



Υδρομετεωρολογία – Υδρολογία και Κλιματική Αλλαγή

Δράσεις βελτίωσης καθεστώτος διατήρησης των
προστατευόμενων ειδών ιχθυοπανίδας *squalius keadicus*
(κινδυνεύον) και *relasgus laconicus* (κρισίμως κινδυνεύον)

&

**Sensitivity of habitat hydraulic model outputs to DTM and
computational mesh resolution**

Συντονιστής: Καθ. Παναγιώτης Αγγελίδης
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΔΠΘ

Διδάσκων: Επίκ. Καθηγητής Γεώργιος
Παπαϊωάννου

Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος
και Φυσικών Πόρων, ΔΠΘ

- Το πρώτο τμήμα της παρουσίασης βασίζεται σε κάποια αρχικά αποτελέσματα του έργου «ΔΡΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΚΑΘΕΣΤΩΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΕΙΔΩΝ ΙΧΘΥΟΠΑΝΙΔΑΣ SQUALIUS KEADICUS (ΚΙΝΔΥΝΕΥΟΝ) ΚΑΙ PELASGUS LACONICUS (ΚΡΙΣΙΜΩΣ ΚΙΝΔΥΝΕΥΟΝ)», Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων , Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (<https://imbriw.hcmr.gr/parnon/>).

1. Καλογιάννη Ε., Βαρδάκας Λ., Παπαϊωάννου Γ., Καραούζας Ι., Σμέτη Ε., Λάσχου Σ., Γιακουμή Σ., Κουράκλης Π., Κούτσικος Ν., Καπάκος Γ., Σκουλικίδης, Ν., Δημητρίου Η. (2021). ΠΑΡΝΩΝ “Δράσεις Βελτίωσης Καθεστώτος Διατήρησης των Προστατευόμενων Ειδών Ιχθυοπανίδας Squalius keadicus (Κινδυνεύον) και Pelasgus laconicus (Κρισίμως Κινδυνεύον).” Υδρολογικός χαρακτηρισμός των θερινών καταφυγίων ψαριών στη λεκάνη του Ευρώτα και χωροθέτηση των δράσεων διατήρησης των ειδών-στόχων εντός των ορίων της προστατευόμενης περιοχής Natura 2000 – ΕΚΒΟΛΕΣ ΕΥΡΩΤΑ, ΠΕΡΙΟΧΗ ΒΡΟΝΤΑΜΑ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΑΚΩΝΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ – (Κωδικός: GR2540003)». 2η Τεχνική Έκθεση, Ιανουάριος 2021, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.
2. Γ. Παπαϊωάννου, Η. Δημητρίου, Λ. Βαρδάκας, Π. Κουράκλης, Ε. Καλογιάννη (2021). «Διαμόρφωση προδιαγραφών των δράσεων προστασίας και βελτίωσης του υδρολογικού καθεστώτος των θερινών καταφυγίων των ψαριών στη λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα εντός των ορίων του Φορέα Διαχείρισης». 3η Τεχνική Έκθεση, Έργο ΠΑΡΝΩΝ “Δράσεις Βελτίωσης Καθεστώτος Διατήρησης των Προστατευόμενων Ειδών Ιχθυοπανίδας Squalius keadicus (Κινδυνεύον) και Pelasgus laconicus (Κρισίμως Κινδυνεύον).”, Μάρτιος 2021, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

- Το δεύτερο τμήμα της παρουσίασης βασίζεται σε έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί στο Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων , Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (<https://imbriw.hcmr.gr/>).

1. **Papaioannou, G.**, Papadaki, C., & Dimitriou, E. (2020). Sensitivity of habitat hydraulic model outputs to DTM and computational mesh resolution. *Ecohydrology*, 13(2), e2182. <https://doi.org/10.1002/eco.2182>

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΠΣ “ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ”



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

Δράσεις βελτίωσης καθεστώτος διατήρησης
των προστατευόμενων ειδών ιχθυοπανίδας
squalius keadicus (κινδυνεύον) και
pelasgus laconicus (κρισίμως κινδυνεύον)

**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΠΣ “ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ”**



**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ**

Αντικείμενο και σκοπός του ερευνητικού έργου

Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων

Δράσεις βελτίωσης ενδιαιτημάτων εμπλουτισμού – διενέργεια εμπλουτισμών - δημιουργία αποθέματος ψαριών

Παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των δράσεων διατήρησης



Αντικείμενο και σκοπός του ερευνητικού έργου

Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων

Δράσεις βελτίωσης ενδιαιτημάτων εμπλουτισμού – διενέργεια εμπλουτισμών - δημιουργία αποθέματος ψαριών

Παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των δράσεων διατήρησης

Αντικείμενο και σκοπός του ερευνητικού έργου

Στόχος του έργου είναι η υλοποίηση δράσεων βελτίωσης του καθεστώτος διατήρησης των προστατευόμενων ειδών ψαριών *Squalius keadicus* (Κινδυνεύον) και *Pelagus laconicus* (Κρισίμως Κινδυνεύον) που διαβιούν στον ποταμό Ευρώτα.

Η ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΥΡΩΤΑ ΚΑΙ ΤΟΥ ΒΑΣΙΛΟΠΟΤΑΜΟΥ

Ο ποταμός Ευρώτας βρίσκεται στη νότια Ελλάδα και συγκεκριμένα στο νοτιοανατολικό τμήμα της Πελοποννήσου. Πηγάζει από την Αρκαδία (Κεντρική Πελοπόννησος, πηγές Σκορτσινού) και ρέει περίπου για 94 χιλιόμετρα μεταξύ των οροσειρών του Ταϋγέτου (2.407 m) και του Πάρνωνα (1.940 m) διασχίζοντας την πεδιάδα της Λακωνίας μέχρι που εκβάλλει στον Λακωνικό Κόλπο.

- Λεκάνη απορροής: 2.418 km²
- Μεσογειακό κλίμα με ζεστά και ξηρά καλοκαίρια και δροσερούς και υγρούς χειμώνες.
- Πλειονότητα των βροχοπτώσεων να σημειώνονται από το Σεπτέμβριο έως τον Απρίλιο, και σχεδόν μηδενική βροχόπτωση από τον Ιούλιο έως τον Αύγουστο.
- Η παροχή του ποταμού εμφανίζει ένα σχεδόν παρόμοιο πρότυπο με τις βροχοπτώσεις.
- Οι χαμηλές παροχές μπορούν να διαρκέσουν έως και πέντε μήνες, ξεκινώντας από τον Ιούνιο, εξαρτώμενες ωστόσο από τις μετεωρολογικές συνθήκες του προηγούμενου έτους.

Η ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΥΡΩΤΑ ΚΑΙ ΤΟΥ ΒΑΣΙΛΟΠΟΤΑΜΟΥ

- Βασικό χαρακτηριστικό του ποταμού είναι ο μεγάλος αριθμός καρστικών πηγών κατά μήκος του κυρίως ρού του, που διατηρούν σε διάφορα τμήματα μόνιμη επιφανειακή απορροή.
- Η πλειονότητα των παραπόταμων του Ευρώτα ωστόσο, χάνουν την επιφανειακή απορροή τους το καλοκαίρι, κυρίως λόγω της υπεράντλησης των υδάτων.
- Οι επικρατούσες ανθρωπογενείς πιέσεις στη λεκάνη του Ευρώτα προέρχονται κυρίως από γεωργικές δραστηριότητες και περιλαμβάνουν την υπεράντληση των υδάτων και την αγροχημική ρύπανση (Skoulikidis et al., 2008a; Vardakas et al., 2015; Vardakas et al., 2017a).
- Πρίν από το 1930 το ευρύτερο κάτω τμήμα του Ευρώτα ήταν ένας μεγάλος υγρότοπος, με εκτεταμένες ελώδεις εκτάσεις που διασύνδεαν όλους τους παραπόταμους και τον Βασιλοπόταμο.
- Τη διάρκεια της δεκαετίας του 1930 και ξανά κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960-1970, πραγματοποιήθηκαν αποστραγγιστικά και εγγειοβελτικά έργα στην ευρύτερη περιοχή που αλλοίωσαν σημαντικά το φυσικό τοπίο, ευθυγραμμίζοντας τον κύριο ρου του Ευρώτα και του Βασιλοπόταμου.

Η ΙΧΘΥΟΠΑΝΙΔΑ ΤΟΥ ΕΥΡΩΤΑ ΚΑΙ ΤΟΥ ΒΑΣΙΛΟΠΟΤΑΜΟΥ

Στον ποταμό Ευρώτα και το Βασιλοπόταμο απαντούν τρία ενδημικά κυπρινοειδή ειδικού ενδιαφέροντος που περιλαμβάνονται στον Ερυθρό Κατάλογο της Διεθνούς Ένωσης Προστασίας της Φύσης (IUCN1, Crivelli, 2006), καθώς και στον Ελληνικό Ερυθρό Κατάλογο (Economidis, 2009): το απειλούμενο με εξαφάνιση (Κινδυνεύον) *Squalius keadicus* (Stephanidis 1971 – Κοινή ονομασία Καιαδική Μενίδα), το κρισίμως κινδυνεύον *Pelasgus laconicus* (Kottelat & Barbieri, 2004 – Κοινή ονομασία Λακωνικός Πελασγός), και το τρωτό *Tropidophoxinellus spartiaticus* (Schmidt-Ries 1943 – Κοινή ονομασία Χρυσή Μενίδα).

- Η Καιαδική Μενίδα θεωρείται ευρυοίκο είδος καθώς εντοπίζεται τόσο σε ενδιαιτήματα με ταχεία όσο και με χαμηλή ροή
- Η Χρυσή Μενίδα και ο Λακωνικός Πελασγός προτιμούν νερά με χαμηλή ροή, συνήθως κοντά στις όχθες του ποταμού.
- Λόγω των επαναλαμβανόμενων ξηρασιών, σήμερα διατηρούν μερικούς, απομονωμένους πληθυσμούς σε ορισμένα μόνο τμήματα των παραποτάμων που διατηρούν μόνιμη επιφανειακή απορροή.



Αντικείμενο και σκοπός του ερευνητικού έργου

**Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και
ιχθυολογικών δεδομένων**

Δράσεις βελτίωσης ενδιαιτημάτων εμπλουτισμού –
διενέργεια εμπλουτισμών - δημιουργία αποθέματος ψαριών

Παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των δράσεων
διατήρησης

Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων



Ιχθυολογική δειγματοληψία
(Ιούλιος 2020).



Ιχθυολογική δειγματοληψία
(Ιούλιος 2020).

Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων



Δειγματοληψία μακροασπονδύλων
(Ιούλιος 2020).



Δειγματοληψία διατόμων (Ιούλιος
2020).

Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων

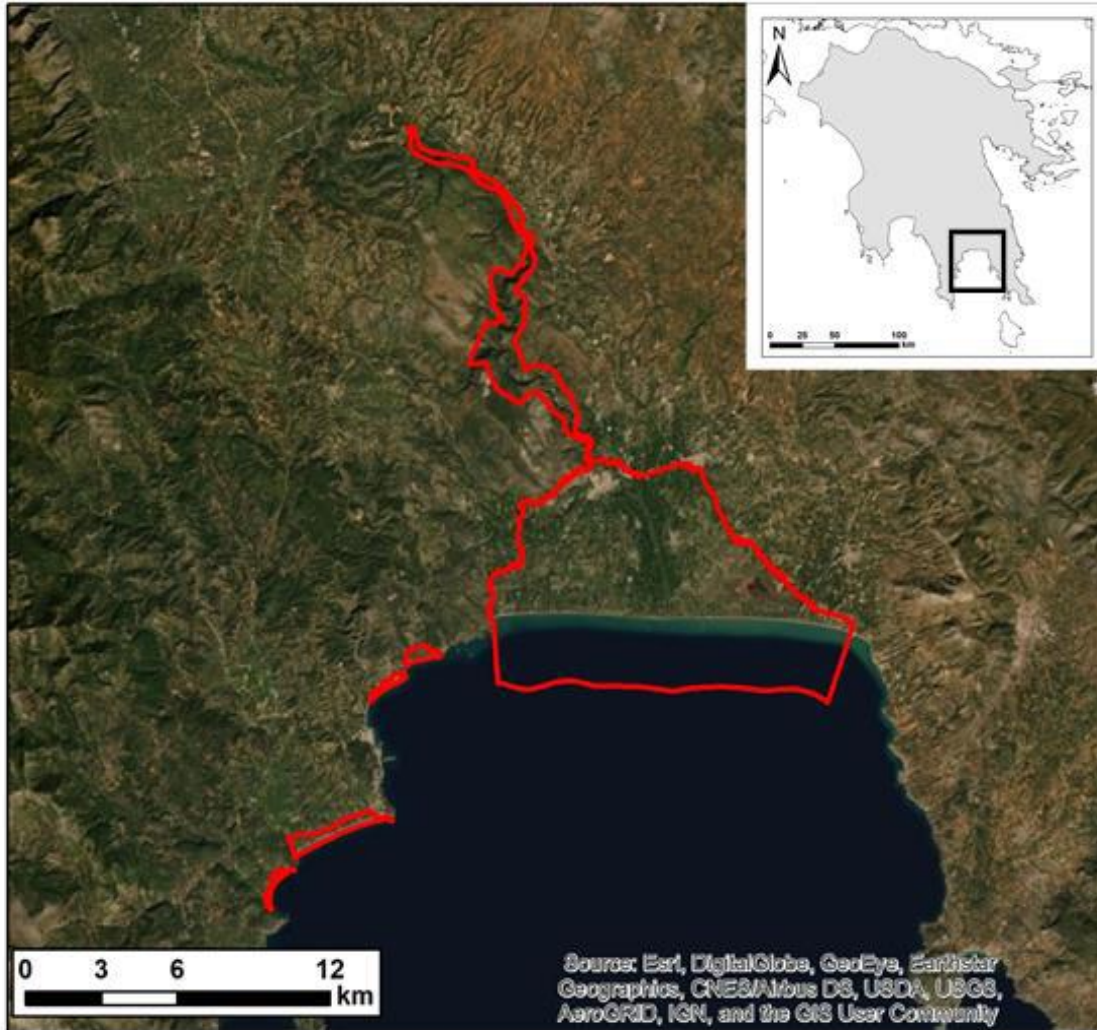


Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων (Ιούλιος 2020).



Μέτρηση παροχής (Ιούλιος 2020).

Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων

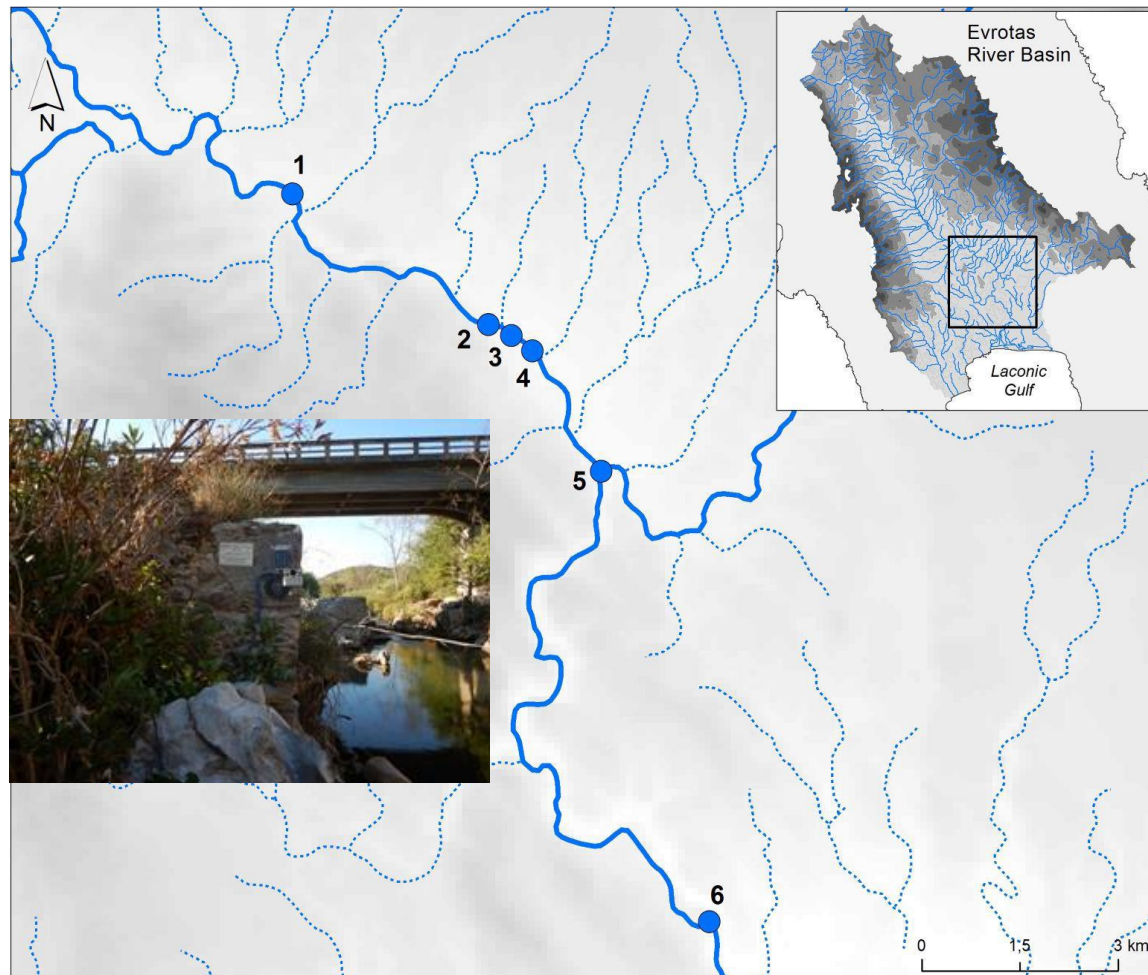


Η περιοχή Natura 2000 -
ΕΚΒΟΛΕΣ ΕΥΡΩΤΑ,
ΠΕΡΙΟΧΗ ΒΡΟΝΤΑΜΑ
ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΛΑΚΩΝΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ -
Κωδικός: GR2540003.

Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων

Με στόχο τον εντοπισμό πιθανών θέσεων για τη δημιουργία/βελτίωση των θερινών καταφυγίων για τα κυπρινοειδή του Ευρώτα, διενεργήθηκαν δύο δειγματοληψίες στο τμήμα του Ευρώτα μεταξύ της Γέφυρας Χιλιομοδούς και του κατώτερου άκρου του Φαραγγιού Βρονταμά, κατά την περίοδο της ξηρασίας (Ιούλιος – Σεπτέμβριος 2020) για τη συλλογή βιολογικών δεδομένων, δειγμάτων νερού, φυσικοχημικών παραμέτρων και δεδομένων ροής (**Εικ. 4.2 και Πίνακας 4.1**). Κατά τη διάρκεια της φάσης του επαναπλημμυρισμού (Δεκέμβριος 2020) πραγματοποιήθηκε άλλη μια δειγματοληψία προκειμένου να ληφθούν πρόσθετα υδρολογικά δεδομένα.

Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων



Χάρτης με το τμήμα της λεκάνης του ποταμού Ευρώτα που διερευνήθηκε τη θερινή περίοδο 2020 (από την θέση 1 στη Γέφυρα Χιλιομοδού έως την θέση 6 DS Vrodamas) συμπεριλαμβανομένου και του φαραγγιού Βρονταμά, με στόχο τον εντοπισμό πιθανών θέσεων για τη δημιουργία/βελτίωση θερινών καταφυγίων για τα κυπρινοειδή του Ευρώτα. Στο ένθετο ο σταθμός παρακολούθησης στάθμης και φυσικοχημικών παραμέτρων που τοποθετήθηκε στη θέση 1.

