



«Αντιμετώπιση της απειλής των εισβλητικών ειδών στη Βόρεια Ελλάδα, μέσω της ανάπτυξης συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης και πληροφοριών για θηλαστικά»

Δράση C2

Ανάλυση οικολογικών και βιολογικών παραμέτρων

Παραδοτέο C2.1

Προκαταρκτική έκθεση των οικολογικών παραμέτρων του μινκ

Ιούνιος 2022

Συντονιστής



Εταίροι



I. Αντικείμενο έργου LIFE ATIAS

LIFE ATIAS - LIFE18 NAT/GR/000430 «Addressing the Threat of Invasive Alien Species in North Greece, using Early Warning and Information systems for mammals» με ελληνικό τίτλο «Αντιμετώπιση της απειλής των εισβλητικών ειδών στη Βόρεια Ελλάδα, μέσω της ανάπτυξης συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης και πληροφοριών για θηλαστικά».

Συντονιστής Έργου

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Άγριας Πανίδας & Ιχθυοπονίας Γλυκέων Υδάτων ΕΑΠ ΑΠΘ

Εταίροι Έργου

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης ΕΔΔΤ ΑΠΘ
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δημοσιογραφίας και Μέσων Μαζικής Επικοινωνίας ΤΔΜΜΕ ΑΠΘ
Αποκεντρωμένη Διοίκηση Ηπείρου & Δυτικής Μακεδονίας ΑΔΗΔΜ
Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας & Θράκης ΑΔΜΘ
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων ΔΠΘ
Ελληνική Ομοσπονδία Γούνας ΕΟΓ
Κυνηγετική Ομοσπονδία Μακεδονίας & Θράκης ΚΟΜΑΘ
Εταιρεία ΓΟΥΝΑΡΗΣ Ν. – ΚΟΝΤΟΣ Κ. Ο.Ε. -"HOMEOTECH Co." HOMEO



Το έργο LIFE ATIAS “Addressing the Threat of Invasive Alien Species in North Greece, using Early Warning and Information systems for mammals” (LIFE18/NAT/GR/000430) συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση στο πλαίσιο του προγράμματος Life



Το έργο συγχρηματοδοτείται από το Πράσινο Ταμείο

Συντονιστής

Εταίροι



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



II. Σχετικά με το παρόν τεύχος

Το παρόν τεύχος αφορά τη Δράση C2 του Προγράμματος «Ανάλυση οικολογικών και βιολογικών παραμέτρων» και πιο συγκεκριμένα το Παραδοτέο C2.1 «Προκαταρκτική έκθεση των οικολογικών παραμέτρων του μινκ». Με σκοπό να συμβάλουν στη λήψη κατάλληλων αποφάσεων για την εφαρμογή της καλύτερης δυνατής στρατηγικής καταπολέμησης των εισβλητικών ειδών, οι διαχειριστές θα πρέπει να έχουν καλή γνώση της οικολογίας του είδους. Με βάση το παραπάνω, το παρόν τεύχος περιλαμβάνει μια πρώτη εκτίμηση των περιβαλλοντικών μεταβλητών που σχετίζονται με την παρουσία του είδους στην περιοχή μελέτης του έργου, με τη χρήση των δεδομένων ιχνηλάτησης που συλλέχθηκαν κατά το χρονικό διάστημα Οκτώβριος – Νοέμβριος 2021 και Απρίλιος – Μάιος 2022 και των μοντέλων κατάληψης πολλαπλών περιόδων.

English summary

The current issue concerns Action C2 of the Program “Ecological and biological parameters analysis”, and more specifically Deliverable C2.1 “Preliminary report on ecological parameters of mink”. In order to help make appropriate decisions for the implementation of the best possible strategy to control invasive species, managers ought to have good knowledge of the species’ ecology. With that in mind, the current issue provides a first assessment of the environmental variables that drive mink occurrence within the study area, by making use of multi-season occupancy models and tracking data collected during October – November 2021 and April – May 2022.

Περίοδος υλοποίησης προγράμματος/ Project Implementation Period			
Ημερομηνία έναρξης/ Start date	02/09/2019	Ημερομηνία ολοκλήρωσης/ End date	31/03/2024

Δράση προγράμματος/ Project action	C2.1
Τίτλος παραδοτέου	Προκαταρκτική έκθεση των οικολογικών παραμέτρων του μινκ
Deliverable	Preliminary report on ecological parameters of mink
Επικεφαλής εταίρος	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Άγριας Πανίδας και Ιχθυοπονίας Γλυκέων Υδάτων
Beneficiary responsible	Aristotle University of Thessaloniki, Laboratory of Wildlife and Freshwater Fish Farming, Department of Forestry and Natural Environment

Έκδοση/ Version	Ημερομηνία/ Date	Συντάκτης/ Editor	Λόγοι τροποποίησης/ Reasons for modification	Στάδιο/ Stage
1.0	28/06/2022	Χ.Θωμά / C. Thoma Κ. Μακρίδου / K. Makridou Δ. Μπακαλούδης/ D. Bakaloudis		Ολοκληρωμένο
2.0				

III. Συντελεστές Έκδοσης

Ομάδα Εργασίας LIFE ATIAS

Συντονισμός Έργου	Δρ. Δημήτριος Μπακαλούδης Αναπληρωτής Καθηγητής ΑΠΘ, Σχολή Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος
Επιστημονικά Υπεύθυνος Σύνταξης Παραδοτέου	Δρ. Δημήτριος Μπακαλούδης Αναπληρωτής Καθηγητής ΑΠΘ, Σχολή Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος
Συντελεστές Έκδοσης	Μπακαλούδης Δημήτριος Θωμά Χαράλαμπος Μακρίδου Κωνσταντίνα
Διαχείριση έργου	Δέσποινα Βλαχάκη Δασολόγος – Περιβαλλοντολόγος MSc, HOMEOTECH Κωνσταντίνος Κόντος Δασολόγος – Περιβαλλοντολόγος, HOMEOTECH

Ενότητα Α: Προκαταρκτική έκθεση οικολογικών παραμέτρων του
αμερικάνικου μινκ

Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή.....	7
2. Στόχος τεχνικής αναφοράς.....	9
3. Μεθοδολογία.....	10
3.1 Περιοχή μελέτης.....	10
3.2 Δεδομένα παρουσίας αμερικάνικου μινκ (δράσεις ιχνηλάτησης)	10
3.3 Περιβαλλοντικές μεταβλητές.....	10
3.4 Στατιστική ανάλυση.....	14
4. Αποτελέσματα.....	15
5. Συζήτηση	19
6. Συμπεράσματα – επόμενα βήματα.....	21
7. Βιβλιογραφία.....	22

1. Εισαγωγή

Τα εισβλητικά είδη συμβάλλουν σημαντικά στην απώλεια της βιοποικιλότητας, στην αλλοίωση των ενδιαιτημάτων, ενώ επιφέρουν και τεράστιες οικονομικές απώλειες (Born *et al.* 2005, Clavero & García-Berthou 2005, Bellard *et al.* 2016, Walsh *et al.* 2016). Στα υδάτινα οικοσυστήματα, οι παραπάνω επιπτώσεις είναι ακόμη πιο ισχυρές, αφού η εισαγωγή ξενικών ειδών συνέβαλε στη μείωση ή ακόμη και την εξαφάνιση αρκετών αυτόχθονων ειδών, τροποποιώντας τη δομή και τη λειτουργία αυτών των τύπων οικοσυστημάτων (Dudgeon *et al.* 2006). Μια τέτοια περίπτωση αποτελεί και η εισαγωγή του εισβλητικού Αμερικάνικου μινκ (*Neovison vison*) σε περιοχές εκτός του φυσικού εύρους εξάπλωσής του. Το είδος ευθύνεται για την απώλεια αρκετών αυτόχθονων ειδών της άγριας πανίδας (Rushton *et al.* 2000, Brzeziński *et al.* 2020), ενώ η παρουσία του προκαλεί μεταβολές τόσο στην κατανομή όσο και στη συμπεριφορά των αυτόχθονων ειδών (Sidorovich & MacDonald 2001, Santulli *et al.* 2014), επηρεάζοντας γενικότερα τις ζωικές κοινότητες και τις οικοσυστημικές υπηρεσίες μιας περιοχής.

