το κουμπί «Επόμενο βήμα» έτσι ώστε η εφαρμογή να προχωρήσει στην εξαγωγή των αντίστοιχων αποτελεσμάτων.



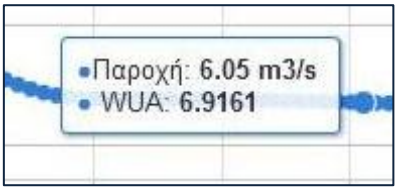
4.3.2.8 Βήμα 7ο: Αποτελέσματα

Το παράθυρο που εμφανίζεται στο επόμενο και τελευταίο βήμα υπολογισμού της κατάλληλης σταθμισμένης έκτασης είναι τα αποτελέσματα των υπολογισμών.

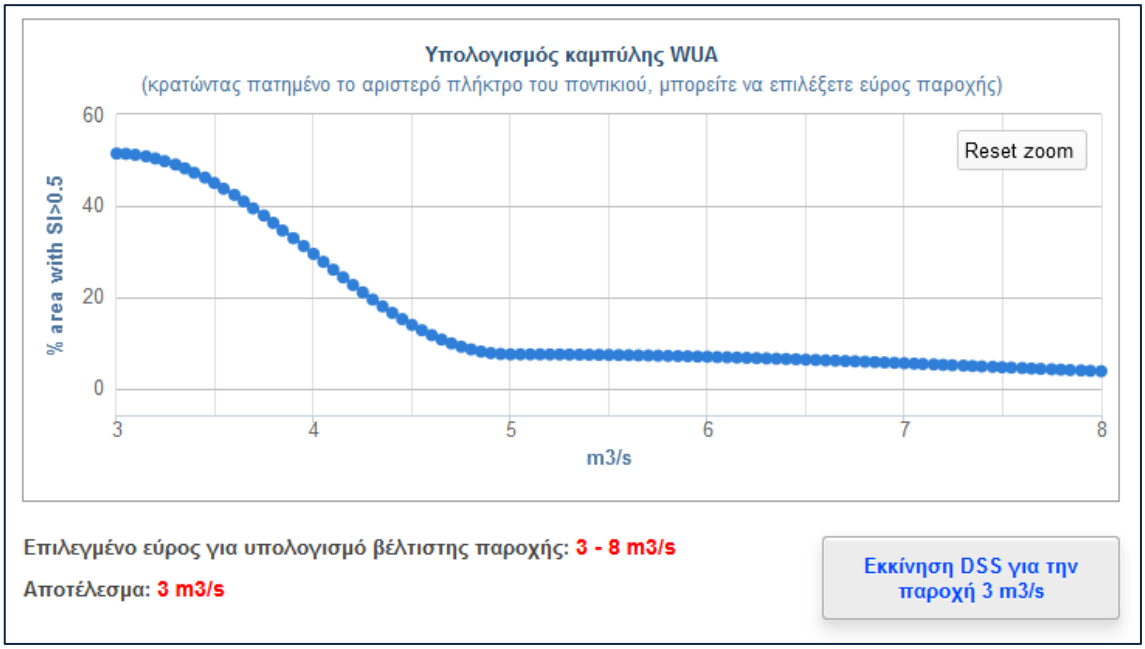
Τα αποτελέσματα εξάγονται με τη μορφή γραφικής παράστασης, στην οποία απεικονίζεται η μεταβολή του συντελεστή σταθμισμένης κατάλληλης έκτασης σε συνάρτηση με την παροχή. Στο ίδιο παράθυρο των αποτελεσμάτων εμφανίζονται στο πεδίο "Παροχές" όλα τα σενάρια παροχών τα οποία όρισε ο χρήστης στο βήμα 3 και βάσει των οποίων έτρεξε το συγκεκριμένο λογισμικό, ενώ ακολούθως στα πεδία "Καμπύλη Βάθους & Ταχύτητας" δίνονται πληροφορίες για το είδος του ιχθύος και την ηλικιακή κλάση του βάσει των οποίων επιλέχθηκαν οι καμπύλες καταλληλότητας της ταχύτητας και του βάθους, το εύρος των παροχών για το οποίο υπολογίζεται η βέλτιστη οικολογική παροχή και τέλος η τιμή της βέλτιστης οικολογικής παροχής.



Επιπρόσθετα αφήνοντας τον κέρσορα του ποντικιού επάνω στα διάφορα σημεία της καμπύλης εμφανίζονται επιπρόσθετες πληροφορίες αναφορικά με την παροχή και τη τιμή του WUA που αντιστοιχεί στο κάθε σημείο.



Κρατώντας πατημένο το δεξί πλήκτρο του ποντικιού του και σύροντας το επάνω στη γραφική παράσταση των αποτελεσμάτων, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει και να εμφανίσει στο διάγραμμα των αποτελεσμάτων ένα μικρότερο εύρος παροχών, ενώ επιλέγοντας το κουμπί “Reset zoom” μπορεί να επιστρέψει στο προηγούμενο εύρος των παροχών.