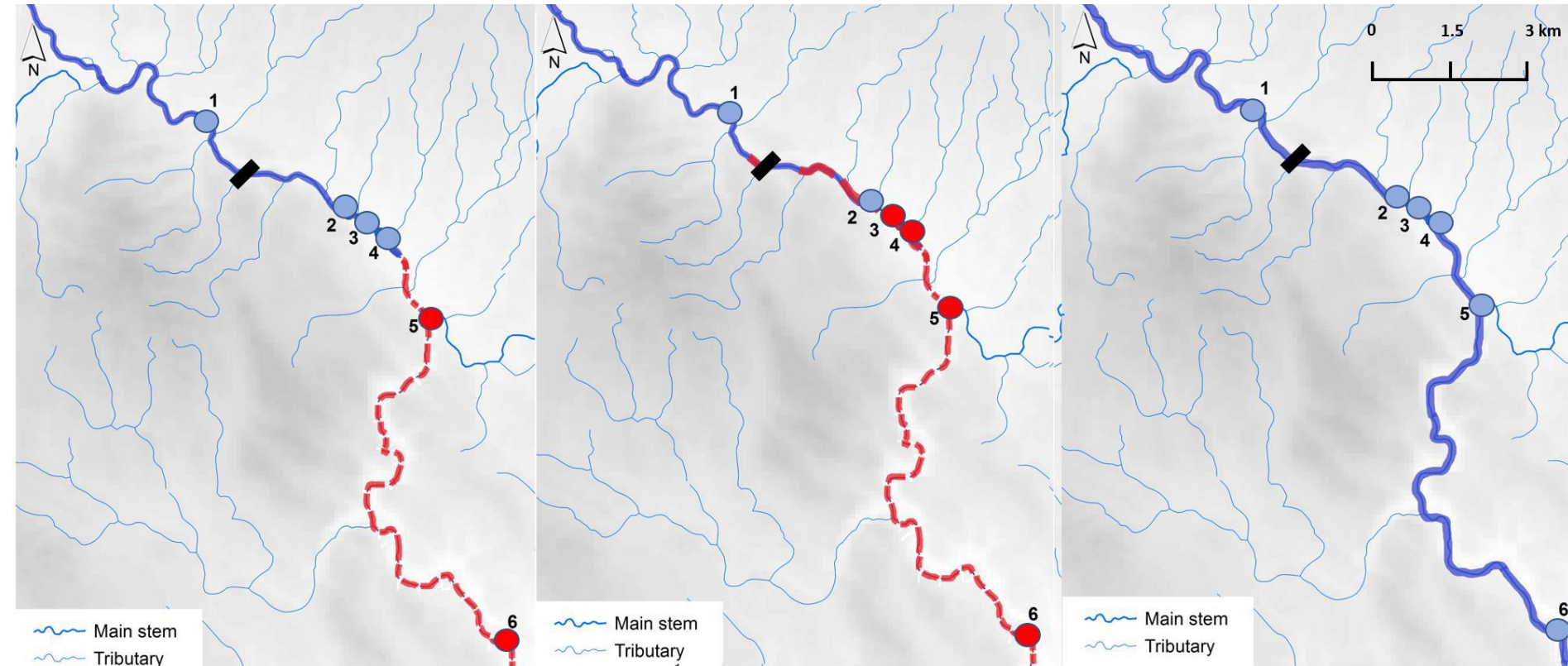
Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων

Οι έξι θέσεις που διερευνήθηκαν για τον εντοπισμό των θερινών καταφυγίων των κυπρινοειδών του Ευρώτα.

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΘΕΣΗ	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ (ΙΟΥΛΙΟΣ 2020)	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ (ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2020)	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ (ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2020)
1	GEF CHILIMODOU	Επιφανειακή απορροή (με ροή)	Επιφανειακή απορροή (με ροή)	Επιφανειακή απορροή (με ροή)
2	REFUGIA 1	Επιφανειακή απορροή (με ροή)	Επιφανειακή απορροή (απομονωμένα ποταμολιμνία)	Επιφανειακή απορροή (με ροή)
3	REFUGIA 2	Επιφανειακή απορροή (με ροή)	Ξερό	Επιφανειακή απορροή (με ροή)
4	REFUGIA 3	Επιφανειακή απορροή (με ροή)	Ξερό	Επιφανειακή απορροή (με ροή)
5	VRODAMAS	Επιφανειακή απορροή (απομονωμένα ποταμολιμνία)	Ξερό	Επιφανειακή απορροή (με ροή)
6	DS VRODAMAS	Ξερό	Ξερό	Επιφανειακή απορροή (με ροή)

Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων

Χάρτες που δείχνουν τη σταδιακή αποξήρανση (κόκκινα τμήματα) και τον επαναπλημμυρισμό της περιοχής μελέτης κατά τη διάρκεια του 2020.



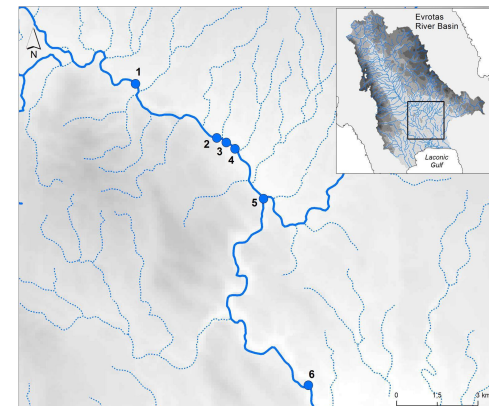
Ιούλιος

Σεπτέμβριος

Δεκέμβριος

Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων

Θέση 1 (GEF CHILIOMODOU, κατάντη), η οποία διατηρεί επιφανειακή απορροή καθ' όλη την διάρκεια του έτους.



Ιούλιος 2020



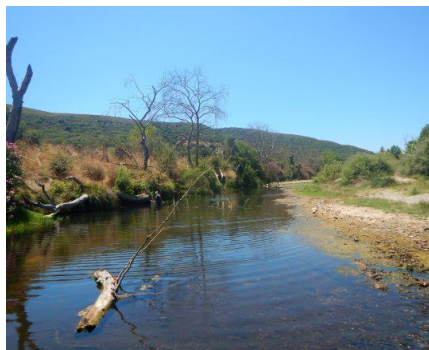
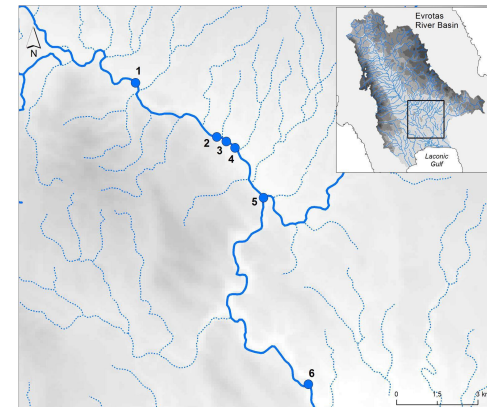
Σεπτέμβριος 2020



Δεκέμβριος 2020

Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων

Η Θέση 2 (REFUGIA 1) ήταν το μόνο τμήμα που διατήρησε μια αλληλουχία από ποταμολιμνία κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου (στο κατάντη τμήμα της μόνο), μέχρι τον επαναπλημμυρισμό της κοίτης το Δεκέμβριο 2020.



Ιούλιος 2020
Αύγουστος 2020

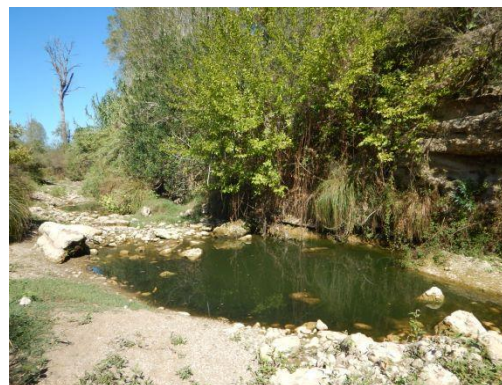
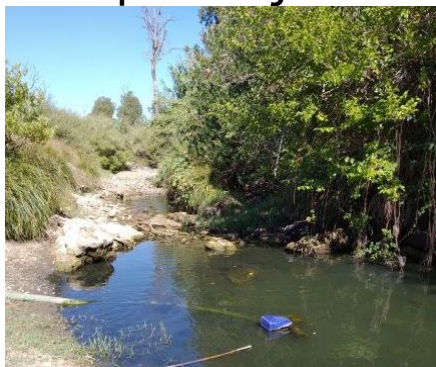


Σεπτέμβριος 2020



Δεκέμβριος 2020

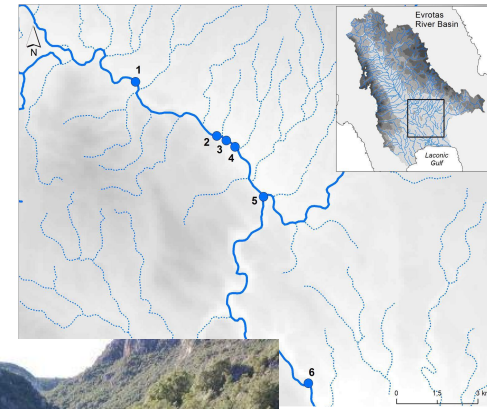
Ανάντη θέσης



Κατάντη θέσης

Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων

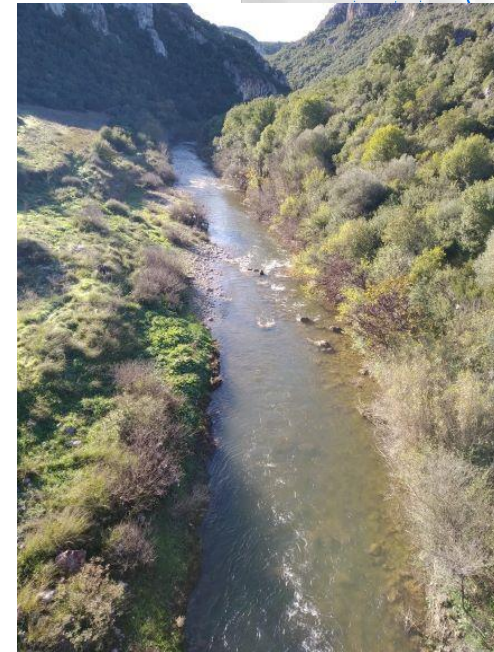
Ταχεία αποξήρανση της Θέσης 5 (VRODAMAS) τον Ιούλιο 2020 και ο επαναπλημμυρισμός της θέσης το Δεκέμβριο 2020



23 Ιουλίου 2020 με την παρουσία δύο ποταμολιμνίων.

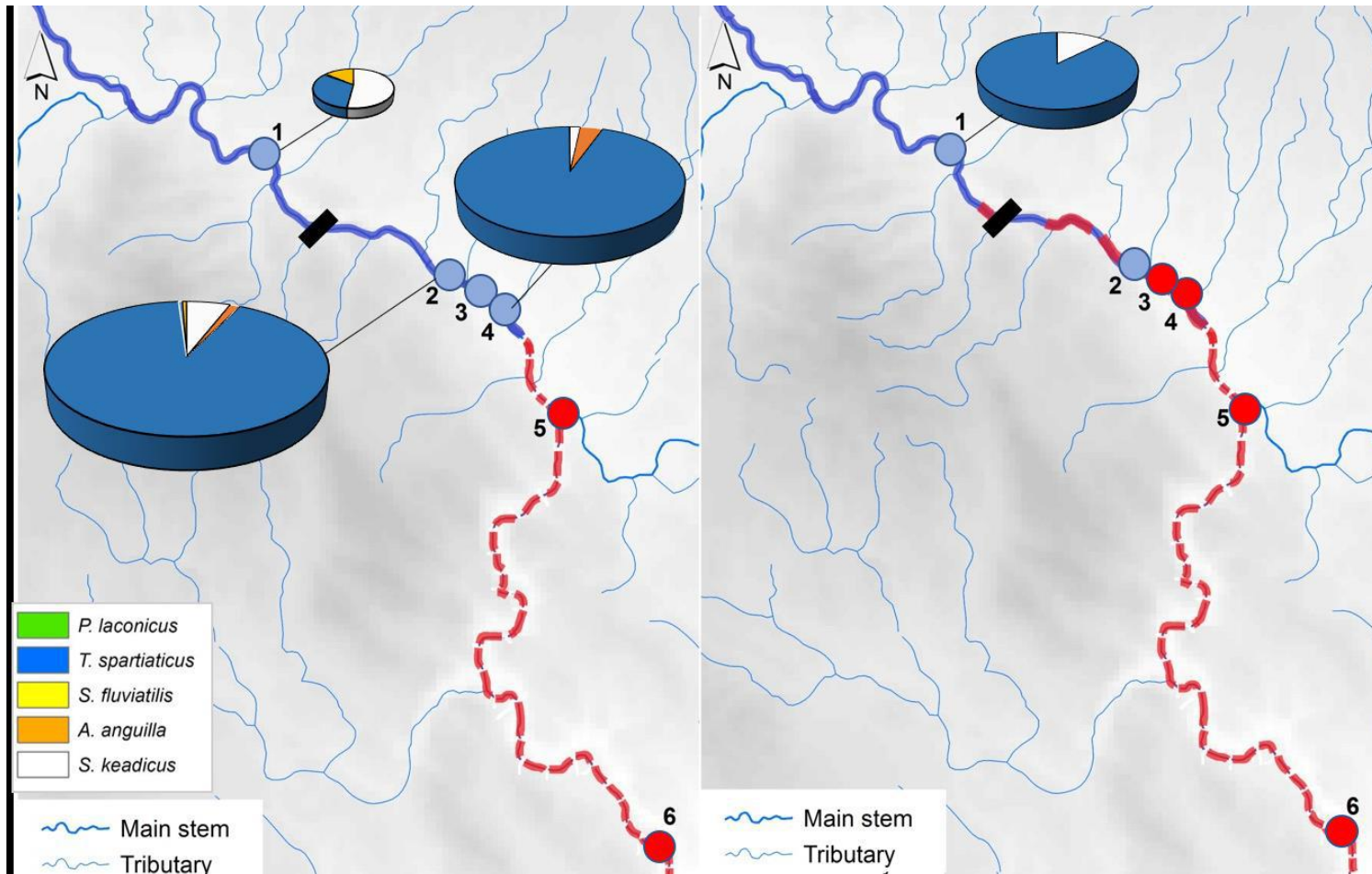


25 Ιουλίου 2020 μετά την αποξήρανση των δύο ποταμολιμνίων.



15 Δεκεμβρίου 2020 μετά τον επαναπλημμυρισμό της.

Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων



Η ιχθυοπανιδική σύνθεση και η αφθονία των ειδών στις θέσεις δειγματοληψίας στο μέσο ρου του Ευρώτα, τον Ιούλιο και το Σεπτέμβριο.



Αντικείμενο και σκοπός του ερευνητικού έργου

Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων

Δράσεις βελτίωσης ενδιαιτημάτων εμπλουτισμού – διενέργεια εμπλουτισμών - δημιουργία αποθέματος ψαριών

Παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των δράσεων διατήρησης

Καταγραφή Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους και Βυθομετράς Ποταμού

Χρήση Συστήματος μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (ΣμηΕΑ - DJI Phantom 4 Pro V2), το οποίο κατέγραψε εικόνες που αποκτήθηκαν από πτήση που έγινε στις 26/10/2020, στην περιοχή ενδιαφέροντος και υπέστησαν επεξεργασία με το λογισμικό φωτογραμμετρίας Pix4d mapper (<https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software>).

Από την διαδικασία αυτή, μέσω φωτογραμμετρικών αλγορίθμων προέκυψε ο ορθοφωτοχάρτης της περιοχής και το τρισδιάστατο μοντέλο εδάφους/ βαθυμετρίας (Digital Terrain Model-DTM), σε πολύ υψηλή ανάλυση (περίπου 3x3 εκατοστά).

Για να βελτιωθεί η ακρίβεια του παραχθέντος ψηφιακού μοντέλου εδάφους και βαθυμετρίας, ο ορθοφωτοχάρτης και το DTM γεωαναφέρθηκε και διορθώθηκε με χρήση σημείων ελέγχου εδάφους - Ground Control Points (GCPs) που ελήφθησαν με τοπογραφικό GPS υψηλής ακρίβειας (περίπου 2 εκατοστά στο οριζόντιο επίπεδο).

Αυτά τα υψηλής ακρίβειας προϊόντα θα χρησιμοποιηθούν στο υδραυλικό μοντέλο του έργου για να προσομοιωθούν οι στάθμες και ταχύτητες νερού σε διάφορες συνθήκες ποτάμιων ενδιαιτημάτων και προτεινόμενων υδρομορφολογικών παρεμβάσεων, που περιγράφονται αναλυτικά στην συνέχεια.

Μετρήσεις Στάθμης και Θερμοκρασίας Νερού

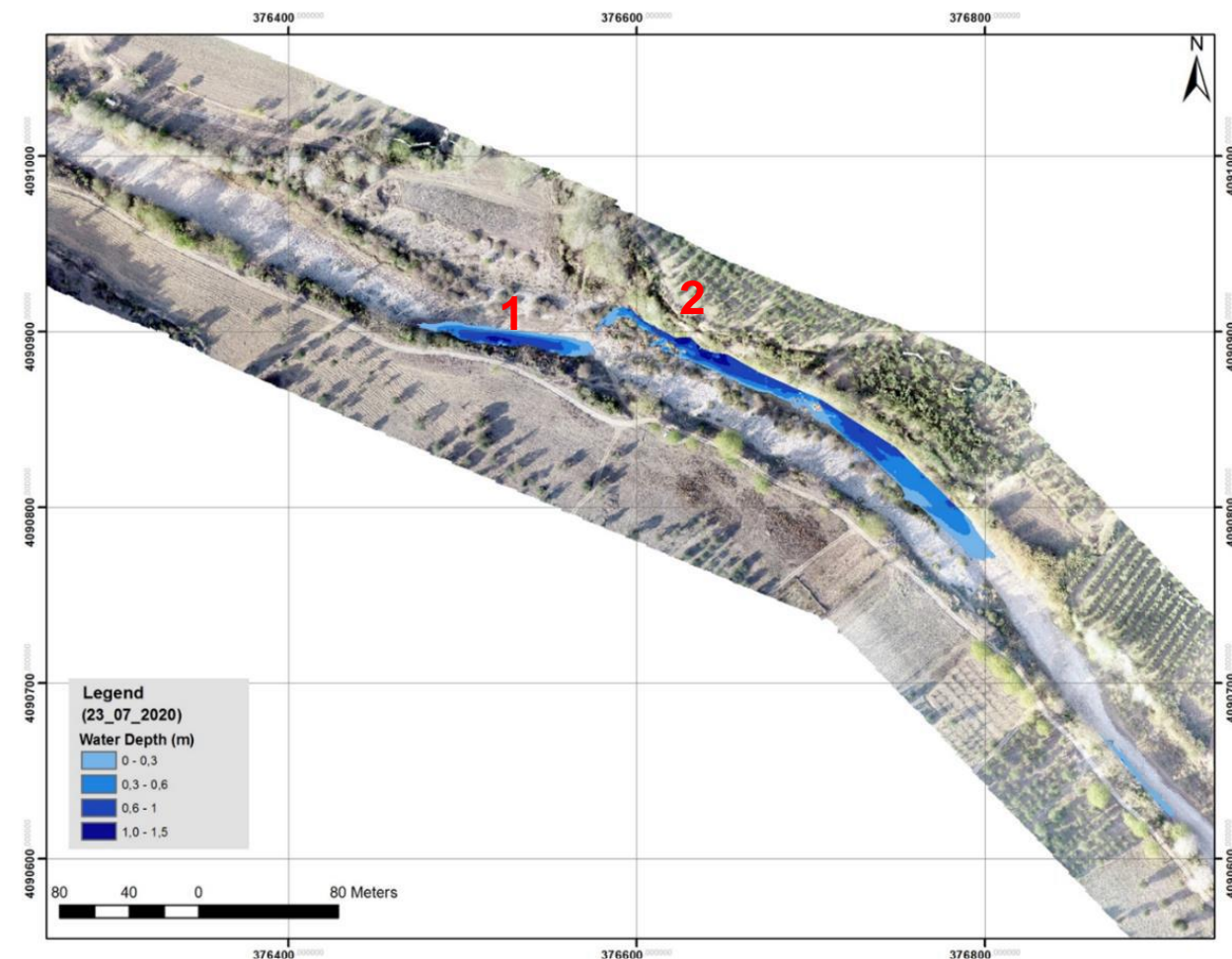
Απαιτούνται μετρήσεις στάθμης και ταχύτητας νερού σε διαφορετικά σημεία του ποταμού και σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και υδρολογικές συνθήκες.