Ιστορικά, η διαχείριση των εισβλητικών ειδών ήταν προσανατολισμένη στον περιορισμό της περαιτέρω εξάπλωσής τους (Parkes & Panetta 2009), είτε γιατί η πλήρης εξάλειψή τους θεωρούνταν ακατόρθωτη, είτε εξαιτίας της ελλιπούς ενημέρωσης της πολιτείας και του απλού κοινού σχετικά με τα προβλήματα που προκαλούν τα εισβλητικά είδη (Genovesi 2005, Bremner & Park 2007). Παρόλα αυτά, αρκετές δράσεις εξάλειψης εισβλητικών ειδών που έλαβαν χώρα τις τελευταίες δύο δεκαετίες, έδειξαν ότι για πολλά εισβλητικά είδη τα οποία εμφανίζουν μια ασυνεχή κατανομή υπάρχει η δυνατότητα επιτυχούς εξάλειψής τους με τη χρήση νέων τεχνικών και μεθόδων (Nogales *et al.* 2004, Nordstrom & Korpimaki 2004, Howald *et al.* 2007, Parkes & Panetta 2009). Σε αντίθεση με τις δράσεις ελέγχου και περιορισμού της εξάπλωσης των εισβλητικών ειδών, οι οποίες απαιτούν μακροπρόθεσμες επενδύσεις σε χρόνο, χρήμα και εργαλεία (Zavaleta *et al.* 2001), οι δράσεις εξάλειψης έχουν υψηλό αλλά βραχυπρόθεσμο κόστος (Zabala *et al.* 2010). Επιπλέον, η επιτυχής εξάλειψη του εισβλητικού είδους μπορεί να επιτευχθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα, παρέχοντας τη δυνατότητα επανάκαμψης της βιοποικιλότητας της επηρεαζόμενης περιοχής (Rainbolt & Coblentz 1997, Saunders & Norton 2001, Zavaleta *et al.* 2001, Parkes & Panetta 2009).

Στην περιοχή της Μεσογείου, η αντιμετώπιση της εισβολής του αμερικάνικου μινκ και η διερεύνηση των επακόλουθων αρνητικών επιπτώσεων στη βιοποικιλότητα είναι ελλιπής (Rodrigues *et al.* 2015), με εξαίρεση την Ισπανία όπου έχουν ήδη ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα (Melero *et al.* 2010). Στην Ελλάδα, το είδος εκτρέφεται για την παραγωγή γούνας σε αρκετές περιοχές της Δυτικής Μακεδονίας. Όπως και σε άλλες περιοχές της Ευρώπης, έτσι και στην

Ελλάδα σημειώθηκαν ακούσιες αποδράσεις του είδους, οδηγώντας στη δημιουργία άγριων πληθυσμών. Παρόλα αυτά, ούτε οι τοπικές αρχές, ούτε η ελληνική κυβέρνηση προχώρησαν στη λήψη μέτρων για την αποτροπή της περαιτέρω εξάπλωσης του είδους και την προστασία των αυτόχθονων ειδών της περιοχής.

Με σκοπό να συμβάλουν στη λήψη κατάλληλων αποφάσεων για την εφαρμογή της καλύτερης δυνατής στρατηγικής καταπολέμησης των εισβλητικών ειδών, οι διαχειριστές θα πρέπει να έχουν καλή γνώση της οικολογίας του είδους (Anderson *et al.* 2016). Γενικά, η κατανομή ενός είδους σε μια περιοχή καθορίζεται από πολλούς παράγοντες, όπως το ενδιαίτημα, τα τροφικά διαθέσιμα, οι δια-ειδικές αλληλεπιδράσεις όπως ο ανταγωνισμός και η αρπακτικότητα, καθώς και οι ενδο-ειδικές αλληλεπιδράσεις (Hodder *et al.* 2017). Επομένως, γνωρίζοντας ποιες οικολογικές μεταβλητές σχετίζονται με την παρουσία ενός είδους σε μια περιοχή, οι διαχειριστές μπορούν να γνωρίζουν πού, πότε και πώς να εφαρμόσουν τα όποια διαχειριστικά μέτρα για να επιτύχουν τον αναμενόμενο στόχο (εξάλειψη ή έλεγχος) (Anderson *et al.* 2016).

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, η κατανομή του Αμερικάνικου μινκ σχετίζεται με ενδιαίτηματα που γειτνιάζουν με πηγές υδάτων (Dunstone 1993), ενώ το είδος εκμεταλλεύεται τις εσωτερικές πλωτές οδούς και τους παράκτιους οικότοπους για να εξαπλωθεί σε νέες περιοχές (Dunstone & Birks 1983). Η παρουσία του είδους σε μια περιοχή εξαρτάται από τον κυρίαρχο τύπο και την πυκνότητα της βλάστησης, την εποχή του έτους, τη διαθεσιμότητα τροφής και θέσεων φωλεοποίησης, τα χαρακτηριστικά των υδάτων (βάθος, ταχύτητα ροής, ρύπανση), καθώς και από την παρουσία άλλων υδρόβιων θηρευτών (Bonesi & Palazon 2007, Melero *et al.* 2008, Schuttler *et al.* 2010, Schooley *et al.* 2012, Wolff *et al.* 2015).

Παρόλα αυτά, εξαιτίας του καιροσκοπικού χαρακτήρα του είδους (Hodder *et al.* 2017), οι οικολογικές του απαιτήσεις δύναται να διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή. Επομένως, η διερεύνηση των οικολογικών παραμέτρων που σχετίζονται με την παρουσία του είδους στην περιοχή εφαρμογής του έργου LIFE ATIAS είναι απαραίτητη, αφού θα συμβάλει στον καλύτερο σχεδιασμό και εφαρμογή των μέτρων εξάλειψης ή ελέγχου του πληθυσμού του είδους.

2. Στόχος τεχνικής αναφοράς

Στόχος της παρούσας τεχνικής αναφοράς είναι να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις οικολογικές παραμέτρους οι οποίες σχετίζονται άμεσα με την παρουσία του Αμερικάνικου μινκ στη περιοχή εφαρμογής του έργου LIFE ATIAS, παρέχοντας τη δυνατότητα αναγνώρισης περιοχών με αυξημένη πιθανότητα κατάληψης , αλλά και συμβάλλοντας στο σχεδιασμό και τη λήψη κατάλληλων δράσεων καταπολέμησης. Επιπλέον, η γνώση των περιβαλλοντικών μεταβλητών που καθορίζουν την παρουσία θα παρέχουν σημαντικές πληροφορίες οι οποίες απαιτούνται για την ολοκλήρωση των Δράσεων C3 «Ανάπτυξη συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης και ταχείας αντίδρασης για τα εισβλητικά είδη» και C4 «Πιθανότητα εξάπλωσης και επιπτώσεις της εισαγωγής των εισβλητικών ειδών».