Επιλέγοντας το κουμπί "Εκκίνηση DSS για την παροχή … m^3/s" αυτόματα ξεκινάει η έναρξη του λογισμικού λήψης αποφάσεων χρησιμοποιώντας το αποτέλεσμα της βέλτιστης οικολογικής σύμφωνα με το λογισμικό WUA και το εύρος των παροχών που ο ίδιος ο χρήστης έχει επιλέξει να εμφανίζονται στη γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

4.3.2.9 Δημοσιοποίηση δεδομένων

Τα δεδομένα που ανεβάζει ο κάθε χρήστης στην πλατφόρμα είναι ορατά μόνο από τον ίδιο και τους διαχειριστές της πλατφόρμας. Σε περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί τα δεδομένα του να είναι ορατά και από τους υπόλοιπους χρήστες της πλατφόρμας, παρακαλείται να στείλει ένα αίτημα υποστήριξης στην διεύθυνση:

ecoflow-support@avmap.gr

5 Βιβλιογραφία

Armitage, P.D., D. Moss, J.F. Wright & M.T. Furse, 1983. The performance of a new Biological Water Quality Score System based on Macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. Wat. Res. 17: 333-347

Couillard, D., & Lefebvre, Y. 1985. Analysis of water quality indices. Journal of Environmental Management, 21, 161–179

De Pauw, N. and G. Vanhooren. 1983. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. Hydrobiologia 100:153-68.

Dyson M, Bergkamp G, Scanlon J (eds) 2003. Flow. The Essential of Environmental Flows. IUCN, Gland, Swizerland and Cambridge, UK. Xiv +118 pp

Gopal, B. 2013. Invited lecture. Proceedings, National Conference on Water Management for Food Security. Pp 23-27. Utthan- Centre for Sustainable Development and Poverty Alleviation, Allahabad.

Hellawell, J.M., 1986. Biological Indicator of Freshwater Pollution and Environmental Management, Elsevier Applied Science Publishers, London

N. Skoulikidis, Y. Amaxidis, I. Bertahas, S. Laschou, K. Gritzalis, 2006. Analysis of factors driving stream water composition and synthesis of management tools – a case study on small/medium Greek catchments Sci. Total Environ., 362, pp. 205–241

Ormerod S.J. & Edwards R.W., 1987. The ordination and classification of macroinvertebrate assemblages in the catchment of the River Wye in relation to environmental factors. Freshwater Biology. 17, 53.VS46

Richter BD, Baumgartner JV, Powell J, Braun DP., 1996. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. Conservation Biology 10: 1–12. DOI: 10.1046/ j.1523–1739.1996.10041163.x

Thorp, J.H. and Covich, A.P., 1991. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Academic Press, Inc. Ch: 10, 12, 13, 17-19

Wright, E.L., Mather, J.C., Bennett, C.L., Cheng, E.S., Shafer, R.A., et al., 1991. Ap. J. 381: 200-209

6 Ευρετήριο Όρων

Βενθική πανίδα: το σύνολο των έμβιων οργανισμών, που ζουν και αναπτύσσονται στο βυθό ενός υδρόβιου οικοσυστήματος

Βιωτή: Είναι το σύνολο των οργανισμών που υπάρχουν σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα

Ελόφιλο είδος: Οργανισμός που έχει προτίμηση σε νερά στάσιμα ή με αργή κίνηση

Ενδιαίτημα: ορίζεται ως το φυσικό περιβάλλον στο οποίο ζει και αναπαράγεται ένα είδος, ένας πληθυσμός ή μια βιοκοινότητα

Ενδοποτάμια Αυξητική Ροή: εργαλείο υποβοήθησης λήψης αποφάσεων. Αναπτύχθηκε το 1970 από διεπιστημονική ομάδα με σκοπό να γεφυρώσει τις ανάγκες των σχεδίων διαχείρισης για τους υδατικούς πόρους με τις ανάγκες διατήρησης της βιοποικιλότητας στις συνθήκες αναφοράς. Εμπεριέχει τεχνικές αναλυτικών διαδικασιών και υπολογιστικών μεθόδων, οι οποίες προσπαθούν να αξιολογήσουν τα αποτελέσματα των οριακών μεταβολών της ροής ενός ποταμού στη δομή της κοίτης, στην ποιότητα του νερού, στη θερμοκρασία και στη διαθεσιμότητα των κατάλληλων μικροενδιαιτημάτων

Επίφυτα άλγη: Κατηγορία άλγεων που ζουν πάνω σε άλλους οργανισμούς ή επιφάνειες εντός της κοίτης των ποταμών

Έργα Υδρομάστευσης: Έργα μεταφοράς νερού

Καμπύλες καταλληλότητας ενδιαιτήματος ιχθυοπανίδας: Μαθηματικά μοντέλα προσομοίωσης χαρακτηριστικών που προτιμούν τα ψάρια

Καμπύλη διάρκειας παροχής: ορίζεται ως η σχεδίαση της παροχής Q προς το ποσοστό του χρόνου D κατά τη διάρκεια της περιόδου παρατηρήσεων όπου εμφανίζονται παροχές που είναι ίσες ή υπερβαίνουν την απορροή (Q) σε μία θέση ποταμού, είναι πολύ χρήσιμο στοιχείο για τον υδρολογικό σχεδιασμό υδροηλεκτρικών έργων ιδιαίτερα για τα έργα με μικρό ή χωρίς καθόλου ταμιευτήρα

