

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ

Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΠΟΤΑΜΩΝ
ΣΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΔΕΛΤΑ ΑΞΙΟΥ-ΛΟΥΔΙΑ-ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ



ΜΟΥΣΕΙΟ ΓΟΥΛΑΝΔΡΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΒΙΟΤΟΠΩΝ-ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ



Λίγα λόγια για την οικολογική παροχή

Ο αείμνηστος καθηγητής Π.Α. Γεράκης, το 2007, στην έκδοση με τίτλο «Υδατικό καθεστώς και βιωτή υγροτόπων-Προτεινόμενη ελάχιστη στάθμη λιμνών και παροχή ποταμών Μακεδονίας και Θράκης» (Γεράκης, Τσιούρης & Τσιαούση 2007), επεσήμανε:

«Οι ποταμοί και οι λίμνες δεν προμηθεύουν μόνο νερό για υδρευτικούς, αρδευτικούς, βιομηχανικούς και ενεργειακούς σκοπούς, αλλά συντηρούν και οικοσυστήματα με πολλαπλές αξίες, η διατήρηση των οποίων έχει κατοχυρωθεί διεθνώς μέσω συμβάσεων και εθνικών νομών. Πέραν αυτού, η διατήρηση τους θεωρείται πια ηθική υποχρέωση της ανθρωπότητας και εκφράζεται με την ακόλουθη γενική αρχή: ουδενός ποταμού και ουδεμιάς λίμνης επιτρέπεται η παντελής αποξήρανση εξαιτίας ανθρώπινων παρεμβάσεων που αποβλέπουν στην εξυπηρέτηση διάφορων χρήσεων. Η αρχή αυτή σημαίνει ότι η παροχή ενός ποταμού και η στάθμη μιας λίμνης δεν θα πρέπει να μειώνονται κάτω από μια ελάχιστη τιμή».

Οι συνεχώς αυξανόμενες απολήψεις νερού από ποταμούς και λίμνες για σκοπούς υδρευτικούς, αρδευτικούς, βιομηχανικούς, υδροηλεκτρικούς κ.ά. οδηγούν σε αλλοίωση ή και καταστροφή ποτάμιων και λιμναίων οικοσυστημάτων, όταν γίνονται χωρίς να ληφθούν υπόψη οι ανάγκες των οικοσυστημάτων σε νερό. Σήμερα, μολονότι οι περισσότερες χώρες έχουν αναγνωρίσει ότι η ικανοποίηση των συγκεκριμένων αναγκών αποτελεί ηθική και νομική υποχρέωσή τους, λίγες έχουν προωθήσει διαδικασίες που να ποσοτικοποιούν τις ανάγκες αυτές. Εννοείται, βεβαίως, ότι η ποσοτικοποίηση πρέπει να βασίζεται σε δεδομένα έρευνας και παρακολούθησης υδρολογικών, οικολογικών και άλλων παραμέτρων του ποταμού ή της λίμνης.

«Οι ανάγκες των οικοσυστημάτων σε νερό» είναι μια φράση αόριστη. Ακριβέστερη είναι «οι ανάγκες σε υδατικό καθεστώς», το οποίο περιγράφεται από πλήθος υδραυλικών και υδρολογικών παραμέτρων (έκταση πλημμυρισμένης περιοχής, βάθος, εποχικότητα, ρυθμός ανύψωσης ή πτώσης της στάθμης, μέγεθος και συχνότητα πλημμυρών, ταχύτητα ροής, παροχή κ.ά.). Μία έκφραση του ελαχίστου απαραίτητου υδατικού καθεστώτος, αν και υπεραπλουστευμένη, είναι η ελάχιστη παροχή για τους ποταμούς και η ελάχιστη στάθμη για τις λίμνες. Στη διεθνή βιβλιογραφία έχει επικρατήσει ο όρος «Απαιτούμενη Περιβαλλοντική Ροή (Environmental Flow Requirement)», ωστόσο χρησιμοποιούνται επίσης ευρέως και οι όροι «Οικολογική (Ecological)», «Ενδοποτάμια (Instream)» και «Καθεστώς (Regime)» σε συνδυασμό με τις λέξεις «ροή» ή «παροχή». Σημασία έχει ότι ανεξαρτήτως του συνδυασμού των λέξεων, οι όροι που προκύπτουν περιγράφουν την ίδια έννοια, δηλαδή την ελάχιστη ποσότητα του νερού που απαιτείται σε ένα υδάτινο σύστημα για τη διατήρηση ενός υγιούς και αειφόρου οικοσυστήματος.

Οι οργανισμοί και οι κοινότητές τους στους υγροτόπους, περιλαμβανομένων των ποτάμιων και λιμναίων, εξαρτώνται πολύ στενά από το υδατικό καθεστώς,

το οποίο αποτελεί το σπουδαιότερο γνώρισμα κάθε υγροτόπου. Οι επιδράσεις των μεταβολών του υδρολογικού καθεστώτος στους οργανισμούς των λιμνών παρουσιάζουν διαφορές σε σύγκριση με τις επιδράσεις στους ποταμούς.

Διαφοροποίηση της ποσότητας του νερού σε λίμνες οδηγεί στον σχηματισμό ενδαιτημάτων σε διαφορετικά βάθη. Τα ενδαιτήματα αυτά χαρακτηρίζονται από αντίστοιχες φυτοκοινωνίες και είδη ορνιθοπανίδας και ιχθυοπανίδας.