3. Μεθοδολογία

3.1 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης περιελάμβανε την ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, με τις δράσεις ιχνηλάτησης του αμερικάνικου μινκ να λαμβάνουν χώρα κατά μήκος των ποταμών Αλιάκμονα και Λαδοπόταμου, αλλά και περιμετρικά της λίμνης Καστοριάς, Μικρής Πρέσπας, Βεγορίτιδας και Άγρα.

3.2 Δεδομένα παρουσίας αμερικάνικου μινκ (δράσεις ιχνηλάτησης)

Τα δεδομένα παρουσίας για το αμερικάνικο μινκ προήλθαν από τις δράσεις ιχνηλάτησης που πραγματοποιήθηκαν το 2021 και το 2022, σύμφωνα με το πρωτόκολλο που αναπτύχθηκε στη Δράση A4 του έργου.

Πιο συγκεκριμένα, στην περιοχή μελέτης τοποθετήθηκαν 150 πλωτές εξέδρες κατά μήκος των κυριότερων ποταμών και περιμετρικά των λιμνών της περιοχής, με σκοπό την καταγραφή της παρουσίας του αμερικάνικου μινκ με τη χρήση επιφανειών καταγραφής αποτυπωμάτων (δράσεις ιχνηλάτησης). Οι παραπάνω δράσεις ιχνηλάτησης πραγματοποιήθηκαν σε δύο περιόδους. Η πρώτη περίοδος αφορούσε το χρονικό διάστημα Οκτώβριος – Νοέμβριος 2021, ενώ η δεύτερη περίοδος αφορούσε το χρονικό διάστημα Απρίλιος – Μάιος 2022. Σε κάθε περίοδο πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις δράσεων ιχνηλάτησης, με την κάθε επανάληψη να έχει διάρκεια πέντε συναπτών ημερών.

Από το σύνολο των δεδομένων ιχνηλάτησης, στην στατιστική ανάλυση που ακολούθησε, χρησιμοποιήθηκε το ιστορικό των δεδομένων ιχνηλάτησης για εκείνες τις πλωτές εξέδρες που ελέγχθηκαν στο σύνολο των δύο περιόδων ιχνηλάτησης ή τουλάχιστον στο σύνολο της μιας εκ των δύο περιόδων ιχνηλάτησης.

3.3 Περιβαλλοντικές μεταβλητές

Για τη διερεύνηση των οικολογικών παραμέτρων οι οποίες καθορίζουν την παρουσία του είδους στην περιοχή μελέτης, δημιουργήθηκαν δύο κατηγορίες περιβαλλοντικών μεταβλητών. Η πρώτη κατηγορία αφορούσε την καταγραφή μεταβλητών στις θέσεις εγκατάστασης κάθε πλωτής εξέδρας (μεταβλητές μικρο-περιβάλλοντος), ενώ η δεύτερη κατηγορία αφορούσε τη δημιουργία μεταβλητών με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και χωρικών δεδομένων από διάφορες πηγές, σε ανάλυση 300 × 300 m (μεταβλητές τοπίου).

- *Μεταβλητές μικρο-περιβάλλοντος:*

Στη θέση εγκατάστασης κάθε πλωτής εξέδρας, συλλέχθηκαν 8 μεταβλητές οι οποίες αφορούσαν τη βλάστηση, το έδαφος, την τοπογραφία και τα χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου (Πίνακας 1). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι μεταβλητές αυτές σχετίζονται άμεσα με την παρουσία του είδους σε μια περιοχή, ενώ ενδέχεται να επηρεάζουν και την πιθανότητα ανίχνευσης του είδους ([Schuttler et al. 2010](#), [Santulli et al. 2014](#), [Hodder et al. 2017](#)). Πιο συγκεκριμένα, σε κάθε σημείο συλλέχθηκαν στοιχεία βλάστησης σε καθορισμένη κυκλική επιφάνεια έκτασης 0,04 ha και κατηγοριοποιήθηκαν. Μέσα σε αυτήν, εκτιμήθηκε το εκατοστιαίο ποσοστό (%) του βαθμού συγκόμωσης του ανωρόφου, του μεσωρόφου, του υπορόφου και των θάμνων, το εκατοστιαίο ποσοστό (%) του τύπου εδάφους (βράχοι, χαλίκια, λάσπη, άμμος, βλάστηση). Επιπλέον, καταγράφηκε το υψόμετρο και η κλίση του κάθε σημείου με τη χρήση GPS χειρός και κλισίμετρου, αντίστοιχα. Στις θέσεις των πλωτών εξόδρων εκτιμήθηκαν ποιοτικά το βάθος του νερού, η ταχύτητα ροής των υδάτων και το πλάτος του ποταμού. Τέλος, από τα δεδομένα της Δράσης A2.2, εκτιμήθηκε η πλησιέστερη απόσταση μεταξύ της κάθε πλωτής εξέδρας και των περιοχών παρουσίας βίδρας, η οποία χρησιμοποιήθηκε ως μεταβλητή που χαρακτηρίζει τον δια-ειδικό ανταγωνισμό.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί ότι η συλλογή των μεταβλητών μικρο-περιβάλλοντος βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη και για αυτό το λόγο δεν χρησιμοποιήθηκαν στην στατιστική ανάλυση που ακολούθησε στην παρούσα ενδιάμεση έκθεση.

Πίνακας 1. Σύνολο μεταβλητών μικρο-περιβάλλοντος που καταγράφηκαν στις θέσεις εγκατάστασης των πλωτών εξέδρων (σε εξέλιξη), για τη διερεύνηση των οικολογικών απαιτήσεων του αμερικάνικου μινκ στην περιοχή μελέτης

Μεταβλητές μικρο-περιβάλλοντος	Περιγραφή
Συγκόμωση	Περιλαμβάνει το βαθμό συγκόμωσης του ανωρόφου, του μεσωρόφου, του υπορόφου και των θάμνων σε κυκλική επιφάνεια έκτασης 0,04 ha και διακρίνεται σε 3 κατηγορίες: <20%, 20 – 40%, >40%
Έδαφος	Περιλαμβάνει το εκατοστιαίο ποσοστό κάλυψης του εδάφους με βράχους, χαλίκια, λάσπη, άμμο και βλάστηση, σε κυκλική επιφάνεια έκτασης 0,04 ha
Τοπογραφία	Κλίση της όχθης σε απόσταση 10 m από τη λεκάνη απορροής Υψόμετρο
Υδρογραφικό δίκτυο	Βάθος νερού σε απόσταση 1 m από την ακτή ή όχθη: < 1 m ή > 1 m Ταχύτητα ροής υδάτων: στάσιμα, καμία, μικρή, μεσαία, υψηλή Πλάτος ποταμού: 0,5 – 2 m, >2 – 5 m, >5 m
Ανταγωνισμός	Πλησιέστερη απόσταση από περιοχή παρουσίας βίδρας

- **Μεταβλητές τοπίου:**

Συνολικά δημιουργήθηκαν 50 μεταβλητές με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) και ψηφιακών χαρτογραφικών υποβάθρων από διάφορες πηγές. Οι μεταβλητές αφορούσαν στοιχεία του ενδιαίτηματος, της τοπογραφίας και των ποταμών στις θέσεις εγκατάστασης των πλωτών εξεδρών (Πίνακας 2), οι οποίες δύναται να επηρεάσουν την πιθανότητα κατάληψης μιας περιοχής από το αμερικάνικο μινκ. Όλες οι παραπάνω μεταβλητές δημιουργήθηκαν σε ανάλυση 300 × 300 m. Επιπλέον, δημιουργήθηκαν μεταβλητές οι οποίες ενδέχεται να επηρεάσουν την πιθανότητα εντοπισμού του είδους, τον εποικισμό του σε νέες περιοχές ή την εξάλειψή του από συγκεκριμένες περιοχές.