Λιμνόφιλα είδη: Οργανισμοί που υπάρχουν στα στάσιμα νερά, αποφεύγουν τα ρεύματα και σπάνια βρίσκονται σε ποτάμια με αργή ροή

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

Υδρομορφολογικές Μονάδες: Ομοιογενή τμήματα του ποταμού, με παρόμοια υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά

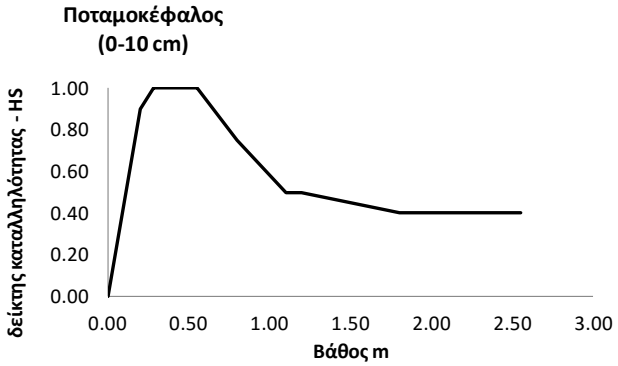
Υδρο-οικολογία: Είναι η επιστήμη που σχετίζεται με τα ενδιαιτήματα των οργανισμών και το πως αυτοί αλληλοεπιδρούν με τα υπόγεια και επιφανειακά νερά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

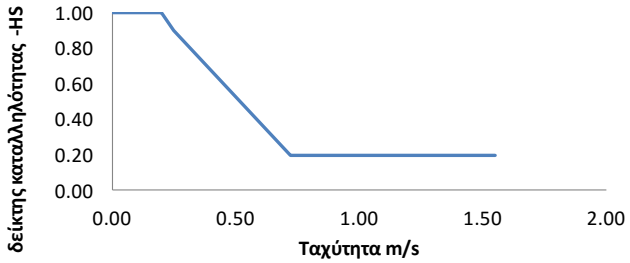
6.1 Κριτήρια Καταλληλότητας Ενδιαιτημάτων Ιχθυοπανίδας

6.1.1 Ποταμοκέφαλος

Βάθος (m)	Δείκτης -HS
0.00	0.00
0.40	0.00
0.50	0.40
0.70	0.65
1.10	0.65
1.40	1.00
1.80	1.00
2.00	0.70
2.40	0.50
2.60	0.50

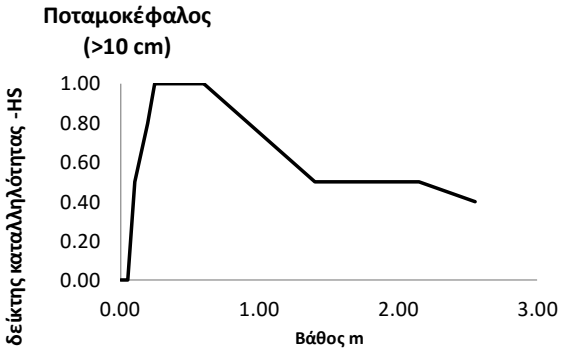


Ταχύτητα (m/sec)	Δείκτης - HS
0.00	1.00
0.20	1.00
0.25	0.90
0.72	0.20
1.55	0.20

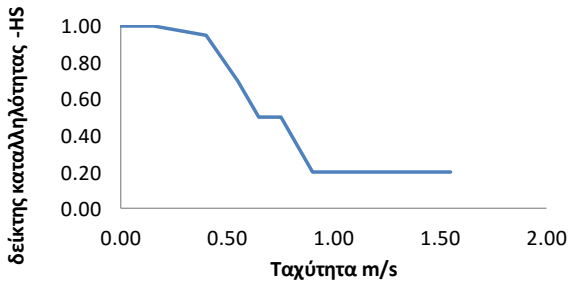


Εικόνα 6.1 Κριτήρια καταλληλότητας βάθους (πάνω) και ταχύτητας (κάτω) για το μικρό μέγεθος ποταμοκέφαλου

Βάθος (m)	Δείκτης - HS
0.00	0.00
0.05	0.00
0.10	0.50
0.20	0.80
0.25	1.00
0.60	1.00
1.40	0.50
2.15	0.50
2.55	0.40



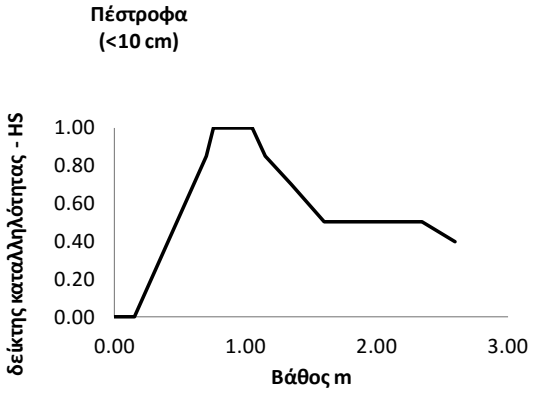
Ταχύτητα (m/sec)	Δείκτης - HS
0.00	1.00
0.15	1.00
0.40	0.95
0.55	0.70
0.65	0.50
0.75	0.50
0.90	0.20
1.55	0.20