- Εγκαταστάθηκαν αυτόματα συστήματα καταγραφής στάθμης σε διάφορα σημεία του ποταμού, ενώ λαμβάνονται και επιτόπιες υδρομετρήσεις μετρήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα σε σταθερές διατομές που είχαν αποφασιστεί μετά από επιτόπια επίσκεψη και αυτοψία της περιοχής.
- Στις 21/07/2020 εγκαταστάθηκε σε ποταμολίμνιο (pool) της κοίτης (θέση 1), αυτόματος αισθητήρας στάθμης και θερμοκρασίας νερού της εταιρείας Hobo, που καταγράφει ανά μια ώρα τις τιμές βάθους και θερμοκρασίας

Μετρήσεις Στάθμης και Θερμοκρασίας Νερού

- Σύμφωνα με τον συγκεκριμένο αισθητήρα, το βάθος του νερού την στιγμή της εγκατάστασης ήταν περίπου 70 εκατοστά, ενώ άρχισε να πέφτει απότομα στις 28/07/2020 και ουσιαστικά το ποταμολίμνιο αποξηράνθηκε σε περίπου δύο μέρες από την έναρξη πτώσης στάθμης. Ο ρυθμός υποχώρησης της στάθμης (περίπου 30 εκατ. ανά ημέρα) υποδεικνύει την ύπαρξη αντλήσεων νερού για ανθρωπογενείς χρήσεις, κάτι που επιβεβαιώθηκε και από την επιτόπια επίσκεψη όπου διαπιστώθηκε ύπαρξη μεταφερόμενων ιδιωτικών αντλητικών συστημάτων εντός της κοίτης. Η στάθμη του νερού έκτοτε παρουσίασε ορισμένες διακυμάνσεις μέχρι το τέλος Σεπτεμβρη, χωρίς όμως ποτέ να ξεπεράσει τα 7-8 εκατοστά στο συγκεκριμένο ποταμολιμνίο.
- Στις 29/09/2020, ο αυτόματος αισθητήρας στάθμης τοποθετήθηκε σε παρακείμενο ποταμολιμνίο (θέση 2,), το οποίο έχει το μεγαλύτερο βάθος στην συγκεκριμένη περιοχή και διατηρεί νερό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Μετρήσεις Στάθμης και Θερμοκρασίας Νερού



Ορθοφωτοχάρτης
τμήματος της
περιοχής μελέτης με
τα ποταμόλιμνια στις
23/07/2020 και την
θέση εγκατάστασης
αυτόματου
σταθμηγράφου

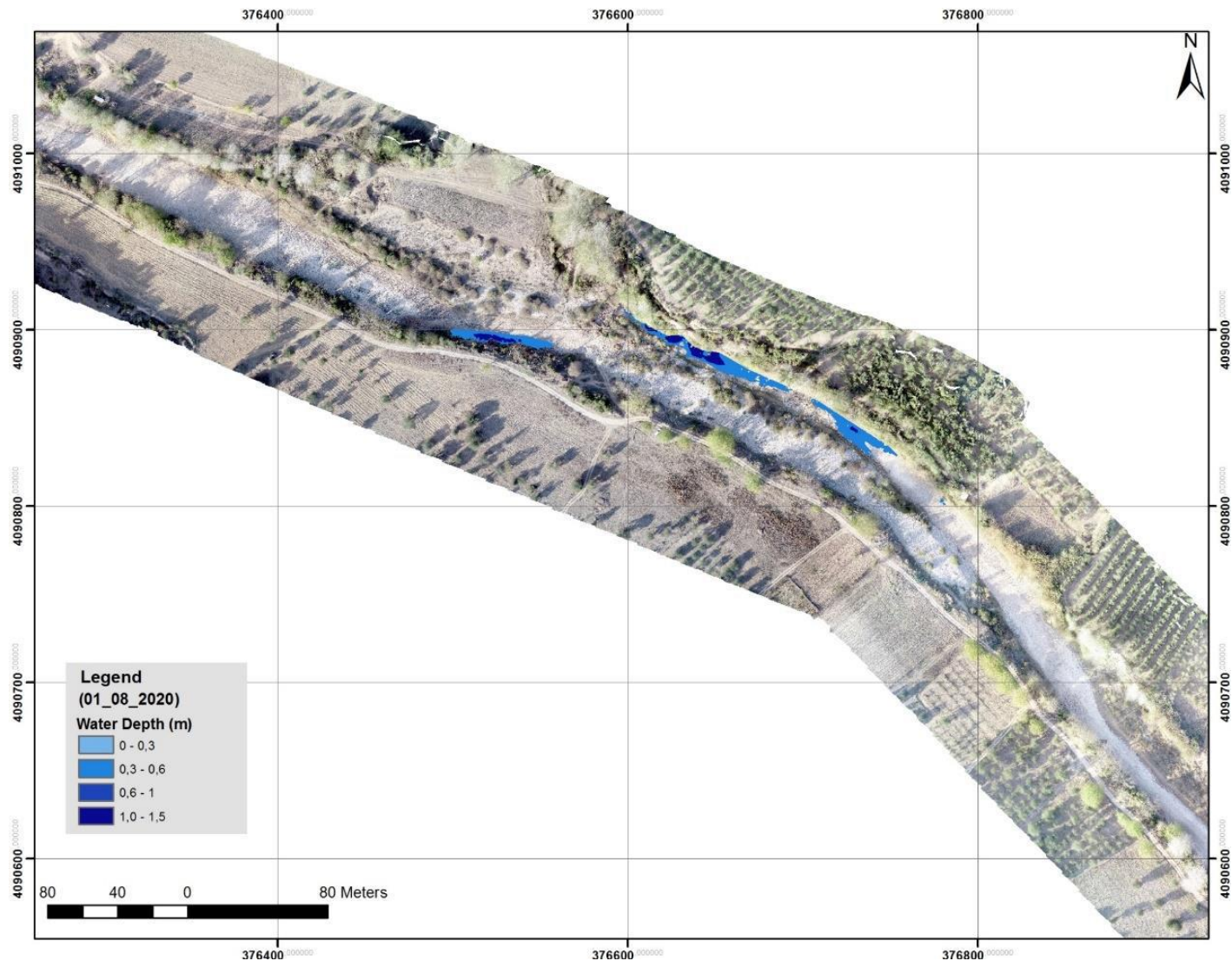
Μετρήσεις Στάθμης και Θερμοκρασίας Νερού

Για να καταγραφούν οι υδρομορφολογικές συνθήκες στο αρχικό στάδιο του έργου που δεν είχαν συγκεντρωθεί ακόμη αρκετά δεδομένα από τους αυτόματους αισθητήρες και από τις επιτόπιες μετρήσεις, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα κάλυψης ύδατος στην κοίτη του ποταμού από πτήσεις με ΣμηΕΑ και το ψηφιακό μοντέλο βαθυμετρίας που παρουσιάστηκε παραπάνω.

Ως εκ τούτου πραγματοποιήθηκαν πτήσεις στις 23/07/2020, την 01/08/2020 και στις 26/10/2020. Στις πτήσεις αυτές καταγράφηκε η επιφάνεια του ποταμού που καλύπτονταν από νερό και εμβαδομετρήθηκε η έκταση της, ώστε να διαπιστωθεί η διαχρονική εξέλιξή της μέσα στην ξηρή περίοδο.

Έτσι, το τμήμα του ποταμού που χαρτογραφήθηκε με το ΣμηΕΑ (REFUGIA 1 - 3), έκτασης περίπου 1 km ήταν κατά 88% της έκτασής του ξερό στις 23/07/2020, ενώ το τμήμα που είχε βάθος νερού μεγαλύτερο από 60 εκατοστά ήταν περίπου 3% της συνολικής έκτασης (περίπου 1,2 στρέμματα). Την 01/08/2020 που ο αισθητήρας στάθμης κατέγραψε μηδενικές τιμές, το ξηρό τμήμα του ποταμού ξεπέρασε το 96% του συνόλου, ενώ δεν υπήρχε τμήμα του ποταμού με βάθος νερού μεγαλύτερο από 60 εκατοστά.

Μετρήσεις Στάθμης και Θερμοκρασίας Νερού



Ορθοφωτοχάρτης
τμήματος της
περιοχής μελέτης
(Θέση REFUGIA
1) με τη θέση των
ποταμολιμνίων
στη 01/08/2020.

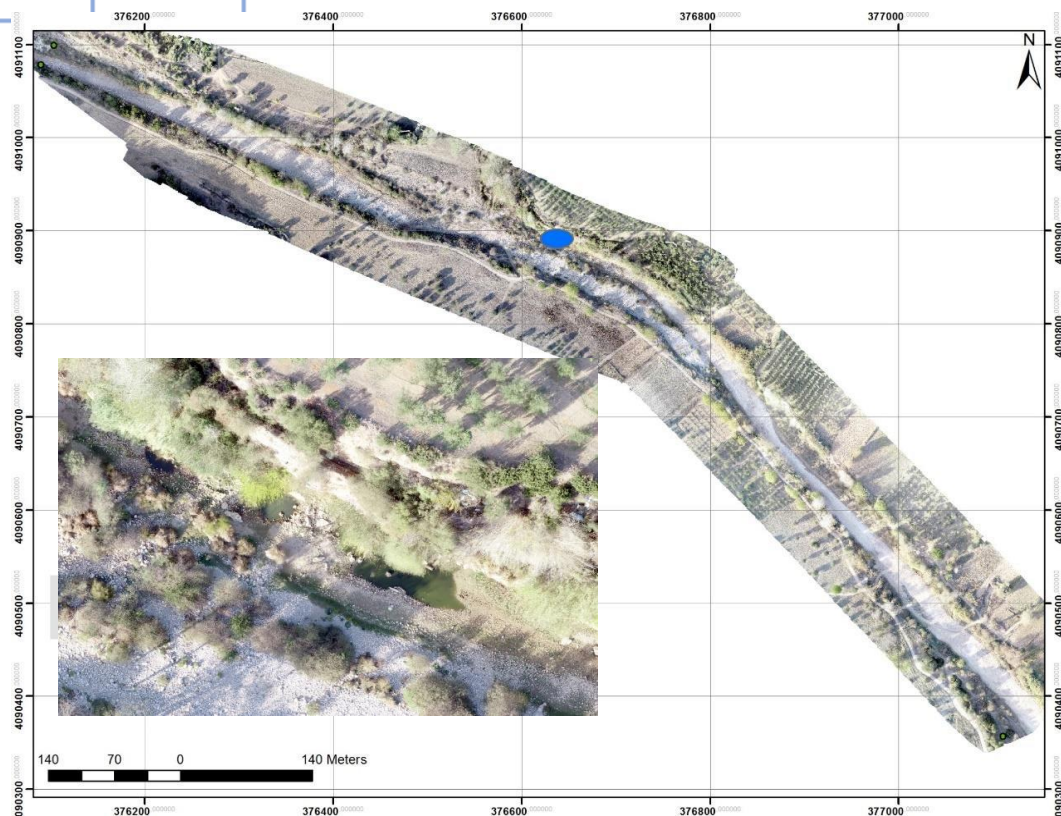
Μετρήσεις Στάθμης και Θερμοκρασίας Νερού

23/07/2020			01/08/2020		
Βάθος (m)	Επιφάνεια (m ²)	% του συνόλου	Βάθος (m)	Επιφάνεια (m ²)	% του συνόλου
Ξερό	30741,19	88,00%	Ξερό	33828,36	96,84%
0-0,3	1438,381	4,12%	0-0,3	892,16	2,55%
0,3-0,6	1456,721	4,17%	0,3-0,6	210,35	0,60%
0,6-1	1159,902	3,32%	0,6-1	-	-
>1	135,4868	0,39%	>1	-	-

Ορθοφωτοχάρτης όλης της περιοχής μελέτης (REFUGIA 1 -3), με την θέση των ποταμολιμνίων στις 26/10/2020 στο κατάντη τμήμα της Θέσης REFUGIA 1.

“Έκταση κάλυψης με νερό εντός της κοίτης κατά την ξηρή περίοδο του έτους 2020

Από τον προηγούμενο χάρτη των ποταμολιμνίων της 01/08/2020 ξεχωρίζουν ήδη τα βασικά ποταμολίμνια της περιοχής μελέτης όπου κατά πάσα πιθανότητα θα πρέπει να εστιαστούν οι παρεμβάσεις, και τα οποία την δεδομένη περίοδο είχαν έκταση περίπου 1100 m² και βάθος νερού μεγαλύτερο από 1 μέτρο.



Διερευνητική Υδραυλική Προσομοίωση

Παράγοντες αβεβαιότητας στην προσομοίωση ροής με χρήση δισδιάστατων υδραυλικών μοντέλων:

- Ανάλυση-Ακρίβεια του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (ΨΜΕ)
 - Χρήση ΣμηΕΑ.
 - Σύμφωνα με την έρευνα των Papaioannou et al., 2020, η ανάλυση του πλέγματος ή του DEM με διακριτική ικανότητα από ένα (1) μέτρο και κάτω έχει μικρή επίδραση σε αποδεκτές λύσεις για εφαρμογές μοντελοποίησης ενδιαιτημάτων. Χρήση πλέγματος με ανάλυση ενός (1) μέτρου.
- Καθορισμός του συντελεστή τραχύτητας
 - Η βαθμονόμηση του συντελεστή τραχύτητας θα γίνει με την χρήση των μετρήσεων της στάθμης σε διαφορετικά σημεία-διατομές της κοίτης.
- Υπολογισμός υδρολογικών δεδομένων.
 - Ο ρυθμός μεταβολής των στάσιμων υδάτων θα υπολογιστεί με τη χρήση μετρήσεων πεδίου.

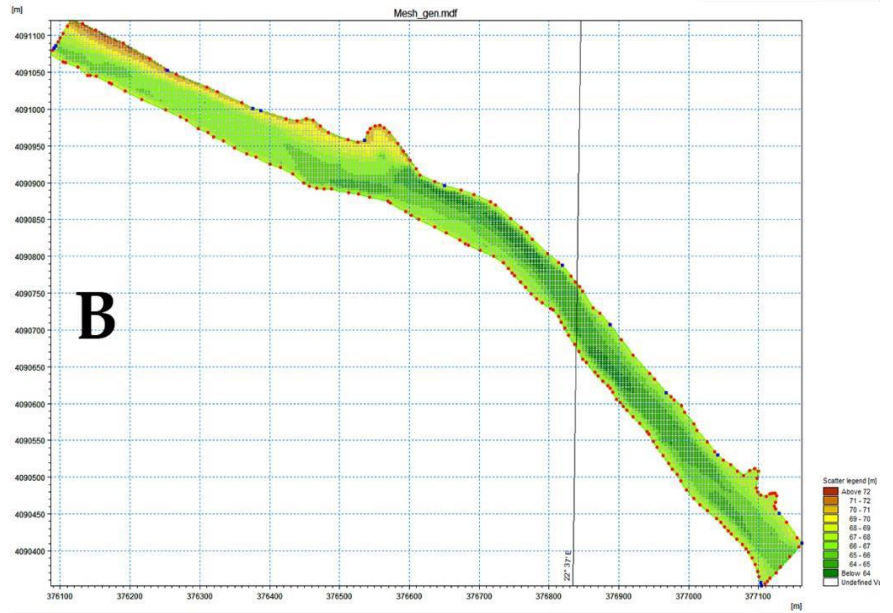
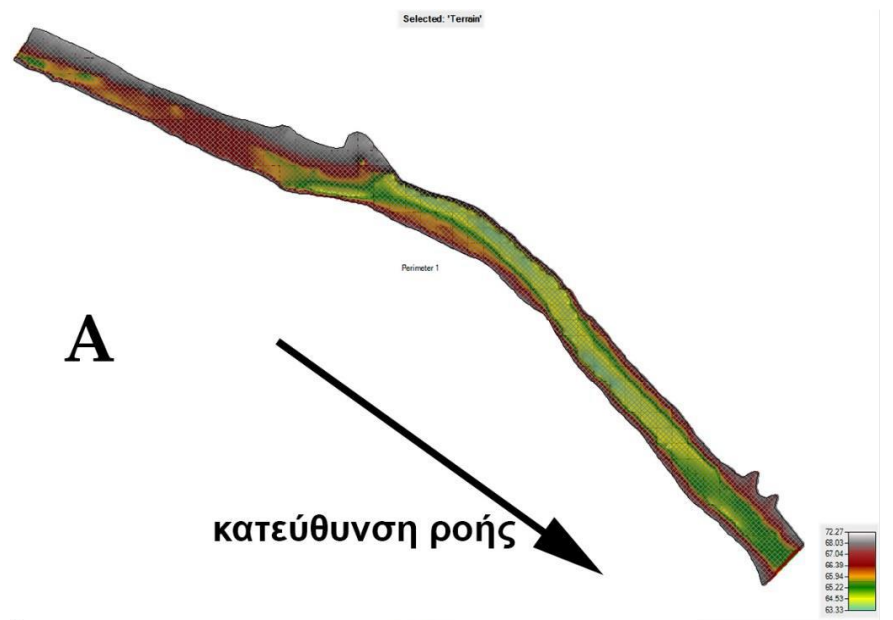
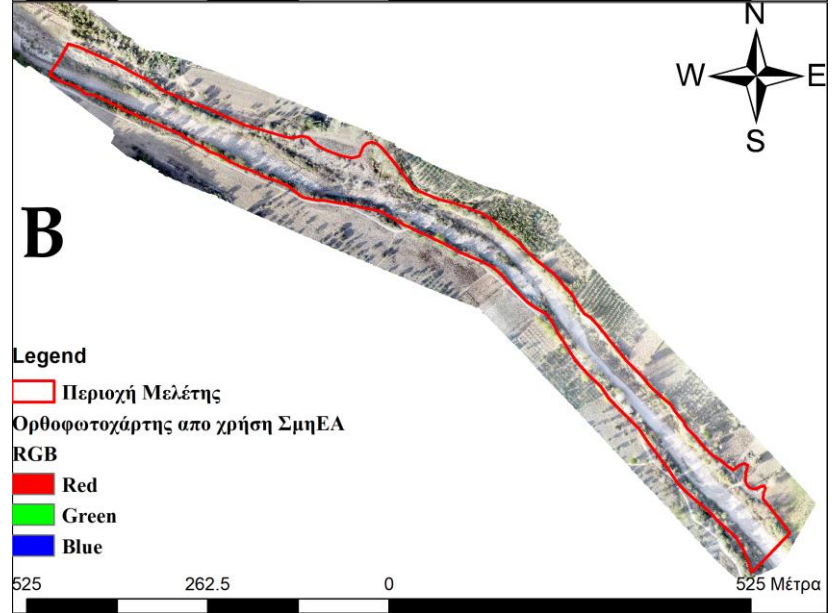
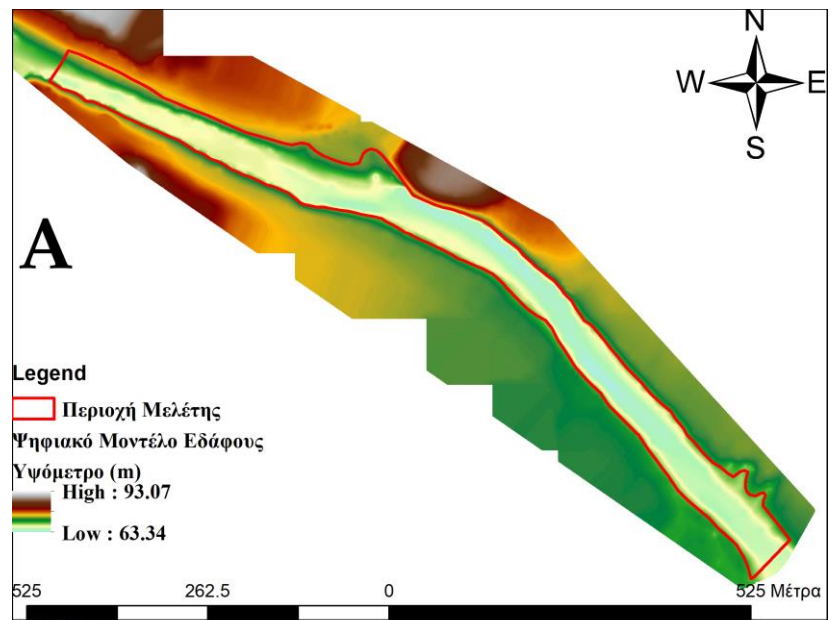
Διερευνητική Υδραυλική Προσομοίωση

Για την προετοιμασία των γεωμετρικών δεδομένων εισόδου στα υδραυλικά μοντέλα γίνεται χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ).

Όσον αφορά την ευχέρεια των λογισμικών HEC-RAS και MIKE 21 FM για την προσομοίωση του ρυθμού μεταβολής των υδάτων (εξάτμιση, διήθηση, κτλ.) εντός του υδραυλικού μοντέλου μόνο το λογισμικό MIKE 21 FM έχει αυτή την δυνατότητα.