Πίνακας 2. Σύνολο μεταβλητών τοπίου που δημιουργήθηκαν για την διερεύνηση των οικολογικών απαιτήσεων του αμερικάνικου μινκ στην περιοχή μελέτης. Οι μεταβλητές που αναφέρονται στην πιθανότητα παρουσίας του είδους δημιουργήθηκαν σε ανάλυση 300 × 300 m.

Τύπος μεταβλητής	Όνομα μεταβλητής	Περιγραφή	Πηγή
Μεταβλητές πιθανότητας κατάληψης	pXXX	Εκατοστιαίο ποσοστό (%) κάλυψης ανά τύπο κάλυψης γης (n = 33 τύποι κάλυψης γης)	Copernicus.eu
	DOM	Κυρίαρχος τύπος κάλυψης γης	Copernicus.eu
	mDEM	Μέσο υψόμετρο	Aster DEM 10 m
	mSLP	Μέση κλίση	ArcMap – δημιουργία από DEM
	mTRI	Μέσος δείκτης τραχύτητας εδάφους	ArcMap – δημιουργία από DEM
	mSPI	Μέσος δείκτης ισχύος ροής υδάτων	ArcMap – δημιουργία από DEM
	dBuilt	Ευκλείδεια απόσταση από κατοικημένες περιοχές	Copernicus.eu
	dFarm	Ευκλείδεια απόσταση από φάρμες εκτροφής μινκ	Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ.
	dVeg	Απόσταση από φυσική βλάστηση	Copernicus.eu
	dRiv	Απόσταση από πλησιέστερο ποτάμι	Copernicus.eu
	mTCD	Μέση πυκνότητα κάλυψης δέντρων	Copernicus.eu
	mWFD	Μέση πυκνότητα κάλυψης μικρών ξυλωδών φυτών	Copernicus.eu
	ISRiv	Μήκος μικρών ποταμών (τάξη Strahler 1-2)	Copernicus.eu
	iMRiv	Μήκος μεσαίων ποταμών (τάξη Strahler 3-5)	Copernicus.eu
Μεταβλητές πιθανότητας εντοπισμού	day	Ιουλιανή μέρα	LIFE ATIAS - Δράση C.1
	mas	Ώρα ελέγχου επιφάνειας καταγραφής αποτυπωμάτων (λεπτά μετά την ανατολή του ηλίου)	LIFE ATIAS - Δράση C.1
Μεταβλητές εпокικισμού και εξάλειψης	year	Έτος	
	trap	Περιγράφει εάν πραγματοποιήθηκαν δράσεις παγίδευσης σε κάθε πλωτή εξέδρα (ναι/όχι) για τις δύο περιόδους ιχνηλάτησης	

3.4 Στατιστική ανάλυση

Η διερεύνηση των περιβαλλοντικών μεταβλητών που σχετίζονται με την παρουσία του αμερικάνικου μινκ διερευνήθηκε εφαρμόζοντας την ανάλυση των μοντέλων κατάληψης πολλαπλών περιόδων (MacKenzie 2002, 2003, MacKenzie *et al.* 2006, Fiske & Chandler 2011). Η συγκεκριμένη μέθοδος ανάλυσης παρέχει μια δυναμική εκτίμηση της παρουσίας του μελετώμενου είδους, η οποία αποτελείται από την αρχική πιθανότητα κατάληψης μιας περιοχής (ψ_1), το ρυθμό εποίκισμού (γ) και εξάλειψης (ϵ) από μια περιοχή (δηλαδή τις μεταβολές στην παρουσία του είδους μεταξύ δύο ή περισσότερων περιόδων καταγραφών) και την πιθανότητα εντοπισμού του είδους (p) (δηλαδή την πιθανότητα καταγραφής της παρουσίας του είδους όταν αυτό είναι παρόν) (MacKenzie 2003, MacKenzie *et al.* 2006, Fiske & Chandler 2011). Παράλληλα, η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να προβλέψει την πιθανότητα κατάληψης μιας περιοχής από το μελετώμενο είδος, σε περιοχές όπου δεν συλλέχθηκαν δεδομένα παρουσίας, συμβάλλοντας έτσι στο μελλοντικό σχεδιασμό και την εφαρμογή δράσεων διαχείρισης.

Όλες οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στη γλώσσα προγραμματισμού *R* (R Development Core Team 2019), με τη χρήση του πακέτου *unmarked* (Fiske & Chander 2011). Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης του τελικού μοντέλου κατάληψης πολλαπλών περιόδων μεταφέρθηκαν στο λογισμικό *ArcMap* για περαιτέρω ανάλυση, αλλά και για τη δημιουργία του σχετικού χάρτη.

4. Αποτελέσματα

Συνολικά αναλύθηκαν δεδομένα ιχνηλάτησης από 106 πλωτές εξέδρες ($n = 3180$ ιχνηλατήσεις). Η παρουσία του μινκ ανιχνεύτηκε σε 106 περιπτώσεις, ενώ σε 45 πλωτές εξέδρες το είδος ανιχνεύτηκε τουλάχιστον μια φορά (ποσοστό κατάληψης 42,45%).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης, το μοντέλο κατάληψης πολλαπλών περιόδων με την υψηλότερη απόδοση εμφάνιζε καλή προσαρμογή στα δεδομένα ($\chi^2 = 62552$; $P = 0,227$; $\hat{c} = 0,65$). Πιο συγκεκριμένα, η αρχική πιθανότητα κατάληψης (ψ_1) μιας περιοχής από το αμερικάνικο μινκ επηρεάζεται από το εκατοστιαίο ποσοστό κάλυψης με δάση πλατύφυλλων (pBroad) και γης που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία, με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης (pAgNV) (Πίνακας 3). Μάλιστα, οι παραπάνω μεταβλητές φαίνεται να αποτελούν ισχυρούς προγνωστικούς παράγοντες, αφού οι τιμές των αντίστοιχων διαστημάτων εμπιστοσύνης δεν περιλαμβάνουν αρνητικές τιμές. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1α, το εκατοστιαίο ποσοστό κάλυψης με δάση πλατύφυλλων έχει θετική επίδραση στην αρχική πιθανότητα κατάληψης μιας περιοχής από το είδος (εκτίμηση = 0,987). Πιο συγκεκριμένα, περιοχές όπου το ποσοστό κάλυψης με δάση πλατύφυλλων ξεπερνά το 20%, εμφανίζουν αυξημένη πιθανότητα παρουσίας του είδους. Αντίστοιχα, θετική επίδραση εμφανίζει και το εκατοστιαίο ποσοστό κάλυψης με γη που χρησιμοποιείται για γεωργία, με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης (εκτίμηση = 0,619). Μάλιστα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1β, το μινκ εμφανίζει αυξημένη πιθανότητα παρουσίας όταν το ποσοστό κάλυψης της συγκεκριμένης χρήσης γης ξεπερνά το 15 – 20%.