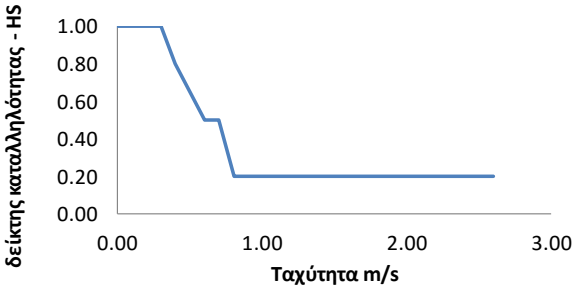
Εικόνα 6.2 Κριτήρια καταλληλότητας βάθους (πάνω) και ταχύτητας (κάτω) για το μεγάλο μέγεθος ποταμοκέφαλου

6.1.2 Πέστροφα

Βάθος (m)	Δείκτης - HS
0.00	0.00
0.15	0.00
0.70	0.85
0.75	1.00
1.05	1.00
1.15	0.85
1.35	0.70
1.60	0.50
2.35	0.50
2.60	0.40



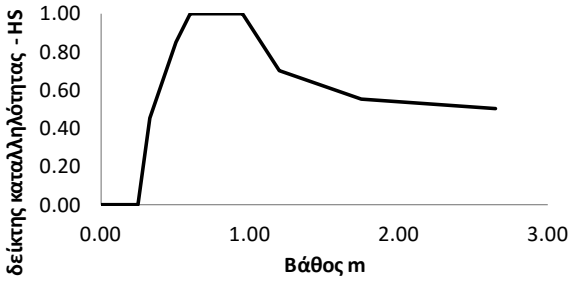
Ταχύτητα (m/sec)	Δείκτης - HS
0.00	1.00
0.30	1.00
0.40	0.80
0.60	0.50
0.70	0.50
0.80	0.20
2.60	0.20



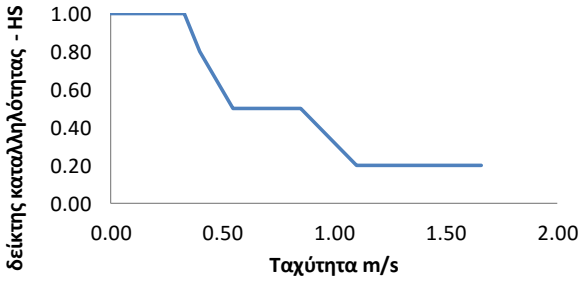
Εικόνα 6.3 Κριτήρια καταλληλότητας βάθους (πάνω) και ταχύτητας (κάτω) για το μικρό μέγεθος της πέστροφας.

Πέστροφα (10-20 cm)

Βάθος (m)	Δείκτης - HS
0.00	0.00
0.25	0.00
0.33	0.45
0.50	0.85
0.60	1.00
0.95	1.00
1.20	0.70
1.75	0.55
2.65	0.50

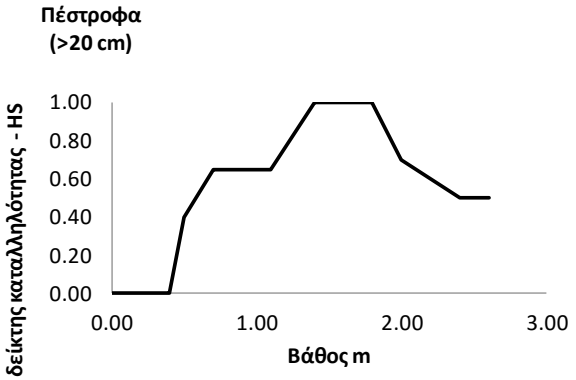


Ταχύτητα (m/sec)	Δείκτης - HS
0.00	1.00
0.33	1.00
0.40	0.80
0.55	0.50
0.85	0.50
1.10	0.20
1.66	0.20

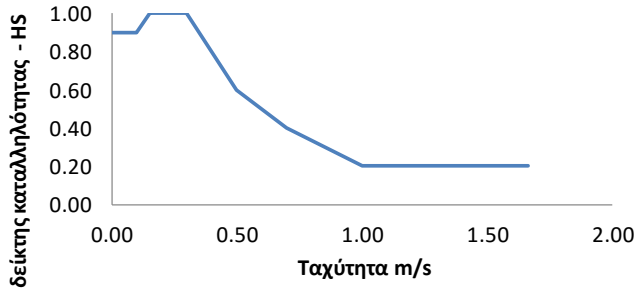


Εικόνα 6.4 Κριτήρια καταλληλότητας βάθους (πάνω) και ταχύτητας (κάτω) για το μεσαίο μέγεθος της πέστροφας.