Η μειωμένη παροχή των ποταμών, συνοδευόμενη συνήθως και από αύξηση της συγκέντρωσης των ρύπων στα νερά, αποτελεί σοβαρό κίνδυνο για πολλά είδη φυτών και ζώων των ποτάμιων οικοσυστημάτων. Για τα ψάρια π.χ. έχει παρατηρηθεί αδυναμία πρόσβασης στους τόπους αναπαραγωγής, είτε εξαιτίας περιορισμού των τόπων απόθεσης των αβγών, είτε εξαιτίας παρεμπόδισης της μετανάστευσής τους. Αυξήσεις, επίσης, της συχνότητας ή της διάρκειας μεγάλων παροχών μπορεί να παρασύρουν ευαίσθητους στην ταχύτητα του νερού οργανισμούς, όπως είναι το περίφυτο, το φυτοπλαγκτό, τα μακρόφυτα, τα μακροασπόνδυλα, τα νεαρά ψάρια και τα αβγά τους. Αυτά τα ευρήματα οδηγούν στην αναγκαιότητα ολοκληρωμένης και συνετής προσέγγισης στη διαχείριση των νερών, καθώς είναι προφανής η αλληλεξάρτηση του υδρολογικού καθεστώτος των υγροτόπων και διαφόρων μορφών ζωής που αυτοί συντηρούν.

Η συνεχιζόμενη αύξηση των απαιτήσεων γλυκού νερού για γεωργική, οικιστική και βιομηχανική χρήση, έχει οδηγήσει πολλούς στην άποψη ότι η φυσιολογική ροή του γλυκού νερού προς τη θάλασσα είναι απώλεια, η οποία πρέπει να εμποδιστεί. Από την άλλη πλευρά, ειδικοί διαπιστώνουν ότι η αποθήκευση γλυκού νερού, με την κατασκευή φραγμάτων, έχει σοβαρές αρνητικές συνέπειες στα οικοσυστήματα κατάντη των φραγμάτων, περιλαμβανομένων και των εκβολικών οικοσυστημάτων. Η διαπίστωση αυτή οδηγεί τις σχετικές αρχές πολλών χωρών στο να επιδιώκουν την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στους οργανισμούς των υγροτοπικών οικοσυστημάτων, οι οποίες προέρχονται από την ασύνητη διαχείριση της στάθμης του νερού των λιμνών και την τροποποίηση της παροχής των ποταμών.

Από τις αρχές του 2000, ο καθορισμός ελάχιστων τιμών παροχής και στάθμης νερού για τους μεγάλους ποταμούς (τροφοδοτούμενους με επιφανειακό ή πηγαίο νερό) και τις λίμνες της Ευρώπης, είναι υποχρέωση των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (2000/60/ΕΚ), την οποία η Ελλάδα εναρμόνισε με τον Ν. 3199/2003.



Η εκτίμηση της οικολογικής παροχής στο Εθνικό Πάρκο Δέλτα Αξιού



Το 2014 ο Φορέας Διαχείρισης Δέλτα Αξιού-Λουδία-Αλιάκμονα, ο υπεύθυνος φορέας για την προστασία και διαχείριση του Εθνικού Πάρκου, στο πλαίσιο της Πράξης «Στήριξη της λειτουργίας του Φορέα Διαχείρισης Δέλτα Αξιού-Λουδία-Αλιάκμονα με σκοπό τη διαχείριση της περιοχής ευθύνης του» του Επιχειρησιακού Προγράμματος Μακεδονία-Θράκη 2007-2013, ανέθεσε κατόπιν διαγωνισμού στο Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας / Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων, τη σύνταξη μελέτης με τίτλο «Έρευνα για την εκτίμηση της οικολογικής παροχής στο Εθνικό Πάρκο».

Σκοπός της έρευνας ήταν η διερεύνηση της απαιτούμενης οικολογικής παροχής για τους ποταμούς Αξιό και Αλιάκμονα και της διακύμανσης της στάθμης του νερού στη λιμνοθάλασσα Κίτρους, για τη διασφάλιση των φυσικών διεργασιών των ανωτέρω περιοχών. Η έρευνα ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2015 και ακολούθως περιγράφεται συνοπτικά η μέθοδος που ακολουθήθηκε, δίνονται κωδικοποιημένα τα αποτελέσματά της και παρουσιάζονται τα κύρια συμπεράσματα.

Το Εθνικό Πάρκο Δέλτα Αξιού-Λουδία-Αλιάκμονα



Το Εθνικό Πάρκο Δέλτα Αξιού-Λουδία-Αλιάκμονα αποτελεί ένα μωσαϊκό ποτάμιων δέλτα, λιμνοθαλασσών, ελών και παράκτιων οικοσυστημάτων, που ξεκινά νοτιοδυτικά της Θεσσαλονίκης και φθάνει έως τον Νομό Πιερίας. Στα όριά του περιλαμβάνει τις εκβολές του Γαλλικού ποταμού και τη λιμνοθάλασσα Καλοχωρίου, την κοίτη του Αξιού (από το φράγμα της Έλλης και κάτω), μαζί με τις παλιομάνες (τις παλιές κοίτες) και το δέλτα του ποταμού, τις εκβολές του Λουδία, το δέλτα του ποταμού Αλιάκμονα, τον υγρότοπο της Νέας Αγαθούπολης και τη λιμνοθάλασσα Αλυκής Κίτρους.

Πρόκειται για ένα από τα σπουδαιότερα υγροτοπικά συμπλέγματα της Ελλάδας, το οποίο αναπτύσσεται σε άμεση σχεδόν επαφή με το δεύτερο μεγαλύτερο αστικό κέντρο της χώρας. Πλούσια παραποτάμια βλάστηση, πυκνοί καλαμώνες, λιβάδια και αγροτικές εκτάσεις, αλμυρά έλη, λασποτόπια και θίνες, δημιουργούν στα όρια της προστατευόμενης περιοχής ένα υγροτοπικό σύμπλεγμα εξαιρετικής σπουδαιότητας για την άγρια ζωή και πολύπλευρης αξίας για τον άνθρωπο.

Η προστασία της περιοχής αρχίζει το 1975, όταν το Δέλτα Αξιού-Λουδία-Αλιάκμονα εντάχθηκε στη Σύμβαση Ραμσάρ ως Υγρότοπος Διεθνούς Σημασίας. Η προστασία συνεχίστηκε σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Το 1998 υπογράφηκε η πρώτη Κοινή Υπουργική Απόφαση για την προστασία και διαχείριση της περιοχής, ενώ το 2009 θεσμοθετήθηκε το Εθνικό Πάρκο, με συνολική έκταση 338 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Λόγω της μεγάλης οικολογικής του σπουδαιότητας το Εθνικό Πάρκο περιλαμβάνεται στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο NATURA 2000 και τέσσερις περιοχές του χαρακτηρίζονται ως Καταφύγια Άγριας Ζωής (Δέλτα Αξιού, Δέλτα Αλιάκμονα, Αλυκή Κίτρους και Στεργίου-Αλιάκμονας).

Η μέθοδος...

Για την εκτίμηση της οικολογικής παροχής στο Εθνικό Πάρκο Δέλτα Αξιού-Λουδία-Αλιάκμονα εφαρμόστηκε η μέθοδος της *Ενδοποτάμιας Αυξητικής Ροής*, η οποία:

- Περιλαμβάνει την εφαρμογή υδραυλικών ομοιωμάτων, τα οποία υπολογίζουν τη μεταβολή της έκτασης του ενδαιτήματος ειδών-στόχων σε συνάρτηση με τη μεταβολή της παροχής του ποταμού (υδραυλικό μέρος).
- Αξιολογεί την επίδραση των μεταβολών της παροχής στα γνωρίσματα και τη διαθεσιμότητα του ενδαιτήματος ειδών του ποταμού (δομή κοίτης, υδατικές παράμετροι κ.ά.).

Στο υδραυλικό μέρος της μεθόδου, το υδάτινο σύστημα (κοίτη ποταμού), διακρίνεται σε κánaβο κελιών και σε κάθε κελί, για ένα εύρος τιμών παροχής, υπολογίζονται ή μετρούνται οι παράμετροι ροής, δηλαδή η ταχύτητα, το βάθος ροής κ.ά.

Στο τμήμα της μεθόδου που σχετίζεται με το ενδιαίτημα επιλέγονται τα είδη-στόχοι και για καθένα από αυτά ή για στάδιο του βιολογικού του κύκλου, καθορίζονται κριτήρια καταλληλότητας του ενδαιτήματος ως προς τις παραμέτρους ροής του νερού (ταχύτητα, βάθος κ.ά.). Ακολούθως, αναπτύσσονται οι σχετικές καμπύλες, από τις οποίες εξάγονται οι δείκτες καταλληλότητας του ενδαιτήματος.

Για κάθε τιμή παροχής, υπολογίζεται η έκταση του χρησιμοποιήσιμου ενδαιτήματος σε κάθε κελί, με συνδυασμό των δεικτών (π.χ. δείκτης βάθους x δείκτης ταχύτητας) και πολλαπλασιασμό τους με την επιφάνεια του κελιού. Το άθροισμα των εκτάσεων του χρησιμοποιήσιμου ενδαιτήματος δίνει τη σταθμισμένη χρησιμοποιήσιμη επιφάνεια του υδάτινου συστήματος για κάθε τιμή παροχής. Η ελάχιστη παροχή του ποταμού είναι αυτή για την οποία μεγιστοποιείται η σταθμισμένη χρησιμοποιούμενη επιφάνεια.



...και η εφαρμογή της στους ποταμούς Αξιό και Αλιάκμονα

Η εκτίμηση της ελάχιστης οικολογικής παροχής των δύο ποταμών στηρίχθηκε σε είδη-στόχους, φυτά και ψάρια (Πίνακας 1), το οποία εξαρτώνται άμεσα από τις υδατικές παραμέτρους.

Πίνακας 1. Είδη-στόχοι για την εκτίμηση της ελάχιστης οικολογικής παροχής στους ποταμούς Αξιό και Αλιάκμονα.

ΕΙΔΗ	ΠΟΤΑΜΟΣ ΑΞΙΟΣ	ΠΟΤΑΜΟΣ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ
ΨΑΡΙΑ		
Ποταμοκέφαλος του Αξιού (<i>Squalius vardarensis</i>)	✓	✓
Μουρμουρίτσα (<i>Rhodeus meridionalis</i>)	✓	✓
ΦΥΤΑ		
Βούρλο (<i>Juncus acutus</i>)	✓	✓
Βούρλο (<i>Juncus maritimus</i>)	✓	✓
Ποταμογείτονας (<i>Potamogeton nodosus</i>)		✓
Λευκή λεύκα (<i>Populus alba</i> L.)	✓	✓
Λευκή ιτιά (<i>Salix alba</i>)	✓	✓
Αγριοκάλαμο (<i>Phragmites australis</i>)	✓	✓
Αρμυρίκι (<i>Tamarix</i> sp.)	✓	✓



Αγριοκάλαμο (*Phragmites australis*)

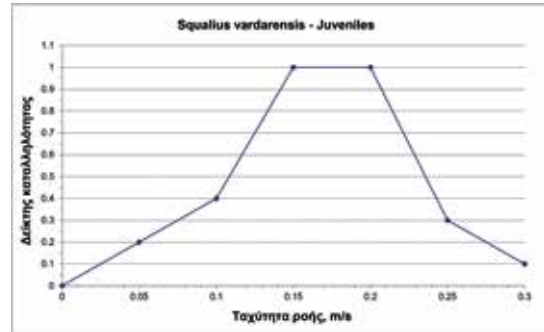
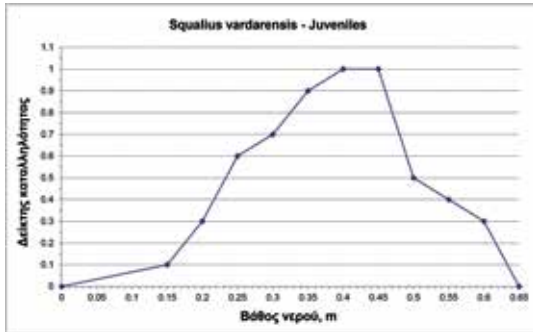


Λευκή ιτιά (*Salix alba*)

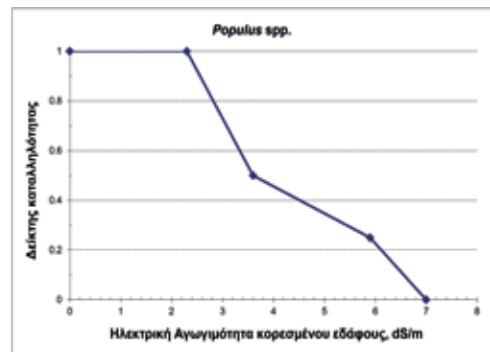
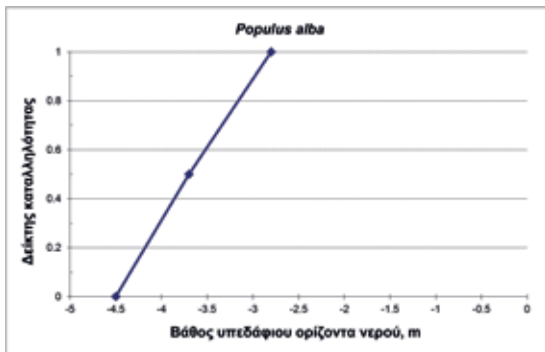


Λευκή λεύκα (*Populus alba* L.)

Τα ψάρια-στόχοι και το φυτό ποταμογείτονας (*Potamogeton nodosus*) απαντούν στην κοίτη των ποταμών και εξαρτώνται από την ταχύτητα ροής και το βάθος του νερού. Τα υπόλοιπα φυτά φύονται κατά μήκος των όχθων των δύο ποταμών και η ανάπτυξή τους επηρεάζεται από το βάθος του υπεδάφιου ορίζοντα νερού, την αλατότητα του κορεσμένου εδάφους στις ρίζες τους και από τη διάρκεια και συχνότητα της πλημμυρικής περιόδου.



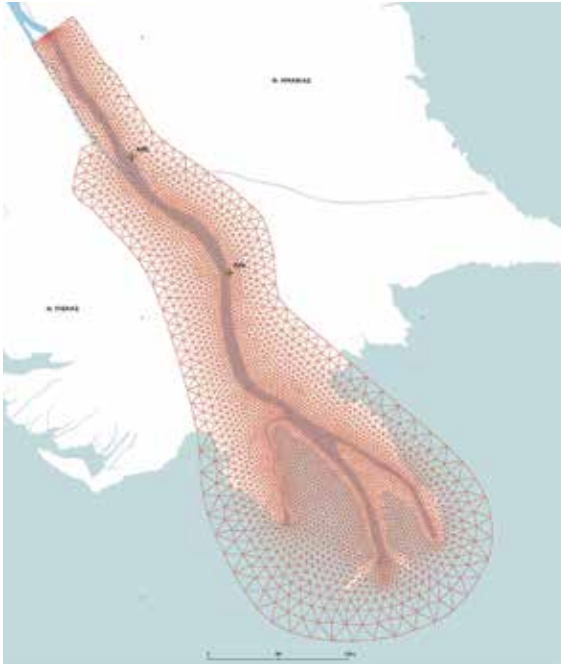
Σχήμα 1. Καμπύλες κριτηρίων καταλληλότητας ως προς το βάθος και την ταχύτητα ροής του νερού, για τα νεαρά άτομα του ποταμοκέφαλου του Αξιού (*Squalius vardarensis*) στους ποταμούς Αξιό και Αλιάκμονα.



Σχήμα 2. Καμπύλες κριτηρίων καταλληλότητας ως προς το βάθος του υπεδάφιου οριζοντα και την ηλεκτρική αγωγιμότητα κορεσμένου εδάφους στις ρίζες της λευκής λεύκας (*Populus alba*) στον ποταμό Αξιό.

Για όλα τα είδη-στόχους του Πίνακα 1 αναπτύχθηκαν οι καμπύλες των κριτηρίων καταλληλότητας του ενδιαιτημάτος τους. Στα Σχήματα 1 και 2 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι καμπύλες για τα νεαρά άτομα του ποταμοκέφαλου του Αξιού (*Squalius vardarensis*) και για τη λευκή λεύκα (*Populus alba*).

Για την εκτίμηση των παραμέτρων ροής (ταχύτητα και βάθος) σε διαφορετικές συνθήκες παροχής στους δύο ποταμούς, αναπτύχθηκαν τα υδροδυναμικά τους ομοιώματα με τη χρήση του συστήματος προσομοίωσης SMS-RMA2 και RMA4. Οι κοίτες των δύο ποταμών διακριτοποιήθηκαν σε ένα πλέγμα κελιών, παραλληλόγραμμων ή τριγωνικών με διαστάσεις πλευρών από 2 έως 20 μέτρα (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Ανάπτυξη δικτύου πεπερασμένων στοιχείων στο εκβολικό τμήμα του ποταμού Αξιού.



Σχήμα 4. Χωρική κατανομή του συνδυασμένου δείκτη καταλληλότητας ενδιαιτήματος στον ποταμό Αξιό.

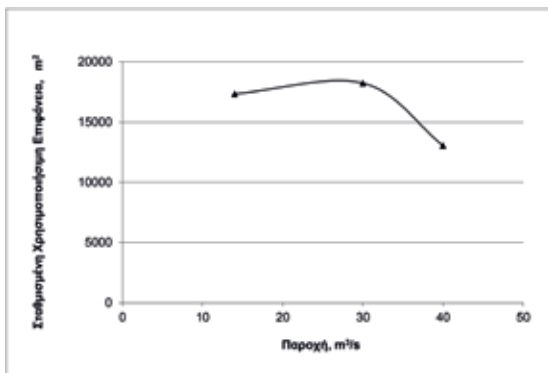
Τα υδροδυναμικά ομοιώματα εφαρμόστηκαν για σταθερή, κάθε φορά, παροχή εισόδου από 5 έως 50 m³/s. Για κάθε τιμή παροχής υπολογίσθηκαν, για όλα τα κελιά στις κοίτες των ποταμών, τα βάθη και οι ταχύτητες νερού.

Από τις καμπύλες των κριτηρίων καταλληλότητας ενδιαιτήματος προέκυψαν οι αντίστοιχοι δείκτες κάθε είδους-στόχου και στάδιο του βιολογικού του κύκλου, από τους οποίους υπολογίσθηκαν οι συνδυασμένοι δείκτες καταλληλότητας σε κάθε κελί. Η χωρική κατανομή των τιμών του συνδυασμένου δείκτη, οριοθέτησε τις εν δυνάμει κατάλληλες περιοχές για το κάθε είδος ή στάδιο του βιολογικού του κύκλου, στην εκάστοτε εξεταζόμενη παροχή (Σχήμα 4). Στη συνέχεια, για κάθε εξεταζόμενη τιμή παροχής και κάθε είδος-στόχο (ή στάδιο του βιολογικού του κύκλου), εκτιμήθηκε η έκταση του χρησιμοποιήσιμου ενδιαιτήματος ανά κελί και στη συνέχεια η σταθμισμένη χρησιμοποιήσιμη επιφάνεια.

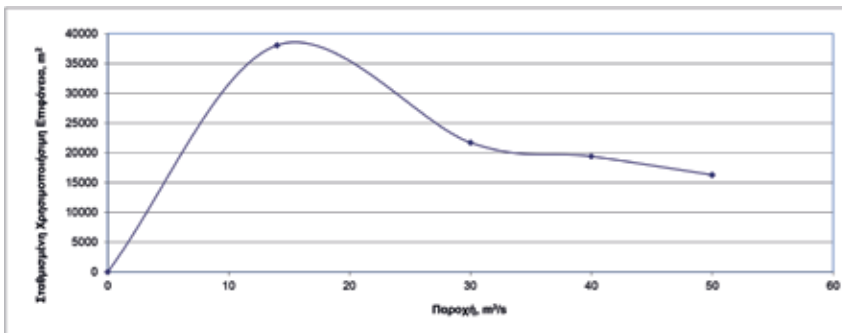
Τα αποτελέσματα

ΠΟΤΑΜΟΣ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ

Στα Σχήματα 5 και 6 παρουσιάζονται οι καμπύλες της σταθμισμένης χρησιμοποιήσιμης επιφάνειας, σε συνάρτηση με το εύρος των τιμών παροχής, για νεαρά και ενήλικα άτομα του ποταμοκέφαλου του Αξιού (*Squalius vardarensis*) και για τον ποταμογείτονα (*Potamogeton nodosus*).

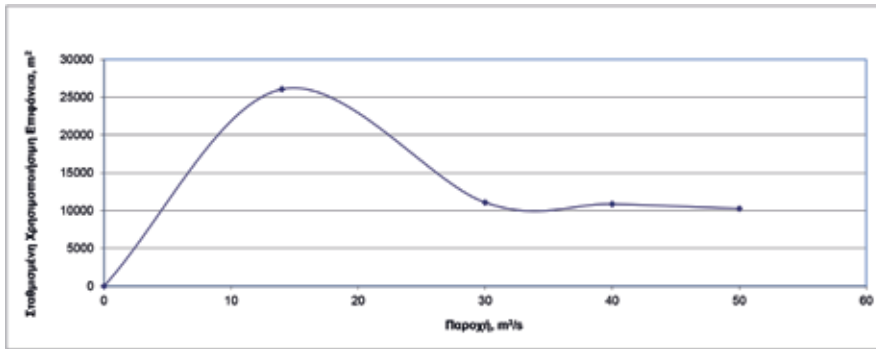


Σχήμα 5. Καμπύλες σταθμισμένης χρησιμοποιήσιμης επιφάνειας για τα νεαρά και ενήλικα άτομα του ποταμοκέφαλου του Αξιού (*Squalius vardarensis*) στον ποταμό Αλιάκμονα.



Για τα νεαρά άτομα του ποταμοκέφαλου του Αξιού (*Squalis vardarensis*) η μέγιστη σταθμισμένη χρησιμοποιήσιμη επιφάνεια επιτυγχάνεται όταν η παροχή είναι 30 m³/s (Σχήμα 5). Ωστόσο, η πολύ μικρή κλίση της καμπύλης επιτρέπει την υιοθέτηση ακόμη μικρότερης παροχής (20 m³/s) με κόστος μία ελάχιστη απώλεια χρησιμοποιήσιμης επιφάνειας. Συνεπώς, κατά το χρονικό διάστημα στο οποίο απαντούν τα νεαρά του ποταμοκέφαλου στον ποταμό Αλιάκμονα (Αύγουστος-Σεπτέμβριος), η ελάχιστη παροχή πρέπει να διατηρείται στα 25 m³/s (\pm 5 m³/s).

Για τα ενήλικα άτομα του ποταμοκέφαλου η μέγιστη σταθμισμένη χρησιμοποιήσιμη επιφάνεια επιτυγχάνεται όταν η παροχή είναι 15 m³/s (Σχήμα 5). Συνεπώς, κατά το χρονικό διάστημα της αναπαραγωγής του είδους στον ποταμό Αλιάκμονα



Σχήμα 6. Καμπύλη σταθμισμένης χρησιμοποιήσιμης επιφάνειας του ποταμογείτονα (*Potamogeton nodosus*) στον ποταμό Αλιάκμονα.

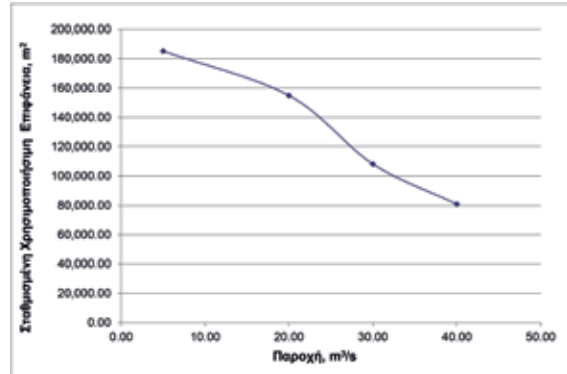
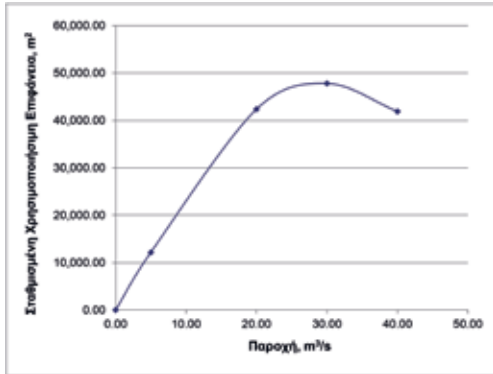
(Μάιος-Ιούλιος), η ελάχιστη παροχή δεν πρέπει να είναι μικρότερη από αυτή την τιμή. Παροχή της τάξης των 15 m³/s εξασφαλίζει τη μέγιστη σταθμισμένη χρησιμοποιήσιμη επιφάνεια και για τον ποταμογείτονα (*Potamogeton nodosus*) (Σχήμα 6).

Πρόσθετη διερεύνηση της ικανοποίησης των απαιτήσεων των φυτικών ειδών-στόχων ως προς άλλες υδατικές παραμέτρους (π.χ. βάθος υπόγειας στάθμης, επίπεδα αλατότητας στο νερό), με τη βοήθεια του υδραυλικού ομοιώματος του ποταμού, έδειξε ότι αυτές ικανοποιούνται εφόσον η παροχή στον ποταμό κατά την περίοδο Ιουνίου-Σεπτεμβρίου δεν είναι μικρότερη των 15 m³/s.

Με βάση την παραπάνω ανάλυση, η προτεινόμενη ελάχιστη παροχή στον ποταμό Αλιάκμονα διαμορφώνεται χρονικά ως εξής:

- Μάιος-Ιούλιος: $\geq 15 \text{ m}^3/\text{s}$
- Αύγουστος-Σεπτέμβριος: $20 \text{ m}^3/\text{s}$

Αντιστοίχως, για τον ποταμό Αξιό, στο Σχήμα 7 δίνονται οι καμπύλες της σταθμισμένης χρησιμοποιήσιμης επιφάνειας σε συνάρτηση με το εύρος των τιμών παροχής για νεαρά και ενήλικα άτομα του ποταμοκέφαλου του Αξιού (*Squalis vardarensis*).



Σχήμα 7. Καμπύλες σταθμισμένης χρησιμοποιήσιμης επιφάνειας για τα νεαρά και ενήλικα άτομα του ποταμοκέφαλου του Αξιού (*Squalis vardarensis*) στον ποταμό Αξιό.

Για τα νεαρά άτομα, η μέγιστη σταθμισμένη χρησιμοποιήσιμη επιφάνεια επιτυγχάνεται όταν η παροχή είναι 30 m³/s (Σχήμα 7). Συνεπώς, κατά το χρονικό διάστημα στο οποίο απαντά το συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης του είδους στον ποταμό Αξιό (Αύγουστος-Σεπτέμβριος), η ελάχιστη παροχή δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 30 m³/s. Η μικρή κλίση της καμπύλης στο σημείο αυτό δείχνει ότι τυχόν διακύμανση της παροχής ±5 m³/s έχει ως αποτέλεσμα ελάχιστη απώλεια χρησιμοποιήσιμης επιφάνειας.

Για τα ενήλικα άτομα, η μέγιστη σταθμισμένη χρησιμοποιήσιμη επιφάνεια επιτυγχάνεται όταν η παροχή δεν υπερβαίνει τα 5 m³/s (Σχήμα 7). Συνεπώς, κατά το διάστημα της αναπαραγωγής του είδους στον ποταμό Αξιό (Μάιος-Ιούλιος), η ελάχιστη παροχή δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 5 m³/s. Συνεκτιμώντας τη μικρή κλίση της καμπύλης, προκύπτει ότι η ελάχιστη παροχή στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα μπορεί να αυξηθεί έως τα 10 m³/s με ελάχιστη απώλεια χρησιμοποιήσιμης επιφάνειας.

Πρόσθετη διερεύνηση της ικανοποίησης των απαιτήσεων των φυτών-στόχων ως προς άλλες υδατικές παραμέτρους (π.χ. βάθος υπόγειας στάθμης, επίπεδα αλατότητας στο νερό), με τη βοήθεια του υδραυλικού ομοιώματος του ποταμού, έδειξε ότι αυτές ικανοποιούνται, εφόσον η παροχή στον ποταμό κατά την περίοδο Ιουνίου-Σεπτεμβρίου δεν είναι μικρότερη των 20 m³/s.

Με βάση την παραπάνω ανάλυση, η προτεινόμενη ελάχιστη παροχή στον ποταμό Αξιό διαμορφώνεται χρονικά ως εξής:

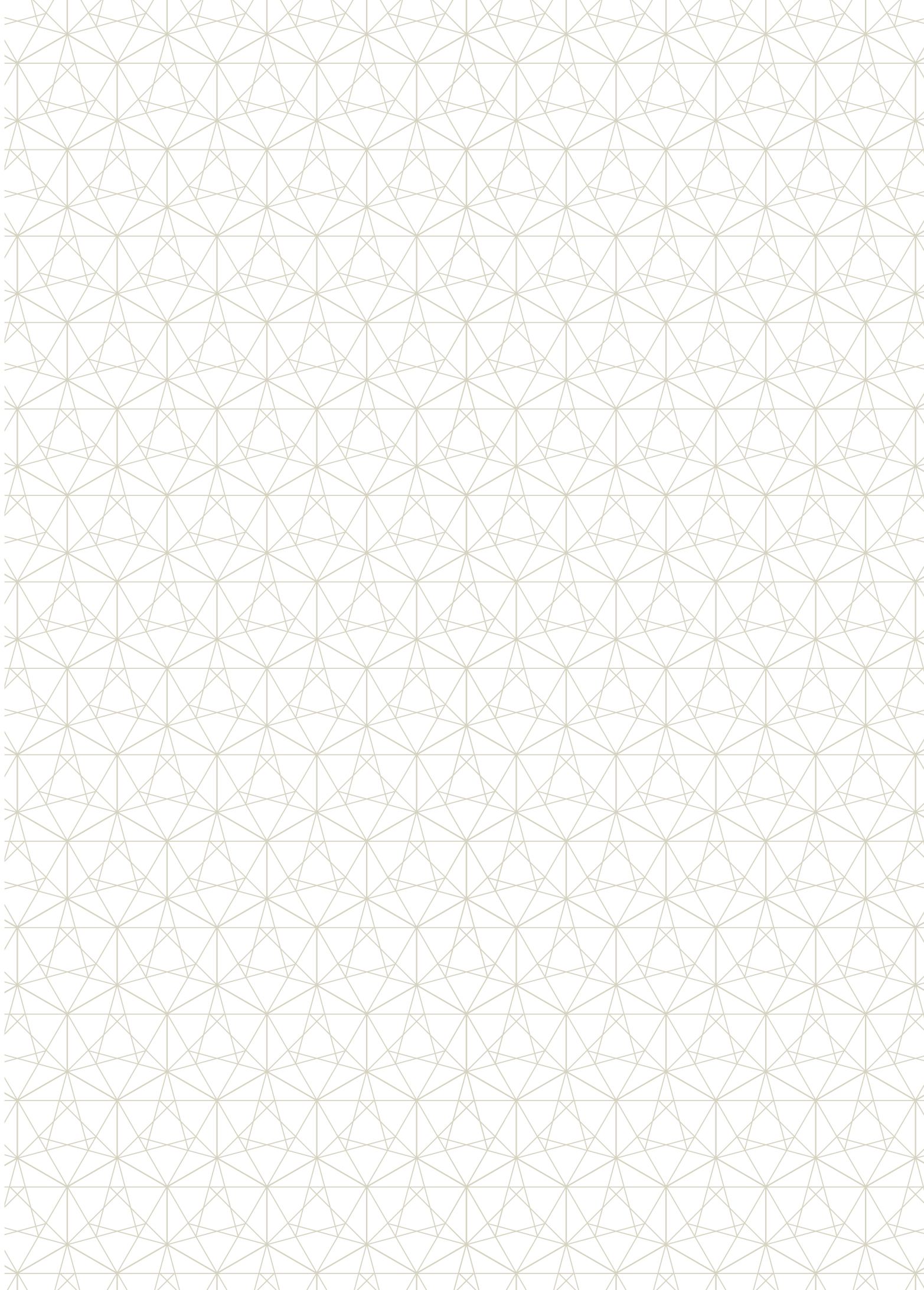
- Μάιος-Ιούλιος: 20 m³/s
- Αύγουστος-Σεπτέμβριος: 30 m³/s (± 5 m³/s)

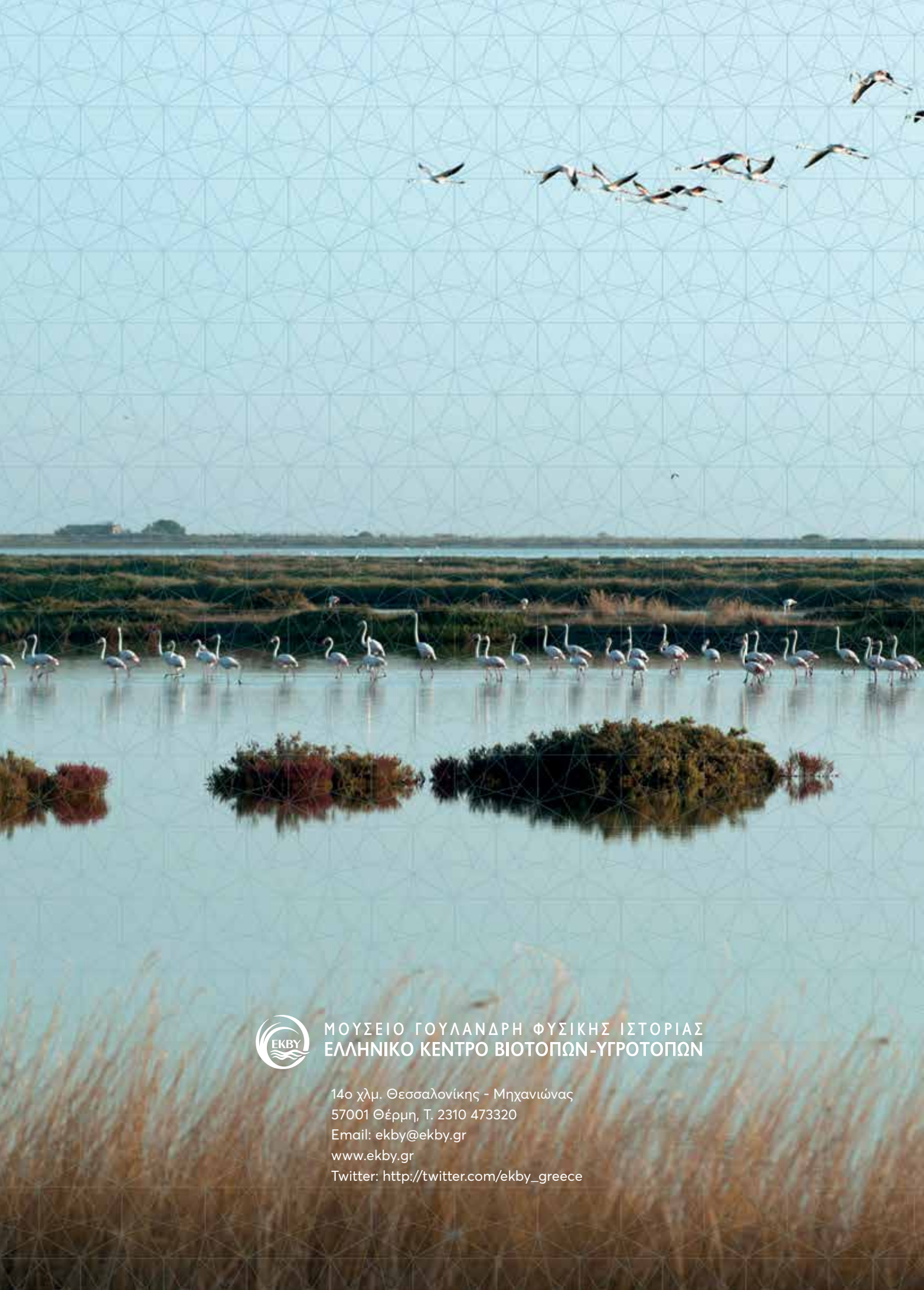
Συμπεράσματα



Η μέθοδος της Ενδοποτάμιας Αυξητικής Ροής εφαρμόστηκε με επιτυχία στο εκβολικό τμήμα μήκους περίπου 11 km σε δύο μεγάλους ποταμούς της Κεντρικής Μακεδονίας, στον Αξιό και στον Αλιάκμονα. Παρότι η μέθοδος είναι χρονοβόρα και απαιτεί δεδομένα και εξειδικευμένες τεχνικές, παρέχει τη δυνατότητα τεκμηριωμένης συσχέτισης της έκτασης του ενδιαιτήματος των ειδών-στόχων με ένα εύρος παροχών για τον ποταμό που μελετάται.

Η μέθοδος, εκτός από την εκτίμηση της ελάχιστης παροχής ενός υδάτινου οικοσυστήματος, παρέχει επιπρόσθετα τη δυνατότητα να εκτιμηθούν ποσοτικά οι πιέσεις στα ενδιαιτήματα, στην περίπτωση που η παροχή κυμαίνεται σε επίπεδα χαμηλότερα σε σχέση με την ελάχιστη προτεινόμενη. Τέλος, συνδυάζει σύγχρονα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών και υδραυλικής προσομοίωσης, διευκολύνοντας μέσω της οπτικοποίησης σε μεγάλο βαθμό, τη διεπιστημονική συνεργασία η οποία απαιτείται, για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση της πληροφορίας που απαιτείται για τη λήψη αποφάσεων.





ΜΟΥΣΕΙΟ ΓΟΥΛΑΝΔΡΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΒΙΟΤΟΠΩΝ-ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ

14ο χλμ. Θεσσαλονίκης - Μηχανιώνας

57001 Θέρμη, Τ. 2310 473320

Email: ekby@ekby.gr

www.ekby.gr

Twitter: http://twitter.com/ekby_greece