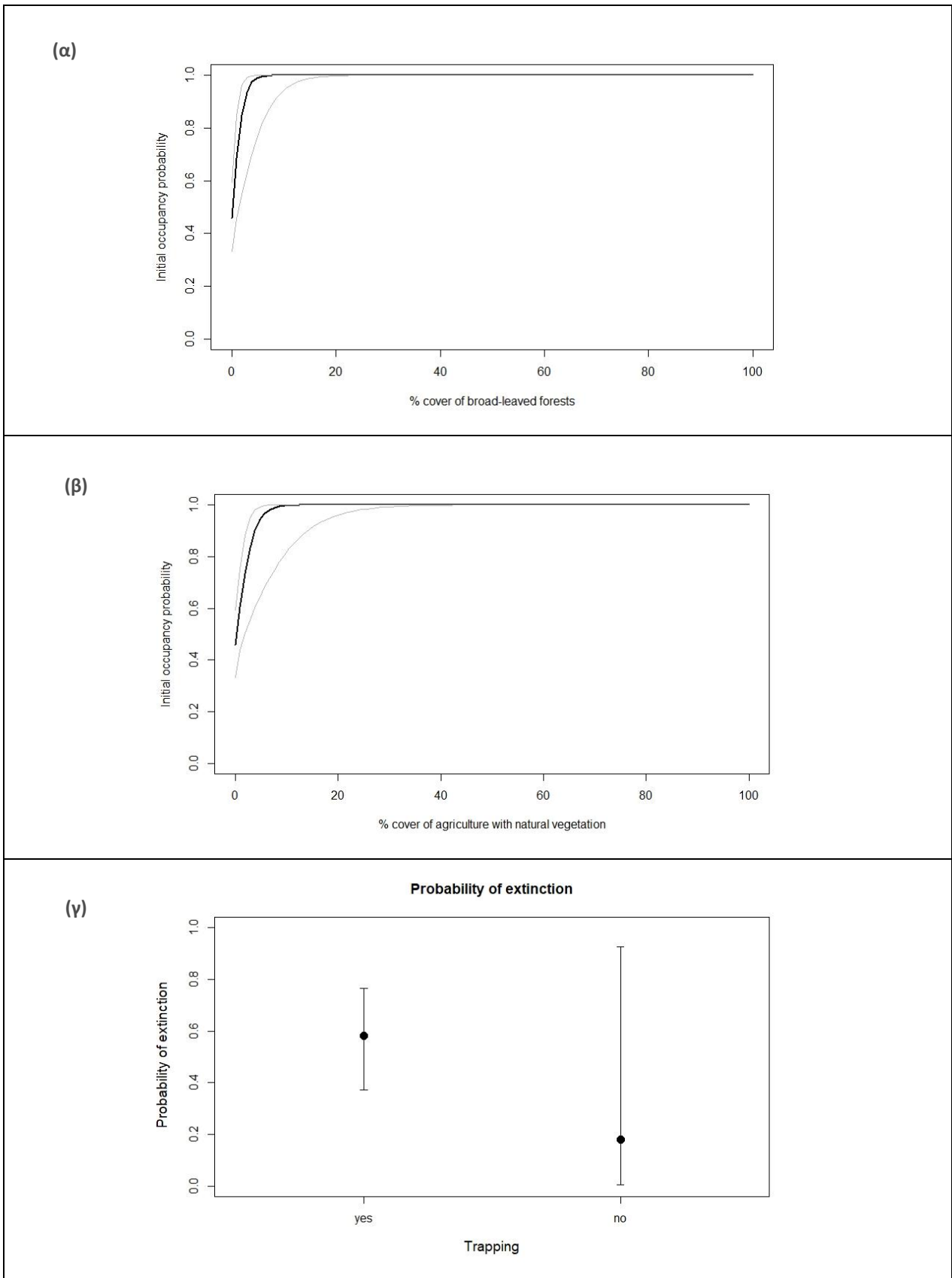
Πίνακας 3. Εκτιμώμενες παράμετροι του μοντέλου παρουσίας πολλαπλών περιόδων με την υψηλότερη απόδοση για την αρχική πιθανότητα παρουσίας (ψ), το ρυθμό εποικισμού (γ) και εξάλειψης (ϵ) και την πιθανότητα εντοπισμού (ρ) του αμερικάνικου μινκ

Παράμετρος	Εκτίμηση	Τυπικό σφάλμα	Διάστημα εμπιστοσύνης – χαμηλότερο όριο	Διάστημα εμπιστοσύνης – υψηλότερο όριο
Αρχική πιθανότητα κατάληψης (ψ1)				
Intercept	-0,162	0,277	-0,704	0,379
ρBroad*	0,987	0,341	0,318	1,656
ρAgNV**	0,619	0,230	0,168	1,070
Εποικισμός (γ)				
Intercept	-4,83	3,79	-12,254	2,585
Εξάλειψη (ϵ)				
Intercept	-1,51	2,06	-5,547	2,519
trap (yes)	1,84	2,10	-2,284	5,966
Πιθανότητα εντοπισμού (ρ)				
Intercept	-1,99	0,12	-2,228	-1,758

*Όπου ρ Broad = το εκατοστιαίο ποσοστό κάλυψης σε πλατύφυλλα δάση

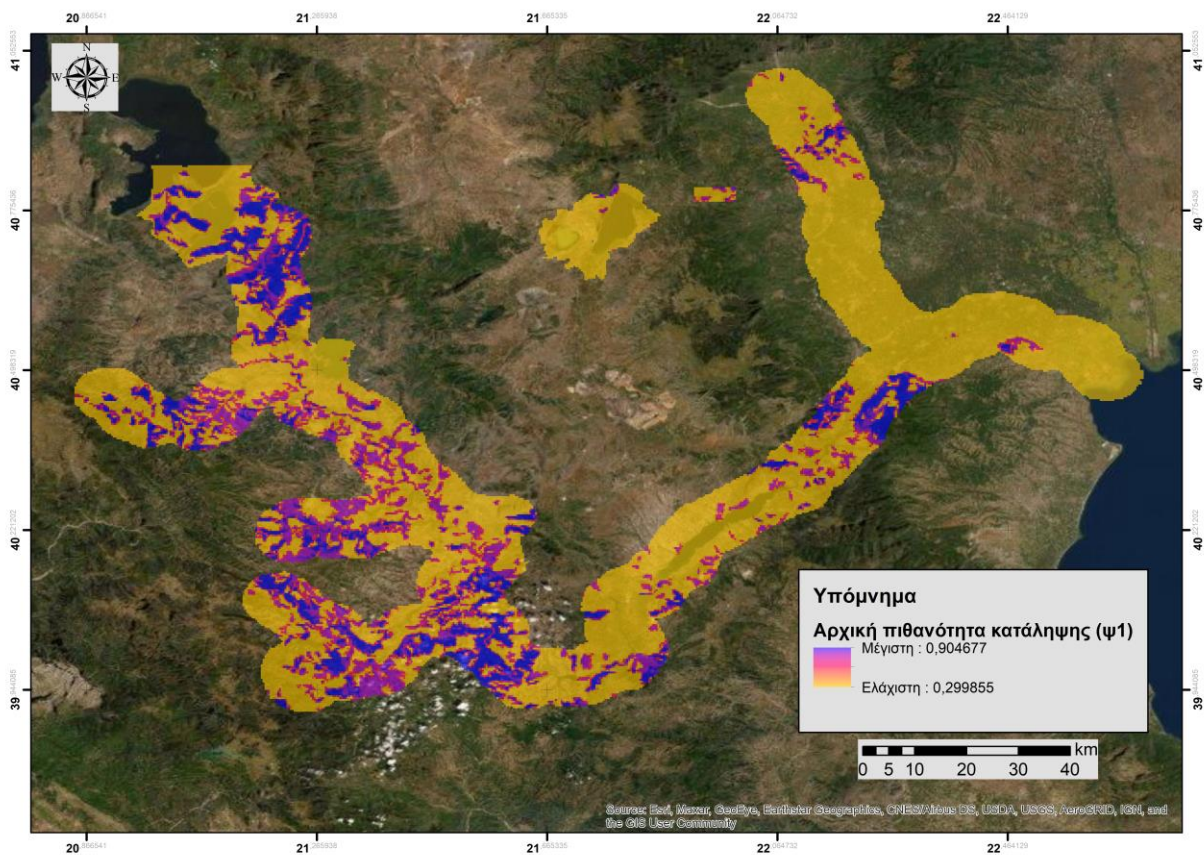
**Όπου ρ AgNV = το εκατοστιαίο ποσοστό κάλυψης σε γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία, με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης

Αναφορικά με το ρυθμό εποικισμού (γ) και εξάλειψης (ϵ), αυτός εκτιμήθηκε σε 0,8% και 86,3% αντίστοιχα, ωστόσο οι παραπάνω εκτιμήσεις εμφάνιζαν υψηλό τυπικό σφάλμα και επομένως θα πρέπει να ερμηνεύονται με επιφυλακτικότητα. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην χαμηλή πιθανότητα εντοπισμού (ρ) του είδους, η οποία ανέρχεται στο 12,02% (διάστημα εμπιστοσύνης = 9,73% - 14,7%) και η οποία δεν φαίνεται να επηρεάζεται ούτε από την ημέρα, αλλά ούτε και από την ώρα που πραγματοποιήθηκαν οι ιχνηλατήσεις σε κάθε περίοδο. Σε κάθε περίπτωση, υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις ότι ο ρυθμός εξάλειψης του είδους από την περιοχή μελέτης σχετίζεται άμεσα με τις προσπάθειες παγίδευσης που πραγματοποιήθηκαν ενδιάμεσα των δράσεων ιχνηλάτησης (εκτίμηση = 1,84, Σχήμα 1γ), ενώ δεν μπόρεσε να προσδιοριστεί κάποια μεταβλητή που να επηρεάζει τον εκτιμώμενο ρυθμό εποικισμού.



Σχήμα 1. Επίδραση του εκατοστιαίου (%) ποσοστού κάλυψης με δάση πλατύφυλλων (α) και γεωργικής γης με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης (β) στην αρχική πιθανότητα κατάληψης (ψ_1), καθώς και των δράσεων παγίδευσης (γ) στην πιθανότητα εξάλειψης (ϵ) του αμερικάνικου μινκ, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης του μοντέλου κατάληψης πολλαπλών περιόδων

Σύμφωνα με τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψη την πιθανότητα εντοπισμού του είδους, το πραγματικό ποσοστό κατάληψης για τις 106 πλωτές εξέδρες που αναλύθηκαν εκτιμάται σε 45,9%. Παράλληλα, σύμφωνα με τις προβλέψεις του μοντέλου για όλη την έκταση της περιοχής μελέτης (Σχήμα 2), το αμερικάνικο μινκ εμφανίζει υψηλή πιθανότητα κατάληψης ($\psi_1 > 0,5$) στην ευρύτερη περιοχή της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας, κατά μήκος των ποταμών Αλιάκμονα, Λαδοπόταμου, Πραμόριτσα και Βενέτικου. Αντίθετα, στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας οι περιοχές με υψηλή πιθανότητα κατάληψης είναι περιορισμένες, με τις περισσότερες να εντοπίζονται στις Δημοτικές Ενότητες Μακεδονίδος και Βέροιας.



Σχήμα 2. Απεικόνιση της αρχικής πιθανότητας κατάληψης (ψ_1) του αμερικάνικου μινκ στην ευρύτερη περιοχή μελέτης του έργου LIFE ATIAS σύμφωνα με τις προβλέψεις του μοντέλου κατάληψης πολλαπλών περιόδων, η οποία βασίζεται στα δεδομένα ιχνηλάτησης για το χρονικό διάστημα Οκτώβριος – Νοέμβριος 2021 και Απρίλιος – Μάιος 2022

5. Συζήτηση

Η αποτελεσματική εφαρμογή προγραμμάτων διαχείρισης για εισβλητικά είδη εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη γνώση της οικολογίας του είδους, αφού η ικανότητά του να εισβάλει και να εγκαθίσταται επιτυχώς σε μια περιοχή εξαρτάται από τη χωρική και χρονική απόκρισή του στα βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος (Catford et al. 2009). Τα μοντέλα κατάληψης αποτελούν μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους που στοχεύουν στην εκτίμηση των παραγόντων που καθορίζουν την παρουσία ενός εισβλητικού είδους στο χώρο και στο χρόνο (Bled et al. 2011, Yackulic et al. 2012, Santulli et al. 2014, Crego et al. 2018), ενώ τα εξαγόμενα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθοδηγήσουν τις προσπάθειες ελέγχου ή περιορισμού της εξάπλωσης των εισβλητικών ειδών.

Το αμερικάνικο μινκ είναι ημι-υδρόβιο είδος, ωστόσο η εσφαλμένη πεποίθηση ότι μπορεί να απαντάται μόνο κατά μήκος των ποταμών ή περιμετρικά των λιμνών μιας περιοχής μπορεί να οδηγήσει σε αναποτελεσματικές προσπάθειες διαχείρισης (Moore et al. 2003). Μάλιστα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας ενδιάμεσης έκθεσης, η πιθανότητα κατάληψης μιας περιοχής από το αμερικάνικο μινκ εμφάνιζε θετική συσχέτιση με το εκατοστιαίο ποσοστό (%) κάλυψης με δάση πλατύφυλλων και γεωργικής γης με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης.

Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι η επιτυχής εγκατάσταση του αμερικάνικου μινκ σε μια περιοχή εξαρτάται από την διαθεσιμότητα σε θέσεις φωλεοποίησης και λείας (Dunstone 1993, Lariviere 1999, Yamaguchi et al. 2003, Garcia et al. 2010). Οι θέσεις φωλεοποίησης παίζουν καθοριστικό ρόλο στους πληθυσμούς των Ικτιδών και σχετίζονται άμεσα με τον κίνδυνο θήρευσης και τις ανάγκες των ατόμων για θερμορύθμιση (Birks et al 2005). Παρόλο που τα πρότυπα επιλογής θέσεων φωλεοποίησης από το αμερικάνικο μινκ μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με το ενδιαίτημα, στα εσωτερικά γλυκά ύδατα η ύπαρξη δέντρων παίζει καθοριστικό ρόλο (Dunstone 1993), αφού οι ρίζες τους παρέχουν κατάλληλες θέσεις φωλεοποίησης (Garcia et al. 2010, Hodder et al. 2017). Οι Yamaguchi et al. (2003) βρήκαν ότι το είδος προτιμά περιοχές με υψηλότερη κάλυψη σε δέντρα, ενώ οι Garcia et al. (2010) βρήκαν ότι η πλειονότητα των θέσεων φωλεοποίησης του είδους εντοπίζονται στο ριζικό σύστημα των δέντρων. Τέλος, οι Hodder et al. (2017) βρήκαν ότι το είδος αποφεύγει τα ώριμα δάση κωνοφόρων, ενώ τα θηλυκά άτομα προτιμούν τις δασικές περιοχές κατά μήκος των ποταμών. Μάλιστα, το γεγονός αυτό πιθανόν να εξηγεί σε κάποιο βαθμό και τον μεγαλύτερο αριθμό θηλυκών ατόμων που παγιδεύτηκαν κατά την πρώτη περίοδο παγίδευσης του έργου LIFE ATIAS (βλέπε Δράση C2.2. Ανάλυση βιολογικών χαρακτηριστικών).

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, αλλά και με τα αποτελέσματα της παρούσας έκθεσης, οι περισσότερες εργασίες σχετικά με την οικολογία του αμερικάνικου μινκ αναφέρουν ότι το είδος

αποφεύγει τις γεωργικές εκτάσεις, εξαιτίας κυρίως της αυξημένης ανθρωπίνης παρουσίας και του κινδύνου θήρευσης (Melero et al. 2008, Schuttler et al. 2010). Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις όπου το είδος παρατηρήθηκε να επιλέγει αυτούς τους τύπους ενδιαιτημάτων (Gerell 1970, Zuberogoitia et al. 2006). Οι αγροτικές εκτάσεις αποτελούν ένα από τους πιο κυρίαρχους τύπους κάλυψης γης στην Ευρώπη (Hannah et al. 1995) και χαρακτηρίζονται από υψηλή αφθονία ειδών μικρών θηλαστικών (Bogdziewicz and Zwolak 2014), τα οποία μπορεί να αποτελέσουν λεία για το αμερικάνικο μινκ. Οι Krawczyk et al. (2013) βρήκαν ότι οι αγροτικές περιοχές παρέχουν επαρκή τροφή για το είδος, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του χειμώνα όταν τα ποτάμια και οι λίμνες δεν είναι προσβάσιμα λόγω της αυξημένης ροής υδάτων ή του προσωρινού παγώματος της επιφάνειάς τους. Επιπλέον, τα μινκ δεν εμφανίζουν καλή προσαρμογή στις ακραίες θερμοκρασίες, εξαιτίας της μορφολογίας τους (Kruuk et al. 1994). Αυτό πιθανόν να περιορίζει ακόμη περισσότερο τόσο τη διατροφή τους, όσο και την πρόσβασή τους στα υδάτινα περιβάλλοντα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, εξαιτίας θερμορρυθμιστικών ορίων (Kruuk et al. 1994). Δεδομένου ότι οι γεωργικές εκτάσεις στην περιοχή μελέτης του έργου LIFE ATIAS περιλαμβάνουν διάσπαρτους θάμνους, φυτοφράκτες, αλλά και συστάδες δέντρων, πιθανόν να παρέχουν στα άτομα του είδους κατάλληλες θέσεις φωλεοποίησης και κάλυψης, αλλά και είδη λείας, γεγονός που μπορεί να εξηγεί την κατάληψη αυτών των περιοχών από το αμερικάνικο μινκ.

Σύμφωνα με την πρόβλεψη του μοντέλου κατάληψης πολλαπλών περιόδων, το αμερικάνικο μινκ εμφανίζει υψηλή πιθανότητα κατάληψης ($\psi_1 > 0,5$) στην ευρύτερη περιοχή της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας, κατά μήκος των ποταμών Αλιάκμονα, Λαδοπόταμου, Πραμόριτσα και Βενέτικου. Στις περισσότερες από αυτές τις περιοχές εφαρμόζονται ήδη δράσεις ιχνηλάτησης ή/και παγίδευσης του είδους. Αντίθετα, ο χάρτης που εξάχθηκε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για να κατευθύνει τις προσπάθειες διαχείρισης του είδους στις υπόλοιπες περιοχές, για παράδειγμα με την τοποθέτηση φωτοπαγίδων με σκοπό την διαπίστωση της παρουσίας ή απουσίας του είδους και τη λήψη των ανάλογων μέτρων καταπολέμησης. Σε κάθε περίπτωση, οι μέχρι τώρα δράσεις παγίδευσης φαίνεται να αποφέρουν καρπούς, αφού ο ρυθμός εξάλειψης (ϵ) του είδους βρέθηκε να εμφανίζει θετική συσχέτιση με τις παγιδεύσεις που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης στα πλαίσια της Δράσης C1.

6. Συμπεράσματα – επόμενα βήματα

Το αμερικάνικο μινκ είναι καιροσκοπικό είδος και μπορεί να καταλαμβάνει μια ποικιλία τύπων ενδιαιτημάτων, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία εισβάλλει. Σύμφωνα με την ανάλυση των δεδομένων ιχνηλάτησης με τη χρήση πλωτών εξεδρών που έλαβαν χώρα στην περιοχή μελέτης του έργου κατά το χρονικό διάστημα Οκτώβριος – Νοέμβριος 2021 και Απρίλιος – Μάιος 2022, το αμερικάνικο μινκ φαίνεται να καταλαμβάνει περιοχές με υψηλό εκατοστιαίο ποσοστό (%) κάλυψης με δάση πλατύφυλλων και γεωργικών εκτάσεων με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης. Οι περιοχές αυτές πιθανόν να παρέχουν στο είδος επαρκή τροφικά διαθέσιμα, αλλά και κατάλληλες θέσεις φωλεοποίησης και κάλυψης. Επιπλέον, ο χάρτης πιθανότητας κατάληψης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθοδηγήσει τις μελλοντικές δράσεις διαχείρισης του είδους. Τα επόμενα βήματα περιλαμβάνουν τη συνέχιση των δράσεων ιχνηλάτησης κατά το χρονικό διάστημα Σεπτέμβριος – Οκτώβριος 2022 και Φεβρουάριος – Μάρτιος 2023, καθώς και την καταγραφή των μεταβλητών μικρο-περιβάλλοντος από τις εναπομείνουσες πλωτές εξέδρες. Στη συνέχεια, οι οικολογικές απαιτήσεις του είδους θα επανεξεταστούν, δεδομένου ότι τα μοντέλα κατάληψης είναι δυναμικά και οι εκτιμήσεις ενδέχεται να διαφοροποιηθούν με την προσθήκη επιπλέον δεδομένων.

7. Βιβλιογραφία

- Anderson, D. P., MacMurtrie, P., Edge, K. A., Baxter, P. W. J. & Byrom, A. E. 2016. Inferential and forward projection modeling to evaluate options for controlling invasive mammals on islands. *Ecological Applications* 26: 2548-2559.
- Bellard, C., Genovesi, P. & Jeschke, J. M. 2016. Global patterns in threats to vertebrates by biological invasions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283: 20152454.
- Birks, J., Messenger, J. E. and Halliwell E. C.. 2005. Diversity of den sites used by pine martens *Martes martes*: a response to the scarcity of arboreal cavities? *Mammal Review* 35 (3-4): 313 – 320.
- Bled, F., Royle, J.A. and Cam, E. 2011. Hierarchical modeling of an invasive spread: the Eurasian Collared-Dove *Streptopelia decaocto* in the United States. *Ecological Applications* 21: 290–302.
- Bogdziewicz, M. and Zwolak, R. 2014. Responses of small mammals to clear-cutting in temperate and boreal forests of Europe: a meta-analysis and review. *European Journal of Forest Research* 133: 1 – 11.
- Bonesi, L. & Palazon, S. 2007. The American mink in Europe: Status, impacts, and control. *Biological Conservation* 134: 470-483.
- Born, W., Rauschmayer, F. & Brauer, I. 2005. Economic evaluation of biological invasions - a survey. *Ecological Economics* 55: 321-336.
- Bremner, A. & Park, K. 2007. Public attitudes to the management of invasive non-native species in Scotland. *Biological Conservation* 139: 306-314.
- Brzeziński, M., Żmihorski, M., Nieoczym, M., Wilniewicz, P. & Zalewski, A. 2020. The expansion wave of an invasive predator leaves declining waterbird populations behind. *Diversity and Distributions* 26: 138-150.
- Catford, J. A., Jansson, R. and Nilsson, C. 2009. Reducing redundancy in invasion ecology by integrating hypotheses into a single theoretical framework. *Diversity and Distributions* 15: 22 – 40.
- Clavero, M. & García-Berthou, E. 2005. Invasive species are a leading cause of animal extinctions. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 110.
- Crego, R. D., Jiménez, J. E. and Rozzi, R. 2018. Potential niche expansion of the American mink invading a remote island free of native-predatory mammals. *PLoS ONE* 13(4): e0194745
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Leveque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A. H., Soto, D. & Stiassny, M. L. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81: 163-182.
- Dunstone, N. & Birks, J. D. S. 1983. Activity budget and habitat usage by coastal-living mink (*Mustela vison*). *Acta Zoologica Fennica* 174: 189-191.
- Dunstone, N. 1993. *The mink*, T. and A.D. Poyserd Ltd, London, UK.
- Fiske, I. J. & Chandler, R. B. 2011. Unmarked: an R package for fitting hierarchical models of wildlife occurrence and abundance. *Journal of Statistical Software* 43: 1-23.
- Garcia, P., Arevalo, V. and Lizana, M. 2010. Characterisation of den sites of American mink *Neovison vison* in central Spain. *Wildlife Biology* 16 (3): 276 – 282.

- Genovesi, P. 2005. Eradications of invasive alien species in Europe: a review. *Biological Invasions* 7: 127-133.
- Gerell, R. 1970. Home ranges and movements of the mink *Mustela vison* Schreber in southern Sweden. *Oikos* 21: 160 – 173.
- Hannah, L., Carr, J. L. and Lanckerani, A. 1995. Human disturbance and natural habitat: a biome level analysis of a global data set. *Biodiversity and Conservation* 4: 128 – 155.
- Hodder, D. P., Larsen, K. W. & Crowley, S. M. 2017. The role of environmental variables and sympatric meso-carnivores on the detection and occupancy of American mink during winter. *Hystrix* 28:
- Howald, G., Donlan, C. J., Galvan, J. P., Russell, J. C., Parkes, J., Samaniego, A., Wang, Y. W., Veitch, D., Genovesi, P., Pascal, M., Saunders, A. & Tershy, B. 2007. Invasive rodent eradication on islands. *Conservation Biology* 21: 1258-1268.
- Krawczyk, A. J., Bogdziewicz, M. and Czyz, M. J. 2013. Diet of the American mink *Neovison vison* in an agricultural landscape in western Poland. *Folia Zoologica* 62 (4): 304 – 310.
- Kruuk, H., Balharry, E., Taylor, P.T. 1994. The effect of water temperature on oxygen consumption of the Eurasian otter *Lutra lutra*. *Physiological Zoology* 67(5): 1174 – 1185.
- Larivière, S. 1999. *Mustela vison*. *Mammalian Species* 608: 1 – 9.
- MacKenzie, D. I. 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83: 2248-2255.
- MacKenzie, D. I. 2003. Estimating site occupancy, colonization, and local extinction when a species is detected imperfectly. *Ecology* 84: 2200-2207.
- MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Royle, J. A., Pollock, K. H., Bailey, L. L. & Hines, J. E. 2006. *Occupancy Estimation and Modeling: Inferring Patterns and Dynamics of Species Occurrence.*, Academic Press, Burlington, MA.
- Melero, Y., Palazón, S., Bonesi, L. & Gosálbez, J. 2010. Relative abundance of culled and not culled American mink populations in northeast Spain and their potential distribution: are culling campaigns effective? *Biological Invasions* 12: 3877-3885.
- Melero, Y., Palazon, S., Revilla, E., Martelo, J. & Gosalbez, J. 2008. Space use and habitat preferences of the invasive American mink (*Mustela vison*) in a Mediterranean area. *European Journal of Wildlife Research* 54: 609-617.
- Moore, N., Roy, S. and Helyar, A. 2003. Mink (*Mustela vison*) eradication to protect ground-nesting birds in the Western Isles, Scotland, United Kingdom. *New Zealand Journal of Zoology* 30: 443 – 452.
- Nogales, M., Martin, A., Tershy, B. R., Donlan, C. J., Veitch, D., Puerta, N., Wood, B. & Alonso, J. 2004. Review of feral cat eradication on islands. *Conservation Biology* 18: 310-319.
- Nordstrom, M. & Korpimäki, E. 2004. Effects of isolation and feral mink removal on bird communities on small islands in the Baltic Sea. *Journal of Animal Ecology* 73: 424-433.
- Parkes, J. & Panetta, D. 2009: Eradication of invasive species: progress and emerging issues in the 21st century. In: Clout, M. N. & Williams, P. A. (eds.), *Invasive species management. A handbook of principles and techniques.*, 47-60. Oxford University Press, Oxford.
- Rainbolt, R. E. & Coblenz, B. E. 1997. A different perspective on eradication of vertebrate pests. *Wildlife Society Bulletin* 25: 189-191.
- Rodrigues, D. C., Simoes, L., Mullins, J., Lampa, S., Mendes, R. C., Fernandes, C., Rebelo, R. & Santos-Reis, M. 2015. Tracking the expansion of the American mink (*Neovison vison*) range in NW Portugal. *Biological Invasions* 17: 13-22.
- Rushton, S., Barreto, G., Cormack, R. M., McDonald, D. & Fuller, R. 2000. Modelling the effects of mink and habitat fragmentation on the water vole. *Journal of Applied Ecology* 37: 475-400.

- Santulli, G., Palazon, S., Melero, Y., Gosalbez, J. & Lambin, X. 2014. Multi-season occupancy analysis reveals large scale competitive exclusion of the critically endangered European mink by the invasive non-native American mink in Spain. *Biological Conservation* 176: 21-29.
- Saunders, A. & Norton, D. A. 2001. Ecological restoration at Mainland Islands in New Zealand. *Biological Conservation* 99: 109-119.
- Schooley, R. L., Cotner, L. A., Ahlers, A. A., Heske, E. J. & Levenson, J. M. 2012. Monitoring site occupancy for American mink in its native range. *The Journal of Wildlife Management* 76: 824-831.
- Schuttler, E., Ibarra, J. T., Gruber, B., Rozzi, R. & Jax, K. 2010. Abundance and habitat preferences of the southernmost population of mink: implications for managing a recent island invasion. *Biodiversity and Conservation* 19: 725-743.
- Sidorovich, V. & MacDonald, D. W. 2001. Density dynamics and changes in habitat use by the European mink and other native mustelids in connection with the American mink expansion in Belarus. *Netherlands Journal of Zoology* 51: 107-126.
- Walsh, J. R., Carpenter, S. R. & Zanden, M. J. V. 2016. Invasive species triggers a massive loss of ecosystem services through a trophic cascade. *PNAS* 113: 4081-4085.
- Wolff, P. J., Taylor, C. A., Heske, E. J. & Schooley, R. L. 2015. Habitat selection by American mink during summer is related to hotspots of crayfish prey. *Wildlife Biology* 21: 9-17.
- Yackulic, C. B., Reid, J., Davis, R., Hines, J. E., Nichols, J. D. and Forsman, E. 2012. Neighborhood and habitat effects on vital rates: expansion of the Barred Owl in the Oregon Coast Ranges. *Ecology* 93: 1953-1966.
- Yamaguchi, N., Rushton, S. and Macdonald D. W. 2003. Habitat preferences of feral American mink in the Upper Thames. *Journal of Mammalogy* 88 (4): 1356 – 1373.
- Zabala, J., Zuberogoitia, I. & Gonzalez-Oreja, J. A. 2010. Estimating costs and outcomes of invasive American mink (*Neovison vison*) management in continental areas: a framework for evidence based control and eradication. *Biological Invasions* 12: 2999-3012.
- Zavaleta, E. S., Hobbs, R. J. & Mooney, H. A. 2001. Viewing invasive species removal in a whole-ecosystem context. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 454-459.
- Zuberogoitia, I., Zabala, J. and Martinez, J. A. 2006. Diurnal activity and observations of the hunting and ranging behaviour of the American mink (*Mustela vison*). *Mammalia* 2006: 310 – 312.