Βάθος (m)	Δείκτης - HS
0.00	0.00
0.40	0.00
0.50	0.40
0.70	0.65
1.10	0.65
1.40	1.00
1.80	1.00
2.00	0.70
2.40	0.50
2.60	0.50



Ταχύτητα (m/sec)	Δείκτης - HS
0.00	0.90
0.10	0.90
0.15	1.00
0.30	1.00
0.50	0.60
0.70	0.40
1.00	0.20
1.66	0.20



Εικόνα 6.5 Κριτήρια καταλληλότητας βάθους (πάνω) και ταχύτητας (κάτω) για το μεγάλο μέγεθος της πέστροφας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

6.2 Η Οδηγία 2000/60/ΕΕ

Η Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό 2000/60/ΕΕ (Water Framework Directive-WFD) αναφέρεται στην αντιμετώπιση των σοβαρών προβλημάτων που έχουν προκύψει εξαιτίας της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού και των πιέσεων που υφίστανται τα αποθέματά του σε όλη την Ευρώπη, εξαιτίας της αύξησης της ζήτησης νερού καλής ποιότητας. Ο βασικός στόχος της Οδηγίας Πλαίσιο είναι η επίτευξη μέχρι το 2015 ‘’καλής’’ κατάστασης για όλα τα επιφανειακά (ποτάμια, λίμνες, μεταβατικά και παράκτια) και τα υπόγεια νερά, η βιωσιμότητα των υδάτινων πόρων και η εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων νερού για τις διάφορες παραγωγικές χρήσεις αλλά και για τα οικοσυστήματα.

Κύριοι στόχοι της Οδηγίας Πλαίσιο για το Νερό 2000/60/ΕΕ

- Αποτροπή περαιτέρω επιδείνωσης, προστασία και βελτίωση της κατάστασης των υδάτινων οικοσυστημάτων·
- Προώθηση βιώσιμης χρήσης του νερού μέσω μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδατικών πόρων·
- Διασφάλιση της προοδευτικής μείωσης της ρύπανσης των υπογείων υδάτων και αποτροπή της περαιτέρω μόλυνσής τους·
- Εξασφάλιση επαρκούς παροχής επιφανειακού και υπόγειου νερού καλής ποιότητας που απαιτείται για τη βιώσιμη, ισόρροπη και δίκαιη χρήση ύδατος
- Προστασία χωρικών και θαλάσσιων υδάτων

Η Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό προϋποθέτει για την επίτευξη της καλής κατάστασης των υδάτων την "ολοκληρωμένη διαχείριση" κάθε λεκάνης απορροής ποταμού (της περιοχής μεταξύ της πηγής και των εκβολών ενός ποταμού). Στο πλαίσιο αυτό περιλαμβάνεται μεταξύ άλλων η πραγματοποίηση διαχειριστικών σχεδίων που λαμβάνουν υπόψη τα δεδομένα των αναλύσεων και τις μελέτες της περιοχής. Όταν η Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό τεθεί σε πλήρη εφαρμογή, θα αντικαταστήσει όλες τις προηγούμενες Οδηγίες που σχετίζονται με τη διαχείριση των υδάτων (π.χ. Οδηγία για τα ύδατα κολύμβησης, Οδηγία για το πόσιμο νερό, Οδηγία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, Οδηγία για την προστασία από τη νιτρορύπανση).

Η Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό προτείνει κίνητρα για την ορθολογική χρήση του νερού αλλά και κυρώσεις για την αποφυγή της ρύπανσης ανάλογα με το μέγεθος που συμβαίνει, ενώ παράλληλα απαιτεί:

- Καλή οικολογική κατάσταση των υδάτινων σωμάτων, πέρα από τα φυσικοχημικά ή υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά.
- Ανάπτυξη προγραμμάτων παρακολούθησης των νερών (monitoring) με βάση φυσικοχημικούς αλλά και οικολογικούς δείκτες.
- Διασυνοριακή συνεργασία χωρών μέσω της δημιουργίας σχεδίων διαχείρισης κοινών λεκανών απορροής, έτσι ώστε η διαχείριση να είναι περισσότερο αποτελεσματική και όχι αποσπασματική, δεδομένου ότι τα υδατικά συστήματα δεν σταματούν στα διοικητικά σύνορα.
- Πολιτική τιμολόγησης που να ωθεί τους καταναλωτές να χρησιμοποιούν τους υδατικούς πόρους με αποτελεσματικό τρόπο και να συμβάλλει στην ανάκτηση του κόστους των υπηρεσιών που συνδέονται με τη χρήση των υδάτων, συμπεριλαμβανομένου του κόστους φυσικού πόρου και του περιβαλλοντικού κόστους.
- Συμμετοχικές διαδικασίες όπως η ευαισθητοποίηση του κοινού, η ενημέρωση για την εφαρμογή της Οδηγίας, η διαβούλευση με όλους τους ενδιαφερομένους και η ενεργός συμμετοχή των τοπικών φορέων, των ΜΚΟ και του κοινού γενικότερα, στην λήψη των αποφάσεων.
- Αποκέντρωση των αρμοδιοτήτων και ενδυνάμωση της περιφέρειας.
- Ολοκλήρωση συγκεκριμένων δράσεων σε συγκεκριμένες προθεσμίες.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