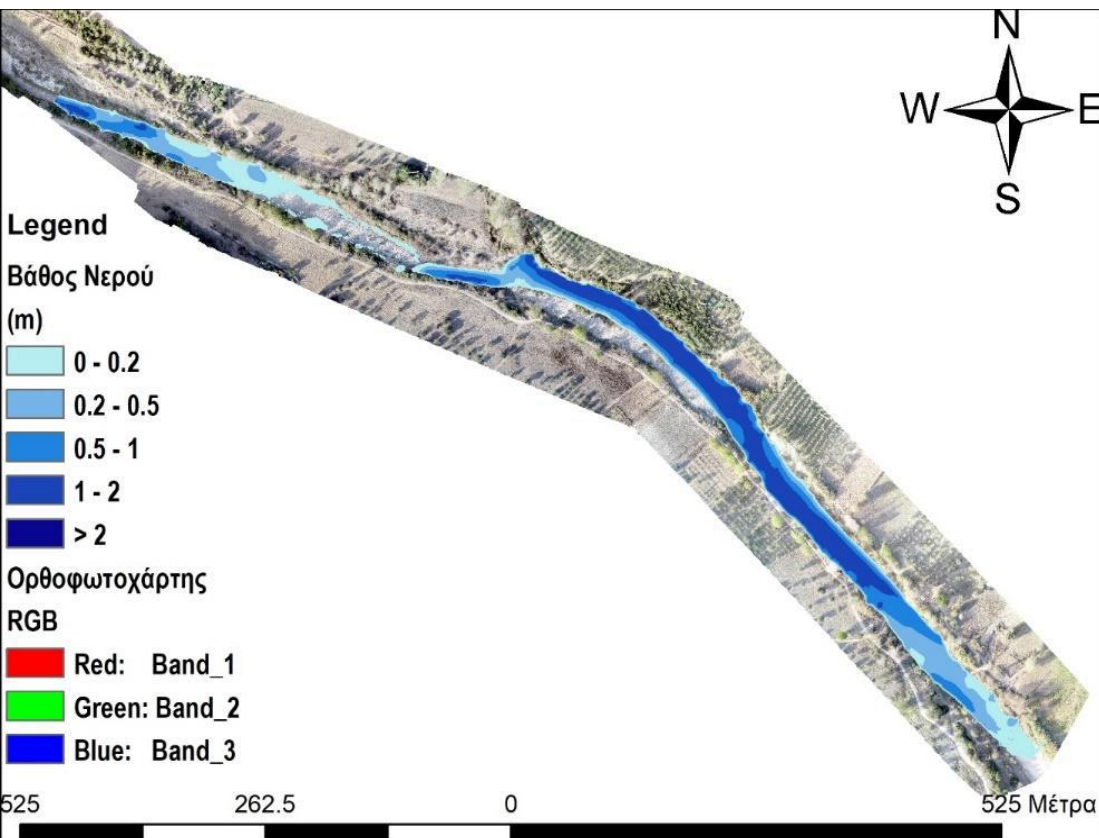
Παρά το γεγονός ότι το λογισμικό HEC-RAS δεν έχει την παραπάνω δυνατότητα, μπορεί να επιτευχθεί ο τελικός στόχος με την χρήση του ισοδύναμου ύψους των απωλειών νερού και των ΓΣΠ.

Διερευνητική Υδραυλική Προσομοίωση



Διερευνητική Υδραυλική Προσομοίωση

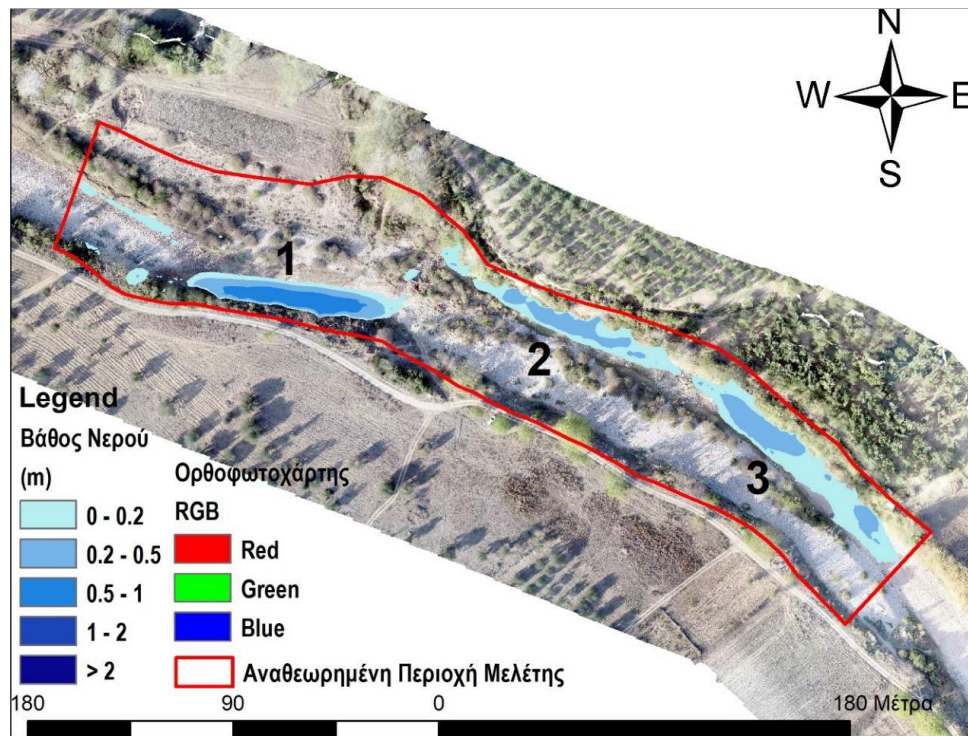
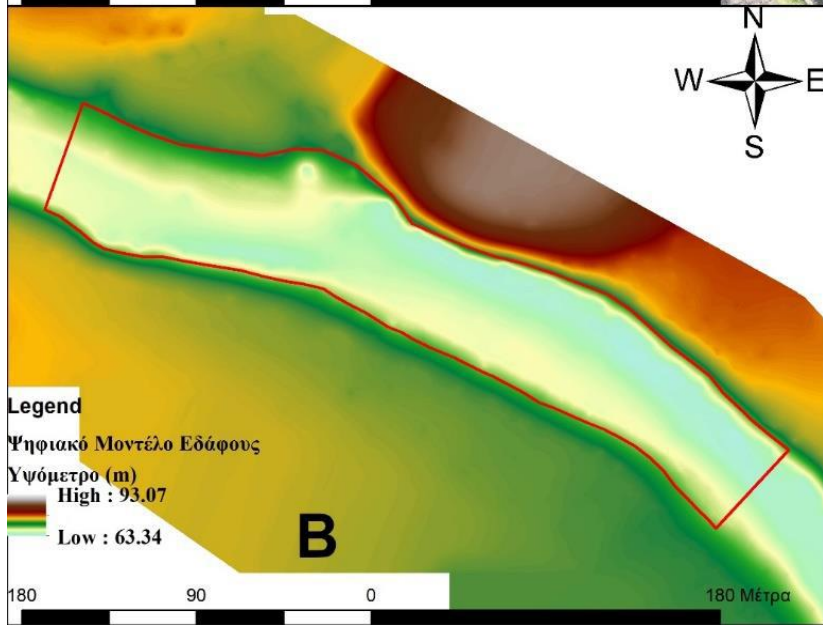
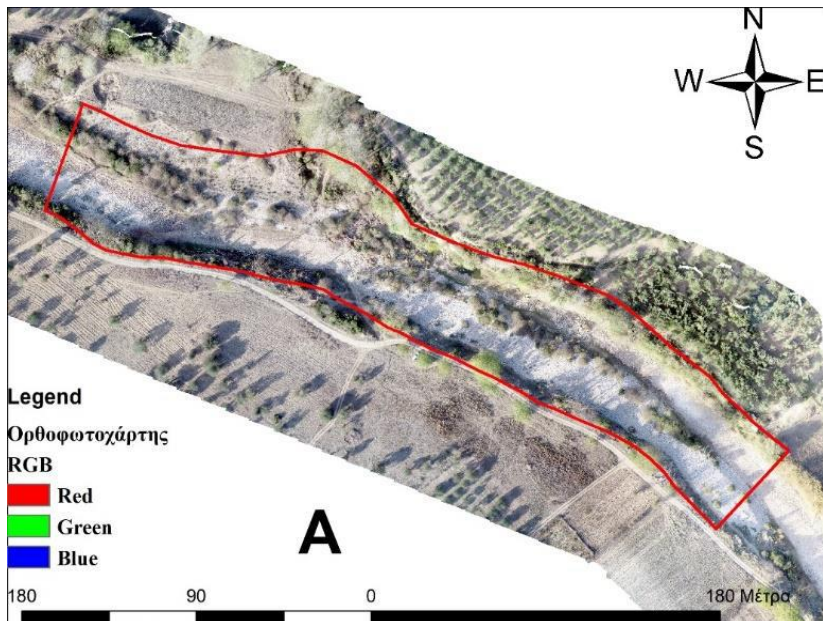
- Πρώτες δοκιμές προσομοίωσης ροής έγινε χρήση ενδεικτικής τιμής παροχής ίσης με $1 \text{ m}^3/\text{sec}$.
- Χρήση της ενδεικτικής τιμής 0,04 συντελεστή τραχύτητας Manning (η συγκεκριμένη τιμή εκτιμήθηκε με βάση το υλικό του πυθμένα της κοίτης και βιβλιογραφικές αναφορές, πχ. Chow, 1959).



Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης προσομοίωσης αποτύπωσαν τις εν δυνάμει περιοχές μελέτης που περιορίζονται στο κεντρικό τμήμα της συνολικής περιοχής και έρχονται σε συμφωνία με την ανάλυση από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους και τις μετρήσεις στάθμης που υπήρχαν διαθέσιμες.

Αναθεώρηση για το τμήμα εφαρμογής της διόδευσης ροής και η νέα περιοχή μελέτης

Διερευνητική Υδραυλική Προσομοίωση



Μεθοδολογικό πλαίσιο - Υδραυλική Προσομοίωση

- Ο υπολογισμός της παροχής του ποταμού Ευρώτα στις θέσεις δειγματοληψίας πραγματοποιήθηκε με βάση τις μετρήσεις της ταχύτητας ροής με τη μέθοδο του μυλίσκου.
- Η συνολική μέση παροχή του ποταμού υπολογίζεται από τις επιμέρους παροχές σύμφωνα με τις σχέσεις:

$$\bar{Q}_{total} = \bar{Q}_1 + \bar{Q}_2 + \dots + \bar{Q}_n$$

$$\bar{Q} = \bar{U} \times A$$

$$\bar{Q} = \frac{\bar{U}_0 + \bar{U}_1}{2} \times \Delta$$

$$\bar{Q} = \frac{\bar{U}_1 + \bar{U}_2}{2} \times \Delta$$

$$\bar{Q} = \frac{\bar{U}_{n-1} + \bar{U}_n}{2} \times \Delta$$

$\bar{U}_1, \bar{U}_2, \dots, \bar{U}_n$ αντιστοιχούν στη μέση ταχύτητα ροής του ρέματος σε ένα σημείο της διατομής του και σε βάθος $\sim 6/10$ από την επιφάνεια, ενώ A_1, A_2, \dots, A_n είναι τα υπολογισμένα τμήματα επιφάνειας της διατομής μεταξύ δύο μετρήσεων μέσης ταχύτητας ροής.

Μεθοδολογικό πλαίσιο - Υδραυλική Προσομοίωση

- Για τις τελικές προσομοιώσεις έγινε χρήση πλέγματος με ανάλυση μισού (0,5) μέτρου.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

- Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (MSE) [0 να δείχνει την απόλυτη αντιστοίχιση του μοντέλου με τις παρατηρήσεις]
- Συντελεστής Προσδιορισμού (R^2) [Τιμές μεγαλύτερες του 0,5 θεωρούνται συνήθως αποδεκτές]
- Ρίζα του Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος (RMSE) [Μικρές τιμές υποδηλώνουν καλή αποδοτικότητα του μοντέλου]

Μεθοδολογικό πλαίσιο - Υδραυλική Προσομοίωση

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣμηΕΑ

Η αξιολόγηση των απωλειών νερού μεταξύ προσομοιωμένων υπόλοιπων νερού και παρατηρούμενων υπόλοιπων νερού όπως αποτυπώνονται στις 26/10/20 βασίστηκε στα εξής κριτήρια αξιολόγησης:

- παρατηρούμενο βάθος νερού,
- του κριτηρίου αξιολόγησης αποτελεσμάτων Critical Success Index (CSI ή Threat score),

$$CSI = \frac{A}{A + B + C}$$

- του κριτηρίου Critical Success Index με ποινή (CSI with penalty)

$$CSI_{penalty} = \frac{A - B}{A + B + C}$$

Όπου το A είναι η έκταση της περιοχής που η πρόβλεψη για την ύπαρξη νερού είναι σωστή (υπάρχει σύγκλιση στην ύπαρξη νερού μεταξύ προσομοίωσης και του παρατηρούμενου), B είναι η λανθασμένη πρόγνωση (ύπαρξη νερού στην προσομοίωση αλλά όχι στο παρατηρούμενο), C είναι η περιοχή όπου έχει νερό σύμφωνα με τις παρατηρήσεις αλλά δεν βγαίνει στην πρόβλεψη (ύπαρξη νερού στο παρατηρούμενο αλλά όχι στο προσομοιωμένο).

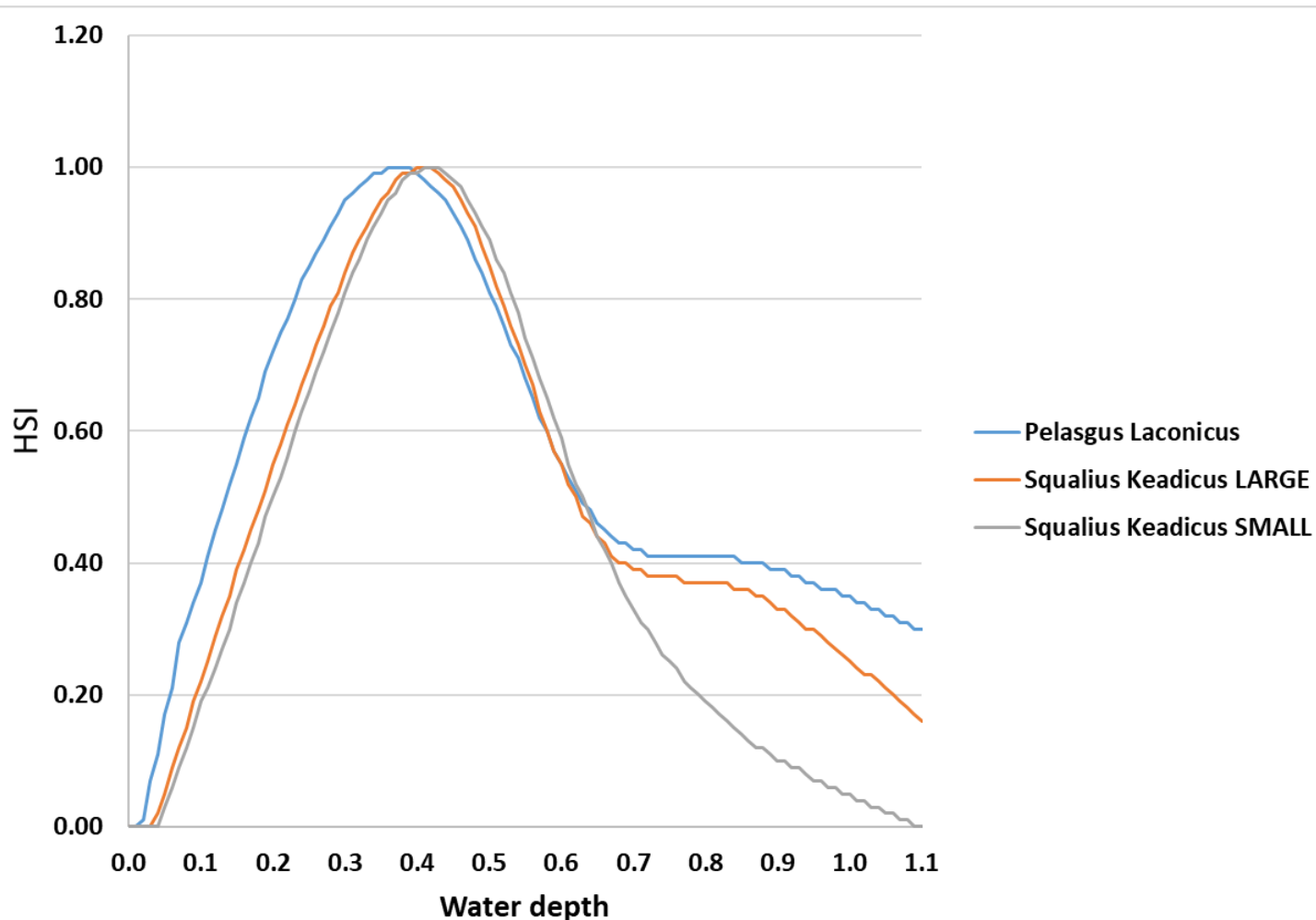
Μεθοδολογικό πλαίσιο - Υδραυλική Προσομοίωση

Παράδειγμα πίνακα συνάφειας 2 x 2

		ΝΑΙ	ΟΧΙ	Σύνολο
		Παρατηρούμενη τιμή		
ΝΑΙ	Προσομοιωμένη τιμή	Αληθής πρόβλεψη επιτυχίας (Hit-A)	Ψευδής πρόβλεψη επιτυχίας (False alarm-B)	Επιτυχής προσομοιωμένη τιμή
ΟΧΙ		Ψευδής πρόβλεψη επιτυχίας (Miss-C)	Αληθής πρόβλεψη αποτυχίας (Correct non-event-D)	Ανεπιτυχής προσομοιωμένη τιμή
Σύνολο		Επιτυχής παρατηρούμενη τιμή	Ανεπιτυχής παρατηρούμενη τιμή	Σύνολο

Μεθοδολογικό πλαίσιο - Υδραυλική Προσομοίωση

ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΒΑΘΟΥΣ ΝΕΡΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΑ ΕΙΔΗ ΙΧΘΥΟΠΑΝΙΔΑΣ.

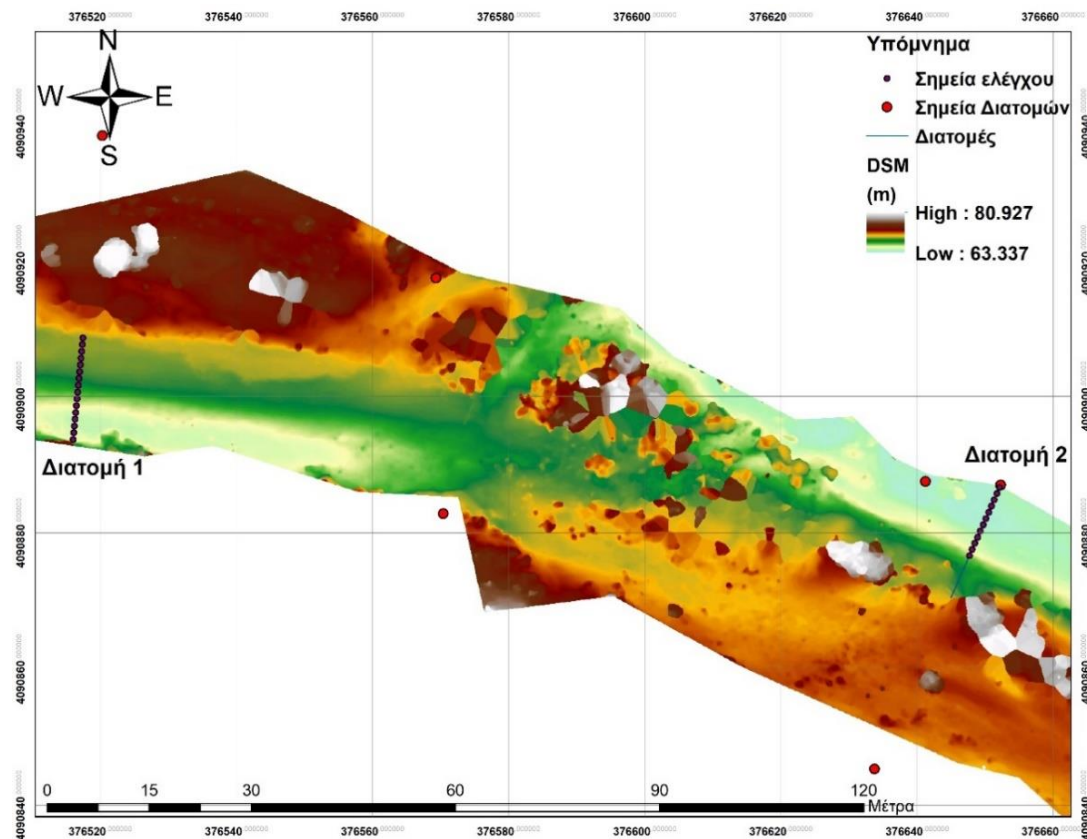
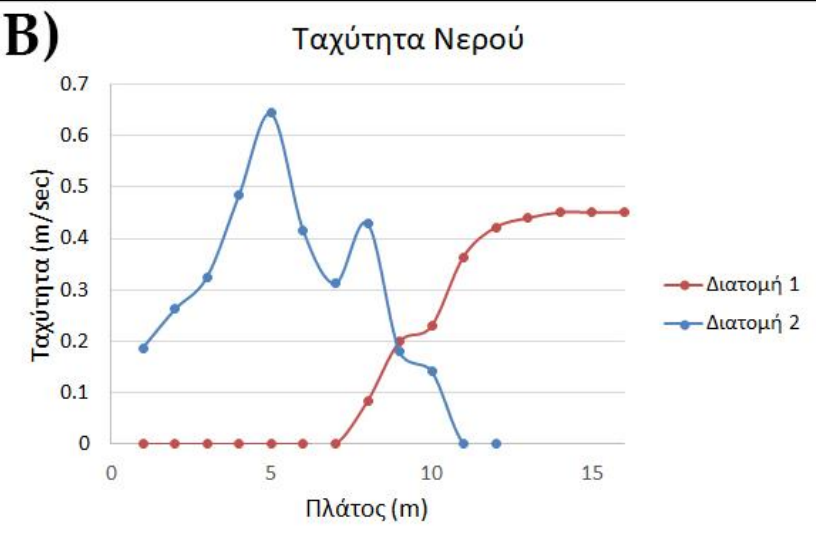
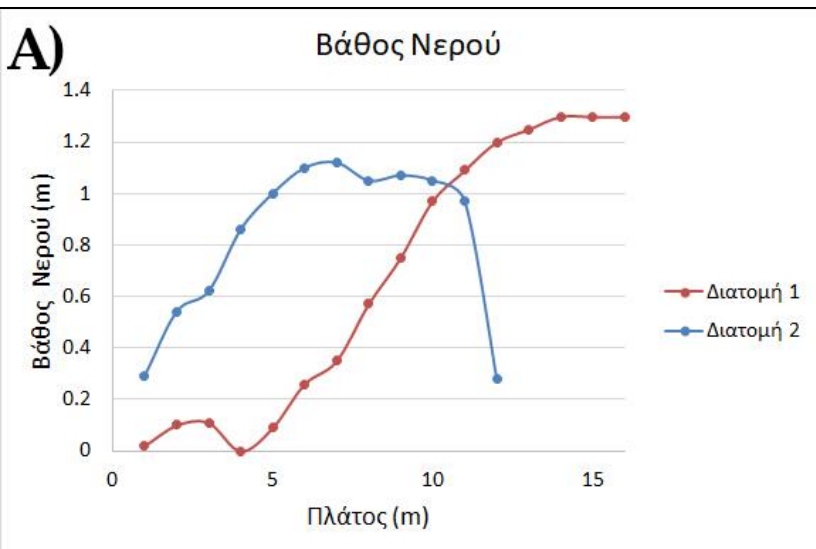


Μεθοδολογικό πλαίσιο - Υδραυλική Προσομοίωση

Αποδεκτές λύσεις σύμφωνα τον δείκτη καταλληλότητας για το βάθος νερού (Habitat Suitability Index – HSI / Water depth) για τα δύο είδη στόχους της ιχθυοπανίδας (*Squalius Keadicus* και *Pelasgus laconicus*).

	<i>Pelasgus Laconicus</i>		<i>Squalius Keadicus</i> Μεγάλο	Μέγεθος ≥ 10cm	<i>Squalius Keadicus</i> Μικρό	Μέγεθος ≤ 10cm
	Βάθος νερού (m)	HSI	Βάθος νερού (m)	HSI	WD	HSI
0.5	0.20	0.72	0.20	0.55	0.20	0.50
Βέλτιστο	0.39	1.00	0.39	0.99	0.39	0.99
0.5	0.62	0.51	0.62	0.50	0.62	0.52

Βαθμονόμηση Υδραυλικού-Υδροδυναμικού Λογισμικού



Βαθμονόμηση Υδραυλικού-Υδροδυναμικού Λογισμικού

- Χρήση σταθερής παροχής όπως εκτιμήθηκε από τις μετρήσεις πεδίου, δηλαδή $3.07 \text{ m}^3/\text{sec}$.
- Έλεγχος με \rightarrow Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (MSE), ο Συντελεστής Προσδιορισμού (R^2) και η Ρίζα του Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος (RMSE) όπου και δόθηκε η μεγαλύτερη βαρύτητα.


Εκτιμήθηκαν για όλες τις πειραματικές δοκιμές οι παραπάνω δείκτες για το σύνολο των σημείων ανά διατομή και έγινε και η εκτίμηση τους μόνο για τα βαθύτερα τμήματα των διατομών όπου και έχουμε την μεγαλύτερη ποσότητας συγκέντρωσης υδάτων.

Σύνολο σημείων ελέγχου						
	Διατομή 1 / n = 0.04	Διατομή 2/ n = 0.04	Διατομή 1/ n = 0.045	Διατομή 2/ n = 0.045	Διατομή 1/ n = 0.05	Διατομή 2/ n = 0.05
R²	0.983	0.966	0.984	0.979	0.982	0.979
MSE	0.008	0.016	0.008	0.009	0.010	0.010
RMSE	0.088	0.127	0.091	0.094	0.100	0.100
Σημεία ελέγχου σε ικανοποιητικό βάθος						
	Διατομή 1 / n = 0.04	Διατομή 2/ n = 0.04	Διατομή 1/ n = 0.045	Διατομή 2/ n = 0.045	Διατομή 1/ n = 0.05	Διατομή 2/ n = 0.05
R²	0.933	0.799	0.939	0.948	0.935	0.948
MSE	0.006	0.025	0.004	0.012	0.004	0.014
RMSE	0.077	0.159	0.063	0.111	0.063	0.119

Τελική εκτίμηση απωλειών και πιστοποίηση τους με χρήση δεδομένων ΣμηΕΑ και του λογισμικού προσομοίωσης ροής

Αλληπάλληλες δοκιμές με:

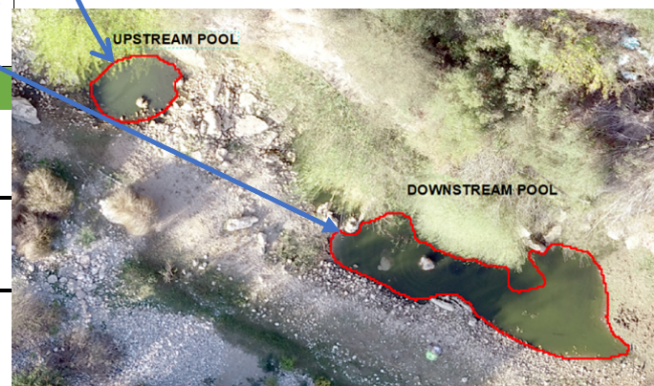
- Manning $n = 0,045$
- Διαφορετικές τιμές παροχής

Στόχος  Οι απώλειες στο σύνολο τους να δημιουργούν παρόμοια εικόνα στο εναπομείναν νερό όπως αυτή που αποτυπώνεται στις αεροφωτογραφίες από την πτήση ΣμηΕΑ στις 26/10/20 και παρόμοια κατάσταση βάθους νερού (διαδικασία "δοκιμής - λάθους", "trial and error")

T1 scenario		Παρατηρούμενες τιμές (Διαβρεγμένη εκταση σε m ²)		Σύνολο
		ΝΑΙ	ΟΧΙ	
Προσομοιωμένες τιμές	ΝΑΙ	52	67	119
	ΟΧΙ	4	173	177
Σύνολο		55.79	240	295.48

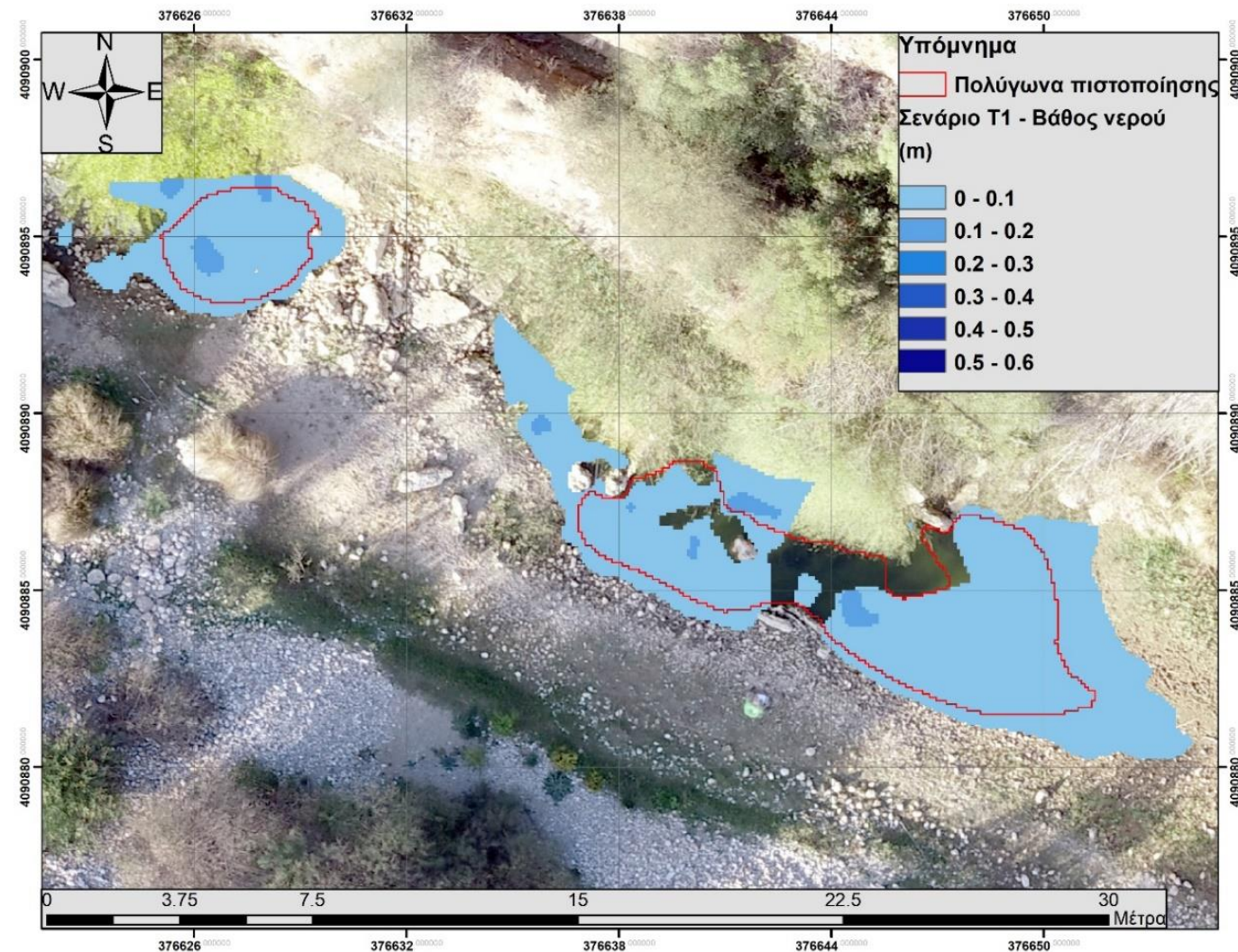
Τελική εκτίμηση απωλειών και πιστοποίηση τους με χρήση δεδομένων ΣμηΕΑ και του λογισμικού προσομοίωσης ροής

Σενάρια	Συνολικές απώλειες (m) / 96 ημέρες	Απώλειες ανα ημέρα	CSI	CSI με ποινή	Μέγιστο βάθος νερού ανάπη ποταμολίμνιο (m)	Μέγιστο βάθος νερού κατάνη ποταμολίμνιο (m)
T0_III	1.016	0.0106	0.42	0.39	0.21	0.20
T0_II	1.026	0.0107	0.45	0.41	0.20	0.19
T0_I	1.036	0.0108	0.47	0.42	0.19	0.18
T0	1.046	0.0109	0.49	0.43	0.18	0.17
T1	1.056	0.0110	0.50	0.41	0.17	0.16
T2	1.066	0.0111	0.51	0.38	0.16	0.15
T3	1.076	0.0112	0.53	0.38	0.15	0.14
T4	1.086	0.0113	0.54	0.36	0.14	0.13
T5	1.096	0.0114	0.53	0.24	0.13	0.12
T6	1.106	0.0115	0.32	-0.25	0.12	0.11



Σύμφωνα με την συγκεκριμένη ανάλυση υπολογίστηκε ότι η πτώση στάθμης είναι της τάξης του 0,011 m ανά ημέρα ή 1,056 m για το σύνολο των 96 ημερών (από 23/07/20 έως 26/10/20). Στον Πίνακα 3.3 παρουσιάζονται όλα τα αποτελέσματα της πιστοποίησης των απωλειών νερού, με επικρατέστερη αποδεκτή λύση το σενάριο T1. Στην Εικ. 3.5 παρουσιάζεται το σενάριο T1 έναντι της επιφάνειας που καλύπτεται με νερό σύμφωνα με τα δεδομένα ΣμηΕΑ στις 26/10/20.

Τελική εκτίμηση απωλειών και πιστοποίηση τους με χρήση δεδομένων ΣμηΕΑ και του λογισμικού προσομοίωσης ροής



Βέλτιστη λύση - εφαρμογή σεναρίου T1.

Δράσεις δημιουργίας / βελτίωσης των θερινών καταφυγίων ψαριών στη λεκάνη του Ευρώτα

Έγινε προσπάθεια οι παρεμβάσεις να περιοριστούν σε μικρή χωρική κλίμακα ώστε να μην αλλοιώσουν τις υδρομορφολογικές συνθήκες του ποταμού και να μην χρειαστούν σημαντικά χωματουργικά έργα. Έτσι επιλέχθηκαν 2 σενάρια παρεμβάσεων μεγέθυνσης της έκτασης των βασικών ποταμολιμνίων που διατηρούν νερό καθ’ όλη την διάρκεια του έτους, κατά 8 φορές στο 1ο σενάριο και κατά 22 φορές στο 2ο.

	*Συνολικός όγκος εκσκαφής (m ³)	*Μέσο βάθος εκσκαφής (m)	Όγκος νερού (m ³)	Μέσο βάθος νερού (m)	*Επιφάνεια εκσκαφής (m ²)
Σενάριο 1	342	0,75	170	0,42	454
Σενάριο 2	1236	0,95	369	0,35	1304

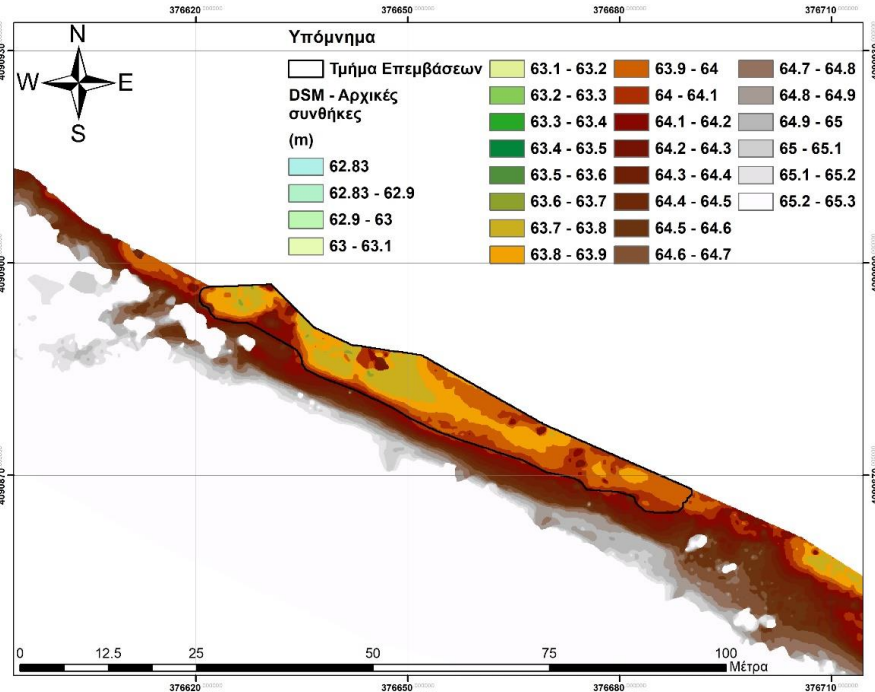
*Στις εκσκαφές συμπεριλαμβάνεται και η εκσκαφή του επιφανειακού στρώματος του πυθμένα που είναι να επανατοποθετηθεί μετά την ολοκλήρωση τους.

Συνοπτικά αποτελέσματα των δύο σεναρίων διαμόρφωσης κοίτης

	*Συνολικός όγκος εκσκαφής (m ³)	*Μέσο βάθος εκσκαφής (m)	Επιφάνεια εκσκαφής (m ²)
Σενάριο 1	251	0,58	436
Σενάριο 2	976	0,75	1304

Χαρακτηριστικά εκσκαφών αν δεν συμπεριληφθεί η εκσκαφή του επιφανειακού στρώματος του πυθμένα (20 εκατοστά) που επανατοποθετείται στην διαμορφωμένη κοίτη.

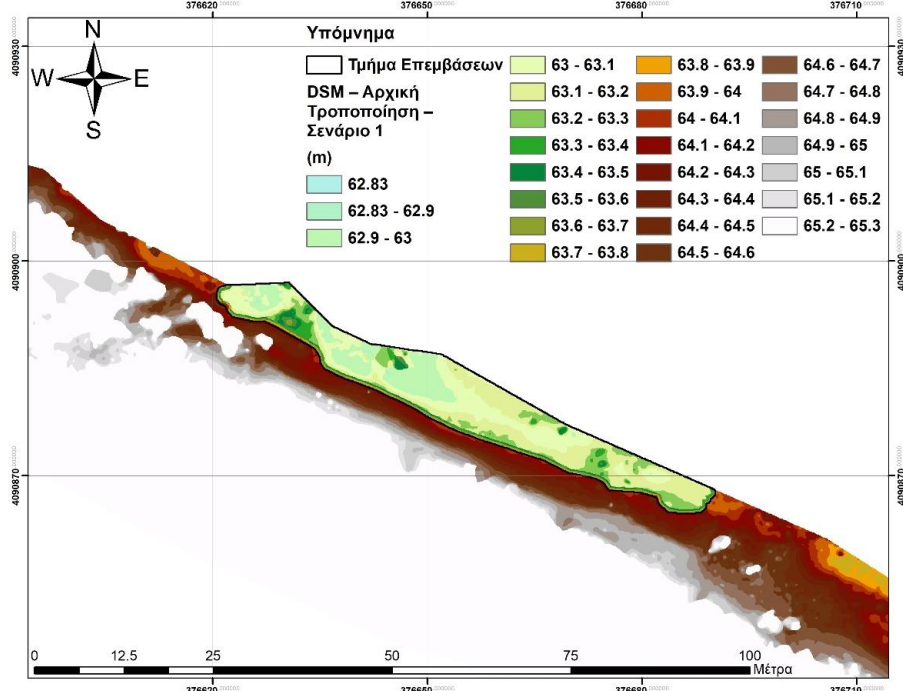
Δράσεις δημιουργίας / βελτίωσης των θερινών καταφυγίων ψαριών στη λεκάνη του Ευρώτα



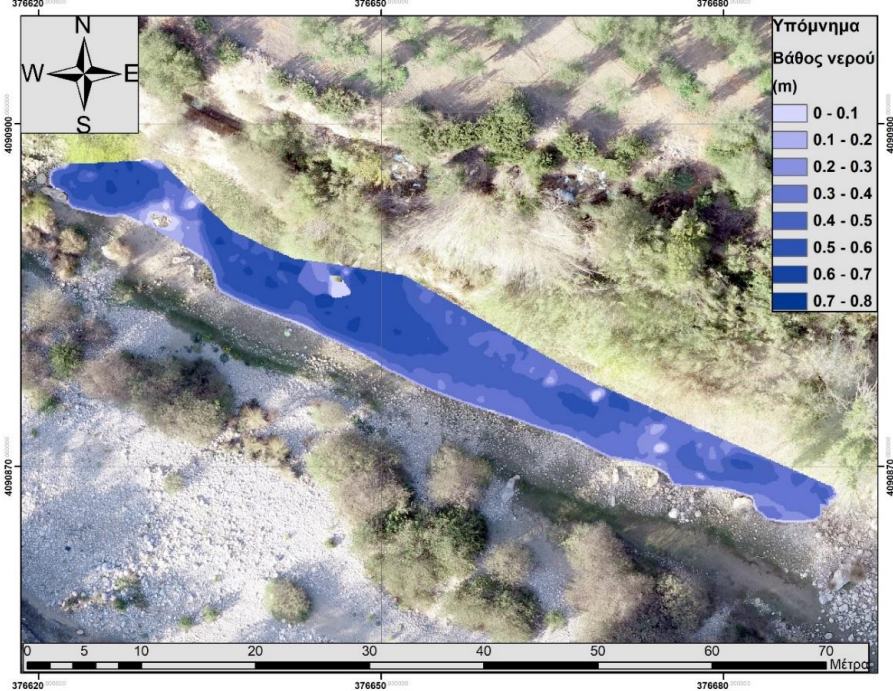
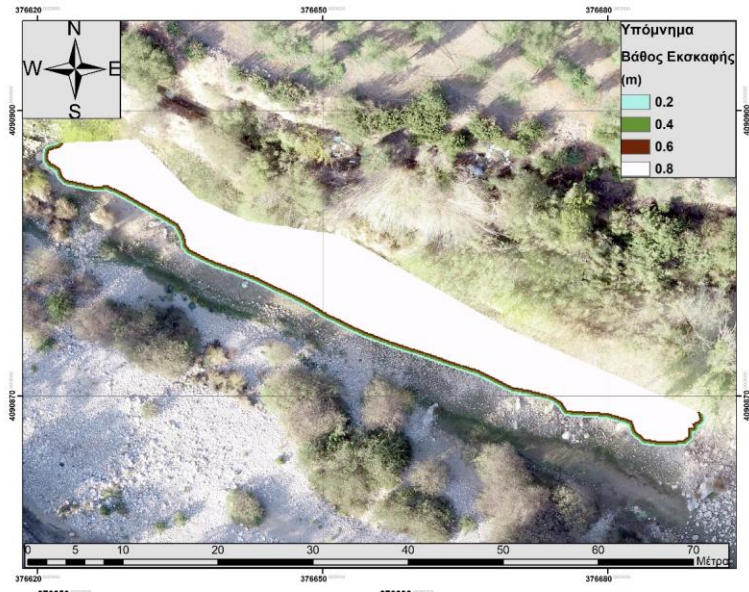
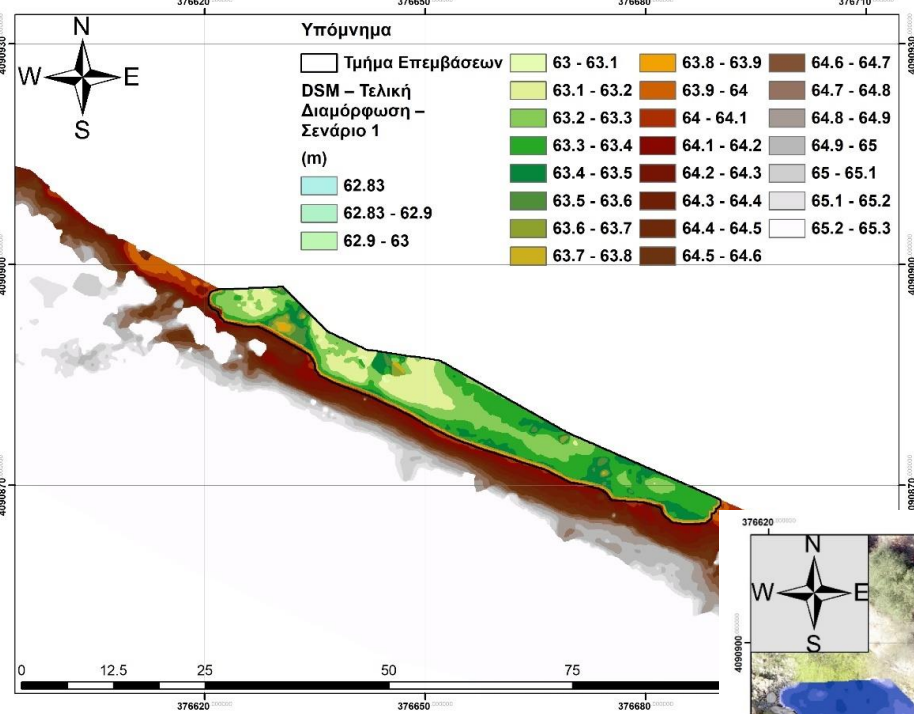
- 1) Απομάκρυνση επιφανειακού στρώματος πυθμένα κοίτης ύψους 20 εκατοστά,
- 2) Εκσκαφή περίπου 60 εκατοστά (σύνολο εκσκαφής 80 εκατοστά περίπου),

3) Επανατοποθέτηση επιφανειακού στρώματος πυθμένα κοίτης ύψους 20 εκατοστά.

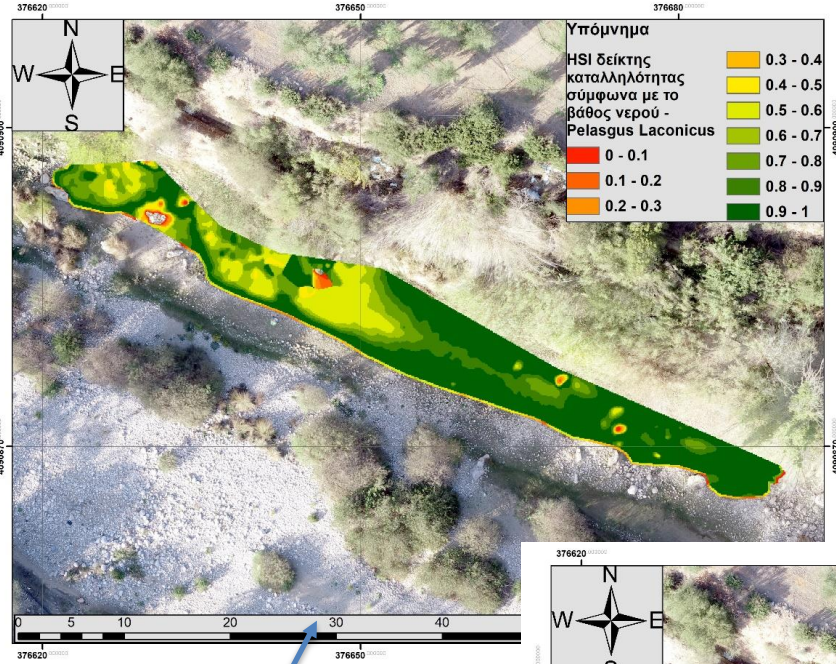
Συστήνεται η διαμόρφωση πρανών με κλίση μικρότερη από 1:1.



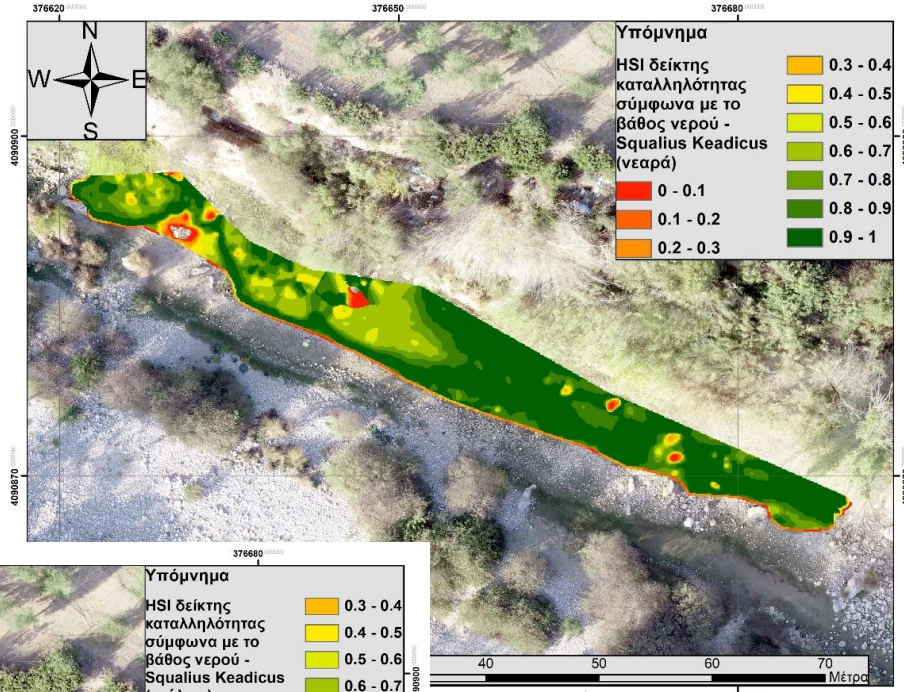
Δράσεις δημιουργίας / βελτίωσης των θερινών καταφυγίων ψαριών στη λεκάνη του Ευρώτα



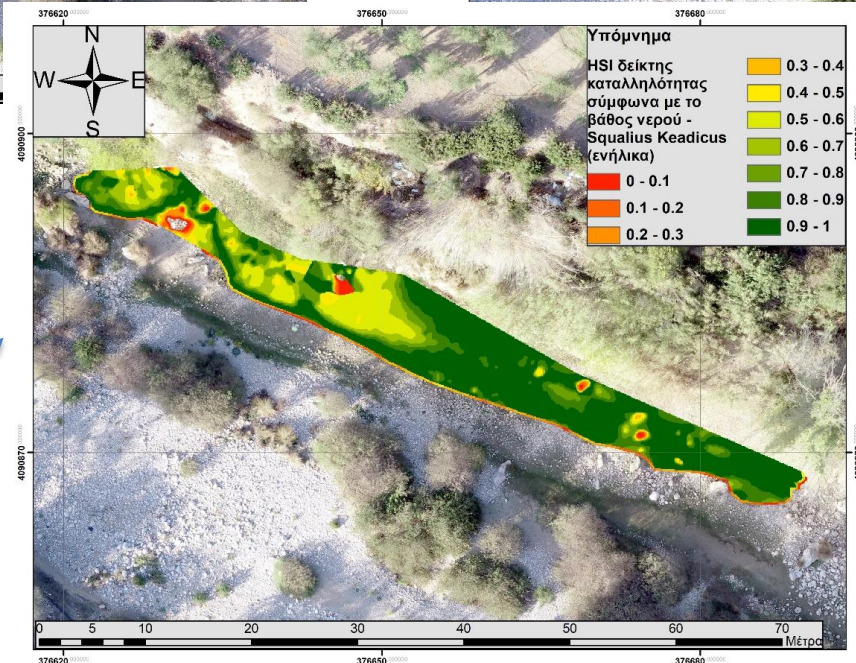
Δράσεις δημιουργίας / βελτίωσης των θερινών καταφυγίων ψαριών στη λεκάνη του Ευρώτα



HSI δείκτης καταλληλότητας σύμφωνα με το βάθος νερού - *Pelagus laconicus* (MO:0,76)

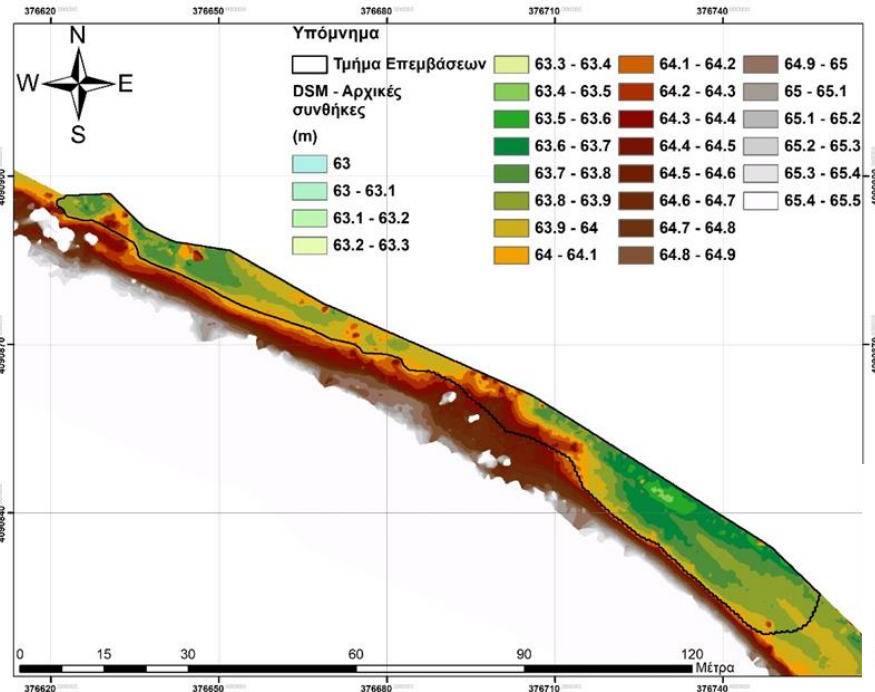


HSI δείκτης καταλληλότητας σύμφωνα με το βάθος νερού - *Squalius keadicus* (νεαρά). (MO:0,7)

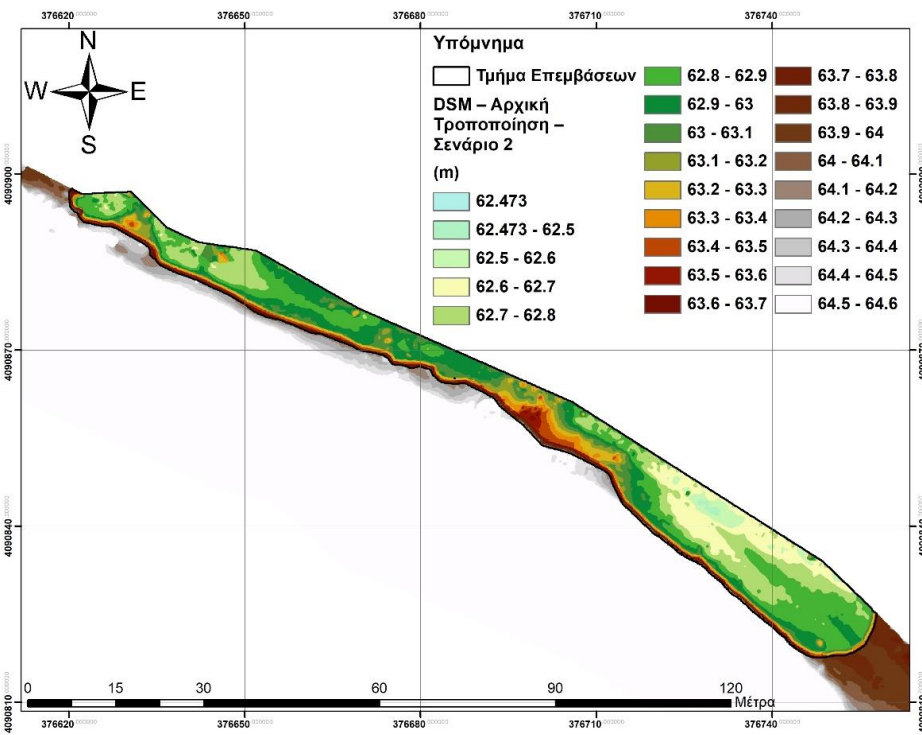


HSI δείκτης καταλληλότητας σύμφωνα με το βάθος νερού - *Squalius keadicus* (ενήλικα). (MO:0,71)

Δράσεις δημιουργίας / βελτίωσης των θερινών καταφυγίων ψαριών στη λεκάνη του Ευρώτα



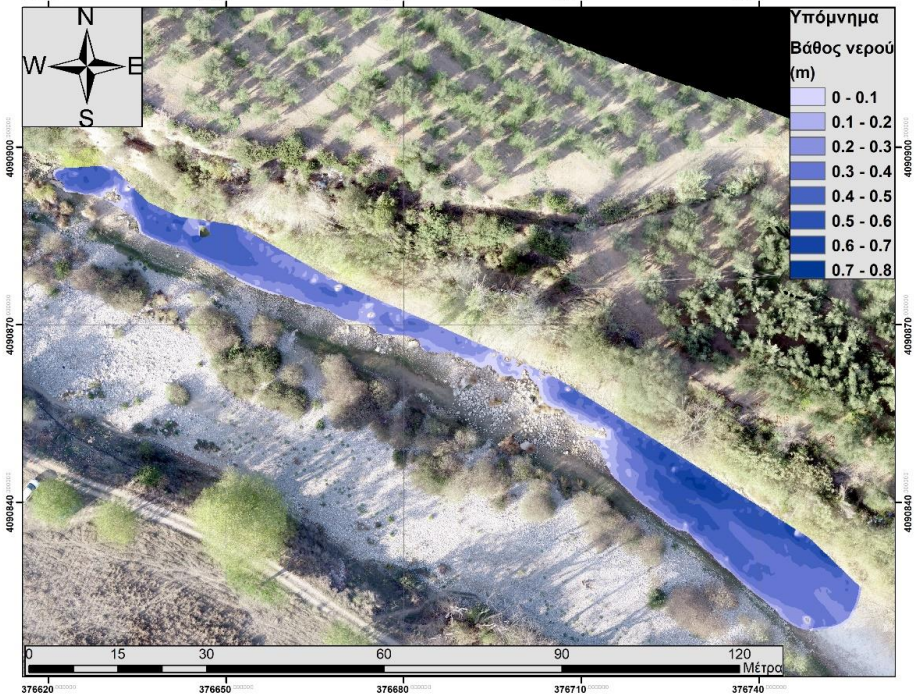
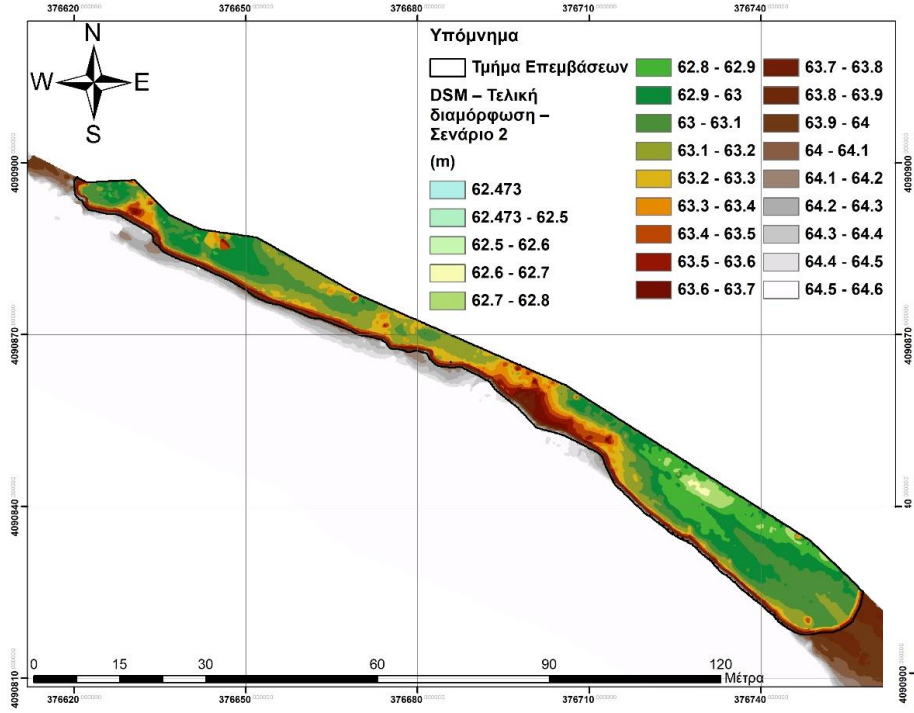
- 1) Απομάκρυνση επιφανειακού στρώματος πυθμένα κοίτης ύψους 20 εκατοστά,
- 2) Εκσκαφή περίπου 80 εκατοστά (μαζί με το προηγούμενο βήμα έχουμε σύνολο εκσκαφής 100 εκατοστά περίπου)



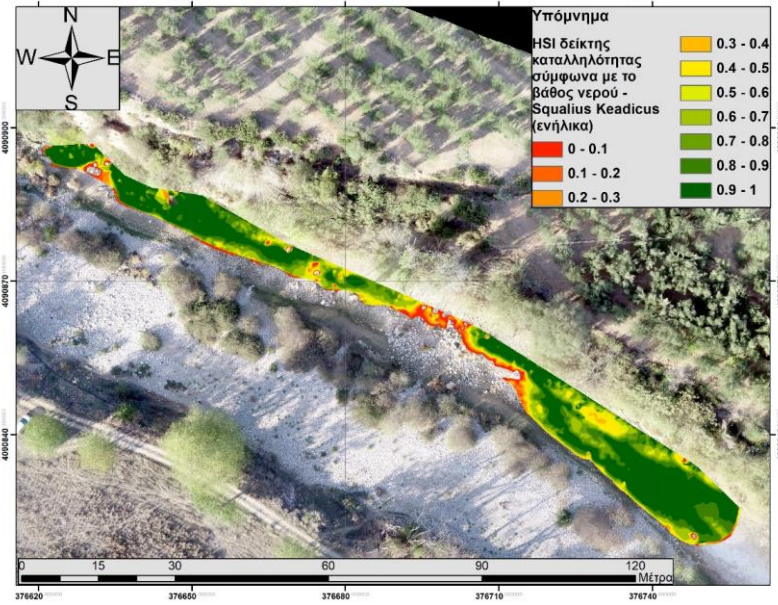
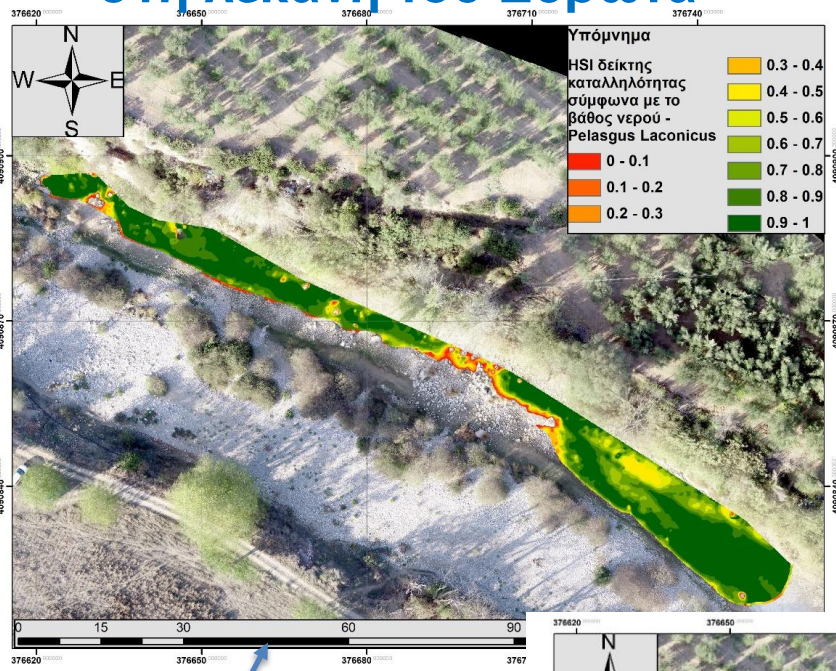
3) Επανατοποθέτηση επιφανειακού στρώματος πυθμένα κοίτης ύψους 20 εκατοστά.

Συστήνεται η διαμόρφωση πρανών με κλίση μικρότερη από 1:1.

Δράσεις δημιουργίας / βελτίωσης των θερινών καταφυγίων ψαριών στη λεκάνη του Ευρώτα



Δράσεις δημιουργίας / βελτίωσης των θερινών καταφυγίων ψαριών στη λεκάνη του Ευρώτα



HSI δείκτης καταλληλότητας σύμφωνα με το βάθος νερού - *Pelasgus laonicus* (MO:0,821)

HSI δείκτης καταλληλότητας σύμφωνα με το βάθος νερού - *Squalius keadicus* (ενήλικα). (MO:0,77)

HSI δείκτης καταλληλότητας σύμφωνα με το βάθος νερού - *Squalius keadicus* (νεαρά) (MO:0,761)

Δράσεις δημιουργίας / βελτίωσης των θερινών καταφυγίων ψαριών στη λεκάνη του Ευρώτα

Το 1^ο Σενάριο αποκατάστασης περιγράφει την εκσκαφή και διαπλάτυνση των βασικών ποταμολιμνίων της θέσης ενδιαφέροντος σε μια έκταση περίπου 454 m², με μέσο βάθος εκσκαφής 0.75 m και όγκο υλικών εκσκαφής της τάξης των 342 m³ (Πίνακας). Με βάση αυτό το σενάριο θα εξασφαλίζεται στο τέλος Οκτωβρίου όγκος νερού περίπου 170 m³, μέσο βάθος 0,42 m και υγρή επιφάνεια ποταμολίμνιων 405 m².

Το 2^ο Σενάριο έχει μια σημαντικά μεγαλύτερη έκταση εκσκαφής που φτάνει τα 1304 m², με μέσο βάθος εκσκαφής 0,95 m και όγκο υλικών εκσκαφής 1236 m³ (Πίνακας). Με αυτή την προσέγγιση στο τέλος της ξηρής περιόδου (Οκτώβριος) εξασφαλίζεται όγκος νερού της τάξης των 369 m³, μέσο βάθος και υγρή επιφάνεια ποταμολιμνίων 0,35 m και 1050 m² αντίστοιχα.

	Χαρακτηριστικά ποταμολίμνιων στο τέλος της ξηρής περιόδου			Χαρακτηριστικά εκσκαφών	
	Έκταση (m ²)	Όγκος νερού (m ³)	Μέσο βάθος νερού (m)	*Όγκος υλικών εκσκαφής (m ³)	*Μέσο βάθος εκσκαφής (m)
Σενάριο 1	405	170	0,42	342	0,75
Σενάριο 2	1050	369	0,35	1236	0,95

	*Συνολικός όγκος εκσκαφής (m ³)	*Μέσο βάθος εκσκαφής (m)	Επιφάνεια εκσκαφής (m ²)
Σενάριο 1	251	0.58	436
Σενάριο 2	976	0.75	1304



- Αντικείμενο και σκοπός του ερευνητικού έργου
- Ερευνα πεδίου για τη συλλογή υδρολογικών και ιχθυολογικών δεδομένων
- Δράσεις βελτίωσης ενδιαιτημάτων εμπλουτισμού – διενέργεια εμπλουτισμών - δημιουργία αποθέματος ψαριών
- Παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των δράσεων διατήρησης**

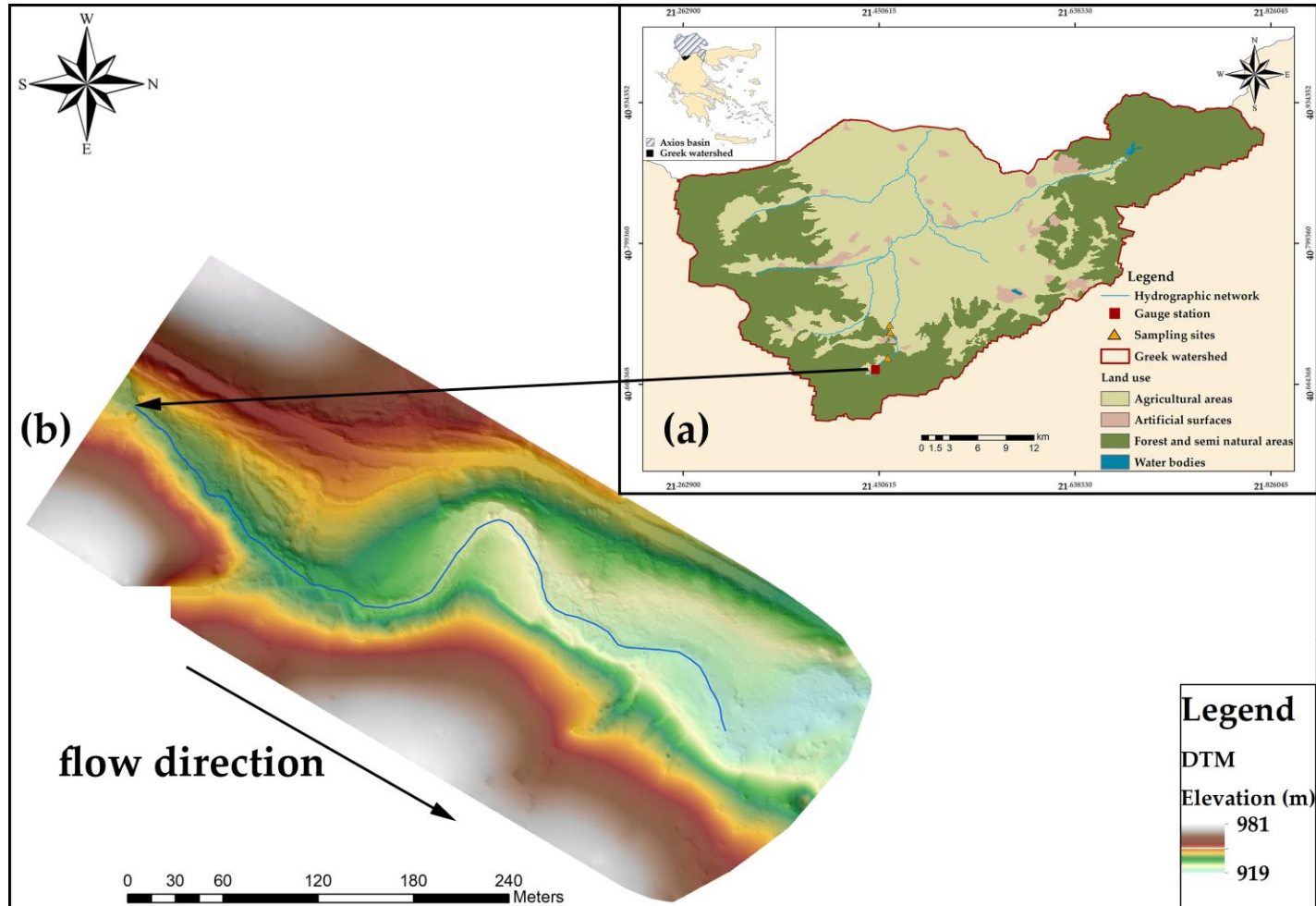
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΠΣ “ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ”



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

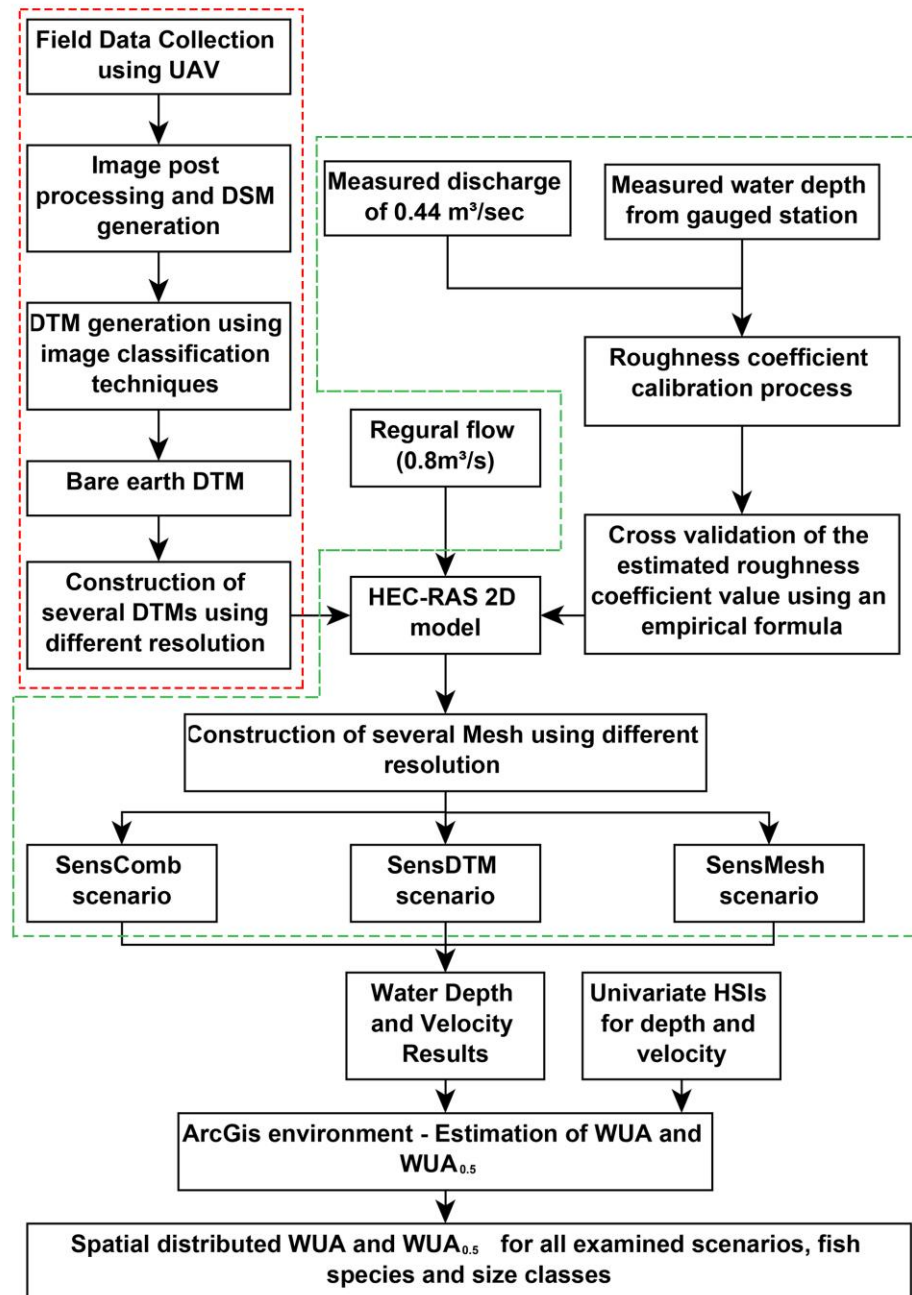
Sensitivity of habitat hydraulic model outputs to DTM and computational mesh resolution

Study Area



Drosopigi stream reach → 450 m river segment of one of the mountainous Axios tributaries, located in the Greek watershed (mean altitude at 950 a.s.l. 40.680300° , 21.448573° , WGS 84).

Methodology



Field Data Collection



DJI Phantom 3 Professional UAV:

- each picture was 4000x3000 pixels
- percentage overlap for adjacent pictures was 80%.
- Area covered - 710 m x 210 m (length x width)
- flight altitude was 70 m
- cell size of the produced DTM was approximately 0.03 m
- The number of 2D keypoints observations used by the photogrammetric algorithm (matched in at least two images) are 1,063,617 while the number of 3D points generated is 400,708.

Field Data Collection

The river segment under study is part of Drosopigi stream, and it formulates a pool-riffle channel

The river bed is mainly composed of cobbles and boulders that are uniformly spatial distributed within the riverbed.

According to the regular flow of $0.8 \text{ m}^3/\text{sec}$, the approximate median value of the width is 7 m (ranges from 3.8 to 14.8 m) and the depth is 0.2 m (ranges from 0 to 1.45 m).

Hydraulic-Hydrodynamic Model

Two-dimensional (2D) HEC-RAS model :

- Despite the relatively higher computational demand, the **full 2D Saint-Venant equations**, were used in this study, in order to capture the flow alterations between pools and riffles, and around the boulders (complex river terrain).

The 2D HEC-RAS model set up consists of the generation of the Terrain, the creation of the computational mesh, the determination of upstream and downstream boundary conditions and the selected Manning roughness values.

- High resolution DTM of 0.15m has been used.
- The representative discharge of 0.8 m³/sec used while the downstream boundary condition determined as normal water depth or energy slope

Hydraulic-Hydrodynamic Model

Two-dimensional (2D) HEC-RAS model :

- computation interval was set constant to 0.2 sec for all simulations based on the Courant Condition : $C_r = V_w * (\Delta t / \Delta x) \leq 1$ (with a max C = 3) \rightarrow C_r is the Courant Number; V_w is the wave celerity (m/s); Δt is the computational time step (s); Δx is the average cell size (m).
- Determination of Manning's roughness coefficient was based on a semi-automated calibration process. The calibration process is based on an adapted form of the code that is presented in the book of Goodell (2014) and the study of Ederle (2017). The main core of the calibration process is based on the handling of the HEC-RAS model using Excel Visual Basic for Applications (VBA) routines.

Hydraulic-Hydrodynamic Model

Two-dimensional (2D) HEC-RAS model :

- Therefore, one hundred (100) simulations are implemented using different Manning roughness n values with values that have three (3) digits after the decimal point and ranges from 0.02 to 0.12. In order to eliminate the differences between the observed and the simulated water depth value, further detailed analysis that focused on specific range of Manning roughness n values (i.e. 0.0770 to 0.0790), with values that have four (4) digits after the decimal point, is conducted. Thus, the selection of the best-fitted roughness value is based on the comparison between the observed water level (gauged station data) and the simulated one for the user-defined validation pixel (gauged station location).

Hydraulic-Hydrodynamic Model

Two-dimensional (2D) HEC-RAS model :

- The model was calibrated for a discharge of $0.44 \text{ m}^3/\text{sec}$ by adjusting the bed channel roughness until good agreement of simulated versus observed water level was achieved. The estimation of the discharge value of $0.44 \text{ m}^3/\text{sec}$ is based on the velocity - area method. The data used for the discharge estimation retrieved from two cross sections close to the gauged station.
- Due to lack of data, the selected discharge ($0.44 \text{ m}^3/\text{sec}$) is the only discharge measurement that is associated with the water level measurements (gauged station data) of the study area.
- According to the calibration procedure, the Manning's roughness coefficient value was set to 0.0782 for the entire fish habitat-hydraulic modelling stream reach. Loukas & Quick (1996) formula: 0.077.

Hydraulic-hydrodynamic geometry configuration scenarios

Three (3) different hydraulic-hydrodynamic geometry configuration sets have been established for the sensitivity analysis. These are:

- 1) **SensComb** – Mesh and DTM resolution are identical (DTM pixel resolution and mesh element size varies from 0.3 m to 3 m),
- 2) **SensDTM** – Finest mesh resolution (0.09 m² average mesh element size) is combined with different DTM resolutions (DTM pixel resolution varies from 0.3 to 3 m),
- 3) **SensMesh** - Finest DTM resolution (DTM pixel resolution of 0.15 m) is combined with different mesh resolutions (Average mesh element size varies from 0.09 m² to approximately 9 m²).

Hydraulic-hydrodynamic geometry configuration scenarios

Hydraulic-hydrodynamic modelling 2D
 flow area characteristics.

Mesh size (m)	Number of Elements	Average element size (m ²)
0.3	347146	0.09
0.5	124745	0.25
1	31048	1
1.6	12064	2.6
2.5	4902	6.39
3	3393	9.23

Hydraulic-hydrodynamic modelling
 geometry configuration sets

SensComb		SensDTM		SensMesh	
DTM	Mesh	DTM	Mesh	DTM	Mesh
Resolution	Resolution	Resolution	Resolution	Resolution	Resolutio
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	n [m]
0.3	0.3	0.3	0.3	0.15	0.3
0.5	0.5	0.5	0.3	0.15	0.5
1	1	1	0.3	0.15	1
1.6	1.6	1.6	0.3	0.15	1.6
2.5	2.5	2.5	0.3	0.15	2.5
3	3	3	0.3	0.15	3

Habitat-Hydraulic Modelling

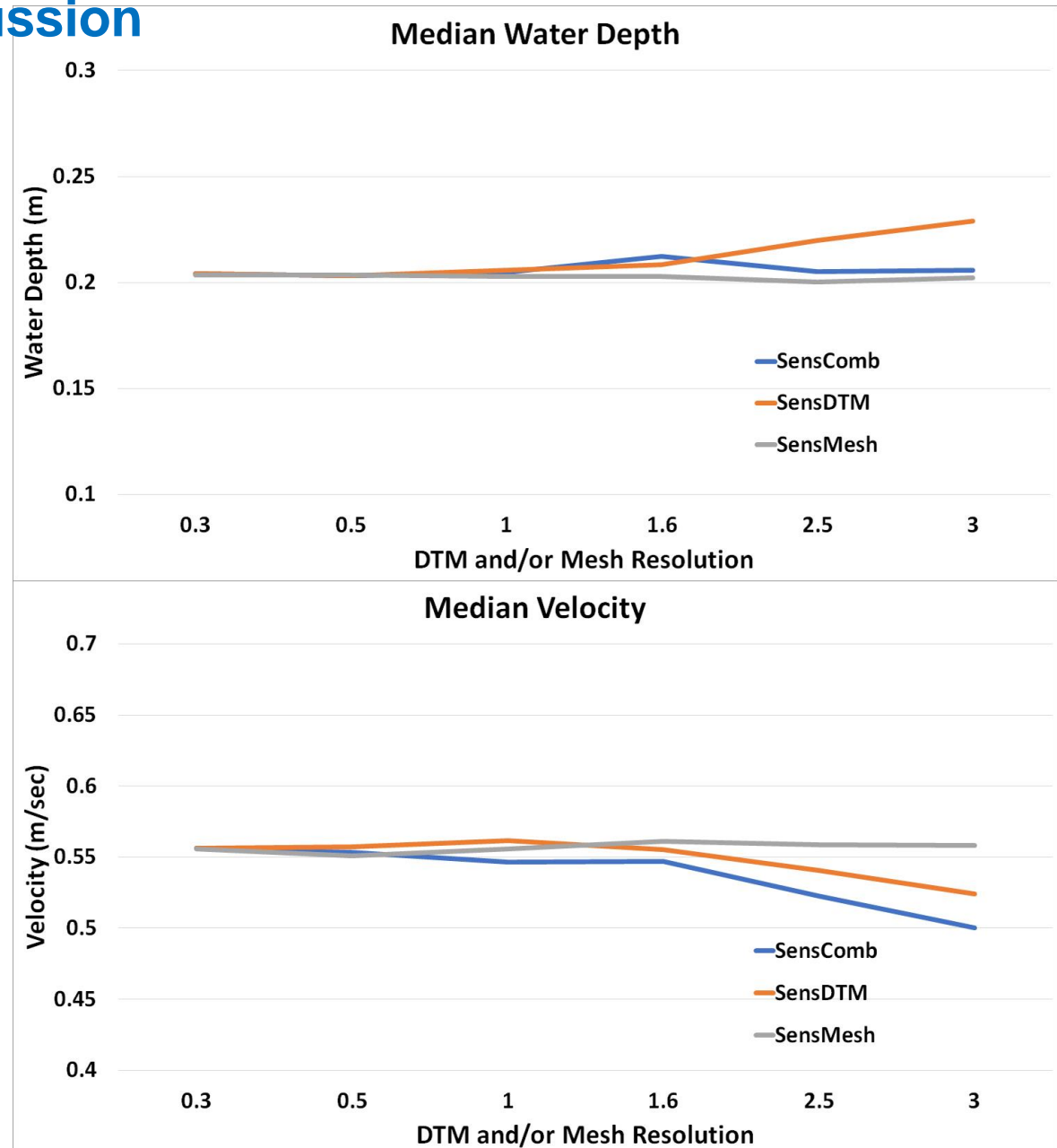
Two size classes of two fish species; *Salmo pelagonicus* and *Barbus balcanicus*: small sized fish 5 –15 cm, Total Length (TL) and large sized >15 cm TL were used as target species.

Weighted Usable Area → WUA is an index determining the relationship between the physical habitat (depth, velocity) and flow, based on HSIs.

The product method assumes that fish select each particular variable independently of the rest (depth, velocity) and therefore to estimate the composite HSI, a multiplication of the different variables' suitability indices was applied.

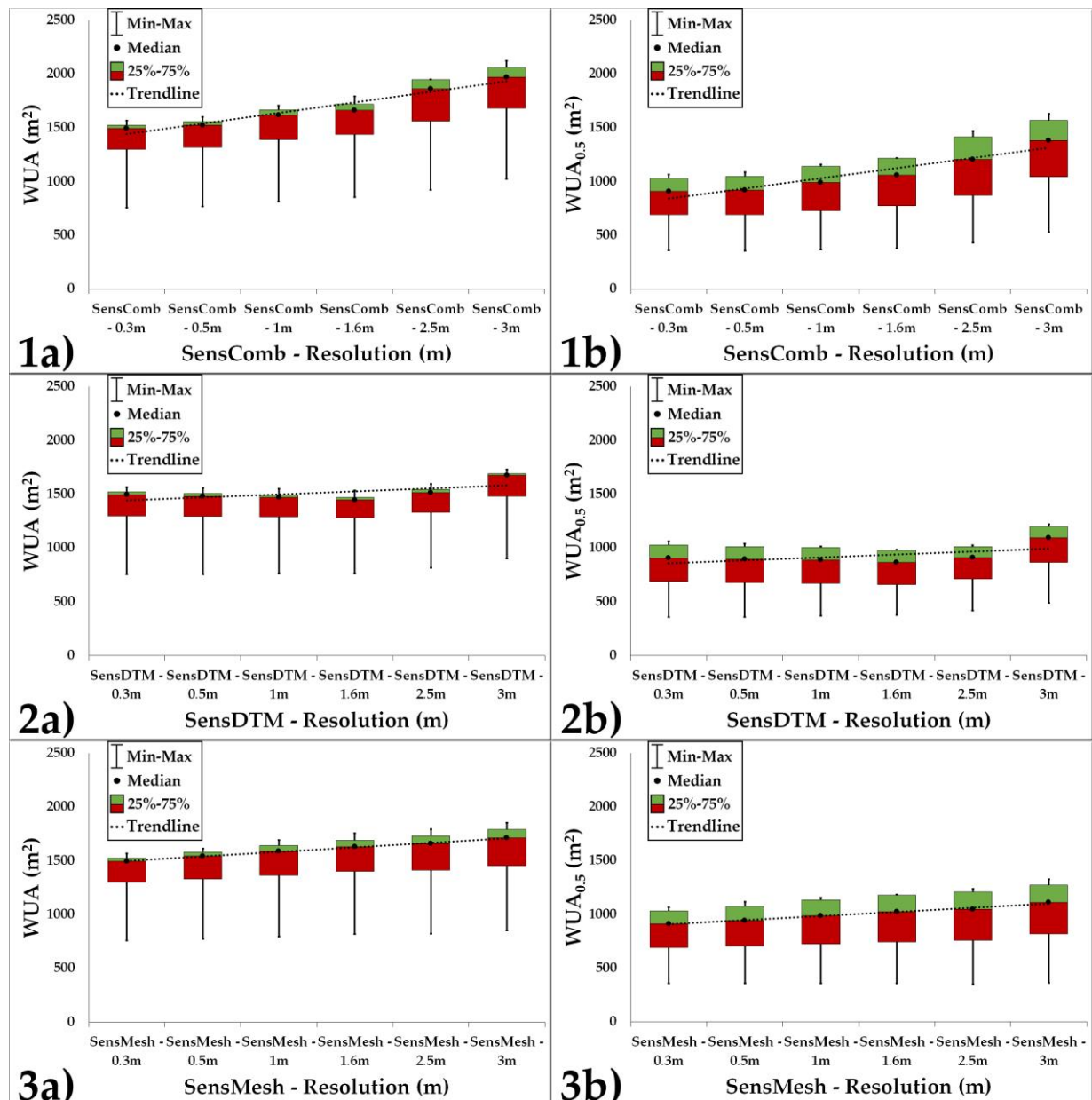
Results and Discussion

Median values of simulated water depth and velocity for all examined scenarios.



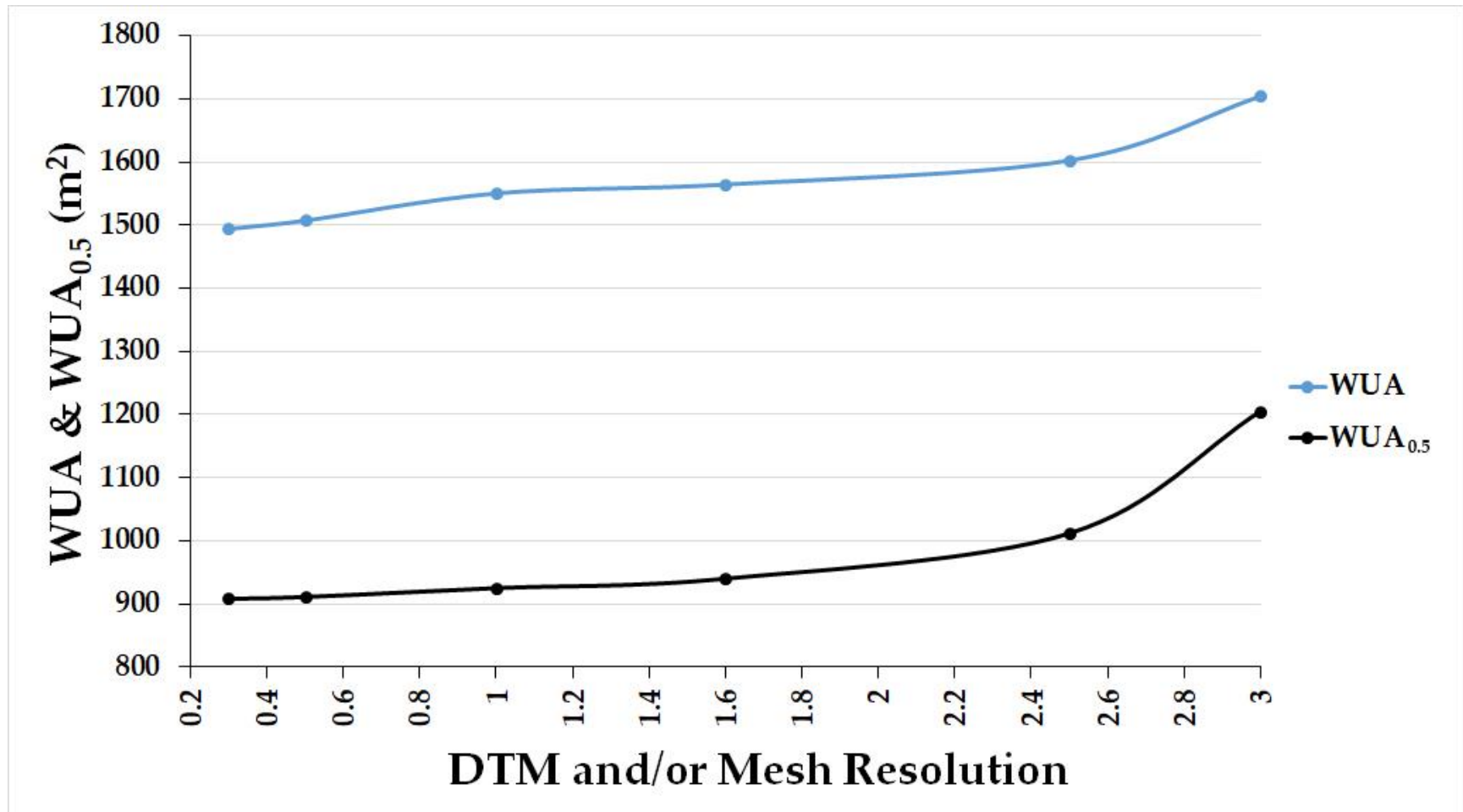
Results and Discussion

Box and Whisker plots according to WUA and $WUA_{0.5}$ for all examined scenarios. The number of the graphs denote the hydraulic-hydrodynamic geometry scenarios [1) SensComb scenario, 2) SensDTM scenario, 3) SensMesh scenario], while the letter of the graphs denotes the two indices [a) WUA, b) $WUA_{0.5}$].



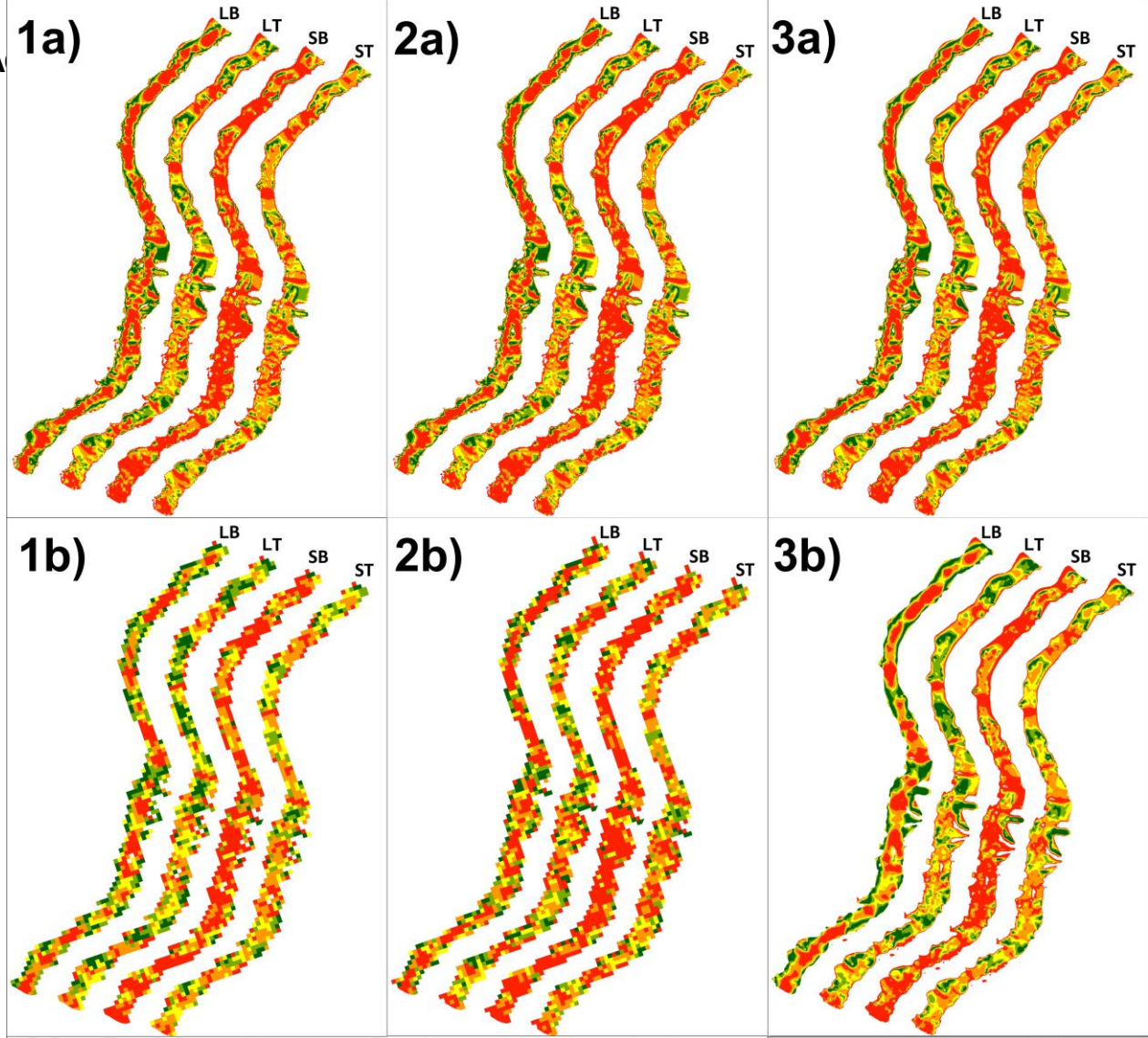
Results and Discussion

Median values of WUA and $WUA_{0.5}$ that take into account all hydraulic-hydrodynamic geometry configurations in combination with all fish species combinations

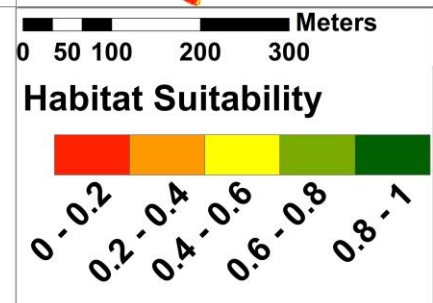


Results and Discussion

Visualization of the spatial distributed WUA for a part of the stream.

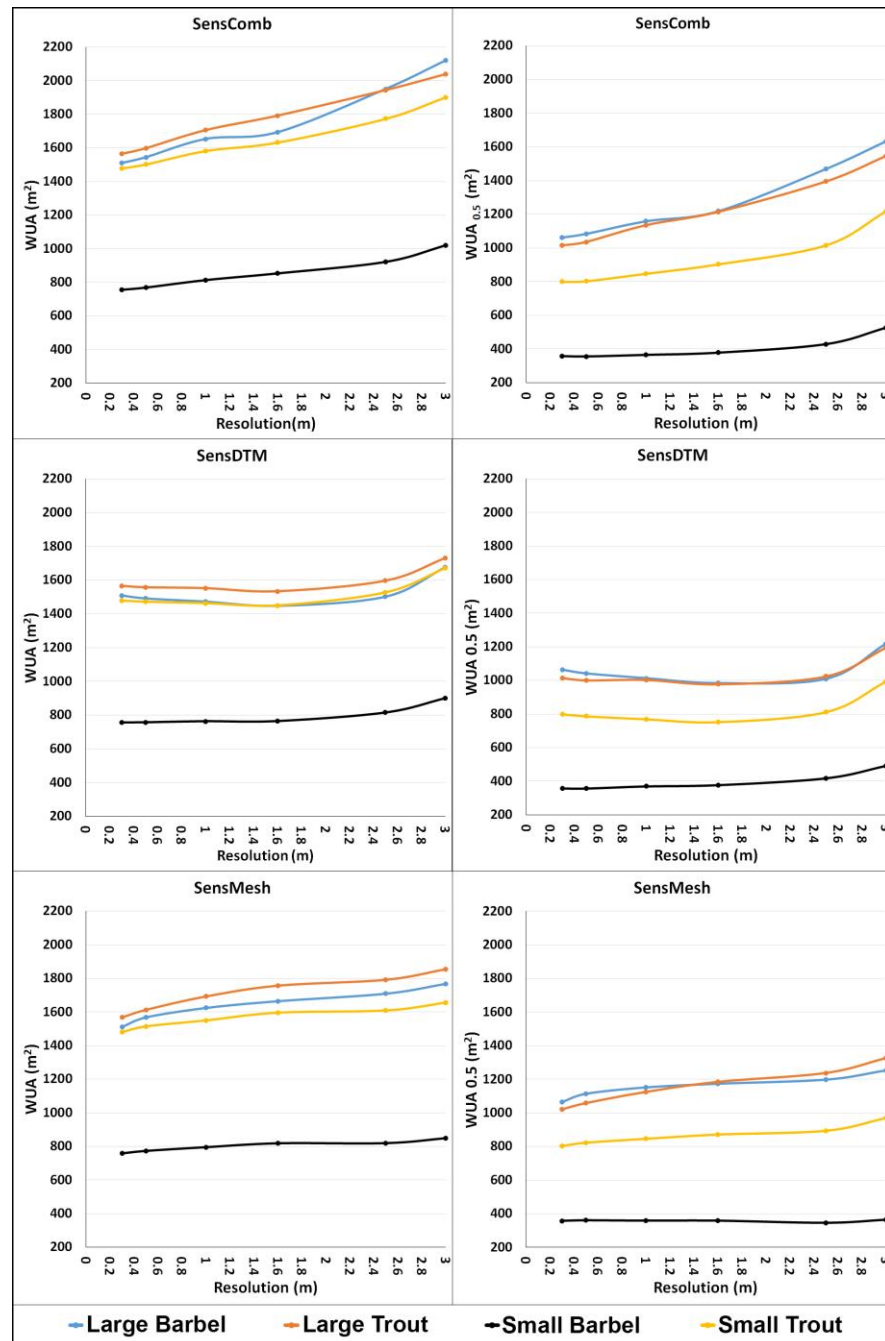


1: SensComb Sensitivity Scenario – Identical Mesh and DTM resolution.
 2: SensDTM Sensitivity Scenario – Finest mesh resolution is combined with different DTM resolutions.
 3: SensMesh Sensitivity Scenario – Finest DTM resolution is combined with different Mesh resolutions.
 a : Resolution 0.3 m / b : Resolution 1.6 m
 LB = Large Barbel / LT = Large Trout / SB = Small Barbel / ST = Small Trout



Results and Discussion

Graphical representation of WUA and WUA0.5 values, for all hydraulic-hydrodynamic geometry configurations and both fish species and sizes.



Results and Discussion

- From the three hydraulic-hydrodynamic modelling geometry configurations the SensComb scenario is affecting mostly the WUA and $WUA_{0.5}$ indices following by the SensMesh scenario (there is a positive tendency of the median and the interquartile range with the increase of the resolution).
- The SensDTM scenario is approximately immune to resolution changes.
- Results from this study indicate that spatial resolutions finer than (1) meter have small impact on the final results and provide acceptable accuracy in habitat modelling applications.
- Thus, it is suggested that the resolution of the DEM and mesh should be limited to values lower or equal to one (1) meter. Moreover, it is interesting to note that the mesh resolution has a stronger impact on WUA in comparison to the DEM resolution.

Results and Discussion

- Further investigation is needed in other regions with similar conditions in order to verify and generalize the presented findings.
- This paper has highlighted the importance of high-resolution topographical data in habitat modelling studies and the examination of several hydraulic-hydrodynamic modelling geometry configurations before the selection of the most appropriate one for habitat modelling.
- Application of the proposed techniques in Drosopigi stream showed that sensitivity analysis should be a compulsory process in habitat suitability modelling.

Βιβλιογραφία

- Καλογιάννη Ε., Βαρδάκας Λ., Παπαϊωάννου Γ., Καραούζας Ι., Σμέτη Ε., Λάσχου Σ., Γιακουμή Σ., Κουράκλης Π., Κούτσικος Ν., Καπάκος Γ., Σκουλικίδης, Ν., Δημητρίου Η. (2021). ΠΑΡΝΩΝ “Δράσεις Βελτίωσης Καθεστώτος Διατήρησης των Προστατευόμενων Ειδών Ιχθυοπανίδας *Squalius keadicus* (Κινδυνεύον) και *Pelasgus laconicus* (Κρισίμως Κινδυνεύον).” Υδρολογικός χαρακτηρισμός των θερινών καταφυγίων ψαριών στη λεκάνη του Ευρώτα και χωροθέτηση των δράσεων διατήρησης των ειδών-στόχων εντός των ορίων της προστατευόμενης περιοχής Natura 2000 – ΕΚΒΟΛΕΣ ΕΥΡΩΤΑ, ΠΕΡΙΟΧΗ ΒΡΟΝΤΑΜΑ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΑΚΩΝΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ – (Κωδικός: GR2540003)». 2η Τεχνική Έκθεση, Ιανουάριος 2021, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.
- Γ. Παπαϊωάννου, Η. Δημητρίου, Λ. Βαρδάκας, Π. Κουράκλης, Ε. Καλογιάννη (2021). «Διαμόρφωση προδιαγραφών των δράσεων προστασίας και βελτίωσης του υδρολογικού καθεστώτος των θερινών καταφυγίων των ψαριών στη λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα εντός των ορίων του Φορέα Διαχείρισης». 3η Τεχνική Έκθεση, Έργο ΠΑΡΝΩΝ “Δράσεις Βελτίωσης Καθεστώτος Διατήρησης των Προστατευόμενων Ειδών Ιχθυοπανίδας *Squalius keadicus* (Κινδυνεύον) και *Pelasgus laconicus* (Κρισίμως Κινδυνεύον).”, Μάρτιος 2021, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.
- Papaioannou, G., Papadaki, C., & Dimitriou, E. (2020). Sensitivity of habitat hydraulic model outputs to DTM and computational mesh resolution. *Ecohydrology*, 13(2), e2182. <https://doi.org/10.1002/eco.2182>

**Σας ευχαριστώ πολύ για την
προσοχή σας**