6.3 Οικολογική παροχή και υπολογισμός της

Η έννοια της οικολογικής παροχής εισήχθη ουσιαστικά στα μέσα του 20ου αιώνα, καθώς η ραγδαία αύξηση της εκμετάλλευσης των υδατικών πόρων με την κατασκευή φραγμάτων και άλλων υδρομαστευτικών έργων είχε αρχίσει να έχει αρνητικές συνέπειες στην υγεία των οικοσυστημάτων. Άλλωστε, η θεωρία που διέπει την περίοδο της άνθησης των υδατικών έργων συνοψίζεται στο ότι καμία σταγόνα δεν πρέπει να πηγαίνει χαμένη, καταλήγοντας μέσω των υδατορευμάτων στη θάλασσα. Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1950 και 1960, συντάχθηκε μεγάλος αριθμός μελετών, σχετικά με τη σχέση που συνδέει την αλιεία στα ποτάμια οικοσυστήματα με τα χαρακτηριστικά της ροής του ποταμού, όπως την παροχή ή τη μορφολογία του υδατορεύματος. Τη δεκαετία του 1970, οι έρευνες επικεντρώθηκαν στην ελάχιστη παροχή που είναι απαραίτητη για την επιβίωση των έμβιων όντων του ποταμού, καθώς η υγεία του ποτάμιου συστήματος συσχετίστηκε με τη διατήρηση της παροχής του ποταμού υψηλότερα από μια καθορισμένη κρίσιμη τιμή. Η πλέον ολοκληρωμένη μέθοδος εκτίμησης της ελάχιστης απαιτούμενης ποτάμιας ροής που προτάθηκε ήταν αυτή του Tennant (1976), η οποία συνεχίζει να χρησιμοποιείται και να μνημονεύεται μέχρι και σήμερα σε πλήθος εργασιών.

Τα επόμενα χρόνια η συζήτηση γύρω από την απαιτούμενη παροχή για περιβαλλοντικούς λόγους διευρύνθηκε, καθώς οι μελετητές θεωρούσαν απαραίτητη τη διερεύνηση όλων των χαρακτηριστικών του ποτάμιου συστήματος, που σχετίζονται με την ποτάμια ροή, όπως τους βιοτόπους, τη γεωμορφολογία του ποταμού και τα ενδιαιτήματα. Παράλληλα, αναγνωρίστηκε η σημασία όλων των παραμέτρων της φυσικής δίαιτας του ποταμού, όπως οι πλημμυρικές απορροές ή οι χαμηλές παροχές και η επίδρασή τους στα ποτάμια συστήματα. Στις αρχές του 1990, οι μελέτες γύρω από τη βιώσιμη πλέον διαχείριση των υδατικών πόρων πολλαπλασιάστηκαν και εδραιώθηκε η έννοια της οικολογικής παροχής (ή περιβαλλοντικής παροχής) που χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα σε επιστημονικές δημοσιεύσεις. (Gopal, 2013).

Τα τελευταία χρόνια, η εκτίμηση και η διαχείριση της οικολογικής παροχής αποτελούν σημαίνοντα ζητήματα στον τομέα της διαχείρισης των υδατικών πόρων των κρατών. Ταυτόχρονα όμως πρόκειται για ένα πεδίο που δεν έχει ακόμα εξερευνηθεί σε βάθος. Οι

μελέτες εκτίμησης της οικολογικής παροχής επικεντρώνονται πλέον στην αποσαφήνιση της επίδρασης που έχουν τα χαρακτηριστικά της δίαιτας του ποταμού στη βιοποικιλότητα, την υγεία του οικοσυστήματος και τις λειτουργίες που αυτό επιτελεί.

Υπάρχουν διάφοροι ορισμοί σχετικά με την οικολογική παροχή. Έχοντας υπ' όψιν τις διεθνείς δράσεις για την επίτευξη οικολογικής παροχής και τη σημασία τους στα κατάντη οικοσυστήματα οι Dyson, Bergkamp και Scanlon υιοθέτησαν μια γενική περιγραφή του όρου ως την ποσότητα νερού που παρέχεται σε ένα ποταμό, υγρότοπο ή παράκτια ζώνη με σκοπό τη διατήρηση των οικοσυστημάτων και των οφελών που απορρέουν από αυτά, σε περιοχές όπου συναντώνται ανταγωνιστικές χρήσεις νερού και ρυθμιζόμενες παροχές (Dyson et al, 2003).

Στη διακήρυξη του Brisbane το 2007, η οποία υπογράφεται από 750 επιστήμονες από περισσότερες από 50 χώρες, δίνεται μια πιο ολοκληρωμένη ερμηνεία του όρου οικολογική παροχή, εισάγοντας την έννοια του ρυθμού αλλά και της ποιότητας των υδάτων σε ένα οικοσύστημα. Παράλληλα, η διακήρυξη έρχεται να προσδώσει την ιδιαίτερη σημασία που έχει η οικολογική παροχή για τον άνθρωπο. Σύμφωνα με την ερμηνεία αυτή, η οικολογική παροχή είναι η παροχή που περιγράφει την ποσότητα, το ρυθμό και την ποιότητα των ροών των υδάτων που απαιτείται για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων γλυκού νερού, καθώς και τη διαβίωση και ευημερία των ανθρώπων που εξαρτώνται από τα οικοσυστήματα αυτά (The Brisbane Declaration, 2007).

Ένας πλήρης ορισμός που συναντάται συχνά σε επιστημονικά άρθρα είναι πως η οικολογική παροχή έχει ως σκοπό να συντηρήσει, να προστατέψει και να αποκαταστήσει τις βιολογικές, γεωμορφολογικές, φυσικές και χημικές διεργασίες που συντελούνται σε ένα ποτάμιο σύστημα, οι οποίες διαμορφώνουν και διατηρούν τα υδρόβια οικοσυστήματα (Suen, 2011).

Συνολικά, το ερώτημα που τίθεται είναι κατά πόσο μπορούν να μεταβληθούν οι υδρολογικές συνθήκες που επικρατούν στο ποτάμιο σύστημα για να εξυπηρετηθούν οι ανθρώπινες ανάγκες, ώστε να μην υπάρξουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του οικοσυστήματος. Το ερώτημα αυτό είναι ιδιαίτερα σύνθετο καθώς υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες που αφορούν τόσο στον ποταμό, όσο και στα οικοσυστήματα που εξαρτώνται από τη φυσική ροή του. Αρχικά, μελετώνται τα υδρολογικά και ενδεχομένως τα υδραυλικά

στοιχεία του ποτάμιου συστήματος. Επιπλέον, απαιτείται ο προσδιορισμός της κατάστασης τόσο των παρόχθιων συστημάτων όσο και των υγροτόπων στις εκβολές του ποταμού, ώστε να διαπιστωθεί η δυνατότητα αφαίρεσης ποσότητας νερού, χωρίς να διαταραχθεί η οικολογική ισορροπία.

6.4 Μεθοδολογίες Εκτίμησης

Τα τελευταία 20 χρόνια έχει αναπτυχθεί πληθώρα μεθόδων και προσεγγίσεων για την εκτίμηση της οικολογικής παροχής. Συνολικά έχουν εντοπιστεί έως 207 διαφορετικές τεχνικές σε 44 χώρες (Tharme, 2003). Οι μεθοδολογίες αυτές έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, με αποτέλεσμα καμία από αυτές να μη θεωρείται απαραίτητα καλύτερη από τις υπόλοιπες. Αντιθέτως, η καταλληλότητά τους εξαρτάται από πολλές παραμέτρους και από τις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε μελέτης. Κυριότερες είναι τα χαρακτηριστικά του συστήματος που μελετάται, η πείρα του μελετητή, ο χρόνος, το διαθέσιμο κεφάλαιο, καθώς και το νομοθετικό πλαίσιο που πρέπει να ακολουθεί η μελέτη (Dyson et al, 2003).

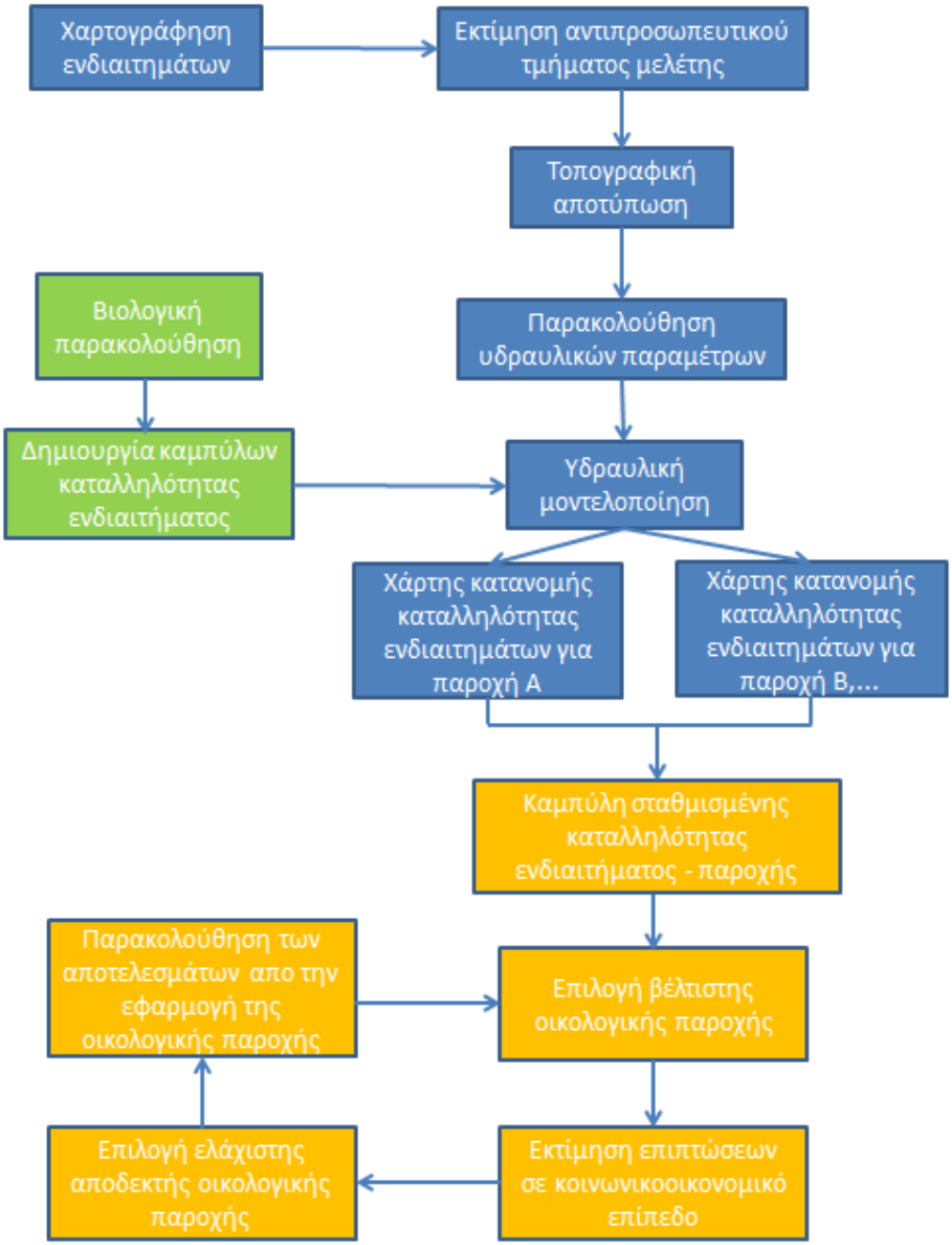
Για να υπολογιστεί η οικολογική παροχή και δει η βέλτιστη περιβαλλοντική ροή σε ποτάμια συστήματα, στο πλαίσιο του έργου ECOFLOW αναπτύχθηκε ένα υδρολογικό μοντέλο το οποίο συνδυάζει υδραυλικά και υδρολογικά δεδομένα με δεδομένα οικοσυστημάτων.

Το προτεινόμενο μοντέλο προσομοίωσης είναι ένα σημαντικό εργαλείο λήψης αποφάσεων για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης, σχετιζόμενων με την οικονομική ανάπτυξη και την διατήρηση του περιβάλλοντος, που συνήθως περιλαμβάνουν πολλαπλά κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπ' όψη και να αξιολογηθούν ισοδύναμα.

Το εν λόγω μοντέλο εφαρμόζεται επίσης για την εκτίμηση της ελάχιστης οικολογικής ροής των υδάτων (που απαιτείται από την εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία – EC/2000/60), κατά την φάση σχεδιασμού φραγμάτων και έργων άρδευσης. Επιπλέον απώτερος στόχος με την εφαρμογή του μοντέλου, είναι η αξιοποίηση του από τις δημόσιες αρχές που είναι υπεύθυνες για την εφαρμογή πρακτικών διαχείρισης νερού, ώστε να διευκολυνθεί η επίτευξη της ελάχιστης ροής νερού μετά από υδραυλικά έργα. Δυνητικά, θα είναι εφικτό να αξιοποιηθεί και από εταιρίες παροχής συμβουλευτικών υπηρεσιών που συνεισφέρουν στην

σχεδίαση και την περιβαλλοντική αδειοδότηση αντίστοιχων έργων, ώστε να βελτιωθεί ο σχεδιασμός και η λειτουργία των εν λόγω υποδομών.

Η σημασία του εργαλείου είναι σημαντική αφού απαντά σε έναν σημαντικό παράγοντα που παίζει ρόλο στην οικολογική κατάσταση ενός ποταμού, τη διαθεσιμότητα σε ίζημα για την ανάπτυξη και τη διατήρηση κατάλληλων ενδιαιτημάτων για την ιχθυοπανίδα. Η σύσταση και η δομή των ιζημάτων επηρεάζουν τη μεταφορά και την αποθετική συμπεριφορά που έχει επίπτωση στο υπόστρωμα των ποτάμιων ενδιαιτημάτων. Για την αξιολόγηση αυτού, χρησιμοποιούνται καμπύλες καταλληλότητας για συγκεκριμένα είδη ψαριών προκειμένου να περιγραφεί το κατάλληλο υπόστρωμα που θα ευνοήσει την αναπαραγωγή και ανάπτυξη του κάθε είδους ψαριού. Έτσι, μέσω της χαρτογράφησης του υποστρώματος, των καμπυλών καταλληλότητας και της ιζηματολογικής ανάλυσης έχουμε μια πλήρη εικόνα που μας δίνει τη δυνατότητα να αξιολογήσουμε την οικολογική κατάσταση του ποταμού. Στη συνέχεια περιγράφεται όλη η διαδικασία, η συλλογιστική και η πορεία υλοποίησης στο παρακάτω σχήμα:


Χαρτογράφηση ενδιαιτημάτων
Εκτίμηση αντιπροσωπευτικού τμήματος μελέτης
Τοπογραφική αποτύπωση
Βιολογική παρακολούθηση
Παρακολούθηση υδραυλικών παραμέτρων
Δημιουργία καμπύλων καταλληλότητας ενδιαιτήματος
Υδραυλική μοντελοποίηση
Χάρτης κατανομής καταλληλότητας ενδιαιτημάτων για παροχή Α
Χάρτης κατανομής καταλληλότητας ενδιαιτημάτων για παροχή Β,...
Καμπύλη σταθμισμένης καταλληλότητας ενδιαιτήματος - παροχής
Παρακολούθηση των αποτελεσμάτων απο την εφαρμογή της οικολογικής παροχής
Επιλογή βέλτιστης οικολογικής παροχής
Επιλογή ελάχιστης αποδεκτής οικολογικής παροχής
Εκτίμηση επιπτώσεων σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο