

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Συσχέτιση της έκτασης των λιμνών της Βαλκανικής Χερσονήσου
με τη Βιοποικιλότητα (Ορνιθοπανίδα, Ιχθυοπανίδα και Ασπόνδυλα) με
τη χρήση του Στατιστικού Πακέτου R»**

Περσεφόνη Καφφέ και Παναγιώτα Λίτσα

ΒΟΛΟΣ 2023

**«Συσχέτιση της έκτασης των λιμνών της Βαλκανικής Χερσονήσου με
τη Βιοποικιλότητα (Ορνιθοπανίδα, Ιχθυοπανίδα και Ασπόνδυλα) με τη χρήση του
Στατιστικού Πακέτου R»**

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

- 1) **Ψιλοβίκος Άρης**, Καθηγητής, Αειφορική Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Επιβλέπων*.
- 2) **Φαρσιώτου Ευαγγελία**, Καθηγήτρια, Υδροδυναμικά και Αντιπλημμυρικά Έργα, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.
- 3) **Βαφείδης Δημήτριος**, Καθηγητής, Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπονδύλων και άμεση – έμμεση χρηστικότητα τους, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.

Σε όλα τα αγαπημένα μας πρόσωπα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς μας ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρουμε σε πέρας την παρούσα Προπτυχιακή διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Ψιλοβίκο Άρη, για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του τόσο κατά τη διάρκεια συλλογής των δεδομένων και της επεξεργασίας αυτών όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μας αποτελούμενη από τους Φαρσιρώτου Ευαγγελία και Βαφείδη Δημήτριο.

Ακόμη θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον κ. Μαλαματάρη Δημήτριο για την άμεση και ανιδιοτελή βοήθεια του, στην παροχή υποστηρικτικού υλικού και στις υποδείξεις του για τη χρήση του λογισμικού R.

Τέλος θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στις οικογένειές μας, στους φίλους μας και σε όλους όσους στάθηκαν δίπλα μας, μας υποστήριξαν και μας βοήθησαν σε αυτό το εγχείρημα και μοιράστηκαν τις δυσκολίες μας καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σχέση αριθμού ειδών-έκτασης εξηγεί τις μεταβολές στον αριθμό των ειδών συναρτήσει της έκτασης και έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς σε μελέτες βιοποικιλότητας. Υπάρχει πληθώρα μοντέλων που έχουν χρησιμοποιηθεί για την ερμηνεία της σχέσης, με ευρύτερα γνωστό το δυναμικό. Η σχέση αυτή έχει εφαρμοστεί μεταξύ των άλλων και στα λιμναία οικοσυστήματα για διάφορες ταξινομικές ομάδες, ενώ παράλληλα έχει επιστρατευτεί και σαν εργαλείο στην βιολογία διατήρησης.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση αυτής της σχέσης σε λίμνες-λιμνοθάλασσες της βαλκανικής χερσονήσου για τρεις ταξινομικές ομάδες: πτηνά, ψάρια και ασπόνδυλα και ο έλεγχος της προσαρμογής του δυναμικού μοντέλου στα δεδομένα μας.

Συνολικά μελετήθηκαν 112 λίμνες και λιμνοθάλασσες (10 χώρες) για τις οποίες έγινε καταγραφή του αριθμού ειδών πτηνών, ψαριών και ασπόνδυλων καθώς και της έκτασής τους. Με εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό ανοιχτού κώδικα R πραγματοποιήθηκε διερεύνηση για την επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου SAR βάσει των κριτηρίων AICc και AIC για κάθε χώρα ξεχωριστά καθώς και για το σύνολο των χωρών εντός και εκτός του δικτύου Natura 2000. Μετέπειτα ακολούθησε η σχεδίαση των καμπυλών αριθμού ειδών-έκτασης με τη χρήση του ίδιου λογισμικού.

Το σύνολο των αποτελεσμάτων μας έδειξε ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ αριθμού ειδών-έκτασης άλλοτε σε ικανοποιητικό ποσοστό όπως για την ταξινομική ομάδα των ιχθύων στις λίμνες της Ρουμανίας ($R^2= 59,66\%$) και άλλοτε σε μικρότερο ποσοστό όπως για παράδειγμα για την ταξινομική ομάδα των ιχθύων στις λίμνες της Βουλγαρίας ($R^2=1,02\%$). Για το σύνολο των χωρών εκτός Natura ο βαθμός συσχέτισης της

βιοποικιλότητας με την έκταση ήταν ασθενέστερος συγκριτικά με αυτόν των χωρών εντός Natura.

Στην πλειονότητα των περιπτώσεων αποδείχτηκε θετική συσχέτιση με εξαίρεση τη Σλοβενία στην οποία τα δεδομένα μας αδυνατούσαν να μας δώσουν κάποιο αποτέλεσμα. Ουσιαστικά μας υπέδειξαν ότι οι διακυμάνσεις του αριθμού των ειδών δεν καθορίζονται από την έκταση. Τονίζεται ότι για την Κύπρο, υπήρξε έλλειψη καταγραφών στην ταξινομική ομάδα των ιχθύων στις λίμνες της. Τέλος το δυναμικό μοντέλο σε πολλές περιπτώσεις κρίθηκε ανεπαρκές για να περιγράψει αυτή τη σχέση για τις χώρες της Βαλκανικής χερσονήσου, με πιο σύνθετα μοντέλα να ανταποκρίνονται καλύτερα στα δεδομένα μας.

Λέξεις κλειδιά: σχέση αριθμού ειδών-έκτασης, νησιωτικά οικοσυστήματα, λιμναία οικοσυστήματα, Βαλκάνια, βιοποικιλότητα, διατήρηση

ABSTRACT

The species-area relationship explains changes in the number of species as a function of area and it has been used extensively in biodiversity studies. There are a number of models that have been used to interpret this relationship, with the power function being the most widely known. This relationship has been applied, among others, to lake ecosystems for various taxonomic groups, while it has also been employed as a tool in conservation biology.

The purpose of this study was to investigate that relationship in lakes-lagoons of the Balkan peninsula for three taxonomic groups: birds, fish and invertebrates and to test the fit of the dynamic model to our data.

A total number of 112 lakes and lagoons (10 countries) were studied for which the species richness of birds, fish and invertebrates as well as their area were recorded. By entering the data into the open-source software R, an investigation was carried out for the selection of the most appropriate SAR model based on the AICc and AIC criteria for each country separately as well as for all countries inside and outside the Natura 2000 network. Afterwards, the species-area curves were designed using the same software.

Our results showed a correlation between species richness and area, sometimes in a satisfactory percentage as for the taxonomic group of fish in the Romanian lakes ($R^2=59,66\%$) and other times in a smaller percentage as for example the taxonomic group of fish in Bulgarian lakes ($R^2=1,02\%$). For all the countries outside Natura the degree of correlation of biodiversity with area was weaker compared to that of the countries inside Natura.

In the majority of cases a positive correlation was found except Slovenia where our data failed to give us any result. That was an indication that the variation of species

richness is not determined by area. In Cyprus lakes, there is lack of records in the taxonomic group of fish. Finally, the dynamic model in many cases was deemed insufficient to describe that relationship for the countries of the Balkan peninsula, with more complex models responding better to our data.

Keywords: species-area relationship, island ecosystems, lake ecosystems, Balkans, biodiversity, conservation

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Σχέση αριθμού ειδών-έκτασης (SAR).....	1
1.1.1. Κατηγοριοποίηση καμπυλών SAR.....	4
1.1.2. ISAR.....	6
1.1.3. Παράγοντες που Οδηγούν σε σχέσεις αριθμού ειδών-έκτασης.....	7
1.1.4. Το SAR στην Βιολογία Διατήρησης.....	8
1.2. Νησιωτική Βιογεωγραφία.....	8
1.3. RAMSAR.....	12
1.4. Δίκτυο Natura 2000.....	13
1.5. Σκοπός.....	15
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	16
2.1 Περιοχή έρευνας.....	16
2.2. Καταγραφή αριθμού ειδών.....	17
2.3. Συγκέντρωση δεδομένων.....	17
2.4. Εξαγωγή εξισώσεων SAR.....	18
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	22
3.1. Ελλάδα.....	22
3.2. Κύπρος.....	25
3.3. Κροατία.....	28
3.4. Βουλγαρία.....	30
3.5. Ρουμανία.....	33
3.6. Σύνολο των χωρών εντός του δικτύου Natura 2000.....	35
3.7. Σύνολο των χωρών εκτός του δικτύου Natura 2000.....	38
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	44
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	60
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	67
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I.....	68
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II.....	75

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να διερευνηθεί η συσχέτιση μεταξύ της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών με χαρακτηριστικά της Βιοποικιλότητας. Η ιδέα ξεκίνησε από τον ελλαδικό χώρο, γιατί στερείται βιβλιογραφικών αναφορών, αλλά τελικά αποφασίστηκε να επεκταθεί σε ολόκληρο το Βαλκανικό χώρο, συγκρίνοντας μάλιστα περιοχές εντός ΕΕ, που ανήκουν στο δίκτυο Natura 2000 και περιοχές εκτός. Τα χαρακτηριστικά που εξετάζονται με την έκταση, είναι η Ορνιθοπανίδα, η Ιχθυοπανίδα και κάποια από τα Ασπόνδυλα. Τέλος, χρησιμοποιείται το Στατιστικό Πακέτο “R” για την εξαγωγή των εξισώσεων (8 κλασικών εξισώσεων SAR) και των συντελεστών συσχέτισης και προσδιορισμού.

1.1. Σχέση αριθμού ειδών-έκτασης (SAR)

Η σχέση αριθμού ειδών-έκτασης (species-area relationship) έχει μακρά ιστορία και αποτελεί μέχρι και σήμερα ένα από τα πιο γενικά πρότυπα που χρησιμοποιούν οι οικολόγοι (Lomolino 2001). Εν τοις πράγμασι εξηγεί με ποσοτικούς όρους τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλεται ο αριθμός των ειδών που απαντώνται σε μία περιοχή σε συνάρτηση με την αύξηση ή μείωση της έκτασής της (Drakare et al. 2006, Tjørne & Tjørne 2017).

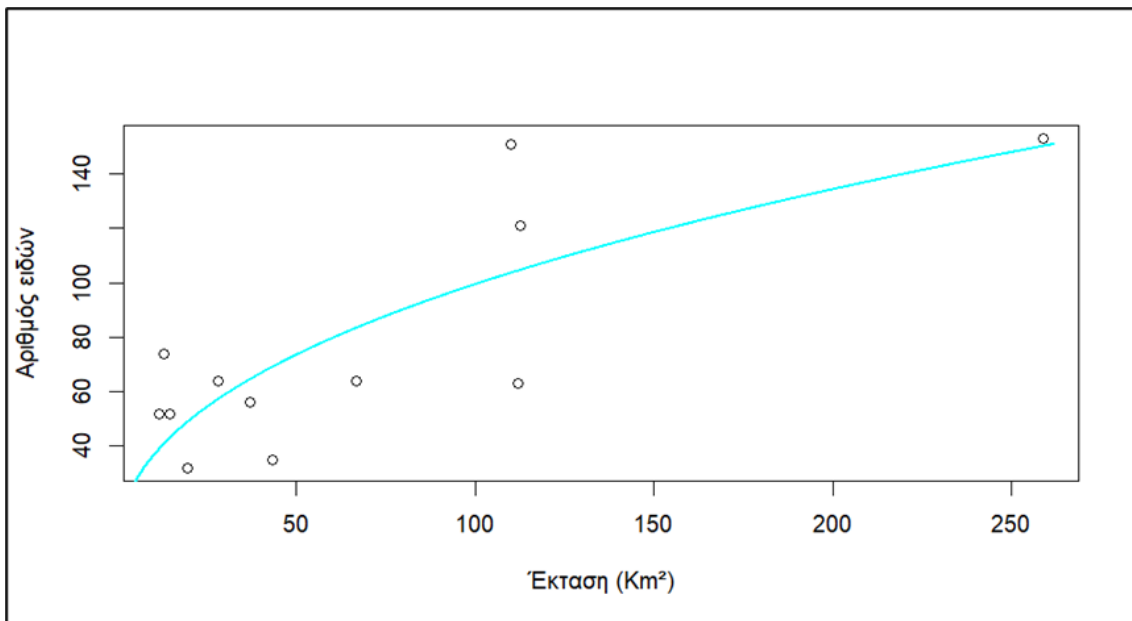
Ενώ η ιδέα κρύβει τις ρίζες της στον μακρινό 19^ο αιώνα, όταν ο Alexander von Humboldt (1807) διατύπωσε την άποψη ότι μεγαλύτερες εκτάσεις τείνουν να περικλείουν μεγαλύτερο αριθμό ειδών (Rosenzweig 2005), το πρώτο μαθηματικό μοντέλο που περιέγραψε τη σχέση αυτή συστάθηκε πολύ αργότερα από τον Arrhenius (1920). Ο τελευταίος κατέληξε σε έναν τύπο:

$$S = cA^z \quad (1.1)$$

όπου S είναι ο αριθμός των ειδών στην περιοχή A , με τα c και z σταθερές (Connor & McCoy 2017, Matthews et al. 2021), ενώ με λογαρίθμηση η παραπάνω σχέση λαμβάνει την μορφή:

$$\log S = \log c + z \log A \quad (1.2)$$

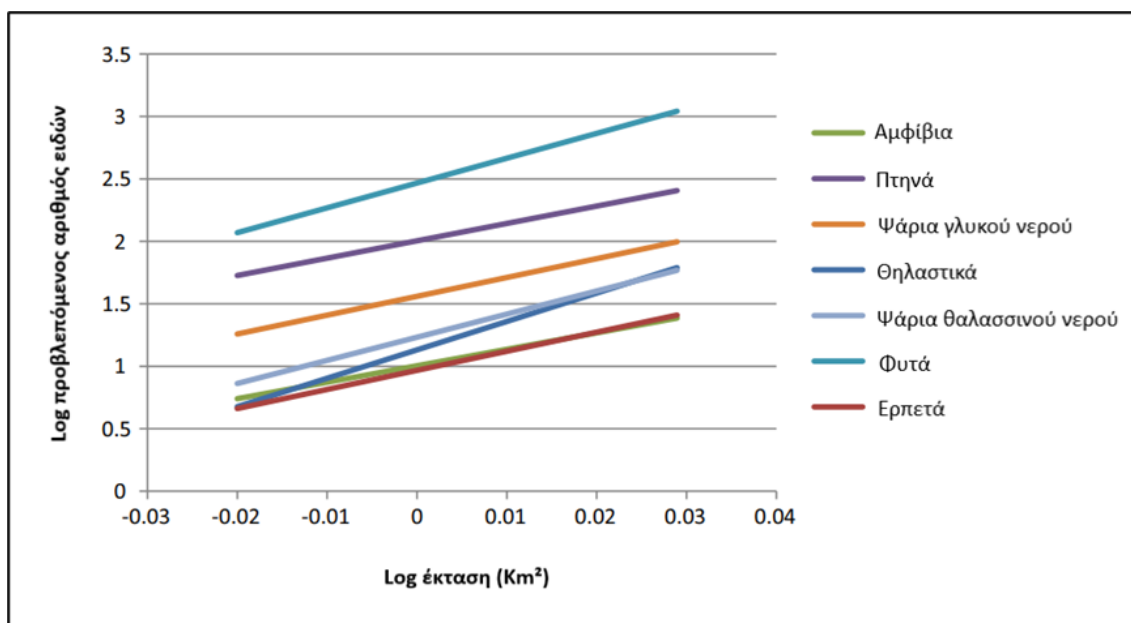
(Connor & McCoy 2017, Lomolino 2001, Tjørve & Tjørve 2017, Rosenzweig 2005, Matthews et al. 2021).



Διάγραμμα 1. Εφαρμογή του δυναμικού μοντέλου σε δεδομένα πτηνών. Ο άξονας x αντιπροσωπεύει τις εκτάσεις κάποιων λιμνών της Ελλάδας, ενώ ο άξονας y αντιστοιχεί στον αριθμό των ειδών που καταγράφηκαν σε αυτές τις λίμνες, όπως ακριβώς λήφθηκαν από βάσεις δεδομένων του δικτύου Natura (<https://natura2000.eea.europa.eu/expertviewer/>) (Προσωπικό αρχείο).

Σήμερα υπάρχουν πάνω από 20 μαθηματικά μοντέλα, τα οποία μπορούν να περιγράψουν αυτή τη σχέση (Tjørve & Tjørve 2017), με το πιο διαδεδομένο το δυναμικό μοντέλο του Arrhenius (Διάγραμμα 1.), αλλά πιο συχνά προτιμάται η λογαριθμημένη

μορφή του (Tessel et al. 2015) (Διάγραμμα 2.). Τόσο όμως το δυναμικό όσο και το λογαριθμημένο μοντέλο είναι μαθηματικά ισοδύναμα, αν και καταλήγουν σε διαφορετικές τιμές παραμέτρων και R^2 που εναπόκεινται σε διαφορετικά σφάλματα. Αυτό δεν πρέπει να συγχέεται με λανθασμένες ενέργειες, απλώς ο ερευνητής καλείται να αποφασίσει τι θα επιλέξει (Dengler 2009).



Διάγραμμα 2. Log-log έκταση αριθμού ειδών για περιοχές από 0,01 μέχρι 785 km² για αμφίβια, πτηνά, ψάρια γλυκού νερού, θηλαστικά, ψάρια θαλασσινού νερού, ερπετά και φυτά δεδομένου γεωγραφικού πλάτους 40.71°N. Τροποποιημένο από Meixler et al. (2019).

Το z είναι η κλίση της καμπύλης σε log-log γράφημα (Tessel et al. 2015) και αντιπροσωπεύει τον ρυθμό με τον οποίο τα είδη προστίθενται καθώς η έκταση αυξάνεται. Έχει υποστηριχτεί ότι λαμβάνει κατά κανόνα χαμηλότερες τιμές σε «νησιά ενδαιτημάτων» από ότι σε πραγματικά νησιά (Connor & McCoy 2017). Αυτό απεδείχθη πειραματικά μεταξύ άλλων σε εργασία των Matthews et al. (2016) όπου τα πρώτα εμφάνισαν διάμεση τιμή $0,22 < z < 0,35$ των ωκεάνιων νησιών. Οι Drakare et al. (2006) ανέφεραν ότι υψηλότερες τιμές z να μεν φανερώνουν ομάδες ειδών που έχουν την

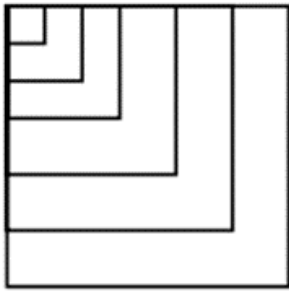
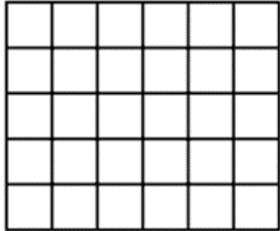
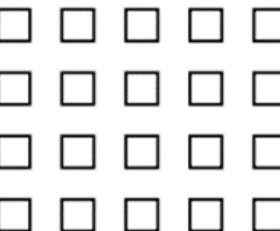
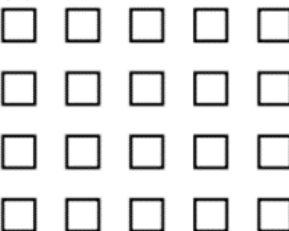


ικανότητα να αυξήσουν την ποικιλότητά τους αρκετά γρήγορα με την αύξηση της έκτασης μιας περιοχής, αλλά ταυτόχρονα σηματοδοτούν και ταχεία ελάττωση της ποικιλότητας σε συνθήκες ελάττωσης της έκτασης. Επομένως η τιμή της παραμέτρου z είναι ένας ισχυρός δείκτης ευαισθησίας της συγκεκριμένης ομάδας ειδών ως προς την μεταβολή ή απώλεια των οικοτόπων.

1.1.1. Κατηγοριοποίηση καμπυλών SAR

Βιβλιογραφικά οι καμπύλες SAR έχουν κατηγοριοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Στην κατηγοριοποίηση κατά Scheiner (2003) αναφέρονται 6 τύποι καμπυλών SAR που διαφοροποιούνται ως προς τον τρόπο δειγματοληψίας (Πίνακας 1.). Μια πιο πρόσφατη κατηγοριοποίηση είναι αυτή του Dengler (2009), ο οποίος κατατάσσει τις καμπύλες SAR σε τρεις ομάδες σύμφωνα με τον τύπο του οικοσυστήματος στον οποίο προσαρμόζονται (Πίνακας 2.).

Η παραπάνω κατηγοριοποίηση έχει βοηθήσει πολύ στην κατανόηση των διαφορών που παρατηρούνται τόσο στο σχήμα των καμπυλών, όσο και στο πιο μοντέλο περιγράφει καλύτερα ένα σύνολο δεδομένων, καθώς οι καμπύλες SAR επηρεάζονται από πολυάριθμους παράγοντες, με την μέθοδο της δειγματοληψίας και τα χαρακτηριστικά του οικοτόπου να διαδραματίζουν κυρίαρχο ρόλο. Άλλοι παράγοντες που μπορούν να μεταβάλλουν το σχήμα της καμπύλης SAR είναι η παγκόσμια διαβάθμιση της γεωγραφικής ποικιλότητας, θεμελιώδη χαρακτηριστικά του οργανισμού όπως το μέγεθος του σώματος και η διαφορετική χωρική οργάνωση και το εξελικτικό υπόβαθρο των οικοτόπων (Passy et al. 2022, Drakare et al. 2006).

Πίνακας 1. Κατηγορίες καμπυλών SAR σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του Scheiner (2003).

Τύποι	Επεξήγηση	Αναπαράσταση
Τύπος I	Κάθε σημείο δεδομένων βασίζεται σε μια μόνο μέτρηση για ένα δεδομένο μέγεθος, τα σημεία δειγματοληψίας αποτελούν προέκταση ενός αρχικού και είναι χωρικά σαφή.	
Τύπος IIΑ	Τα σημεία δειγματοληψίας έχουν μια συνέχεια στον χώρο, είναι χωρικά σαφή και βασίζονται στην μέση ποικιλομορφία μιας δεδομένης περιοχής.	
Τύπος IIΒ	Τα σημεία δειγματοληψίας έχουν μια συνέχεια στον χώρο, είναι χωρικά ασαφή και βασίζονται στην μέση ποικιλομορφία μιας δεδομένης περιοχής.	
Τύπος IIIΑ	Τα σημεία δειγματοληψίας έχουν ασυνέχεια στον χώρο, είναι χωρικά σαφή και βασίζονται στην μέση ποικιλομορφία μιας δεδομένης περιοχής.	
Τύπος IIIΒ	Τα σημεία δειγματοληψίας έχουν ασυνέχεια στον χώρο, είναι χωρικά ασαφή και βασίζονται στην μέση ποικιλομορφία μιας δεδομένης περιοχής.	
Τύπος IV	Κάθε σημείο δεδομένων προέρχεται από την δειγματοληψία μιας μοναδικής περιοχής και παρατηρείται χωρική ασάφεια. Ο τύπος είναι συνήθως απόρροια νησιωτικών οικοσυστημάτων	

Πίνακας 2. Κατηγοριοποίηση καμπυλών SAR σύμφωνα με τον Dengler (2009).

Τύποι	Επεξήγηση
Τύπος Α	Συνεχόμενα οικοσυστήματα, με τα σημεία δειγματοληψίας να αποτελούν προέκταση ενός αρχικού
Τύπος Β	Συνεχόμενα οικοσυστήματα, με τα σημεία δειγματοληψία να έχουν ασυνέχεια στον χώρο
Τύπος C	Απομονωμένοι οικοτόποι. Αληθινά νησιά και νησιωτικοί οικοτόποι

1.1.2. ISAR

Για την σχέση αριθμού ειδών-έκτασης στα νησιά (συμπεριλαμβανομένων και των λιμνών) χρησιμοποιείται ο όρος ISAR και εκφράζει ότι ακριβώς εκπροσωπεί το SAR. Οι διαφορές έγκεινται σε παρατηρήσεις που αφορούν τους ίδιους τους οικοτόπους και διεργασίες που συμβαίνουν σε αυτούς. Για παράδειγμα οι ISAR αναφέρουν μια οριακά πιο αργή αύξηση του αριθμού των ειδών σε σύγκριση με τα χερσαία συστήματα που μπορεί να οφείλεται στον βαθμό απομόνωσης επιδρώντας στην κλίση του ISAR (Drakare et al. 2006). Πολλές φορές όμως η απομόνωση δεν έχει σημαντικό ρόλο στη διακύμανση του πλούτου των ειδών αλλά παρεμβάλλονται άλλοι παράγοντες όπως η εξελικτική πορεία, η ποικιλομορφία των οικοτόπων και άλλοι που φαίνεται να εμφανίζονται πιο συχνά στην ερμηνεία της διακύμανσης του πλούτου των νησιωτικών οικοτόπων (Triantis et al. 2012).

Το ISAR έχει εφαρμοστεί και σε οργανισμούς που διαβιούν σε λιμναία περιβάλλοντα, άλλοτε με επιτυχία και άλλοτε επισκιάζεται από άλλες παραμέτρους, πιο ικανές να ερμηνεύσουν την μεταβλητότητα του αριθμού των ειδών. Εξετάζοντας την κατανομή της ποικιλότητας ζωοπλαγκτονικών οργανισμών σε ευρωπαϊκές και αμερικανικές λίμνες απεδείχθη μία θετική συσχέτιση μεταξύ της έκτασης των λιμνών και του αριθμού των ειδών (Gooriah & Chase 2020). Ωστόσο δεν παρατηρείται το ίδιο μοτίβο σε έρευνα που

εκπονήθηκε από τους BATTES et al. (2019), όπου η ταξινομική ποικιλότητα βενθικών και πλαγκτονικών υδρόβιων ασπόνδυλων εμφάνισε αρνητική συσχέτιση με την έκταση των λιμνών στην κοιλάδα Fizeș της Ρουμανίας. Στην προκειμένη περίπτωση το βάθος παρουσιάστηκε ως καλύτερος δείκτης αυτής της μεταβλητότητας.

1.1.3. Παράγοντες που Οδηγούν σε σχέσεις αριθμού ειδών-έκτασης

Έχουν προταθεί διάφοροι παράγοντες για την ερμηνεία του SAR. Η σχέση αριθμού ειδών-έκτασης ενδέχεται να είναι εικονική και να οφείλεται στην μεταβλητότητα του δείγματος ανάλογα με την έκταση της εξεταζόμενης επιφάνειας (Gaston & Spicer 2008). Παρατηρείται μία τάση αύξησης του S με την αύξηση του αριθμού των ατόμων που μετρούνται σε μία έκταση με αποτέλεσμα μεγαλύτερες περιοχές στις οποίες καταμετρώνται περισσότερα άτομα να αυξάνεται το S συναρτήσει της έκτασης. Επομένως σε περίπτωση ελλιπούς δειγματοληψίας εμφανίζεται μειωμένη ποικιλότητα που δεν αντικατοπτρίζει την πραγματική σε μικρότερες περιοχές, υποεκτιμώντας έτσι την ποικιλότητα (Turner & Tjørne 2005). Επίσης η παρουσία μεγαλύτερου αριθμού ειδών σε μεγαλύτερες περιοχές ενδεχομένως να σχετίζεται με την πληθώρα ενδιαιτημάτων που διαθέτουν, επιτρέποντας έτσι την παραμονή περισσότερων ειδών (Turner & Tjørne 2005, Gaston & Spicer 2008). Τέλος ο αριθμός των ειδών μια περιοχής μπορεί να καθορίζεται από την δυναμική ισορροπία μεταξύ αποικισμών και εξαφανίσεων, όπως λεπτομερέστατα παρουσίασαν οι MacArthur και Wilson στο βιβλίο τους «Θεωρία της Ισορροπίας της Νησιωτικής Βιογεωγραφίας» (Begon et al. 2015).

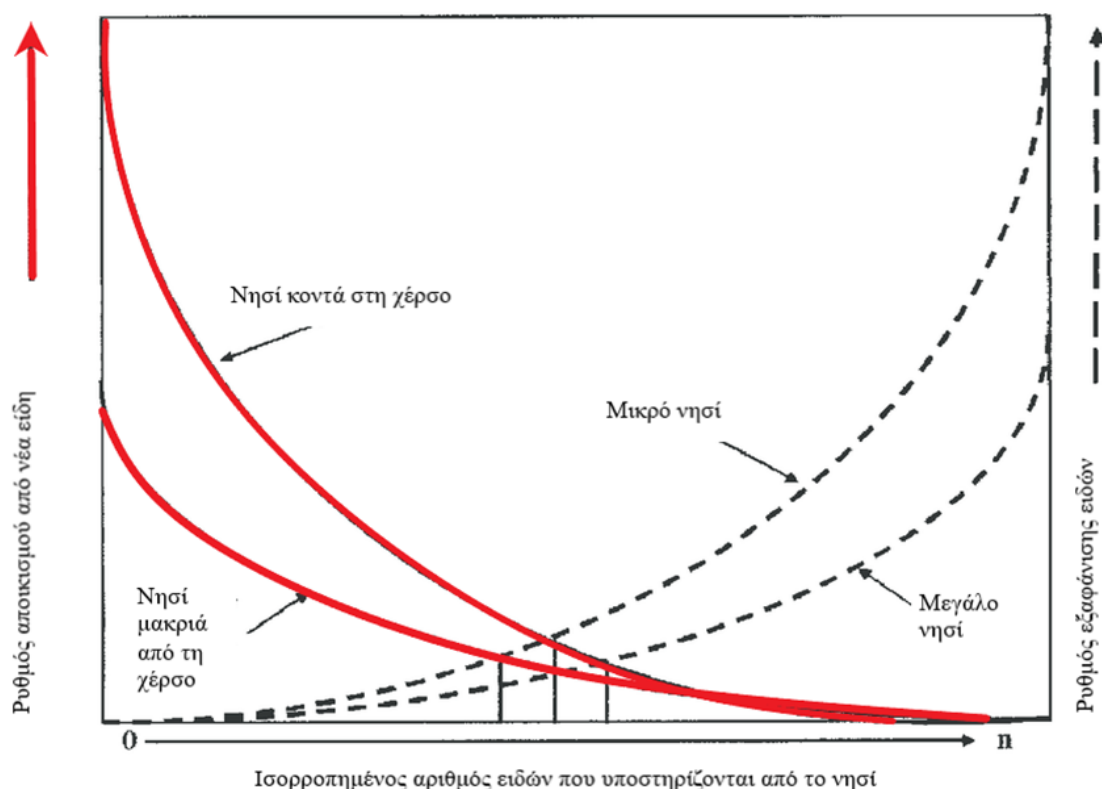
1.1.4. Το SAR στην Βιολογία Διατήρησης

Η σχέση αριθμού ειδών-έκτασης έχει αποκτήσει πρακτικό ενδιαφέρον στην βιολογία διατήρησης. Ένα από τα φλέγοντα ζητήματα τα οποία θίγει αφορά την πρόβλεψη των ειδών που θα εξαφανιστούν εξαιτίας της απώλειας την έκτασης του οικοτόπου (Tessel et al. 2015). Επομένως παροτρύνεται από την επιστημονική κοινότητα η ανάπτυξη μεθοδολογίας που θα θέσει το SAR ως ένα κατάλληλο εργαλείο για τέτοιου είδους προβλέψεις (Triantis et al. 2012). Από μόνο του, όμως, το SAR δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καθολικό εργαλείο για την εκτίμηση των ειδών που εξαφανίζονται, αλλά καθίσταται επιτακτική η ανάγκη για ενσωμάτωση οικολογικών διεργασιών σε ένα τέτοιο προγνωστικό μοντέλο (Matias, et al. 2013). Ορισμένα ωστόσο είδη καταφέρνουν να προσαρμοστούν σε τροποποιημένα από τον άνθρωπο οικοσυστήματα και αυτό έχει οδηγήσει στην εμφάνιση του countryside SAR που παρακάμπτει τέτοια προβλήματα (PEREIRA & DAILY 2006).

1.2. Νησιωτική Βιογεωγραφία

Η βιογεωγραφία, γενικά, αποτελεί την μελέτη των παραγόντων (γεωλογικών, περιβαλλοντικών και ιστορικών) που καθορίζουν τις χωρικές και χρονικές κατανομές των οργανισμών (Helmus & Behm 2019). Οι MacArthur και Wilson πρότειναν το 1967 την θεωρία της νησιωτικής βιογεωγραφίας («The Theory of Island Biogeography» ETIB), βάσει της οποίας ο αριθμός των ειδών που απαρτίζουν ένα νησί είναι συνάρτηση του ρυθμού των αποικισμών και των εξαφανίσεων των ειδών. Οι παράμετροι αυτοί καθορίζονται περαιτέρω από το μέγεθος του νησιού και την απόσταση από την ηπειρωτική γη. Η μεν αύξηση του μεγέθους του νησιού επιφέρει εν γένει μεγαλύτερους ρυθμούς αποικισμού και χαμηλότερους ρυθμούς εξαφανίσεων από τα μικρά νησιά. Η δε

αύξηση της απόστασης του νησιού από το χερσαίο τμήμα συνοδεύεται από χαμηλότερους ρυθμούς αποικισμού και υψηλότερους ρυθμούς εξαφανίσεων (Matthews & Triantis 2021, Campbell et al. 2013) (Διάγραμμα 3.). Ο πλούτος των ειδών παραμένει επομένως σταθερός, αλλά η ταυτότητα των ειδών αλλάζει με την πάροδο του χρόνου καθώς τα είδη εξαφανίζονται και νέα είδη αποικίζουν (Matthews & Triantis 2021).



Διάγραμμα 3. Γραφική αναπαράσταση της θεωρίας της νησιωτικής βιογεωγραφίας (Τροποποιημένο από Merola-Zwartjes 2004).

Εξετάζοντας ένα νεοσύστατο νησί ο ρυθμός αποικισμού στα αρχικά επίπεδα είναι υψηλός, καθώς η εισροή κάθε ατόμου αποικιστή αντιπροσωπεύει ένα νέο είδος για το νησί. Κατόπιν αυξανόμενου του αριθμού ειδών, ο ρυθμός αποικισμού μη εκπροσωπούμενων ειδών ελαττώνεται και ο ρυθμός μετανάστευσης μηδενίζεται εφόσον όλα τα είδη προερχόμενα από μία δεξαμενή ειδών είναι παρόντα στο συγκεκριμένο νησί.

Η εγγύτητα του νησιού στη δεξαμενή ειδών εξασφαλίζει υψηλότερους ρυθμούς εποίκισμού, διότι τα νεοεισαχθέντα είδη έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να εποίκισουν νησιά που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από την πηγή προέλευσής τους. Αντίθετα ο ρυθμός εξαφανίσεων είναι μηδενικός απουσία ειδών και σταδιακά αυξάνεται με την προσθήκη ολοένα και περισσότερων ειδών ως αποτέλεσμα του ανταγωνιστικού αποκλεισμού (Begon et al. 2015). Μικρότερα νησιά παρουσιάζουν μεγαλύτερους ρυθμούς εξαφανίσεων διότι εκ γενετής στερούνται πόρων και ενδαιτημάτων για να υποστηρίξουν τους εποίκιστές (Campbell et al. 2013). Το σημείο τομής των δύο καμπυλών (εποίκισμού και εξαφανίσεων) εκπροσωπεί τον αριθμό των ειδών του νησιού, όπου ανάλογα με το μέγεθός του και το βαθμό απομόνωσης δύναται να μετατοπίσει αυτή την ισορροπία (Begon et al. 2015).

Τα νησιά μπορούν να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, σε αυτή των πραγματικών νησιών (δηλαδή περιοχές γης που περιβάλλονται από νερό) και σε αυτή των νησιωτικών βιοτόπων (δηλαδή περιοχές που περιβάλλονται από διαφορετικές χρήσεις γης) (Matthews & Triantis 2021). Γενικότερα, υπάρχουν διάφοροι τύποι νησιών, με έναν από αυτούς να είναι και τα λιμναία οικοσυστήματα. Οι λίμνες μερικές φορές αντιμετωπίζονται σαν νησιωτικοί βιότοποι, ενώ άλλες ως πραγματικά νησιά (Matthews 2021). Λαμβάνοντας υπόψη αποκλειστικά τα γεωλογικά όρια οι λίμνες μπορούν να θεωρηθούν ως πραγματικά νησιά. Αυτό επίσης μπορεί να αποδειχθεί και από το γεγονός ότι σε πολλές έρευνες οι λίμνες ακολουθούν το πρότυπο της θεωρίας της νησιωτικής βιογεωγραφίας (ETIB) και δεν αποκλίνουν από αυτή, όπως φαίνεται να συμβαίνει στους νησιωτικούς βιότοπους (Matthews 2021). Εξετάζοντας ένα δείγμα 86 λιμνών στην Δανία διαπιστώθηκε ότι ο αριθμός των υδρόβιων σαλιγκαριών αντιστοιχεί σε μία δυναμική ισορροπία που σηματοδοτείται από τον ρυθμό εποίκισμού και εξαφάνισης, όπως

περιγράφεται από το μοντέλο των MacArthur και Wilson (Lassen 1975). Αντίστοιχες έρευνες θέτουν στο στόχαστρο την δυνατότητα εφαρμογής της θεωρίας αυτής στον πλούτο των ειδών πτηνών σε λίμνες. Τέτοια μελέτη εκπονήθηκε ύστερα από παρατηρήσεις ειδών πτηνών σε 14 λίμνες της Ολλανδίας που περιβάλλουν τις πόλεις Ede και Wageningen. Τα ευρήματα δείχνουν να συνάδουν με την θεωρία της νησιωτικής βιογεωγραφίας τουλάχιστον για είδη πτηνών που συγκροτούν μόνιμους πληθυσμούς, καθώς και είδη που περιλαμβάνουν τόσο μόνιμους όσο και διαχειμάζοντες πληθυσμούς (αυξανόμενου του μεγέθους της λίμνης παρατηρούνται περισσότερα είδη, ενώ λιγότερα είδη εντοπίζονται όσο μεγαλώνει η απόσταση της λίμνης από το ποτάμι). Αντιθέτως στα αποκλειστικά διαχειμάζοντα είδη πτηνών πληρείται μόνο το ένα σκέλος της θεωρίας αυτής -η συσχέτιση με την έκταση της λίμνης (Van der Waal 2022).

Τέλος, όλη αυτή η ισορροπία μπορεί πολύ εύκολα να διαταραχθεί από διάφορους παράγοντες, κυρίως ανθρωπογενείς. Αρχικά, πολλές ταξινομικές ομάδες των νησιωτικών οικοσυστημάτων θηρεύονται από τον άνθρωπο, από τα αρχέγονα ακόμα χρόνια για την κάλυψη αναγκών σίτισης και διατροφής (Matthews & Triantis 2021). Άλλοι παράγοντες, που μπορούν να διαταράξουν την ισορροπία αυτή είναι η απώλεια μικροοικοτόπων λόγω ανθρωπογενούς δραστηριότητας, οι ασθένειες που μπορούν να μεταφερθούν από ανθρωπογενώς εισαγόμενα είδη στον νησιωτικό οικότοπο, η κλιματική αλλαγή που μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του οικοτόπου (αν και ο συγκεκριμένος παράγοντας μπορεί να εξαφανίσει ένα είδος αλλά να ανοίξει θέση για κάποιο άλλο) (Matthews & Triantis 2021). Κλείνοντας, είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι τα είδη των νησιωτικών οικοσυστημάτων είναι συχνά πιο επιρρεπή σε τέτοιου είδους διαταραχές εξαιτίας της μικρής έκτασης που απαντώνται ειδικά αν αναφερόμαστε σε κάποιο ενδημικό είδος μιας μόνο νησιωτικής περιοχής (Matthews & Triantis 2021).

1.3. RAMSAR

Η Σύμβαση RAMSAR υπογράφηκε τον Φεβρουάριου του 1972 και τέθηκε σε ισχύ το 1975 και έχει μέχρι και σήμερα στόχο “την διατήρηση και την συνετή χρήση όλων των υγροτόπων, μέσω τοπικών και εθνικών δράσεων και διεθνούς συνεργασίας, ως συμβολή στην επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης σε όλο τον κόσμο”. Σύμφωνα με την Σύμβαση, τα συμβαλλόμενα μέλη δεσμεύονται να εργαστούν για τη συνετή χρήση όλων των υγροτόπων τους, να ορίζουν υγροτόπους για τον κατάλογο Υγροτόπων Διεθνούς Σημασίας (Κατάλογος RAMSAR) και να διασφαλίζουν την αποτελεσματική διαχείριση, καθώς και να συνεργάζονται διεθνώς για διασυνοριακές τοποθεσίες, κοινά συστήματα και κοινά είδη.

Οι τοποθεσίες που βρίσκονται στην λίστα RAMSAR, πληρούν ένα ή περισσότερα από τα 9 κριτήρια που ορίζει η Σύμβαση. Τα κριτήρια αυτά χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία υπάρχει μόνο ένα κριτήριο το οποίο υπογραμμίζει την σημαντικότητα μιας τοποθεσίας εάν αυτή περιέχει ένα αντιπροσωπευτικό, σπάνιο ή μοναδικό παράδειγμα φυσικού ή σχεδόν φυσικού τύπου υγροτόπου που βρίσκεται στην κατάλληλη βιογεωγραφική περιοχή. Στην δεύτερη κατηγορία τοποθετούνται τα υπόλοιπα οκτώ κριτήρια τα οποία αναφέρονται στην διατήρηση της βιολογικής ποικιλότητας μιας περιοχής. Πιο συγκεκριμένα τα πρώτα τρία κριτήρια αναφέρονται στην ύπαρξη, σε μια τοποθεσία, ευάλωτων, απειλούμενων ή κρίσιμωσ απειλούμενων ειδών, απειλούμενων οικολογικών κοινοτήτων και πληθυσμών φυτικών ή/και ζωικών ειδών σημαντικών για τη διατήρηση της βιολογικής ποικιλότητας. Τα επόμενα πέντε κριτήρια αναφέρονται σε συγκεκριμένες ομάδες ειδών με δύο να υπογραμμίζουν την σημαντικότητα της παρουσίας υδρόβιων πτηνών, άλλα δύο της σημαντικότητα της τοποθεσίας για την

διαβίωση ψαριών και τέλος το τελευταίο κριτήριο περιλαμβάνει όλες τις άλλες ταξινομικές ομάδες.

Η Σύμβαση περιλαμβάνει διάφορα μέτρα για την αντιμετώπιση απειλών σύμφωνα με τον οικολογικό χαρακτήρα των τοποθεσιών. Επίσης, η Σύμβαση παρέχει καθοδήγηση στα συμβαλλόμενα μέλη σχετικά με τη διαχείριση των τοποθεσιών RAMSAR.

Αυτή την στιγμή 172 χώρες είναι μέλη της Σύμβασής RAMSAR και υπάρχουν πάνω από 2.400 τοποθεσίες στον κατάλογο RAMSAR, οι οποίες καλύπτουν πάνω από 2,5 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα. Η Ελλάδα έγινε μέλος της Σύμβασης το 1975 και σήμερα έχει χαρακτηρισμένες 10 τοποθεσίες, οι οποίες καλύπτουν έκταση 1.635 km².

Τέλος, κάθε τρία χρόνια, εκπρόσωποι των μελών συναντώνται έτσι ώστε να συμφωνήσουν σε ένα πρόγραμμα εργασίας και δημοσιονομικών ρυθμίσεων. Στις συνεδριάσεις αυτές συμμετέχουν, επίσης εκπρόσωποι τρίτων κρατών, αλλά και διακυβερνητικών ιδρυμάτων και μη κυβερνητικών οργανώσεων ως απλοί παρατηρητές. Κάθε συνεδρίαση περιλαμβάνει έναν αριθμό τεχνικών συνεδριάσεων για τρέχοντα και αναδυόμενα ζητήματα διατήρησης και σωστής χρήσης των υγροτόπων, για την ενημέρωση της Σύμβασης καθώς και για τον προσδιορισμό του σχεδίου καθοδήγησης για τα μέλη.

1.4. Δίκτυο Natura 2000

Το Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί το μεγαλύτερο οργανωμένο δίκτυο προστατευόμενων περιοχών παγκοσμίως και περιλαμβάνει περιοχές οι οποίες είναι τόποι ανάπαυσης ή αναπαραγωγής για σπάνια και απειλούμενα είδη αλλά και περιοχές οι οποίες από μόνες τους αποτελούν ένα σπάνιο φυσικό οικότοπο και χρήζουν

προστασίας. Εκτείνεται σε 27 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και καλύπτει πάνω από το 18% της χερσαίας έκτασης και περίπου το 8% της θαλάσσιας. Στην επικράτεια του περιλαμβάνονται τόσο αυστηρά φυσικά καταφύγια όσο και περιοχές όπου η ανθρωπογενής δραστηριότητα είναι επιτρεπτή. Σε κάθε περίπτωση, όμως, τα κράτη μέλη πρέπει να διασφαλίζουν ότι η διαχείριση των περιοχών αυτών γίνεται με βιώσιμο τρόπο, για τη διασφάλιση της επιβίωσης τόσο των ειδών όσο και των οικοτόπων.

Το δίκτυο Natura 2000 πλαισιώνεται από δύο Οδηγίες. Η πρώτη Οδηγία εγκρίθηκε το 1979 (Οδηγία 79/409/ΕΟΚ) και τροποποιήθηκε το 2009 (Οδηγία 2009/147/ΕΚ), ενώ η δεύτερη Οδηγία υπογράφηκε αρκετά χρόνια αργότερα, το 1992 (Οδηγία 92/43/ΕΟΚ) και αφορά γενικά τους οικοτόπους.

Η Οδηγία για τα Πτηνά (Οδηγία 2009/147/ΕΚ) στοχεύει στην προστασία όλων των άγριων πτηνών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς και των οικοτόπων που αυτά διαβιούν. Για τον σκοπό αυτό στο Δίκτυο Natura 2000 υπάρχουν χαρακτηρισμένες περιοχές ως “Ζώνες Ειδικής Προστασία (SPAs)”. Σήμερα, υπάρχουν πάνω από 5400 SPAs σε όλη την Ευρώπη, οι οποίες καλύπτουν περισσότερα από 832.000 km². Ουσιαστικά τα κράτη μέλη είναι απαραίτητο να προβούν σε απαγόρευση οποιασδήποτε μορφής εκμετάλλευση και διατάραξη της ορνιθοπανίδας.

Η Οδηγία για τους Οικοτόπους (Οδηγία 92/43/ΕΟΚ) στοχεύει στην προστασία περισσότερων από χιλίων ειδών, συμπεριλαμβανομένων θηλαστικών, ερπετών, αμφιβίων, ασπόνδυλων, ψαριών και φυτών, καθώς και 230 χαρακτηριστικών τύπων οικοτόπων. Για τον σκοπό αυτό έχουν οριστεί “Ειδικές Περιοχές Διατήρησης (SACs)”, οι οποίες συμπίπτουν με τις SPAs. Όταν, μια περιοχή έχει χαρακτηριστεί ως SACs και SPAs, η προστασία της περιοχής δεν πλαισιώνεται αποκλειστικά γύρω από την

διατήρηση της ορνιθοπανίδας αλλά γύρω και από άλλες ταξινομικές ομάδες που χρήζουν προστασία.

Η Ευρώπη αποτελείται από μια ποικιλία άγριας ζωής και ενδιαιτημάτων που πολλά από αυτά δεν απαντώνται πουθενά αλλού στον κόσμο. Επί σειρά ετών μεγάλο μέρος της φυσικής κληρονομιάς έχει χαθεί και περίπου πάνω από τον ένα τρίτο των πτηνών και το ένα τέταρτο των ζωικών ειδών γενικότερα απειλείται με εξαφάνιση. Όλα τα παραπάνω οφείλονται κυρίως στην αστική εξάπλωση, την εντατική γεωργία, την αλιεία, τη ρύπανση, και άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Έτσι, γίνεται φανερό ότι είναι επιτακτική η ανάγκη προστασίας των τόσο μοναδικών ειδών και ενδιαιτημάτων.

1.5. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της ύπαρξης σχέσης μεταξύ έκτασης των λιμνών-λιμνοθαλασσών με τον αριθμό των ειδών πτηνών, ψαριών και ασπόνδυλων στις χώρες της βαλκανικής χερσονήσου και της Κύπρου και η εξέταση της καθολικότητας του δυναμικού μοντέλου SAR στα δεδομένα μας, ξεχωριστά για κάθε χώρα και συλλογικά.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Περιοχή έρευνας

Επίκεντρο της έρευνας ήταν οι χώρες της Βαλκανικής χερσονήσου και συγκεκριμένα οι 9 από τις 13 (Ελλάδα, Σλοβενία, Κροατία, Βουλγαρία, Ρουμανία, Σερβία, Μαυροβούνιο, Βόρεια Μακεδονία, Αλβανία) συμπεριλαμβανομένης της Κύπρου.

Η μετέπειτα εξαγωγή των αποτελεσμάτων βασίστηκε πρωταρχικώς στη συστηματική καταγραφή της έκτασης των λιμνών-λιμνοθαλασσών σε km² και της βιοποικιλότητας (ως αριθμός ειδών) των πτηνών, ψαριών και ασπόνδυλων που φιλοξενούνται σε κάθε μία εξ αυτών αντίστοιχα. Για κάθε χώρα εντοπίστηκε ένας αριθμός λιμνών (φυσικών και τεχνητών), καθώς και λιμνοθαλασσών και σημειώθηκαν οι αντίστοιχες εκτάσεις τους σε km², τιμές που λήφθηκαν από πληθώρα βιβλιογραφικών πηγών (<https://www.wikipedia.org/>, Anon. (2004), I.A.CO Environmental and Water Consultants Ltd & Πτηνολογικός Σύνδεσμος Κύπρου (2016), I.A.CO Environmental and Water Consultants Ltd & Πτηνολογικός Σύνδεσμος Κύπρου (2016) κ.λπ.). Σημειώνεται ότι στην περίπτωση της λίμνης Skadar (Μαυροβούνιο-Αλβανία) επιλέχθηκε μία μέση τιμή επιφάνειας, καθώς δινόταν ένα εύρος στην έκταση στις βιβλιογραφικές πηγές και παράλληλα συμπεριλήφθηκε και στις δύο χώρες. Στην μετέπειτα όμως επεξεργασία η λίμνη Skadar συμμετείχε μόνο μία φορά λόγω της ομοιότητας των στοιχείων μεταξύ των δύο χωρών (βρέθηκε μία πηγή που παρουσίαζε την συνολική βιοποικιλότητα της λίμνης).

Στην Ελλάδα επιλέχθηκαν συνολικά 22 λίμνες και λιμνοθάλασσες, ενώ στην Κύπρο, Σλοβενία, Κροατία, Βουλγαρία και Ρουμανία 12, 5, 14, 19 και 21 αντίστοιχα. Για τις υπόλοιπες χώρες: Σερβία, Μαυροβούνιο, Βόρεια Μακεδονία και Αλβανία ο αριθμός ήταν πιο περιορισμένος και κατά σειρά 9, 1, 4 και 5. Επιστρατεύοντας το εργαλείο google

earth υλοποιήθηκε η απεικόνιση και σήμανση των λιμνών και λιμνοθαλασσών, μέσω δορυφορικής εικόνας, για το σύνολο των χωρών και οι χάρτες που προέκυψαν παρουσιάζονται στο παράρτημα (Παράρτημα Ι).

2.2. Καταγραφή αριθμού ειδών

Ακολουθήθηκε διαφορετική προσέγγιση για τον προσδιορισμό του αριθμού των ειδών (πτηνών, ψαριών, ασπόνδυλων) στις περιοχές μελέτης, με κριτήριο την παρουσία τους εντός ή εκτός δικτύου Natura 2000.

Επομένως για τις χώρες Ελλάδα, Κύπρος, Σλοβενία, Κροατία, Βουλγαρία και Ρουμανία που υπάγονται στο Δίκτυο Natura 2000 τα δεδομένα της βιοποικιλότητας συλλέχθηκαν από έτοιμες βάσεις δεδομένων που διατίθενται στον ιστότοπο <https://natura2000.eea.europa.eu/expertviewer/>, με αναζήτηση κωδικών που αντιστοιχούν στις εκάστοτε λίμνες-λιμνοθάλασσες ή σε περιοχές στις οποίες οι λίμνες-λιμνοθάλασσες αποτελούν μέρος αυτών. Επιλέχθηκαν οι σύνδεσμοι τόσο για τις οδηγίες που αφορούν τους οικοτόπους (Habitat Directive Sites), όσο και τις οδηγίες που αναφέρονται στα πτηνά (Birds Directive Sites). Αντιθέτως για την συλλογή δεδομένων στη Σερβία, το Μαυροβούνιο, τη Βόρεια Μακεδονία και την Αλβανία αντλήθηκαν πληροφορίες από μεμονωμένες εργασίες-εκθέσεις, από τον ιστότοπο <https://www.ramsar.org/>, στοιχεία αναρτημένα σε εθνικά πάρκα και σε περιορισμένο μόνο αριθμό από την Wikipedia.

2.3. Συγκέντρωση δεδομένων

Το σύνολο των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν μεταφέρθηκαν σε υπολογιστικά φύλλα του Microsoft excel, για μετέπειτα επεξεργασία.

α/α	Λίμνες	Έκταση(km ²) Βιβλιογραφικά	Κωδικός	Πτηνά	Ψάρια	Ασπόνδυλα
1	Μικρή και Μεγάλη Πρέσπα	259	GR1340001	152	8	4
2	Βόλβη και Κορώνεια	112,5	GR1220001	117	8	2
3	Τριχωνίδα και Λυσιμαχία	111,8	GR2310009, GR2310013	63	11	3
4	Βεγορίπδα και Πετρών	66,6	GR1340004, GR1340007	64	4	3
5	Δοϊράνη	43,1	GR1230003, GR1230002	35	4	0

Εικόνα 1. Δείγμα καταχώρησης των δεδομένων στο Microsoft excel. Εκτός από τον αύξοντα αριθμό, την ονομασία των λιμνών-λιμνοθαλασσών, την αφθονία πτηνών, ψαριών και ασπόνδυλων αναγράφεται και ο κωδικός της περιοχής Natura (GR. αντιστοιχεί στην Ελλάδα).

2.4. Εξαγωγή εξισώσεων SAR

Μετά το πέρας της συγκέντρωσης των δεδομένων σηματοδοτήθηκε η εκκίνηση για τη διερεύνηση των εξισώσεων. Σε κάθε χώρα εξετάστηκε η σχέση αριθμός ειδών πτηνών-έκτασης, αριθμός ειδών ψαριών-έκτασης και αριθμός ειδών ασπόνδυλων-έκτασης. Τέτοιες συσχετίσεις διερευνήθηκαν και για το σύνολο των χωρών εντός και εκτός δικτύου Natura 2000.

Ο προσδιορισμός της καταλληλότερης εξίσωσης για τα δεδομένα έγινε με την χρήση του πακέτου mmSAR στο δωρεάν λογισμικό ανοιχτού κώδικα R. Το πακέτο mmSAR, αποτελεί μια ευέλικτη εφαρμογή του SAR για σύνολα δεδομένων αριθμού ειδών-έκτασης (Guilhaumon et. al. 2010). Το πακέτο παρέχει την δυνατότητα εξέτασης μιας σειράς 8 εξισώσεων-μοντέλων (Πίνακας 3.) και την επιλογή εκείνης της εξίσωσης που ερμηνεύει καλύτερα τα δεδομένα μας, λαμβάνοντας υπόψη τα κριτήρια AIC και AICc (Guilhaumon et al. 2010).

Πίνακας 3. Τα μοντέλα και οι εξισώσεις, που τα αντιπροσωπεύουν, στο πακέτο mmSAR. S: αριθμός ειδών. A: έκταση. z, c, f: υπολογιζόμενοι παράμετροι.

Όνομα μοντέλου	Κωδική Ονομασία	Εξίσωση
Power	power	$S = cA^z$
Exponential	expo	$S = c + z\log(A)$
Negative exponential	negexpo	$S = c(1 - e^{-zA})$
Monod	monod	$S = \frac{cA}{z + A}$
Rational function	ratio	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$
Logistic	logist	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$
Lomolino	lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$
Cumulative Weibull	weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$

Το κριτήριο AIC πρακτικά υπολογίζει τα δεδομένα που έχουν χαθεί όταν η κατανομή της πιθανότητας f που σχετίζεται με το αληθινό μοντέλο προσεγγίζεται από την κατανομή της πιθανότητας g , η οποία σχετίζεται με το μοντέλο που πρόκειται να αξιολογηθεί. Υπολογίζεται από τον τύπο:

$$AIC = -2\log L + 2V \quad (2. 1)$$

όπου το L αντικατοπτρίζει την μέγιστη πιθανότητα του υπό εξέταση μοντέλου και προσδιορίζεται από την παράμετρο V με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η πιθανότητα ότι το υπό εξέταση μοντέλο έχει δημιουργήσει τα παρατηρούμενα δεδομένα. Αντίθετα το κριτήριο AICc υπολογίζει ακριβώς την ίδια απώλεια δεδομένων με την

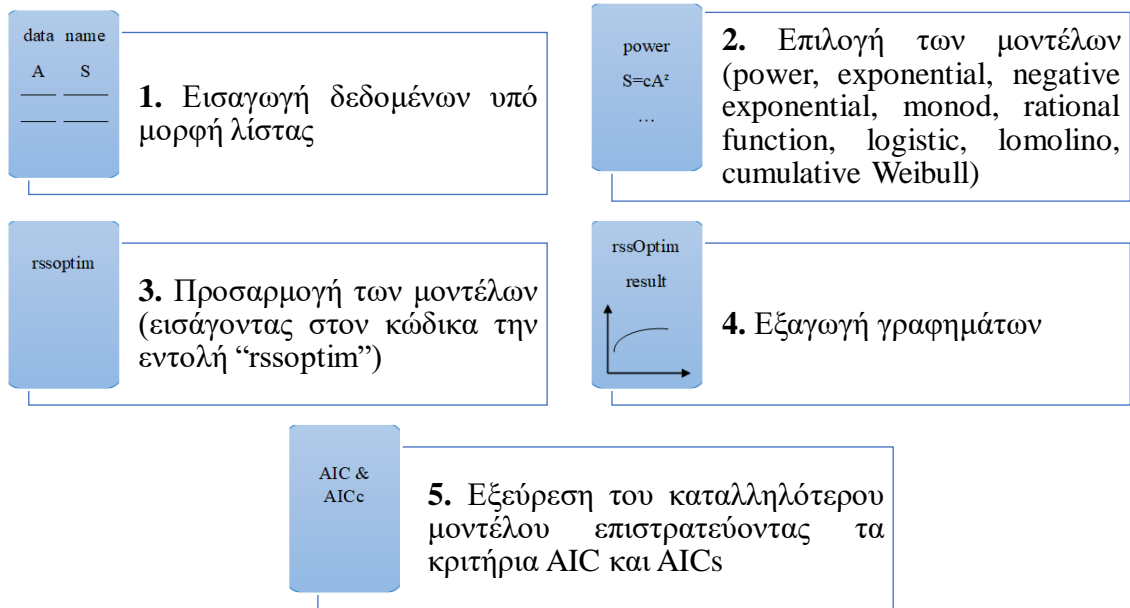
διαφορά ότι έχει προσαρμοστεί ο τύπος υπολογισμού του έτσι ώστε να ταιριάζει καλύτερα σε μικρά δείγματα και δίνεται από τον τύπο:

$$AICc = -2\log L + 2V + \left(\frac{2V(V+1)}{n-V-1} \right) \quad (2. 2)$$

(Guilhaumon et al. 2010). Όταν το κριτήριο AIC διαφέρει πάνω από 2 μονάδες τότε η επιλογή του μοντέλου είναι σίγουρη. Στην προκειμένη περίπτωση όλοι οι παραπάνω υπολογισμοί επιτεύχθηκαν αυτόματα από το επιλεγμένο πρόγραμμα.

Στο συγκεκριμένο λογισμικό έγινε εισαγωγή των δεδομένων σε μορφή λίστας 2 μεταβλητών. Η πρώτη μεταβλητή περιλάμβανε την ονομασία και η δεύτερη τα δεδομένα έκτασης και αριθμού ειδών σε μορφή πλαισίου δεδομένων (data.frame). Στην συνέχεια, μέσω του πακέτου εξετάστηκε η πιθανότητα αντιστοίχισης των δεδομένων σε κάθε μορφή εξίσωσης και υπολογίστηκαν οι παράμετροι “c”, “z” και “f”, καθώς και τα κριτήρια AIC και AICc. Η επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου για τα δεδομένα μας, πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το κριτήριο AICc, το οποίο είναι παρόμοιο με το AIC, αλλά αποτελεί μια διορθωμένη μορφή έτσι ώστε να ταιριάζει καλύτερα σε μικρά δείγματα. Εξαιρεση αποτέλεσαν οι εξισώσεις για το σύνολο των χωρών εντός ΕΕ, όπου το πλήθος των δεδομένων επέτρεψε την χρήση του κριτηρίου AIC.

Για την εξαγωγή των διαγραμμάτων επιστρατεύτηκε το λογισμικό R. Βάση αυτού σχεδιάστηκε αρχικά το γράφημα διασποράς χρησιμοποιώντας την εντολή “plot” και κατόπιν χαράχθηκε η βέλτιστη καμπύλη με την εισαγωγή της εντολής “lines”. Σε κάθε χώρα του δικτύου Natura 2000 αντιστοιχήθηκαν 3 διαγράμματα, ένα για κάθε SAR. Επίσης 3 διαγράμματα προέκυψαν από τη συνένωση όλων των δεδομένων από τις χώρες εντός του δικτύου Natura 2000. Το ίδιο πραγματοποιήθηκε και για τις χώρες που ευρίσκονται εκτός του δικτύου Natura 2000.



Εικόνα 2. Περιληπτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την επιλογή των εξισώσεων και την γραφική απεικόνιση για κάθε σύνολο δεδομένων.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από το σύνολο των 112 λιμνών και λιμνοθαλασσών οι 98 χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, οι υπόλοιπες απορρίφθηκαν λόγω της μικρής τους έκτασης συγκριτικά με τις υπόλοιπες, ενώ ορισμένες διασυνοριακές λίμνες συμπεριλήφθηκαν μόνο μια φορά για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων για τις χώρες εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης και κατά συνέπεια εκτός του δικτύου Natura 2000.

Τα αποτελέσματα που περιγράφονται σε αυτή την ενότητα αναλύονται ξεχωριστά για κάθε χώρα και για τις χώρες που δεν υπάγονται στο δίκτυο Natura 2000 υπάρχει ξεχωριστή υποενότητα όπου ομαδοποιούνται ως ενιαίο σύνολο, εξαιτίας του περιορισμένου όγκου δεδομένων. Για κάθε σχέση αριθμού ειδών-έκτασης ακολουθούν συγκεντρωτικοί πίνακες (Πίνακας 4, 5, 6) που συνοψίζουν τις τιμές των παραμέτρων c , z , f , του συντελεστή προσδιορισμού R^2 και των δύο κριτηρίων (AIC, AICc) που αντιστοιχούν στο περισσότερο συμβατό μοντέλο. Στο παράρτημα παρατίθενται αναλυτικά όλα τα αποτελέσματα που έδωσε η R από την δοκιμή της κάθε συνάρτησης (exponential, power, negative exponential, monod, rational function, logistic, lomolino, cumulative weibull), ούτως ώστε ο αναγνώστης να αντιληφθεί τις διαφορές και να κατανοήσει τον τρόπο με τον οποίο επιλέχθηκαν τα μοντέλα (Παράρτημα II).

3.1. Ελλάδα

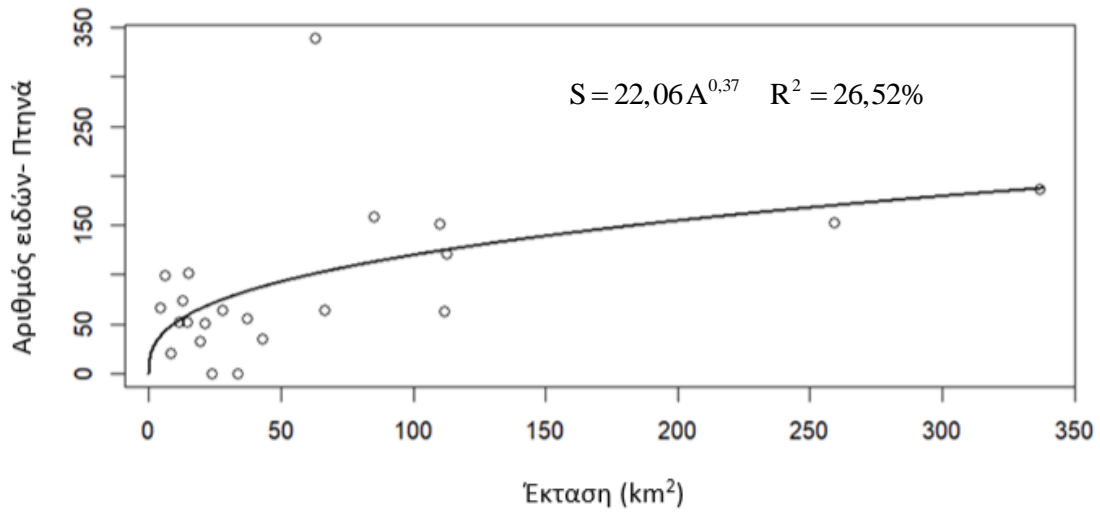
Στην Ελλάδα εξετάστηκαν 14 λίμνες και 8 λιμνοθάλασσες με εκτάσεις εύρους από 4,20 km² έως 336,90 km². Ο αριθμός των καταγεγραμμένων ειδών πτηνών κυμάνθηκε μεταξύ 0 και 339, με τα ψάρια και τα ασπόνδυλα να απουσιάζουν από κάποιες λίμνες ή λιμνοθάλασσες. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις υπήρξαν καταγραφές 17 ειδών ψαριών

και 9 ασπόνδυλων, τιμές που συμπίπτουν με τον μέγιστο αριθμό καταγεγραμμένων ειδών ψαριών και ασπόνδυλων στις περιοχές μελέτης.

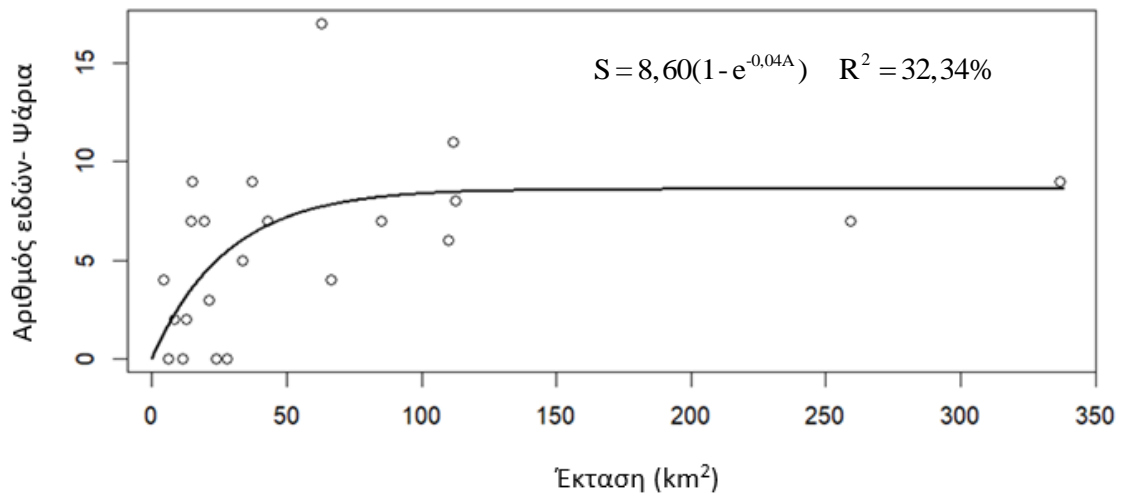
Από το σύνολο των μοντέλων που εξετάστηκαν φαίνεται να προσαρμόζεται καλύτερα το δυναμικό για τη σχέση πλούτου πτηνών-έκτασης ($AICc=189,9505$). Οι σταθερές c και z βρέθηκαν ίσες με 22,06 και 0,37 αντίστοιχα και το μοντέλο ερμήνευσε τις διακυμάνσεις του αριθμού των ειδών συναρτήσει της έκτασης (R^2) κατά 26,52%. Επομένως η εξίσωση που αντικατοπτρίζει την σχέση έκτασης-αριθμού ειδών πτηνών για τις ελληνικές λίμνες-λιμνοθάλασσες παίρνει την μορφή $S = 22,06A^{0,37}$ χαράσσοντας μία δυναμική καμπύλη με κλίση ίση με z (0,37) (Διάγραμμα 4.).

Η αρνητική εκθετική συνάρτηση κρίθηκε η πλέον κατάλληλη για να περιγράψει την σχέση πλούτου ψαριών-έκτασης ($AICc=61,01533$). Τα c και z έλαβαν τιμές 8,60 και 0,04 αντίστοιχα, ενώ οι δύο μεταβλητές (αριθμός ειδών, έκταση) συσχετίστηκαν με ένα ποσοστό 32,34%. Πρόκειται για γραφική απεικόνιση με γραμμή τάσης $S = 8,60(1 - e^{-0,04A})$ η οποία αντανάκλα τη σχέση που συνδέει τον αριθμό των ειδών ψαριών με την έκταση των ελληνικών λιμνών και λιμνοθαλασσών (Διάγραμμα 5.).

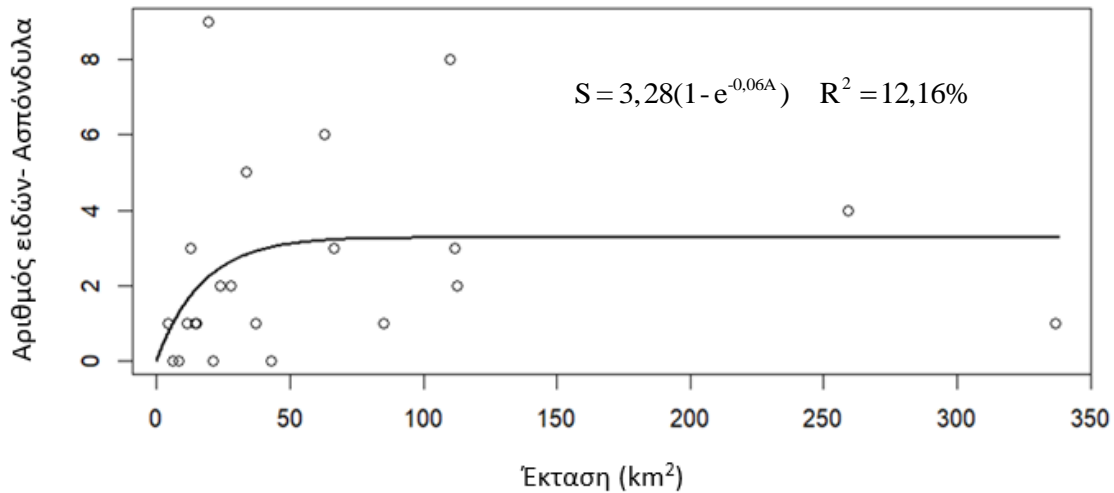
Τέλος το αρνητικό εκθετικό μοντέλο ανταποκρινόταν καλύτερα στη σχέση πλούτου ασπόνδυλων-έκτασης ($AICc=44,35384$) και κατά συνέπεια αυτή ερμηνευόταν από την εξίσωση $S = 3,28(1 - e^{-0,06A})$, όπου $c=3,28$ και $z=0,06$ και $R^2=12,61\%$. Η καμπύλη αυτής της συνάρτησης παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 6. Συνεπώς από τις παραπάνω εξισώσεις μπορούν να εκτιμηθούν ο πλούτος των πτηνών, ψαριών και ασπόνδυλων των ελληνικών λιμνών-λιμνοθαλασσών με αντικατάσταση της έκτασης.



Διάγραμμα 4. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των πτηνών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών της ελληνικής επικράτειας, επιστρατεύοντας το δυναμικό μοντέλο.



Διάγραμμα 5. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των ψαριών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών της ελληνικής επικράτειας, επιστρατεύοντας το αρνητικό εκθετικό μοντέλο.



Διάγραμμα 6. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των ασπόνδυλων συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών της ελληνικής επικράτειας, επιστρατεύοντας το αρνητικό εκθετικό μοντέλο.

3.2. Κύπρος

Στην Κύπρο από το σύνολο των 12 λιμνών αξιοποιήθηκαν μόνο οι 11 για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Εξαιρέθηκε η λίμνη Γερμασόγεια διότι η έκτασή της ήταν αρκετά μικρή συγκριτικά με τις υπόλοιπες. Οι λίμνες διέθεταν εκτάσεις εύρους 0,175 km² έως 3,6 km², με την αφθονία των πτηνών που φιλοξενούνται σ' αυτές να κυμαίνονται μεταξύ 21 και 167. Ο μέγιστος αριθμός καταγεγραμμένων ειδών ψαριών και ασπόνδυλων ήταν 1 (εντοπίστηκε μόνο μία καταγραφή ενός είδους ψαριού στην λίμνη Ορόκλινης) και 5 αντίστοιχα. Υπήρξαν και λίμνες στις οποίες δεν αναφέρθηκαν καταγραφές σε ψάρια και ασπόνδυλα.

Από το σύνολο των μοντέλων που εξετάστηκαν αποδεικνύεται ότι περισσότερο ταιριαστή ήταν η εξίσωση monod (AICc=88,31487) για τη σχέση μεταξύ έκτασης και αριθμού ειδών πτηνών. Η σταθερά c έλαβε τιμή ίση με 104,99 και η z ίση με 0,09 και ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) υπολογίστηκε σε 9,87% (ή 0,0987). Επομένως η εξίσωση που αντανάκλα τη σχέση που συνδέει τον αριθμό των ειδών με την έκταση των

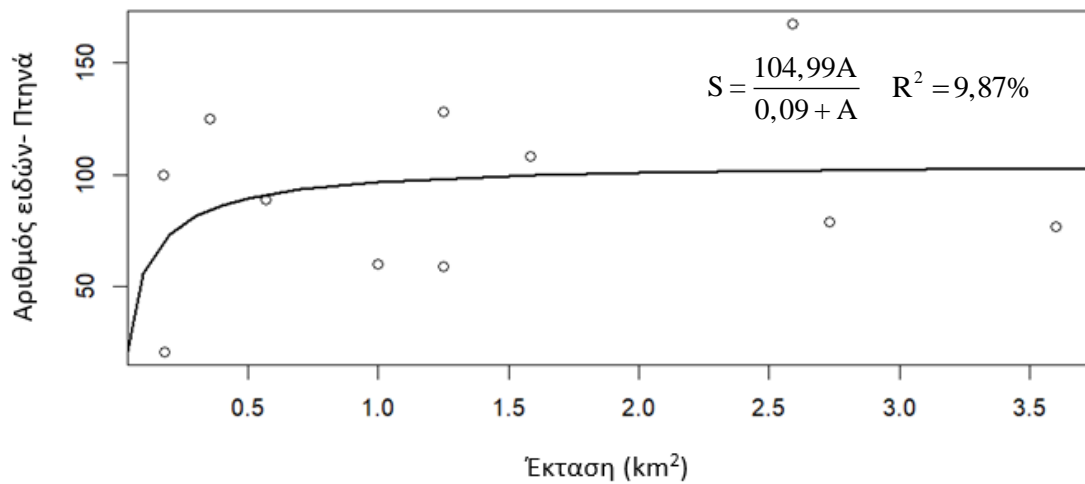
κυπριακών λιμνών λαμβάνει την μορφή $S = \frac{104,99A}{0,09 + A}$. Στο διάγραμμα (Διάγραμμα 7.)

φαίνεται ότι αυξανόμενου της έκτασης παρατηρείται αύξηση στα είδη των πτηνών, αλλά στην πορεία εμφανίζεται μία στατικότητα καθώς παρατηρούνται μικρότερες σε έκταση λίμνες με μεγάλη αφθονία (ίση ή και μεγαλύτερη από τις μεγαλύτερες λίμνες). Η εξίσωση *monod* εξίσου αποδείχτηκε η πλέον κατάλληλη για να περιγράψει τη σχέση αριθμού ειδών ψαριών-έκτασης ($AICc = -17,99709$). Το *c* βρέθηκε ίσο με 0,09 και το *z* με 0,01 και οι μεταβλητές (έκταση και αριθμός ειδών) εμφάνισαν χαμηλή συσχέτιση της τάξης 0,0036%. Με βάση τα παραπάνω σχηματίστηκε μία καμπύλη με γραμμική τάσης

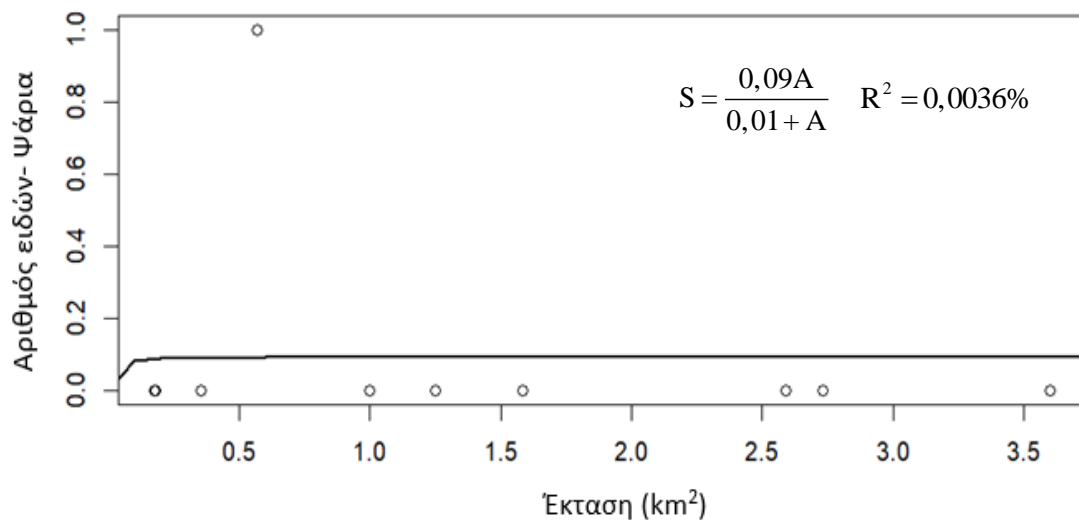
$S = \frac{0,09A}{0,01 + A}$, η οποία εκπροσωπεί τη σχέση που συνδέει την έκταση των κυπριακών

λιμνών με τον αριθμό των ειδών ψαριών (Διάγραμμα 8.). Εφόσον υπάρχει μόνο ένα καταγεγραμμένο είδος ψαριού σε μία μόνο λίμνη η καμπύλη δεν μπορεί να είναι ενδεικτική για το σύνολο των κυπριακών λιμνών. Συνεπώς είναι εύλογο να πούμε ότι το δίκτυο Natura 2000 στην περιοχή αυτή δεν έχει επιτύχει κάποια οργανωμένη και συστηματική καταγραφή ψαριών. Τέλος το δυναμικό και αρνητικό εκθετικό μοντέλο εμφάνισαν την ίδια πιθανότητα προσαρμογής ($AICc = 17,08879$) στα δεδομένα έκτασης και αριθμού ειδών ασπόνδυλων. Στο μεν δυναμικό μοντέλο τα *c* και *z* υπολογίστηκαν ίσα με 0,97 και 1,00 αντίστοιχα, στο δε αρνητικό εκθετικό 25009030 και 0,000000039 και ο συντελεστής R^2 και στα δύο ήταν ίσος με 28,17%. Το δυναμικό μοντέλο μας δίνει πιο βολικές τιμές *c* και *z* και ταυτόχρονα αποτελεί την πιο απλοϊκή μορφή που θα μπορούσαμε να συναντήσουμε και ως εκ τούτου επιλέχθηκε από εμάς ως η βέλτιστη επιλογή. Επομένως η σχέση έκτασης-αριθμού ειδών ασπόνδυλων εκπροσωπείται από την εξίσωση $S = 0,97A^1$, με κλίση της καμπύλης ίση με *z*. Επειδή το *z* είναι κοντά στην μονάδα η συνάρτηση προσεγγίζει την μορφή $y=ax$, μία ευθεία γραμμή που διέρχεται από

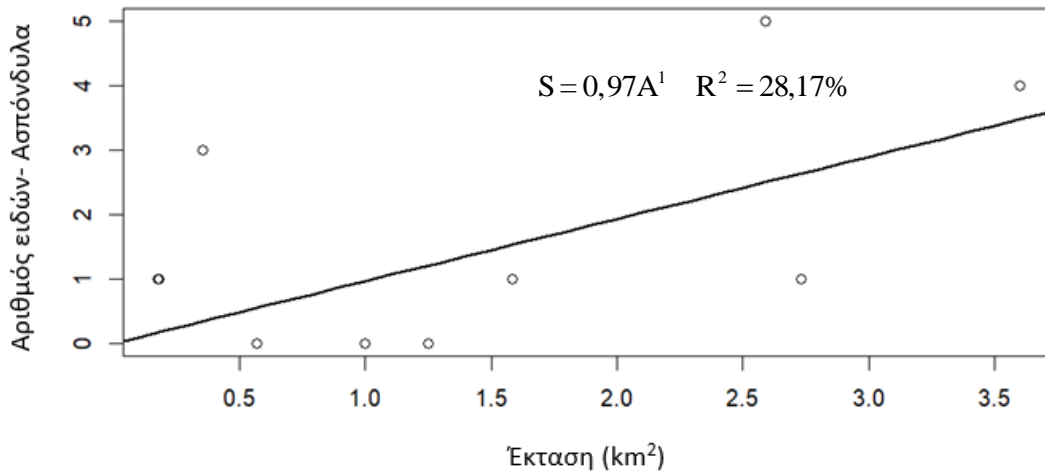
την αρχή των αξόνων, γνωστή ως διχοτόμος. Στην περίπτωση των ασπόνδυλων η κατανομή τους είναι σχεδόν ομοιόμορφη εκατέρωθεν της καμπύλης. Κατά κύριο λόγο υψηλότερο αριθμό ειδών εμφανίζουν μεγαλύτερες σε μέγεθος λίμνες και μόνο μία εκ των μικρότερων λιμνών παρουσιάζει σχετικά μεγάλο αριθμό ειδών (Διάγραμμα 9.).



Διάγραμμα 7. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των πτηνών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών της Κύπρου, επιστρατεύοντας την εξίσωση monod.



Διάγραμμα 8. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των ψαρών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών της Κύπρου, επιστρατεύοντας την εξίσωση monod. Μόνο στην λίμνη Ορόκλινης είναι αισθητή/εμφανής η παρουσία ενός είδους ιχθύος.



Διάγραμμα 9. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των ασπόνδυλων συναρτήσει της έκτασης των λιμνών της Κύπρου, επιστρατεύοντας το δυναμικό μοντέλο.

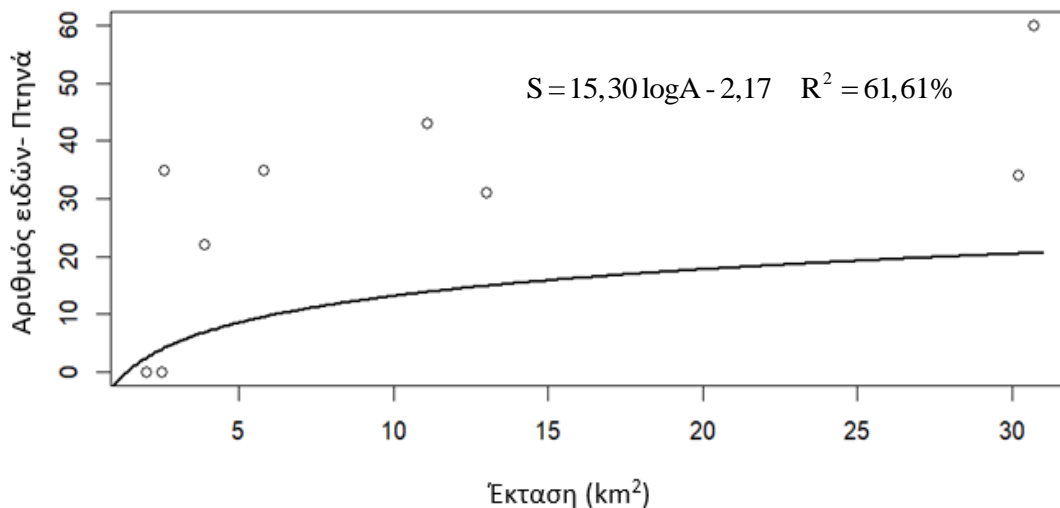
3.3. Κροατία

Οι 10 εκ των 14 λιμνών της Κροατίας χρησιμοποιήθηκαν για περαιτέρω ανάλυση, ενώ οι υπόλοιπες απορρίφθηκαν κατά την τελική επεξεργασία. Οι εκτάσεις των λιμνών εμφάνισαν ένα εύρος τιμών 2,01-30,70 km². Τα είδη πτηνών βάση του δικτύου Natura 2000 αριθμούσαν από 0 (απουσία καταγραφών σε κάποιες λίμνες) έως 60, ενώ οι διακυμάνσεις στον αριθμό ειδών για τα ψάρια και τα ασπόνδυλα από 0 έως 9 και στις δύο κατηγορίες.

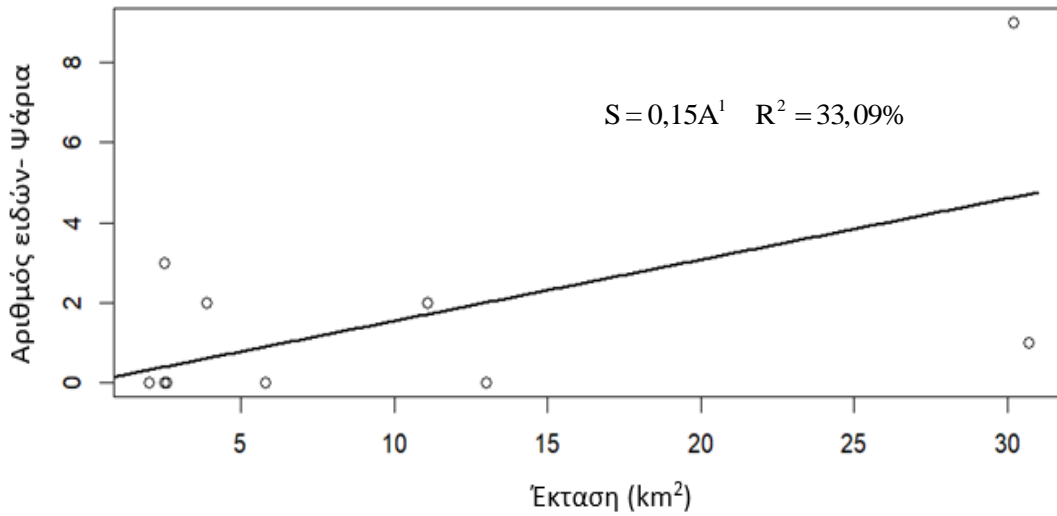
Από το σύνολο των μοντέλων που εξετάστηκαν φαίνεται να προσαρμόζεται καλύτερα το εκθετικό (AICc=59,66846) για την περιγραφή της σχέσης που συνδέει την έκταση των λιμνών με τον πλούτο των πτηνών. Οι σταθερές c και z βρέθηκαν ίσες με $-2,17$ και $15,30$ αντίστοιχα και το μοντέλο αυτό ερμήνευσε τις διακυμάνσεις της αφθονίας συναρτήσει της έκτασης κατά 61,61%. Επομένως η εξίσωση που αντικατοπτρίζει την σχέση αριθμού ειδών-έκτασης πτηνών για τις κροατικές λίμνες παίρνει την μορφή $S = -2,17 + 15,30 \log A$, χαράσσοντας μία εκθετική καμπύλη (Διάγραμμα 10.).

Για τη σχέση αριθμού ειδών ψαριών-έκτασης 2 εξισώσεις χαρακτηρίστηκαν ως οι πλέον κατάλληλες ($AICc=25,45473$) για την περιγραφή των διακυμάνσεων στο πλούτο: η δυναμική όπου $S=0,15A^1$ με $c=0,15$ και $z=1,00$ και η αρνητική εκθετική όπου $S=12958860(1-e^{-0,000000012A})$ με $c=12958860$ και $z=0,000000012$ με R^2 ίσο με 33,09%. Η γραφική αναπαράσταση και των δύο συναρτήσεων είναι ακριβώς η ίδια και αποτελεί μία γραμμική καμπύλη, διερχόμενη από την αρχή των αξόνων (Διάγραμμα 11.). Το δυναμικό μοντέλο μας δίνει πιο βολικές τιμές c και z και ταυτόχρονα αποτελεί την πιο απλοϊκή μορφή που θα μπορούσαμε να συναντήσουμε και ως εκ τούτου επιλέχθηκε από εμάς ως η βέλτιστη επιλογή. Επομένως η σχέση έκτασης-αριθμού ειδών ψαριών εκπροσωπείται από την εξίσωση $S=0,15A^1$ με κλίση της καμπύλης ίση με z .

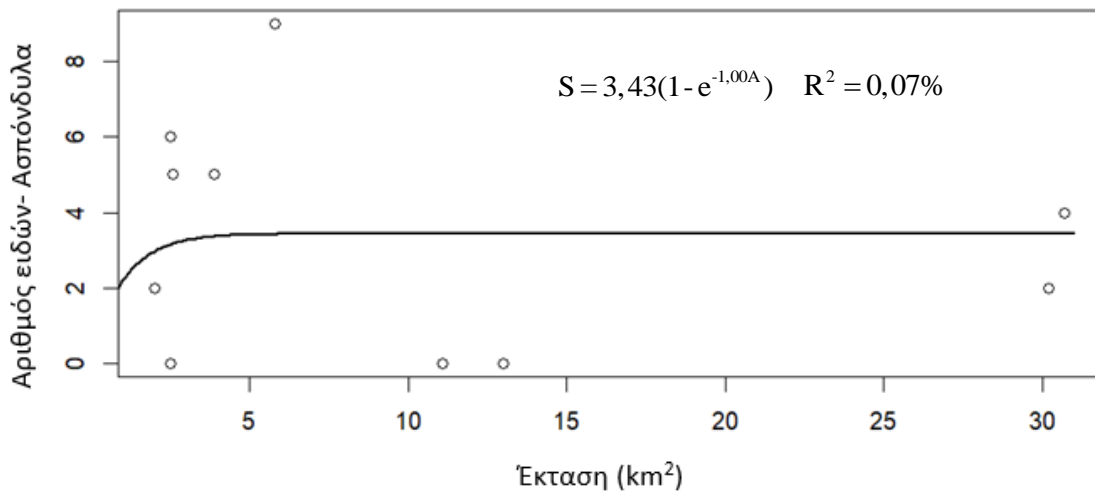
Τέλος το αρνητικό εκθετικό μοντέλο ανταποκρινόταν καλύτερα στη σχέση αριθμού ειδών-έκτασης ασπόνδυλων ($AICc=31,04659$) και κατά συνέπεια αυτή ερμηνευόταν από την εξίσωση $S=3,43(1-e^{-1,00A})$ όπου $c=3,43$, $z=1,00$ και $R^2=0,07\%$ (Διάγραμμα 12.).



Διάγραμμα 10. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των πτηνών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών της Κροατία, επιστρατεύοντας το εκθετικό μοντέλο.



Διάγραμμα 11. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των ψαριών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών της Κροατία, επιστρατεύοντας το δυναμικό μοντέλο. Η ίδια καμπύλη αντιστοιχεί στην στο αρνητικό εκθετικό μοντέλο.



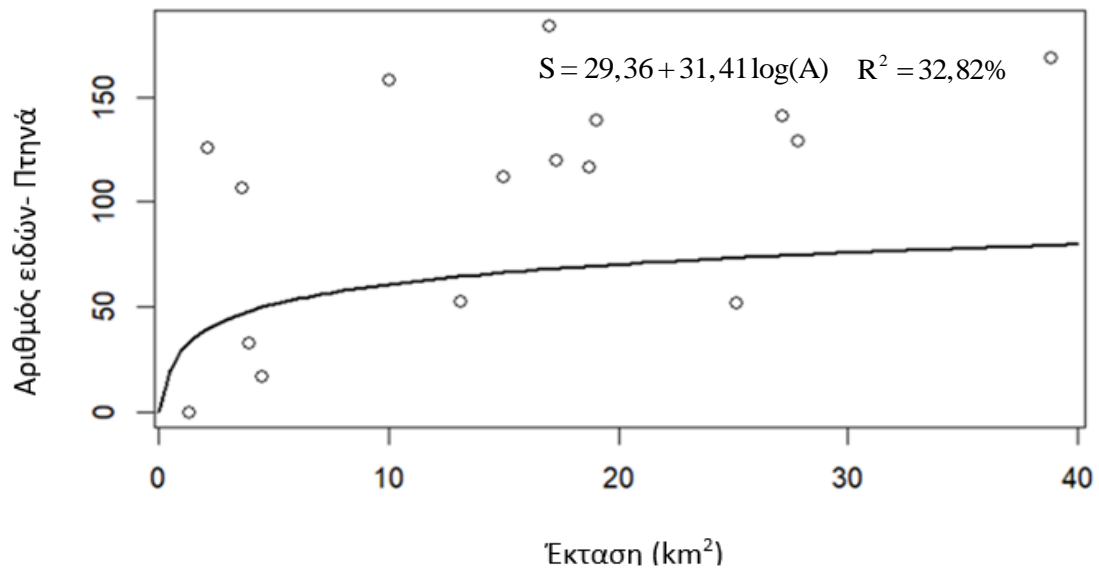
Διάγραμμα 12. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των πτηνών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών της Κροατία, επιστρατεύοντας το αρνητικό εκθετικό μοντέλο.

3.4. Βουλγαρία

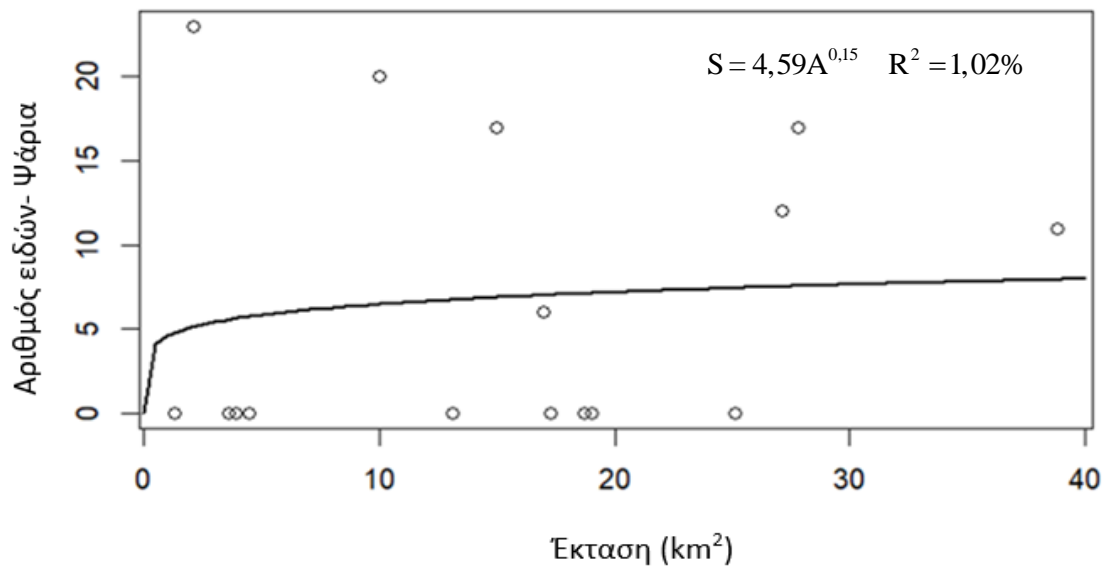
Στην Βουλγαρία συγκεντρώθηκαν 18 λίμνες και 1 λιμνοθάλασσα, από τις οποίες για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων απορρίφθηκαν οι τρεις μικρότερες λίμνες, λόγω τόσο

της πολύ μικρής έκτασής τους, όσο και της δυσαναλογίας έκτασης και του αριθμού καταγεγραμμένων ειδών που εμφάνισαν. Το εύρος των εκτάσεων κυμάνθηκε μεταξύ 1,30 km² και 38,80 km², με τον αριθμό των καταγεγραμμένων ειδών πτηνών να κυμαίνεται μεταξύ 0 και 184 με τα ψάρια και τα ασπόνδυλα να απουσιάζουν σε αρκετές περιπτώσεις. Σε ορισμένες, όμως, υπήρξαν καταγραφές 30 ειδών ψαριών και 36 ασπόνδυλων, τιμές που συμπίπτουν με τον μέγιστο αριθμό καταγεγραμμένων ψαριών και ασπόνδυλων στις περιοχές μελέτης.

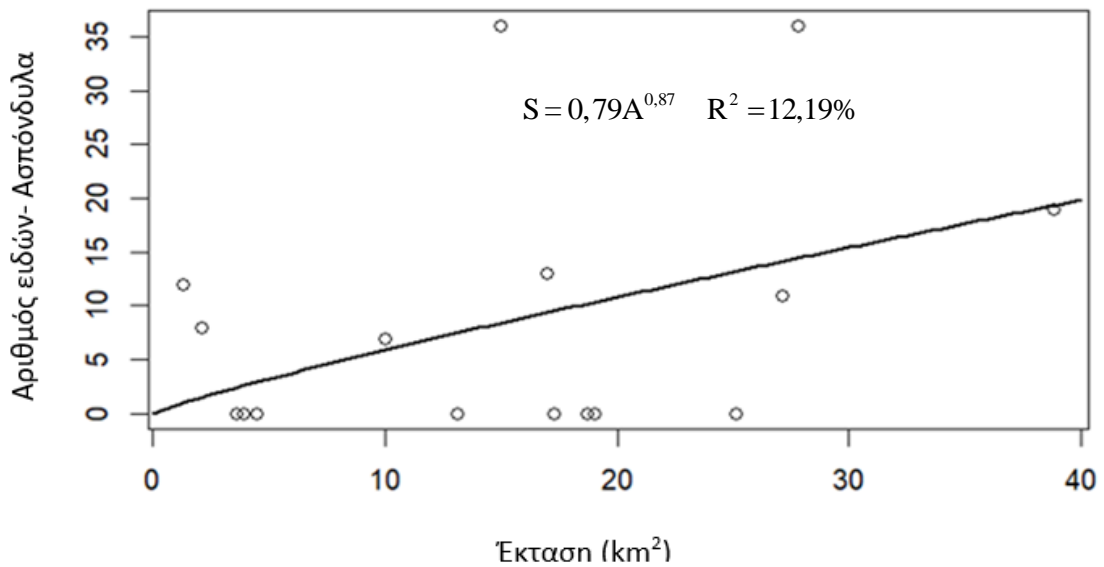
Από το σύνολο των μοντέλων που εξετάστηκαν φαίνεται να προσαρμόζεται καλύτερα το εκθετικό για τη σχέση αριθμού ειδών πτηνών-έκτασης (AICc=129,2184). Οι σταθερές c και z βρέθηκαν ίσες με 29,36 και 31,41 αντίστοιχα και το μοντέλο ερμήνευσε τις διακυμάνσεις της αφθονίας συναρτήσει της έκτασης (R^2) κατά 32,82%. Επομένως η εξίσωση που αντικατοπτρίζει την σχέση έκτασης-αφθονίας πτηνών για τις λίμνες-λιμνοθάλασσες της Βουλγαρίας παίρνει την μορφή $S = 29,36 + 31,41 \log(A)$ (Διάγραμμα 13.). Το δυναμικό μοντέλο αντικατοπτρίζει καλύτερα τη σχέση αριθμού ειδών ψαριών-έκτασης (AICc=75,6068). Οι παράμετροι c και z έλαβαν τις τιμές 4,59 και 0,15 αντίστοιχα, με τις δύο μεταβλητές να συσχετίζονται σε ποσοστό 1,02%. Η εξίσωση που απεικονίζει την σχέση αυτή έχει την μορφή $S = 4,59A^{0,15}$ (Διάγραμμα 14.). Τέλος, το δυναμικό μοντέλο, επίσης, ανταποκρινόταν καλύτερα στην σχέση αριθμού ειδών ασπόνδυλων-έκτασης (AICc=84.98518), με την εξίσωση να παίρνει την μορφή $S = 0,79A^{0,87}$, όπου $c=0.79$, $z=0.87$ και $R^2=12,19\%$ (Διάγραμμα 15.).



Διάγραμμα 13. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των πτηνών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών της βουλγαρικής επικράτειας, επιστρατεύοντας το εκθετικό μοντέλο.



Διάγραμμα 14. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των ψαριών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών της βουλγαρικής επικράτειας, επιστρατεύοντας το δυναμικό μοντέλο.



Διάγραμμα 15. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των ασπόνδυλων συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών της βουλγαρικής επικράτειας, επιστρατεύοντας το δυναμικό μοντέλο.

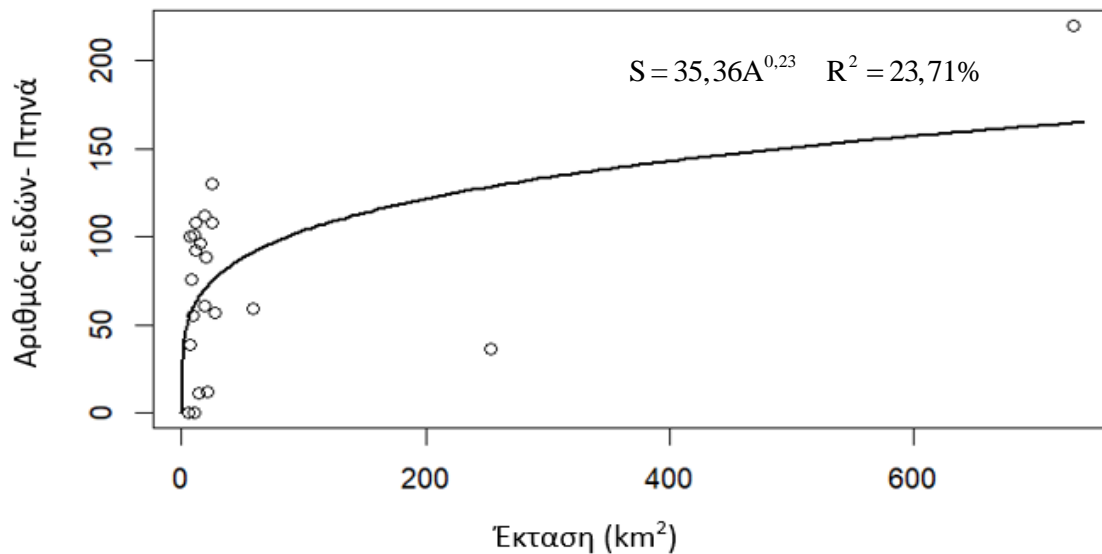
3.5. Ρουμανία

Στην Ρουμανία εξετάστηκαν 19 λίμνες και 2 λιμνοθάλασσες, με τις εκτάσεις τους να κυμαίνονται από 5,50 km² έως 731,58 km² (έκταση που αντικατοπτρίζει τις λιμνοθάλασσες στο Δέλτα του Δούναβη). Ο αριθμός των καταγεγραμμένων πτηνών κυμαίνεται από 0 (καμία καταγραφή στην λίμνη Vidraru και Pecineagu) έως 220, ενώ τα ψάρια και τα ασπόνδυλα απουσιάζουν από τις καταγραφές πολλών λιμνών, αλλά γενικότερα οι μέγιστες καταγραφές είναι 30 και 31 αντίστοιχα.

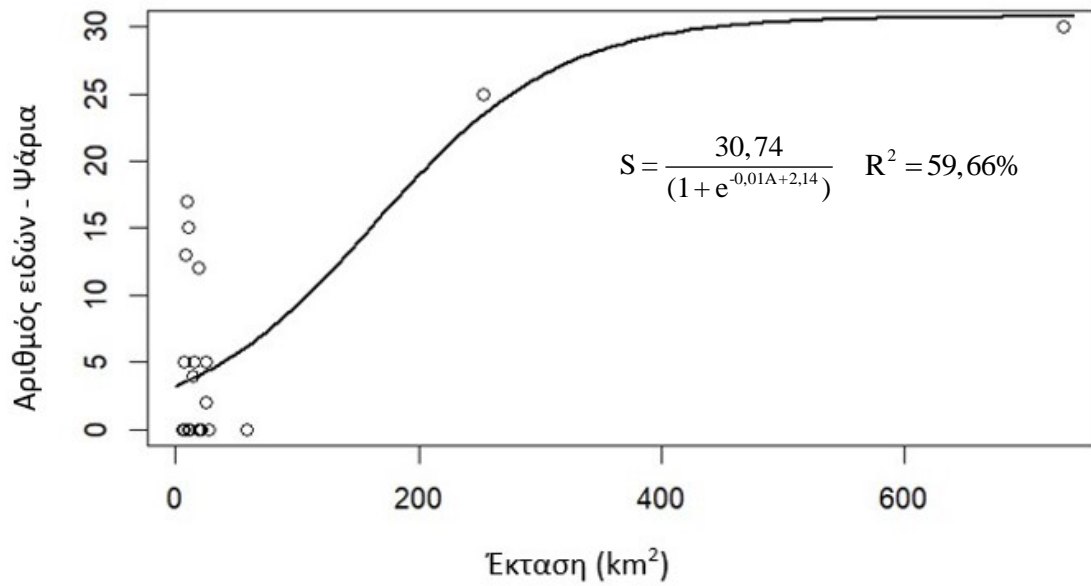
Από το σύνολο των μοντέλων που εξετάστηκαν, το πιο ταιριαστό για να περιγράψει την σχέση αριθμού ειδών πτηνών-έκτασης για την περιοχή της Ρουμανίας ήταν το δυναμικό μοντέλο (AICc=166,2712). Οι παράμετροι c και z λαμβάνουν τις τιμές 35,36 και 0,23 αντίστοιχα και ο βαθμός συσχέτισης των δύο μεταβλητών (R^2) ανέρχεται στο 23,71%. Έτσι, η τελική μορφή της εξίσωσης που αντανακλά την σχέση αριθμού ειδών

πτηνών-έκτασης είναι η $S = 35,36A^{0,23}$ (Διάγραμμα 16.). Το λογιστικό μοντέλο, είναι αυτό που περιγράφει καλύτερα την σχέση αριθμού ειδών ψαριών-έκτασης ($AICc=82,49693$). Το μοντέλο αυτό εμπεριέχει μια ακόμα παράμετρο εκτός από τις c και z , την f και λαμβάνουν τιμές 30,74, 0,01 και 2,14 αντίστοιχα. Η τελική εξίσωση λαμβάνει την μορφή $S = \frac{30,74}{(1+e^{-0,01A+2,14})}$ και οι μεταβλητές συσχετίζονται σε βαθμό (R^2) 59.66%.

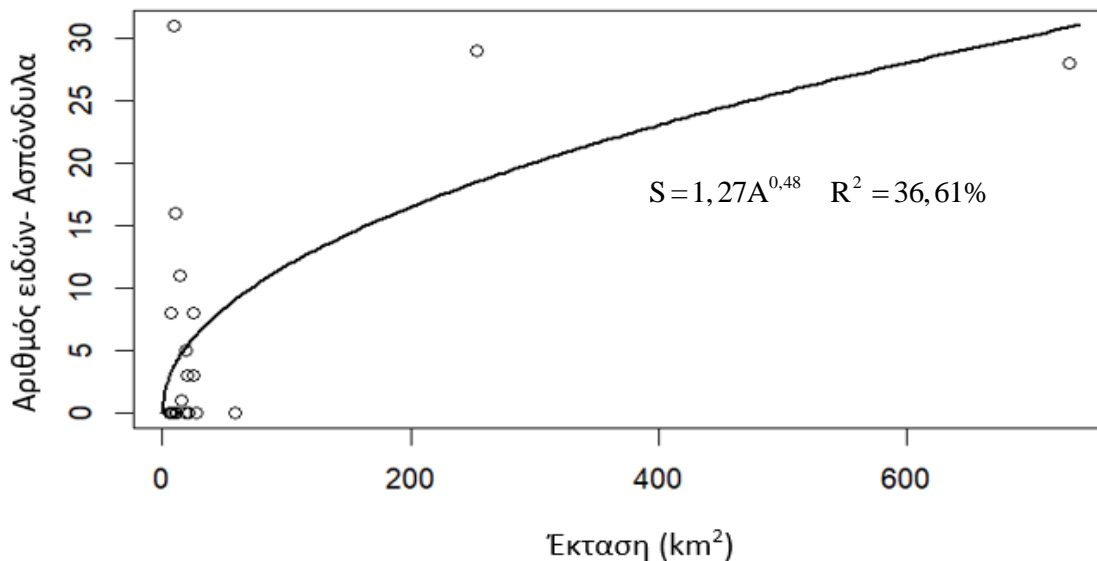
(Διάγραμμα 17.). Τέλος η σχέση αριθμού ειδών ασπόνδυλων-έκτασης περιγράφεται καλύτερα από το δυναμικό μοντέλο ($AICc=95,14958$). Οι παράμετροι λαμβάνουν τις τιμές $c= 1,27$ και $z= 0,48$, με τον συντελεστή R^2 να λαμβάνει τιμή ίση με 36,61%. Η μορφή της τελικής εξίσωσης είναι $S = 1,27A^{0,48}$ (Διάγραμμα 18.).



Διάγραμμα 16. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των πτηνών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών της Ρουμανίας, επιστρατεύοντας το δυναμικό μοντέλο.



Διάγραμμα 17. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των ψαριών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών της Ρουμανίας, επιστρατεύοντας το λογιστικό μοντέλο.



Διάγραμμα 18. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των ασπόνδυλων συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών της Ρουμανίας, επιστρατεύοντας το δυναμικό μοντέλο..

3.6. Σύνολο των χωρών εντός του δικτύου Natura 2000

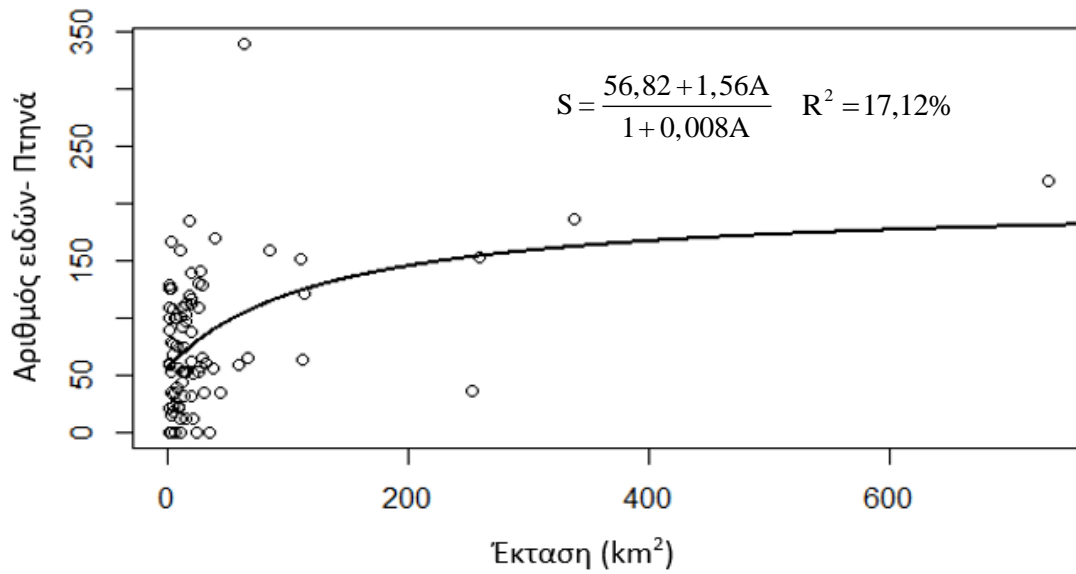
Το σύνολο των χωρών εντός του δικτύου Natura 2000 περιλαμβάνει 74 λίμνες και 11 λιμνοθάλασσες (εδώ συμπεριλαμβάνονται και οι 5 λίμνες της Σλοβενίας), η έκταση των οποίων κυμαίνεται από 0,175 km² έως 731,58 km². Στο σύνολο των χωρών παρατηρείται,

όπως και σε κάθε χώρα μεμονωμένα, έλλειψη στις καταγραφές τόσο πτηνών όσο και ψαριών και ασπόνδυλων με τα δύο τελευταία να απουσιάζουν πιο συχνά. Ο μέγιστος αριθμός πτηνών που έχει καταγραφεί στις χώρες αυτές είναι τα 336 (στην Ελλάδα), ενώ ο μέγιστος αριθμός ψαριών και ασπόνδυλων είναι τα 30 ψάρια (στην Ρουμανία) και τα 36 ασπόνδυλα (στην Βουλγαρία).

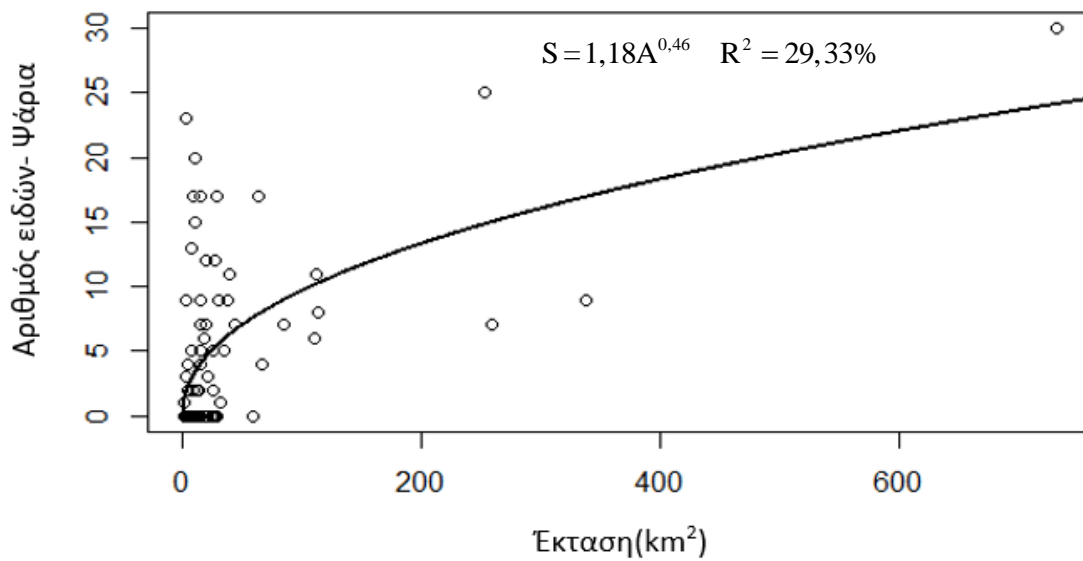
Για το σύνολο των χωρών εντός του δικτύου Natura 2000, το μοντέλο που ανταποκρίνεται καλύτερα στην περιγραφή της σχέσης αριθμού ειδών πτηνών-έκτασης ήταν αυτό της ρητής συνάρτησης ($AIC=685,6641$ και $AICc=686,1641$). Το μοντέλο αυτό εκτός από τις κλασικές παραμέτρους c και z , οι οποίες λαμβάνουν τις τιμές 56,82 και 1,56 αντίστοιχα, περιλαμβάνει και την παράμετρο f , η οποία λαμβάνει τιμή 0,008. Έτσι η μορφή που λαμβάνει η τελική εξίσωση είναι $S = \frac{56,82 + 1,56A}{1 + 0,008A}$, με τις μεταβλητές να

συσχετίζονται σε ποσοστό 17,12% (Διάγραμμα 19.). Το δυναμικό μοντέλο περιγράφει καλύτερα την σχέση αριθμού ειδών ψαριών-έκτασης ($AIC= 296,9026$ και $AICc= 297,1989$), με τις μεταβλητές να συσχετίζονται σε βαθμό 29,33%. Η μορφή της τελικής εξίσωσης είναι $S = 1,18A^{0,46}$, όπου $c= 1,18$ και $z=0,46$ (Διάγραμμα 20.). Τέλος, το μοντέλο της ρητής συνάρτησης ανταποκρίνεται καλύτερα για την σχέση αριθμού ειδών ασπόνδυλων-έκτασης ($AIC= 350,0628$ και $AICc= 350,5628$) με τις παραμέτρους να λαμβάνουν τιμές ίσες με $c= 4,20$, $z=0,01$ και $f=-0,0007$. Έτσι η τελική μορφή της εξίσωσης είναι $S = \frac{4,20 + 0,01A}{1 - 0,0007A}$ και οι μεταβλητές συσχετίζονται σε βαθμό 11,45%

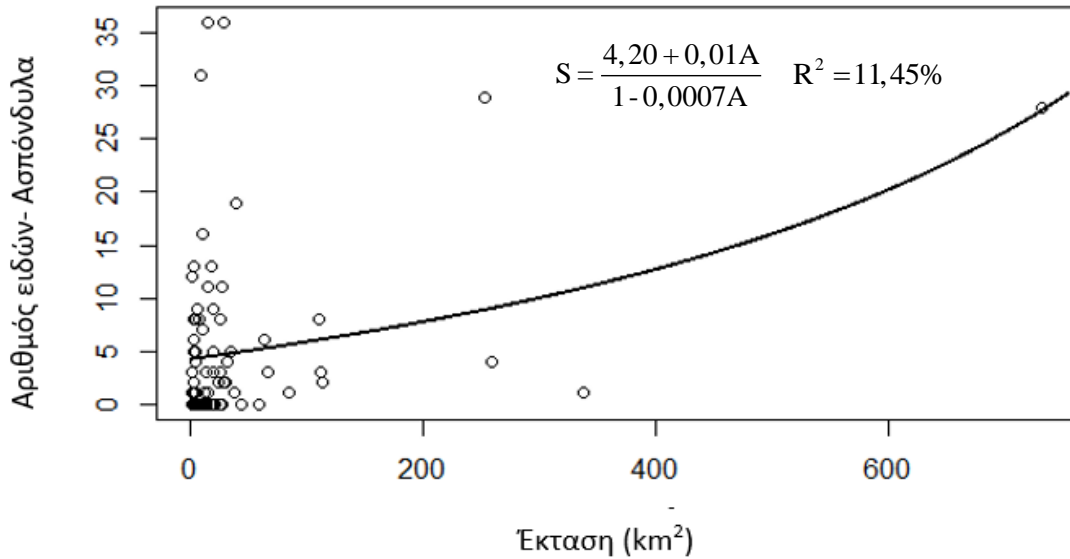
(Διάγραμμα 21.).



Διάγραμμα 19. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των πτηνών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών στο σύνολο των χωρών εντός του δικτύου Natura 2000, επιστρατεύοντας το μοντέλο της ρητής συνάρτησης.



Διάγραμμα 20. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των ψαριών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών στο σύνολο των χωρών εντός του δικτύου Natura 2000, επιστρατεύοντας το δυναμικό μοντέλο.



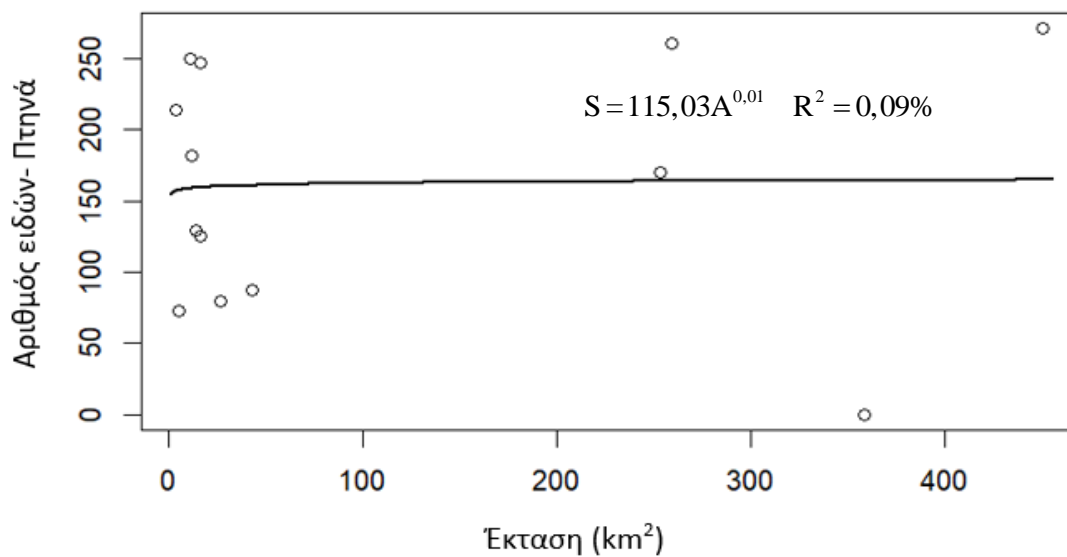
Διάγραμμα 21. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των ασπόνδυλων συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών στο σύνολο των χωρών εντός του δικτύου Natura 2000, επιστρατεύοντας το μοντέλο της ρητής συνάρτησης.

3.7. Σύνολο των χωρών εκτός του δικτύου Natura 2000

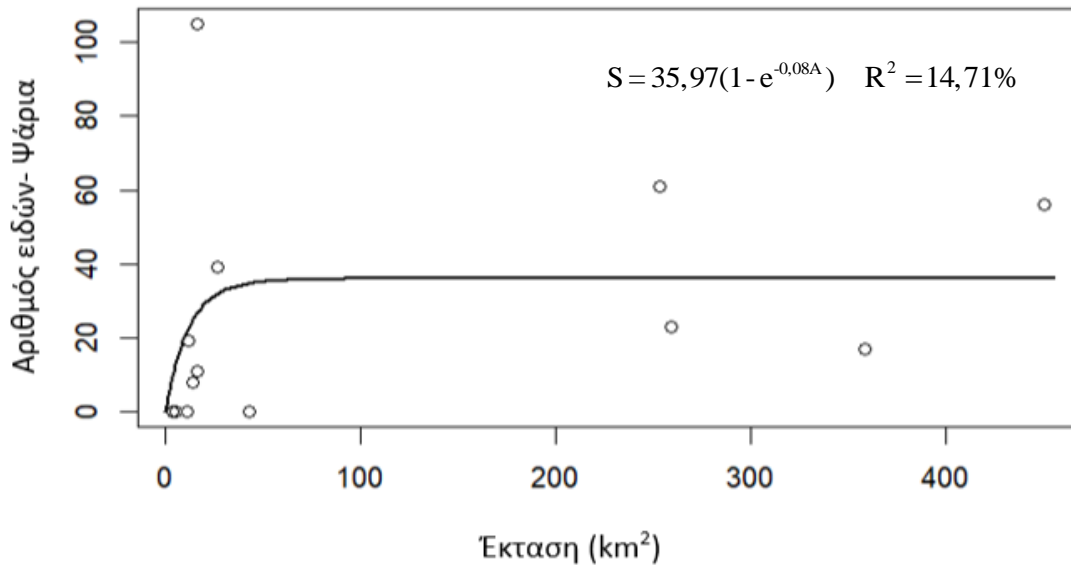
Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων για τις χώρες εκτός του δικτύου Natura 2000 λήφθηκαν υπόψη 6 από τις 9 λίμνες στην Σερβία, 1 λίμνη στο Μαυροβούνιο, 4 λίμνες στην Βόρεια Μακεδονία και 3 λίμνες και 2 λιμνοθάλασσες στην Αλβανία. Όσες λίμνες είναι διασυνοριακές μεταξύ των χωρών λήφθηκαν υπόψη μόνο μια φορά. Επομένως συνολικά εξετάστηκαν 11 λίμνες και 2 λιμνοθάλασσες. Οι εκτάσεις των λιμνών και λιμνοθαλασσών στις χώρες αυτές κυμαίνονταν από 3,68 km² έως 450,00 km². Ο αριθμός των καταγεγραμμένων πτηνών δεν ξεπερνούσε τα 271 και τα ψάρια και τα ασπόνδυλα στις περισσότερες καταγραφές απουσίαζαν, ωστόσο εμφάνισαν μέγιστες τιμές 105 και 1172 αντίστοιχα.

Η σχέση αριθμού ειδών πτηνών-έκτασης, φάνηκε να περιγράφεται καλύτερα από το δυναμικό μοντέλο (AICc=123,4005). Οι παράμετροι c και z έλαβαν τις τιμές 155,0343 και 0,0099. Η μορφή της τελικής εξίσωσης είναι $S = 115,03A^{0,01}$ (Διάγραμμα 22.) και οι

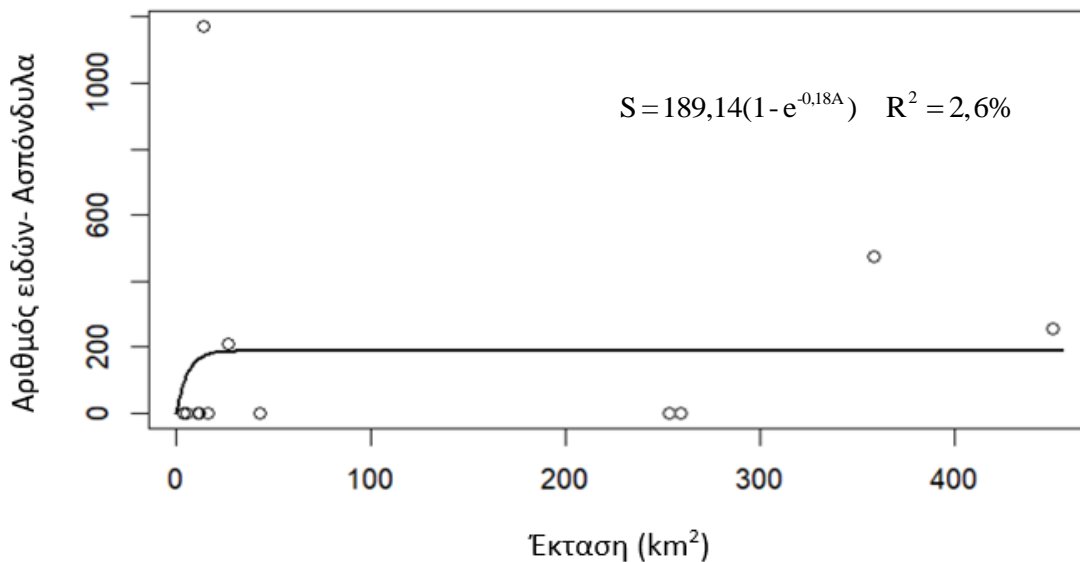
παράμετροι συσχετίζονταν σε ποσοστό 0,09%. Το αρνητικό εκθετικό μοντέλο ανταποκρίνονταν καλύτερα στην περιγραφή της σχέσης αριθμού ειδών ψαριών-έκτασης (AICc=95,27977). Η μορφή της τελικής εξίσωσης είναι $S = 35,97(1 - e^{-0,08A})$, όπου $c = 35,97$ και $z = 0,08$, με τις δύο μεταβλητές να συσχετίζονται σε μικρό ποσοστό ίσο με $R^2 = 14,71\%$ (Διάγραμμα 23.). Τέλος, το αρνητικά εκθετικό μοντέλο φαίνεται να περιγράφει καλύτερα την σχέση έκτασης-αριθμού ασπόνδυλων στο σύνολο των χωρών εκτός του δικτύου Natura 2000 (AICc=158,6325). Οι παράμετροι c και z έλαβαν τις τιμές 189,14 και 0,18 αντίστοιχα, με την τελική εξίσωση να λαμβάνει την μορφή $S = 189,14(1 - e^{-0,18A})$. Τέλος, οι μεταβλητές φαίνεται να συσχετίζονται μεταξύ τους (R^2) σε βαθμό ίσο με 2,6% (Διάγραμμα 24.).



Διάγραμμα 22. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των πτηνών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών των χωρών εκτός του δικτύου Natura 2000 επιστρατεύοντας το δυναμικό μοντέλο.



Διάγραμμα 23. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των ψαριών συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών των χωρών εκτός του δικτύου Natura 2000 επιστρατεύοντας το αρνητικά εκθετικό μοντέλο.



Διάγραμμα 24. Καμπύλη των διακυμάνσεων στον αριθμό των ασπόνδυλων συναρτήσει της έκτασης των λιμνών και λιμνοθαλασσών των χωρών εκτός του δικτύου Natura 2000 επιστρατεύοντας το αρνητικά εκθετικό μοντέλο.

Πίνακας 4. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων της mmSAR του λογισμικού R για τη σχέση αριθμού ειδών-έκτασης για τα πτηνά. Σε κάθε χώρα αναγράφεται το βέλτιστο μοντέλο, οι σταθερές c, z, f, ο συντελεστής προσδιορισμού R² και το κριτήριο AIC και AICc.

Χώρες	Μοντέλο	Τύπος	c	z	f	R ²	AIC	AICc
Ελλάδα	Power	$S = cA^z$	22,06	0,37	-	0,2652	188,6172	189,9505
Κύπρος	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	104,99	0,09	-	0,0987	84,8863	88,31487
Κροατία	Exponential	$S = c + z \log(A)$	-2,17	15,30	-	0,6161	55,66846	59,66846
Βουλγαρία	Exponential	$S = c + z \log(A)$	29,36	31,41	-	0,3282	127,2184	129,2184
Ρουμανία	Power	$S = cA^z$	35,36	0,23	-	0,2371	164,8595	166,2712
Εντός Natura 2000	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	56,82	1,56	0,008	0,1712	685,6641	686,1641
Εκτός Natura 2000	Power	$S = cA^z$	155,03	0,01	-	0,0009	120,7338	123,4005

Πίνακας 5. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων της mmSAR του λογισμικού R για τη σχέση αριθμού ειδών-έκτασης για τα ψάρια. Σε κάθε χώρα αναγράφεται το βέλτιστο μοντέλο, οι σταθερές c, z, f, ο συντελεστής προσδιορισμού R² και τα κριτήρια AIC και AICc.

Χώρες	Μοντέλο	Τύπος	c	z	f	R ²	AIC	AICc
Ελλάδα	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	8,60	0,04	-	0,3234	59,682	61,01533
Κύπρος	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	0,09	0,01	-	0,000036	-21,42566	-17,99709
Κροατία	Power	$S = cA^z$	0,15	1,00	-	0,3309	21,45473	25,45473
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	12958860	$0,12 \cdot 10^{-7}$	-	0,3309	21,45473	25,45473
Βουλγαρία	Power	$S = cA^z$	4,59	0,15	-	0,0102	73,6068	75,6068
Ρουμανία	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	30,74	0,01	2,14	0,5966	79,99693	82,49693
Εντός Natura 2000	Power	$S = cA^z$	1,18	0,46	-	0,2933	296,9026	297,1989
Εκτός Natura 2000	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	35,97	0,08	-	0,1471	92,61311	95,27977

Πίνακας 6. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων της mmSAR του λογισμικού R για τη σχέση αριθμού ειδών-έκτασης για τα ασπόνδυλα. Σε κάθε χώρα αναγράφεται το βέλτιστο μοντέλο, οι σταθερές c , z , f , ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 και τα κριτήρια AIC και AICc.

Χώρες	Μοντέλο	Τύπος	c	z	f	R^2	AIC	AICc
Ελλάδα	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	3,28	0,06	-	0,1261	43,02051	44,35384
Κύπρος	Power	$S = cA^z$	0,97	1,00	-	0,2817	13,66022	17,08879
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	25009030	$0,39 \cdot 10^{-7}$	-	0,2817	13,66022	17,08879
Κροατία	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	3,43	1,00	-	0,0007	27,04659	31,04659
Βουλγαρία	Power	$S = cA^z$	0,79	0,87	-	0,1219	82,98518	84,98518
Ρουμανία	Power	$S = cA^z$	1,27	0,48	-	0,3661	93,73782	95,14958
Εντός Natura 2000	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	4,20	0,01	-0,0007	0,1145	350,0628	350,5628
Εκτός Natura 2000	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	189,14	0,18	-	0,0260	155,9659	158,6325

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως προαναφέρθηκε για τις χώρες που ανήκουν στην ΕΕ τα δεδομένα του αριθμού ειδών λήφθηκαν από βάσεις δεδομένων του δικτύου Natura 2000 με βάση την τελευταία αναθεώρηση των στοιχείων (2020). Επομένως για να γίνει η αναγωγή αυτών των στοιχείων στις εκάστοτε λίμνες-λιμνοθάλασσες έπρεπε και αυτές να εμπεριέχονται σε καθορισμένες περιοχές Natura, όπως και ισχύει. Το πρόβλημα, όμως, το οποίο τίθεται είναι το εξής: Σε πολλές περιπτώσεις οι λίμνες ή λιμνοθάλασσες βρίσκονται εντός τεράστιων περιοχών Natura και κατά συνέπεια τα στοιχεία που συλλέχθηκαν μπορεί να μην είναι ενδεικτικά των υδάτινων σωμάτων που εξετάσαμε. Δηλαδή, εμείς προβήκαμε σε μία απλούστευση ταυτίζοντας τον αριθμό των ειδών της περιοχής Natura με αυτόν των λιμνών-λιμνοθαλασσών.

Η παρουσία των πτηνών είναι άμεσα συνυφασμένη με τους παρακείμενους υγροβιότοπους τόσο για την κάλυψη των τροφικών τους αναγκών όσο και για την εξεύρεση καταφυγίων και την αποπεράτωση πιο σύνθετων αλληλεπιδράσεων (π.χ. ζευγάρωμα). Το ίδιο μοτίβο ακολουθείται και από τα μεταναστευτικά είδη (Stewart 2016). Συνεπώς η απόκλιση μας από τον πραγματικό αριθμό ειδών πτηνών, που φιλοξενούνται στις λίμνες και τις λιμνοθάλασσες που μελετήθηκαν, μπορεί να είναι σχετικά χαμηλή.

Στα ψάρια το πρόβλημα δύναται να εντοπιστεί σε κάποιες περιοχές Natura όπου εκτός από τις λίμνες που παρουσιάζουμε ενδέχεται να εμπεριέχονται και άλλες μικρές ή μεγάλες υδατοσυλλογές (π.χ. ποτάμια, ύπαρξη άλλων λιμνών). Για να μειωθούν οι ανακρίβειες, όπου κρίθηκε απαραίτητο συμπλέγματα λιμνών συμπεριλήφθηκαν ως μία ενιαία λίμνη λαμβάνοντας ως έκταση το άθροισμα των εκτάσεων ώστε ο αριθμός των

ειδών της ευρύτερης περιοχής να αντιπροσωπεύει καλύτερα τον αριθμό των ειδών της λίμνης.

Το εγχείρημα για την προστασία ιδιαίτερων οικοτόπων και κατηγοριών οργανισμών (εξαιρουμένων των πτηνών) και του χαρακτηρισμού της τρωτότητάς τους είναι σχετικά πρόσφατο (1992) (https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/habitats-directive_en#implementation) συγκριτικά με την οδηγία που αποβλέπει στην προστασία των πτηνών (1979) (https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/birds-directive_en).

Οπότε αντιλαμβανόμαστε ότι η μελέτη γύρω από τα πτηνά είναι πιο εμπειριστατωμένη, με πιθανόν μεγαλύτερο αριθμό παρατηρήσεων (τουλάχιστον για την πλειονότητα των χωρών) και άρα ο αριθμός των ειδών που αναγράφεται ενδεχομένως βρίσκεται πιο κοντά στον πραγματικό.

Επίσης ένα κοινό μεταξύ όλων των ομάδων οργανισμών που μελετήθηκαν είναι η έλλειψη καταγραφών σε ορισμένα συστήματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η Κύπρος όπου στην περίπτωση των ψαριών υπάρχει μόνο μία καταγραφή είδους και μάλιστα σε μία εκ των 11 λιμνών. Με βάση την τελευταία έκθεση (European Environment Agency 2020) αυτό το κενό δεδομένων πυροδοτεί την ανάγκη για επίτευξη μιας πιο οργανωμένης και συνάμα συστηματικής προσέγγισης-παρακολούθησης απ' όλα τα κράτη μέλη.

Αξίζει βέβαια να σημειωθεί ότι οι καταγραφές περιλαμβάνουν την άγρια πανίδα είτε συνιστούν κοινά είδη είτε απειλούμενα με εξαφάνιση (πτηνά) ή ακόμα και ενδημικά μέχρι ευρύτερα κατανεμημένα είδη (εκτός πτηνών) και κατά συνέπεια οι ρυθμιστικές ενέργειες που διέπουν την προστασία αφορούν μόνο αυτή (European Environment Agency 2020). Οι δύο Οδηγίες δεν καλύπτουν όλο το φάσμα των ειδών (φυτά και ζώα),

αλλά μόνο ένα υποσύνολο με σπάνια και απειλούμενα είδη που χρήζουν προστασίας, και ως εκ τούτου δεν αντανakλούν το σύνολο της Ευρωπαϊκής βιοποικιλότητας (European Commission 2018). Επομένως έτσι θα μπορούσε μερικώς να εξηγηθεί και η απουσία ορισμένων καταγραφών, ως αποτέλεσμα του μη εντοπισμού κάποιου προστατευόμενου είδους, συνδυαστικά με την ανεπαρκή παρουσίαση ορισμένων στοιχείων από τα κράτη μέλη.

Για την συλλογή δεδομένων για τις χώρες εκτός του δικτύου Natura 2000, έγινε πρωταρχικά αναζήτηση στην ιστοσελίδα του RAMSAR (<https://www.ramsar.org>). Στην συγκεκριμένη ιστοσελίδα έγινε αναζήτηση των εκθέσεων για την κάθε λίμνη ή λιμνοθάλασσα η οποία υπάγεται σε καθεστώς προστασίας. Τα εμπόδια που προέκυψαν κατά την αναζήτηση αυτή αφορούσαν τόσο την χρονολογία των εκθέσεων, όσο και την έλλειψη δεδομένων αριθμού ειδών. Όσον αφορά την χρονολογία, σε πολλές περιοχές οι εκθέσεις που ήταν διαθέσιμες στην ιστοσελίδα του RAMSAR ήταν παλαιότερων ετών, με αποκορύφωμα ορισμένες περιοχές των οποίων τα στοιχεία έχουν να ενημερωθούν από την εποχή του χαρακτηρισμού τους ως περιοχές RAMSAR, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την λίμνη Ludasko στην Σερβία της οποίας η έκθεση είναι από το 1977. Όσον αφορά την έλλειψη των δεδομένων, πολλές πιο πρόσφατες μελέτες για τις διάφορες περιοχές RAMSAR, περιείχαν αναλυτικά στοιχεία για τον βίοτοπο και το καθεστώς προστασίας, αλλά δεν αναφέρονταν συγκεκριμένα για τον αριθμό των ειδών που συναντώνται, στην περιοχή αυτή.

Για τον λόγο αυτό κινηθήκαμε στην αναζήτηση μελετών, οι οποίες κυμαίνονταν στο πλαίσιο καταγραφής της βιοποικιλότητας στις περιοχές αυτές, και κατ'έκταση ανέφεραν αναλυτικά τα διάφορα είδη πτηνών, ψαριών, ασπόνδυλων και άλλων τάξων που συναντώνται στην εκάστοτε λίμνη ή λιμνοθάλασσα. Παράλληλα επεκτείναμε την

αναζήτηση και σε άλλες πηγές, όπως για παράδειγμα, ιστοσελίδες εθνικών πάρκων, οι οποίες αναφέρουν επίσης αναλυτικά τα διάφορα είδη και μπορούσε να γίνει καταμέτρηση τους. Ο δρόμος αυτός, περιόρισε τον αριθμό των λιμνών για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων για τις χώρες εκτός δικτύου Natura 2000, καθώς για πολλές λίμνες ή λιμνοθάλασσες, οι οποίες υπάγονται σε κάποιο καθεστώς προστασίας δεν υπήρχαν μελέτες για τα δεδομένα που αναζητούνταν. Παράλληλα, το πρόβλημα της παλαιότητας των δεδομένων δεν μπόρεσε να λυθεί ούτε με αυτήν την προσέγγιση. Αυτό οφείλεται τόσο στο γεγονός ότι οι μελέτες που υπάρχουν στην βιβλιογραφία έχουν έναν βαθμό παλαιότητας, με την πιο πρόσφατη να είναι το 2013 για την λιμνοθάλασσα Narta της Αλβανίας (Topi et al. 2013), όσο και στο γεγονός ότι σε πολλές ιστοσελίδες δεν αναφέρεται η ημερομηνία καταγραφής των αναφερόμενων ειδών.

Συνοψίζοντας, η συλλογή των δεδομένων έγινε με μια ταυτόχρονη αναζήτηση τόσο στις εκθέσεις του RAMSAR, όσο και άλλων πηγών έτσι ώστε να συλλεχθούν όσο το δυνατόν πιο πρόσφατα και αξιόπιστα δεδομένα. Παρά την προσπάθεια αυτή, είναι προφανές ότι ορισμένα από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν προέρχονται από όχι τόσο αξιόπιστες πηγές, και μη επικαιροποιημένα στοιχεία που πιθανόν να μην αντικατοπτρίζουν επαρκώς τις συνθήκες που επικρατούν σήμερα (π.χ. κάποια είδη μπορεί να έχουν εξαφανιστεί).

Η δυναμική συνάρτηση δεν αποδείχθηκε καθολικά ως η καλύτερη για να περιγράψει τη σχέση αριθμού ειδών-έκτασης. Επίσης, πολλές φορές δεν υπάρχει ένα καθολικό μοντέλο που μπορεί να περιγράψει την σχέση αριθμού ειδών-έκτασης (Triantis et al. 2012, De la Sancha & Boyle 2019), όπως παρατηρήθηκε και στα αποτελέσματα μας σε χώρες όπως η Κύπρος και η Κροατία, όπου ένα ή περισσότερα μοντέλα μπορούσαν να περιγράψουν την παραπάνω σχέση. Η δυναμική και εκθετική συνάρτηση αν και έχουν

χρησιμοποιηθεί κατά κόρον δεν αποτελούν κατ' ανάγκη και τα καταλληλότερα μοντέλα (Dengler 2009, Triantis et al. 2012). Πλήθος άλλων μοντέλων έχουν καταφέρει να προσαρμοστούν καλύτερα στα δεδομένα σε σύγκριση με τα δύο προαναφερόμενα. Απλώς, προγενέστερες εργασίες εστίασαν το ενδιαφέρον στο να ταιριάζουν τα δεδομένα είτε στο εκθετικό είτε στο δυναμικό μοντέλο, και μόνο ένα περιορισμένο δείγμα επεκτάθηκε σε άλλες εξισώσεις των οποίων οι καμπύλες, είτε είναι κυρτές (Monod, Negative exponential, Asymptotic και Rational), είτε σιγμοειδής (Logistic, Lomolino, Cumulative Weibull κ.ά.) (Tjørne 2003). Ορισμένοι, κιόλας ερευνητές σε μεταγενέστερες μελέτες ανέδειξαν κάποιες από τις προαναφερθείσες μορφές καμπυλών ως οι καλύτερα ανταποκρινόμενες σε εμπειρικά δεδομένα, συμπεριλαμβάνοντας φυσικά και την δυναμική συνάρτηση (Dengler 2009, Triantis et al. 2012). Η ικανότητα των σιγμοειδών μοντέλων να εκπροσωπούν επάξια ή και καλύτερα την σχέση αριθμού ειδών-έκτασης έναντι του δυναμικού και των ημιλογαριθμικών μοντέλων έχει τονιστεί και από τον Lomolino (2001), καθώς και πιο πρόσφατα από τους Connor & McCoy (2017) οι οποίοι αναφέρουν ότι όταν γίνεται δειγματοληψία σε μεγάλου εύρους περιοχές, τόσο το δυναμικό όσο και το εκθετικό μοντέλο κρίνονται ακατάλληλα, λόγω του σιγμοειδούς σχήματος που εμφανίζουν οι καμπύλες. Το δυναμικό μοντέλο αποτέλεσε την βέλτιστη προσαρμογή στην Ελλάδα και την Ρουμανία για την περιγραφή της σχέσης που συνδέει τις διακυμάνσεις των διαφορετικών ειδών πτηνών αυξανόμενης της έκτασης των λιμνών-λιμνοθαλασσών. Οι διακυμάνσεις στα είδη των ψαριών συναρτήσεως της έκτασης των λιμνών-λιμνοθαλασσών εξηγήθηκαν από το δυναμικό μοντέλο στην Κροατία, τη Βουλγαρία και το σύνολο των χωρών εντός Natura 2000, ενώ παράλληλα το ίδιο μοντέλο προσέγγισε καλύτερα την μεταβλητότητα των ειδών ασπόνδυλων στην Κύπρο, την Βουλγαρία και την Ρουμανία. Τα μοντέλα επιλέχθηκαν με βάση τη χαμηλότερη τιμή

AICc ή AIC (για το σύνολο των χωρών εντός Natura), χωρίς να συνεπάγεται απαραίτητα μεγαλύτερο R^2 . Είναι γνωστό ότι η παρουσία περισσότερων παραμέτρων θα επιφέρει καλύτερη προσαρμογή των δεδομένων αλλά δεν εγγυάται ότι θα προσδώσει και το καλύτερο μοντέλο (Williams et al. 2009). Τα αποτελέσματα μας έρχονται σε συμφωνία με αυτή τη παρατήρηση όπου ενώ σύνθετα μοντέλα τριών παραμέτρων (rational, logistic, lomolino και cumulative weibull) δίνουν κυρίως μεγαλύτερο R^2 , ο δείκτης AICc ή AIC είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με απλούστερα μοντέλα. Εξαίρεση αποτέλεσε η επιλογή της ρητής συνάρτησης για τα πτηνά και τα ασπόνδυλα για το σύνολο των χωρών εντός Natura και της λογιστικής συνάρτησης για τα ψάρια στην Ρουμανία.

Χρησιμοποιώντας την R καταλήξαμε στις μορφές των εξισώσεων που παρουσιάζονται στα αποτελέσματα και δημιουργήσαμε τα διαγράμματα διασποράς - βάση των δεδομένων μας- όπου για την μετέπειτα χάραξη της καμπύλης αξιοποιήσαμε δύο στήλες. Η μία περιλάμβανε πολλές ενδιάμεσες εκτάσεις εντός του εύρους των εκτάσεων που αντιστοιχούσε σε κάθε χώρα και η άλλη τον αριθμό των ειδών που αναμένεται σε κάθε δεδομένη έκταση αντικαθιστώντας στον τύπο (τα c, z, f είχαν ήδη ενσωματωθεί στην εξίσωση). Έτσι με αντικατάσταση της έκτασης μπορούμε να προβλέψουμε τον αριθμό των ειδών για δεδομένη έκταση.

Παρακολουθώντας τις καμπύλες φαίνεται να τηρείται το πρότυπο ότι αυξανομένης της έκτασης των λιμνών-λιμνοθαλασσών επέρχεται αντίστοιχη αύξηση στον αριθμό των ειδών και για τις τρεις κατηγορίες οργανισμών. Σε ορισμένες, όμως, περιπτώσεις η συνεχιζόμενη αύξηση της έκτασης δεν συνοδεύεται από αντίστοιχη αύξηση του αριθμού των ειδών, αλλά παρατηρείται μία στατικότητα (ασύμπτωτη) που αποδίδεται στην μορφή των καμπυλών (Tjørne 2003) (Ελλάδα-ψάρια, Ελλάδα-ασπόνδυλα, Κροατία-ασπόνδυλα, Εκτός Natura 2000-ψάρια, Εκτός Natura 2000-ασπόνδυλα). Σε άλλες πάλι περιπτώσεις η

καμπύλη λαμβάνει γραμμική μορφή επειδή η τιμή z γίνεται ίση με τη μονάδα, δηλαδή πρόκειται για την παράμετρο εκείνη που καθορίζει το σχήμα της καμπύλης τουλάχιστον στην περίπτωση που παρεμβάλλονται δύο παράμετροι (c, z) (Tjørne 2003) (Κροατία-ψάρια, Κύπρος-ασπόνδυλα).

Το SAR, εκτός από την πρακτική εφαρμογή του στην βιολογία διατήρησης, εξορισμού μας πληροφορεί για την ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ του αριθμού των ειδών μιας περιοχής με την έκταση αυτής (Conor & McCoy 2013). Σε όλες τις περιπτώσεις που μελετήσαμε αποδείχτηκε πως υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της έκτασης και του αριθμού των ειδών τόσο για τα πτηνά όσο και για τα ψάρια και τα ασπόνδυλα, άλλοτε σε μικρό ποσοστό και άλλοτε η έκταση εξηγούσε έως και το 50% των διακυμάνσεων αν όχι και παραπάνω. Εξαίρεση αποτέλεσε η Σλοβενία. Σ' αυτήν η σχέση αριθμού ειδών-έκτασης πτηνών επέφερε αρνητικό R^2 αποδεικνύοντας ουσιαστικά ότι η έκταση δεν συνεισφέρει στις διακυμάνσεις του αριθμού των ειδών. Το ίδιο μοτίβο επαναλήφθηκε για τα ψάρια και τα ασπόνδυλα με τη σχέση να αδυνατεί να ερμηνεύσει τη διασπορά των δεδομένων, αποδεικνύοντας κι εδώ ότι η έκταση δεν διαδραματίζει κάποιο ρόλο στην μεταβλητότητα του αριθμού των ειδών. Το γεγονός αυτό μας οδήγησε στην αφαίρεση της Σλοβενίας από τα αποτελέσματα. Αυτή η αστοχία στην περίπτωση της Σλοβενίας μπορεί να αποδοθεί σε ελλιπείς καταγραφές, στις συγκεκριμένες περιοχές μελέτης, που δεν αντικατοπτρίζουν την πραγματική βιοποικιλότητα, δηλαδή η ποιότητα των δεδομένων κρίνεται ακατάλληλη για τέτοιου είδους μελέτη. Ίσως μία επιτόπια δειγματοληψία να αναιρούσε αντίστοιχους προβληματισμούς και τα ευρήματα στα οποία θα καταλήγαμε να ανταποκρίνονταν στον στόχο. Επίσης ενδέχεται να υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες που να προκαλούν διακυμάνσεις στην αφθονία των ειδών. Εξίσου προβληματική είναι και η σχέση αριθμού ειδών-έκτασης ψαριών στην Κύπρο εφόσον γίνεται αναφορά για

μία μόνο καταγραφή ενός είδους ψαριού και μάλιστα μόνο στην λίμνη Ορόκλινης. Αυτό ουδόλως δεν αποτελεί αξιόπιστο στοιχείο ούτε για να εξαχθεί εξίσωση ούτε για να σχεδιαστεί η καμπύλη λαμβάνοντας υπόψη αποκλειστικά ένα σημείο αναφοράς. Η καμπύλη επομένως δεν μπορεί να είναι ενδεικτική για το σύνολο των κυπριακών λιμνών. Συνεπώς είναι εύλογο να πούμε ότι το δίκτυο Natura 2000 στην Κύπρο δεν έχει επιτύχει κάποια οργανωμένη και συστηματική καταγραφή ψαριών ή οι λίμνες στερούνται την παρουσία προστατευόμενων ειδών ψαριών.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων μας με άλλες εργασίες δεν ήταν δυνατή καθότι εντοπίζονται διαφορές στην δειγματοληπτική προσέγγιση και στην μεθοδολογία-επεξεργασία των δεδομένων. Στην βιβλιογραφία που εξετάσαμε χρησιμοποιήθηκε η λογαριθμημένη μορφή του δυναμικού μοντέλου καθιστώντας αδύνατη τη σύγκριση των αποτελεσμάτων μας με εκείνα που προέρχονται από δεδομένα που έχουν υποστεί μετασχηματισμό. Για να γίνει μία τέτοια αντιπαραβολή πρέπει τα δεδομένα που εξετάζονται να βρίσκονται στην ίδια μορφή (Dengler 2009).

Αξιοσημείωτα χαμηλή συσχέτιση με την έκταση εμφάνισαν τα ασπόνδυλα στην Κροατία ($R^2=0,07\%$), τα πτηνά για το σύνολο των χωρών εκτός Natura ($R^2=0,09\%$), τα ψάρια στην Βουλγαρία ($R^2=1,02\%$) και τέλος τα ασπόνδυλα των χωρών εκτός Natura ($R^2=2,6\%$). Γενικά όμως παρατηρείται ότι ένα μικρό ποσοστό ερμηνεύει τη διακύμανση του αριθμού των ειδών συναρτήσει της έκτασης, με εξαίρεση τη σχέση που συνδέει τα πτηνά με την έκταση των Κροατικών λιμνών ($R^2=61,61\%$) και αυτή που συνδέει τα ψάρια με την έκταση των Ρουμανικών λιμνών-λιμνοθαλασσών ($R^2=59,66\%$). Το υπόλοιπο ποσοστό ερμηνεύεται από άλλους παράγοντες. Από μία ανασκόπηση στη βιβλιογραφία εξάγουμε από ένα σύνολο ανεξάρτητων ερευνών διάφορες παραμέτρους που δείχνουν να ερμηνεύουν τις διακυμάνσεις στον αριθμό των ειδών εκτός από την

έκταση. Οι Hoyer & Canfield (1994) απέδειξαν ότι η τροφική κατάσταση των λιμνών ασκούσε την μεγαλύτερη επίδραση στην μεταβλητότητα του αριθμού των ειδών πτηνών, μελετώντας ένα σύστημα 46 λιμνών στην Φλόριντα των Ηνωμένων Πολιτειών. Όσο πιο παραγωγική είναι μία λίμνη τόσο περισσότερα άτομα μπορεί να υποστηρίξει (Hoyer 2013) και άρα αυξάνονται οι πιθανότητες για προσέλευση νέων ειδών. Επίσης ο αριθμός των πτηνών συσχετίστηκε θετικά τόσο με την έκταση των λιμνών όσο και με την ποικιλότητα της υδρόβιας βλάστησης στην άνω πλημμυρική πεδιάδα του Παρανά στη νότια Βραζιλία. Η δεύτερη παράμετρος κρύβει σαν ενδογενή αιτία την ετερογένεια των οικοτόπων (Almeida et al. 2018). Το γεωγραφικό πλάτος άλλοτε έχει διαδραματίσει σπουδαίο ρόλο στη διακύμανση του αριθμού των ψαριών ξεπερνώντας την επίδραση της έκτασης (64% της διακύμανσης εξηγήθηκε από το γεωγραφικό πλάτος) (Barbour & Brown 1974) και άλλοτε η συμμετοχή του γεωγραφικού πλάτους κυμάνθηκε σε μηδαμινά επίπεδα (0,2 και 5%) (Barbour & Brown 1974, Eadie et al. 1986). Άλλοι παράγοντες που θα μπορούσαν να επιδράσουν στον αριθμό των ειδών ψαριών είναι το pH, το βάθος και το υψόμετρο στο οποίο εντοπίζεται η λίμνη, ελέγχοντας εμπειρικά δεδομένα σε λίμνες της Σουηδίας (Ragnarsson 2008). Επίσης για τις ευρωπαϊκές εύκρατες λίμνες μελετώντας ένα δείγμα 42 λιμνών η έκταση και το υψόμετρο φαίνεται να ασκούν την μεγαλύτερη επίδραση στους αριθμούς των ειδών ψαριών αν και δεν αναιρείται η συνεισφορά του γεωγραφικού πλάτους, του βάθους και της λεκάνης απορροής (Amarasinghe & Welcomme 2002). Στα μακροασπόνδυλα έχει βρεθεί ότι η έκταση της λεκάνης απορροής έχει εξέχουσα σημασία στην ερμηνεία των διακυμάνσεων των ειδών μακροασπόνδυλων και μάλιστα αυτή υπερτερεί έναντι της έκτασης (Yu et al. 2015).

Πραγματοποιήθηκε, μία προσπάθεια σύγκρισης των αποτελεσμάτων που λάβαμε από την R μεταξύ του συνόλου των χωρών εντός του δικτύου Natura και του συνόλου εκτός

του δικτύου Natura. Κατά την σύγκριση αυτή, διαπιστώσαμε ότι δεν υπάρχει η ίδια βαρύτητα στην ερμηνεία των διακυμάνσεων της βιοποικιλότητας συναρτήσει της έκτασης στις δύο αυτές περιπτώσεις. Τα πτηνά και τα ασπόνδυλα, ήταν αυτά που εμφάνισαν την μεγαλύτερη διαφορά στις τιμές του R^2 , με τον βαθμό συσχέτισης στο σύνολο των χωρών εντός του δικτύου να ανέρχεται στο 17,12% για τα πτηνά και 11,45% για τα ασπόνδυλα, ενώ στο σύνολο των χωρών εκτός του δικτύου το ποσοστό συσχέτισης έπεσε στο 0,09% και 2,6% αντίστοιχα. Μόνο στα ψάρια για τις χώρες εκτός του δικτύου εντοπίστηκε ένα ικανοποιητικό ποσοστό συσχέτισης, μεταξύ πλούτου και έκτασης, της τάξης του 14,71%, σε αντίθεση με το 29,33% των χωρών εντός του δικτύου.

Η διαφορά αυτή που παρατηρείται στα δύο σύνολα ιδιαίτερα στα πτηνά και τα ασπόνδυλα πιθανώς να μπορεί να εξηγηθεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος αφορά την εγκυρότητα των δεδομένων, που για την περίπτωση των χωρών αυτών είναι αμφισβητήσιμη. Όπως, αναφέρουν και οι Borges et al. (2009), όταν τα δεδομένα δεν προέρχονται από κάποια έγκυρη πηγή ή δεν είναι αποτέλεσμα εκτεταμένης δειγματοληψίας σε μελέτες πεδίου, τότε αυξάνεται το ποσοστό των άγνωστων σφαλμάτων που συσχετίζονται με τον πλούτο των ειδών, το οποίο επηρεάζει την μορφή της καμπύλης καθώς και την καλή προσαρμογή των μοντέλων. Η δεύτερη εξήγηση που μπορεί να δοθεί, αφορά την ύπαρξη άλλων παραγόντων που επηρεάζουν πιο έντονα τον αριθμό των ειδών σε σύγκριση με την έκταση. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες οι οποίοι μπορούν πολλές φορές να περιγράψουν με περισσότερη επιτυχία τις διακυμάνσεις αυτές που παρατηρούνται (Hoyer & Canfield, 1994; Hoyer, 2013; Almeida, et al., 2018; Yu, et al., 2015) και πολύ πιθανόν ορισμένοι να υπερισχύουν σε μεγαλύτερο ποσοστό στην περιοχή που καλύπτουν οι χώρες αυτές. Γενικά, όμως, δεν είναι δυνατό να εξάγουμε ένα εμπειριστατωμένο συμπέρασμα για το ποια μπορεί να είναι

η αιτία εμφάνισης τόσο μικρής συσχέτισης και απαιτείται περαιτέρω έρευνα, προκειμένου να διαλευκανθεί αν όντως η έκταση διαμορφώνει ελάχιστα τις διακυμάνσεις του αριθμού ειδών ή οφείλεται σε δειγματοληπτικό σφάλμα, καθώς και να αναζητηθούν άλλοι παράγοντες που μπορεί να εξηγούν τις διακυμάνσεις αν η συσχέτιση του πλούτου ειδών-έκτασης είναι μικρή.

Μια πιο συστηματική μελέτη και καταγραφή της βιοποικιλότητας ενδεχομένως να μας παρουσίαζε μια πιο βελτιωμένη εικόνα στα αποτελέσματά μας, καλύπτοντας το χάσμα δεδομένων που συναντήσαμε, προωθώντας παράλληλα την ταυτοποίηση ειδών ενδιαφέροντος και ενισχύοντας τις προσπάθειες διατήρησης, όπως αναφέρουν και οι Williams & Lutterschmidt (2006).

Ανατρέχοντας στη διεθνή βιβλιογραφία ανακαλύψαμε τη συνεισφορά του SAR σ' ένα πλήθος πρακτικών εφαρμογών που θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη για τη διατήρηση των ειδών και των οικοτόπων. Βέβαια εμείς θα περιοριστούμε σε ένα βασικό πυλώνα που κρίναμε ουσιώδη για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας: ποια θα είναι η αναμενόμενη επίπτωση της απώλειας ενός οικοτόπου στον πλούτο των ειδών (αναγνωρίζοντας βέβαια και τους προβληματισμούς που εγείρονται);

Το παραπάνω ερώτημα, το οποίο θα αναλυθεί εκτενέστερα στην συνέχεια, εικάζουμε πως θα έπρεπε πρωτίστως να τεθεί στις χώρες που βρίσκονται εκτός του δικτύου Natura. Αυτό γιατί σε ορισμένες εξ αυτών δεν υπάρχει κάποια οργανωμένη και μακροπρόθεσμη προσπάθεια για την εξασφάλιση οικονομικής ενίσχυσης για ενέργειες που προάγουν την διατήρηση της βιοποικιλότητας, όπου σε συνδυασμό με την πενιχρή χρηματοδότηση και την έλλειψη πληροφοριών σχετικά με τη βιοποικιλότητα καθιστούν δύσκολο το έργο της διατήρησης (Σερβία) (Radovic & Kozomara 2011). Σε άλλες, μάλιστα, περιπτώσεις το φαινόμενο εντείνεται όταν παράνομες δραστηριότητες στερούν τον φυσικό πλούτο και

καταστρέφουν ανεξέλεγκτα οικοτόπους, το νομικό πλαίσιο για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας δεν επιβάλλεται σε μεγάλο βαθμό, οι αρμόδιοι φορείς στερούνται προσωπικού, πόρων και τεχνογνωσίας και δεν έχουν πρόσβαση σε ευρωπαϊκά κονδύλια (Κόσσοβο) (Menczer et al. 2018).

Αυτομάτως αυτό δεν σημαίνει ότι στις χώρες που βρίσκονται εντός του δικτύου Natura δεν υφίστανται μεταβολές στην βιοποικιλότητα οφειλόμενες σε τροποποιήσεις των φυσικών ενδιαιτημάτων. Ενδεικτικά αναφέρεται στην τελευταία έκθεση του 2020 ότι η αστικοποίηση έχει οδηγήσει στην μετατροπή φυσικών και ημιφυσικών εκτάσεων σε κατοικίες, οικισμούς ή χώρους αναψυχής ασκώντας συνεπικουρικά πίεση στα είδη και τους οικοτόπους (European Environment Agency 2020). Επίσης σε έρευνα που διενεργήθηκε από τους Tsavdaridou et al. (2019) διαπιστώθηκαν ελλείψεις στο νομοθετικό πλαίσιο για την διατήρηση των ευρωπαϊκών λιμνών που εντάσσονται σε περιοχές Natura. Στο πόρισμα χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι οποιαδήποτε απειλή προερχόμενη από το χερσαίο τμήμα που περιβάλλει αυτούς τους υγροβιότοπους είναι ικανή να προκαλέσει μεταξύ άλλων τροποποιήσεις στη διατήρηση των πληθυσμών. Από την ανάλυση αυτή αναδεικνύεται η αναγκαιότητα επαναπροσδιορισμού του σχεδιασμού διατήρησης προς μια συστηματική και ολοκληρωμένη προσέγγιση (Tsavdaridou et al. 2019).

Τα τελευταία χρόνια διανύουμε μία περίοδο που χαρακτηρίζεται από σταθερή μείωση της βιοποικιλότητας, οφειλόμενη στην κλιματική αλλαγή, τα εισβολικά είδη, την υπερεκμετάλλευση και μόλυνση, με τα στοιχεία της IUCN να υποδεικνύουν ότι η αλλαγή και η υποβάθμιση των οικοτόπων συνιστούν τους μεγαλύτερους κινδύνους για τα φυτά και τα σπονδυλωτά (Martins 2018). Στην ταχεία μεταβολή των οικοτόπων εξέχουσα θέση κατέχει ο άνθρωπος μέσω των δραστηριοτήτων που ασκεί (Martins 2018).

Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες επιδρούν στο 83% της επιφάνειας της γης με άμεσο επακόλουθο την άνοδο των εξαφανίσεων (Ker & Deguise 2004). Δεν είναι λίγες οι μελέτες που αποδεικνύουν ακριβώς την ελάττωση τις ποικιλομορφίας των ειδών ως απόρροια της απώλειας του φυσικού περιβάλλοντος. Στα πτηνά υπάρχουν αναφορές για εντατικοποίηση του κατακερματισμού των ενδιαιτημάτων τους οδηγώντας σε μεγάλη μείωση των οικοτόπων των πτηνών και της διαθεσιμότητας σε τροφή, ενώ παράλληλα επηρεάζεται το πρότυπο κατανομής της ποικιλότητας των πτηνών και της σύνθεσης της κοινότητας (Chena et al. 2021). Εξετάζοντας 9 αστικές λίμνες στο Daqing της Κίνας οι ερευνητές ανακάλυψαν ότι η αύξηση της αστικοποίησης και του βαθμού των ανθρώπινων παρεμβάσεων ήταν καθοριστική για την μείωση της ποικιλότητας των πτηνών (Chena et al. 2021). Επομένως, θεωρούμε εύλογο να αναφερθούμε στη χρήση του SAR ως εργαλείου για την πρόβλεψη της απόκρισης του αριθμού των ειδών στην απώλεια του οικοτόπου στον οποίο διαβιούν, προσδιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο τον ρυθμό των εξαφανίσεων (Martins 2018, Fattorini et al. 2021, Chisholm et al. 2018, Martins & Pereira 2017, Kuipers et al. 2021, Connor & McCoy 2017).

Το SAR ήδη από το 1980 έχει προταθεί ως εργαλείο για την εκτίμηση της απώλειας των ειδών από μία περιοχή λόγω ελάττωσης της έκτασης (Connor & McCoy 2017). Παρόλο που έχει προταθεί μία σειρά συναρτήσεων για την μοντελοποίηση του SAR (μερικές από τις οποίες εξετάσαμε κι εμείς), μία δυναμικού τύπου συνάρτηση που συσχετίζει τον αριθμό των ειδών S με την έκταση του οικοτόπου A , $S(A) \sim A^z$, είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη σε εκτιμήσεις εξαφανίσεων ειδών που επέρχεται από την απώλεια του οικοτόπου. Αν μια περιοχή a του πρωταρχικού φυσικού οικοτόπου

μετατρέπεται σε τροποποιημένο από τον άνθρωπο οικοτόπο οι προβλεπόμενες εξαφανίσεις δίνονται από τον τύπο:

$$\varepsilon(a) = \frac{S(A) - S(A - a)}{S(A)} = 1 - \left(\frac{A - a}{A} \right)^z, \text{ όπου } z \text{ σταθερά που αντανακλά τον ρυθμό με τον}$$

οποίο η αφθονία των ειδών αυξάνεται με την έκταση (Martins & Pereira 2017). Μπορεί αυτή η εφαρμογή του SAR να μας παρέχει μία πρώτη εκτίμηση του αριθμού των ειδών που αναμένεται να εξαφανιστούν από κάποια υποβάθμιση ή καταστροφή του φυσικού οικοτόπου, γεγονός που του προσδίδει αξία στους διάφορους σχεδιασμούς και στη λήψη αποφάσεων διατήρησης όπως προτάθηκε από τους East (1981) και Kent (1987), εντούτοις υπάρχουν προβλήματα και περιορισμοί στην εφαρμογή του. Αν χρησιμοποιηθεί με την απλή μορφή του, εξ ορισμού ο μετασχηματισμός ενός οικοτόπου σε πλήρως ανθρωπογενές περιβάλλον θα θεωρεί ότι όλα τα είδη θα εξαφανιστούν, αγνοώντας την προσαρμοστική ικανότητα μερικών ειδών (Martins & Pereira 2017, Martins 2018). Γενικά, οποιαδήποτε μονομεταβλητή ανάλυση-απλοί υπολογισμοί, συμπεριλαμβανομένου και του SAR, μπορεί να μην προσδίδουν τον πραγματικό αριθμό των εξαφανίσεων (Fattorini et al. 2021). Επιπλέον η έκταση της περιοχής μπορεί να έχει μικρότερη επίδραση συγκριτικά με άλλες μεταβλητές και τέλος η ίδια η καταστροφή του οικοτόπου να προκαλεί αλλαγή στα στοιχεία του τύπου και άρα στο ίδιο το SAR (Smith 2010). Έχει προταθεί μια εναλλακτική έναντι του κλασικού SAR και αποτελεί μια τροποποιημένη μορφή του λαμβάνοντας υπόψη την παραμονή ορισμένων ειδών σε τροποποιημένα ενδιαιτήματα (Martins & Pereira 2017). Σε άλλες έρευνες στον υπολογισμό του SAR έχει ενσωματωθεί μία επιπλέον μεταβλητή, το γεωγραφικό πλάτος, που όπως έχει αναφερθεί αποδείχτηκε χρήσιμη για την ερμηνεία της διακύμανσης στην

αφθονία των ειδών κατά μήκος των ανατολικών Ηνωμένων Πολιτειών (Meixler et al. 2019).

Τα στάσιμα ύδατα (στα οποία ανήκουν και οι λίμνες) εντός CBR περιοχών στην Ευρώπη έρχονται αντιμέτωπα με τον κίνδυνο της απώλειας οικοτόπου, που αποτελεί συνάμα και την μεγαλύτερη απειλή για τη βιοποικιλότητα των γλυκών νερών. Κινητήριος δύναμη σε αυτή την αλυσιδωτή αντίδραση είναι η αλλαγή στις χρήσεις γης (Grzybowski & Glińska-Lewczuk 2019). Το φαινόμενο αυτό δεν αποκλείεται να παρουσιαστεί στις λίμνες που εξετάσαμε στην παρούσα εργασία (εκτός ή εντός Natura) και ο κίνδυνος επηρεασμού της άγριας ζωής να βρίσκεται προ των πυλών. Χρησιμοποιώντας το SAR αποκτούμε μία εικόνα για τις μεταβολές που προβλέπεται να επέλθουν στην βιοποικιλότητα συναρτήσει των ανθρωπογενών παρεμβάσεων στους φυσικούς οικοτόπους. Η ικανότητα του SAR να πραγματοποιεί τέτοιου είδους προβλέψεις το καθιστούν, όπως έχει προαναφερθεί, ως ένα σημαντικό εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων, παρέχοντας στις αρμόδιες αρχές τη βάση για τον σχεδιασμό και την αναπροσαρμογή μέτρων που πρέπει να εφαρμοστούν για να επιτευχθούν οι στόχοι διατήρησης.

Συμπεραίνουμε ότι η δυναμική συνάρτηση για την επεξήγηση του SAR δεν αποτελεί πανάκια, δεδομένου ότι και άλλα μοντέλα κρίθηκαν κατάλληλα γι' αυτόν τον σκοπό. Η σχέση αριθμού ειδών-έκτασης επιβεβαιώνεται στην πλειονότητα των περιπτώσεων (εξαίρεση αποτέλεσε η Σλοβενία και η Κύπρος για την εκτίμηση του αριθμού των ψαριών, όπου πιθανότατα υπόκεινται κυρίως σε δειγματοληπτικά σφάλματα) αν και σε κάποιες η συσχέτιση που βρέθηκε ήταν εξαιρετικά χαμηλή. Η εργασία αυτή συνιστά μία επιπλέον απόδειξη ότι το SAR κάνει αισθητή την παρουσία του και σε μη πραγματικά νησιά, για παράδειγμα σε λίμνες.

Περαιτέρω έρευνα και σε άλλες περιοχές της Ευρώπης, θα μας δώσει πιο κατατοπιστικά στοιχεία αναφορικά με την κατάρτιση των εξισώσεων και των συντελεστών συσχέτισης και προσδιορισμού.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Begon, M., Howarth, R. W. & Townsend, C. R. (2015). *ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ: Πληθυσμοί, Βιοκοινότητες και Εφαρμογές*. 1η Ελληνική Έκδοση επιμ. s.l.:Utopia.

Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., Jackson, R. B., 2013. *ΒΙΟΛΟΓΙΑ, ΤΟΜΟΣ ΙΙΙ: ΜΟΡΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΑ ΦΥΤΑ - ΜΟΡΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΑ ΖΩΑ - ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ*. s.l.:ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ.

Gaston, K. J. & Spicer, J. I., (2008). *Βιοποικιλότητα: Μια εισαγωγή*. 2η Έκδοση επιμ. Θεσσαλονίκη: UNIVERSITY STUDIO PRESS.

I.A.CO Environmental and Water Consultants Ltd & Πτηνολογικός Σύνδεσμος Κύπρου, (2016). *Διαχειριστικό Σχέδιο Περιοχής ΖΕΠ "Λιμνη Παραλιμνίου"*, Λευκωσία: Υπηρεσία Θήρας και Πανίδας, Υπουργείο Εσωτερικών.

I.A.CO Environmental and Water Consultants Ltd & Πτηνολογικός Σύνδεσμος Κύπρου, (2016). *ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΖΕΠ "ΛΙΜΝΗ ΠΑΡΑΛΙΜΝΙΟΥ"*, Λευκωσία: Υπηρεσία Θήρας και Πανίδας, Υπουργείο Εσωτερικών.

Ψιλοβίκος, Α. (2020). *Υδατικοί Πόροι*. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 700. ISBN:978-960-418-602-0.

Ψιλοβίκος, Α. (2022). *Οικοϋδραυλική. 2^η Έκδοση*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 800. ISBN: 978-960-418-980-9.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Albrecht, C. and Wilke, T. (2008). Ancient Lake Ohrid: biodiversity and evolution. *Hydrobiologia*, 615(1), pp.103–140.

Almeida, B. d. A., Green, A. J., Sebastián-González, E. & dos Anjos, L. (2018). Comparing species richness, functional diversity and functional composition of waterbird communities along environmental gradients in the neotropics. *PLOS ONE*.

Amarasinghe, U. S. & Welcomme, R. L. (2002). An analysis of fish species richness in natural lakes. *Environmental Biology of Fishes*, pp. 327-339.

Anon. (2004). *GEOGRAPHY, METEOROLOGY AND ENVIRONMENT*, s.l.: Romanian Statistical Yearbook.

Barbour, C. D. & Brown, J. H. (1974). Fish species diversity in lakes. *Amer. Nat.*, pp. 473-489.

BATTES, K. P., CÎMPEAN, M., MOMEU, L., ȘUTEU, A. M., PAULIUC, G., STERMIN, A. N., DAVID, A. (2019). Species-area relationships for aquatic biota in

several shallow lakes from the Fizeş Valley (Transylvania, Romania). *NORTH-WESTERN JOURNAL OF ZOOLOGY*, pp. 117-126.

Bego, F., Malltezi, J., Kola, R., Zotaj, A. and Bino, T. (2012). Biodiversity of Butrint National Park, UNESCO and Ramsar site: its status, threats and priority needs for conservation. International Conference on Marine and Coastal Ecosystems.

Borges, P.A.V., Hortal, J., Gabriel, R. and Homem, N. (2009). Would species richness estimators change the observed species area relationship? *Acta Oecologica*, 35(1), pp.149–156.

Chena, T., Baoa, L., Zhu, L. B., Tiana, Y., Xu, Q., Hu, Y. (2021). The diversity of birds in typical urban lake-wetlands and its response to the landscape heterogeneity in the buffer zone based on GIS and field investigation in Daqing, China. *EUROPEAN JOURNAL OF REMOTE SENSING*, pp. 33-41.

Chisholm, R. A., Lim, F., Yeoh, Y. S., Seah, W. W., Condit, R., Rosindell, J. (2018). Species–area relationships and biodiversity loss in fragmented landscapes. *Ecology Letters*, pp. 804-813.

Connor, E. & McCoy, E. (2017). *Species–Area Relationships*, s.l.: Elsevier.

Conor, E. & McCoy, E. (2013). Species–Area Relationships. Στο: *Encyclopedia of Biodiversity*. s.l.:s.n., pp. 640-650.

De la Sancha, N. U. & Boyle, S. A. (2019). Predictive sampling effort and species-area relationship models for estimating richness in fragmented landscapes. *PLoS ONE*, 14(12).

Dengler, J. (2009). Which function describes the species-area relationship best? A review and empirical evaluation. *Journal of Biogeography*, 36(4), pp.728–744.

Drakare, S., Lennon, J. J., & Hillebrand, H. (2006). The imprint of the geographical, evolutionary and ecological context on species–area relationships. *Ecology letters*, 9(2), 215-227.

Eadie, J. M., Hurly, T. A., Montgomerie, R. D. & Teather, K. L. (1986). Lakes and rivers as islands: species-area relationships in the fish faunas of Ontario. *Environmental Biology of Fishes*, pp. 81-89.

East, R. (1981). Species-area curves and populations of large mammals in African savanna reserves. *Biological Conservation*, pp. 111-126.

European Commission (2018). *Guidance on Aquaculture: Sustainable aquaculture activities in the context of the Natura 2000 Network*, Luxembourg: s.n.

European Environment Agency (2020). *State of nature in the EU: Results from reporting under the nature directives 2013-2018*, s.l.: s.n.

Fattorini, S., Ulrich, W. & Matthews, T. J. (2021). 14 - Using the Species–Area Relationship to Predict Extinctions Resulting from Habitat Loss. Στο: *The Species–Area Relationship: Theory and Application*. s.l.:Cambridge University Press.

Gooriah, L. D. & Chase, J. M. (2020). Sampling effects drive the species–area relationship in lake zooplankton. *OIKOS*, pp. 124-132.

Grzybowski, M. & Glińska-Lewczuk, K. (2019). Principal threats to the conservation of freshwater habitats in the continental biogeographical region of Central Europe. *Biodiversity and Conservation*, pp. 4065-4097.

Guilhaumon, F., Mouillot, D., & Gimenez, O. (2010). mmSAR: an R-package for multimodel species–area relationship inference. *Ecography*, 33(2), 420-424.

Helmus, M.R. and Behm, J.E. (2019). Island Biogeography Revisited. *Encyclopedia of the World's Biomes*, pp.51–56.

Hoyer, M. V. (2013). *Lake Management and Aquatic Birds*. s.l.:Fish & Wildlife Management.

Hoyer, M. V. & Canfield, D. E. (1994). Bird abundance and species richness on Florida lakes: influence of trophic status, lake morphology, and aquatic macrophytes. *Hydrobiologia*, pp. 107-119.

Kent, M. (1987). Island biogeography and habitat conservation. *Progress in Physical Geography*.

Ker, J. T. & Deguise, I. (2004). Habitat loss and the limits to endangered species recovery. *Ecology Letters*, pp. 1163-1169.

Kuipers, K. J., Hilbers, J. P., Garcia-Ulloa, J., Graae, B. J., May, R., Verones, F., Huijbre, M. A. J., Schipper, A. M. (2021). Habitat fragmentation amplifies threats from habitat loss to mammal diversity across the world's terrestrial ecoregions. *One Earth*, pp. 1505-1513.

Lassen, H. H. (1975). The diversity of freshwater snails in view of the equilibrium theory of island biogeography. *Oecologia*, pp. 1-8.

Lomolino, M. V. (2001). *The species–area relationship: new challenges for an old pattern*. s.l.:s.n.

Martins, I. I. S. (2018). *Understanding species responses to habitat change across scales using the countryside species-area relationship*, s.l.: s.n.

Martins, I. S. & Pereira, H. M. (2017). Improving extinction projections across scales and habitats using the countryside species-area relationship. *Scientific Reports*.

Matias, M. G., Gravel, D., Guilhaumon, F., Desjardins-Proulx, P., Loreau, M., Münkemüller, T., Mouquet, N., 2013. Estimates of species extinctions from species-area relationships strongly depend on ecological context. *Ecography*, pp. 431-442.

Matthews, T. J., Triantis, K. A. & Whittaker, R. J. (2021). *The Species–Area Relationship: Theory and Application*. s.l.:Cambridge University Press.

Matthews, T. J. and Triantis, K. (2021). Island biogeography. *Current Biology*, 31(19), pp.R1201–R1207.

Matthews, T.J. (2021). On The Biogeography of Habitat Islands: The Importance of Matrix Effects, Noncore Species, and Source-Sink Dynamics. *The Quarterly Review of Biology*, 96(2), pp.73–104.

Matthews, T. J., Guilhaumon, F., Triantis, K. A., Borregaard, M. K., Whittaker, R. J. (2016). On the form of species–area relationships in habitat islands and true islands. *Global Ecology and Biogeography*, pp. 847-858.

Meixler, M. S., Fisher, K. & Sanderson, E. W. (2019). Latitude-enhanced species-area relationships for conservation planning. *Landscape Ecology*, pp. 1877-1888.

Menczer, K., Veselaj, Z. & Hajredini, E. (2018). *KOSOVO BIODIVERSITY ANALYSIS*, Bethesda: s.n.

Merola-Zwartjes, M. (2004). Chapter 4: Biodiversity, Functional Processes, and the Ecological Consequences of Fragmentation in Southwestern Grasslands. Στο: *USDA Forest Service - General Technical Report RMRS-GTR*. s.l:s.n., pp. 49-85.

Passy, S.I., Mruzek, J.L., Budnick, W.R., Thibault Leboucher, Aurélien Jamoneau, Chase, J.M., Janne Sojininen, Sokol, E.R., Tison-Rosebery, J., Vilmi, A., Wang, J. and Larson, C.A. (2022). On the shape and origins of the freshwater species–area relationship. *Ecology*, 104(3).

PEREIRA, H. M. & DAILY, G. C. (2006). MODELING BIODIVERSITY DYNAMICS IN COUNTRYSIDE LANDSCAPES. *Ecology*, pp. 1877-1885.

POPOVSKA, C. and BONACCI, G. (2008). ECOHYDROLOGY OF DOJRAN LAKE. In: P. Hlavinek, O. Bonacci, J. Marsalek and I. Mahrikova, eds., *Dangerous Pollutants (Xenobiotics) in Urban Water Cycle*. NATO Public Diplomacy Division.

Pulevic, V., Hadžiablahovic, S., Kasom, G., Rakocevic- Nedovic, J., Nikcevic. S., Pešic, V., Ražnatovic, A., Cirovic, R., Saveljic, D., Buškovic, V., Dhimitër, D., Lefter, K., Fatbrdh, S., Idriz, H., Ferdinand, B., Rrok, S., Marash, R. (2001). *Biodiversity database of the Shkodra/Skadar Lake*, s.l.: THE REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER for Central and Eastern Europe.

Radovic, I. & Kozomara, M. (2011). *Biodiversity Strategy of the Republic of Serbia for the period 2011-2018*, Belgrade: Ministry of Environment and Spatial Planning.

Ragnarsson, H. (2008). *Biological Diversity of Fish and Bacteria in Space and Time*. s.l.:Universitatis Upsaliensis.

Rosenzweig, M. L. (2005). 16: Reconciliation Ecology and the Future of Species Diversity. Στο: M. Shachak, επιμ. *Biodiversity in Drylands: Toward a Unified Framework*. s.l.:Oxford University Press.

Scheiner, S.M. (2003). Six types of species-area curves. *Global Ecology and Biogeography*, 12(6), pp.441–447.

Smith, A. B. (2010). Caution with curves: Caveats for using the species–area relationship in conservation. *Biological Conservation*, pp. 555-564.

Stewart, R. E. (2016). *Technical Aspects of Wetlands: Wetlands as Bird Habitat*, s.l.: National Water Summary on Wetland Resources, United States Geological Survey.

Tessel, S. M., Palmquist, K. A. & Peet, R. K. (2015). Species-area Relationships. Στο: D. Gibson, επιμ. *Oxford Bibliographies in Ecology*. New York: Oxford University Press.

Tjørve, Even and Tjørve, Kathleen MC (2017) Species–Area Relationship. In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.

Tjørve, E. (2003). Shapes and functions of species–area curves: a review of possible models. *Journal of Biogeography*, pp. 827-835.

TOPI, M., SALIAJ, O. and MERSINAJ, K. (2013). *Preliminary Report for Key Biodiversity Area of Narta Lagoon*. Protection and Preservation of Natural Environment in Albania.

Triantis, K.A., Guilhaumon, F. and Whittaker, R.J. (2012). The island species-area relationship: biology and statistics. *Journal of Biogeography*, 39(2), pp.215–231.

Tsavdaridou, A. I., Moustaka-Gouni, M., Katsiapi, M. & Mazaris, A. D. (2019). Gaps in the protection of European lakes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, pp. 1726-1734.

Turner, W. R. & Tjørve, E. (2005). Scale-dependence in species-area relationships. *Ecography*, pp. 721-730.

Van der Waal, M. (2022). *The island biogeography theory and its applicability on the waterbird species richness of lakes during the winter migration period*. s.l.:s.n.

Wagenmakers, E. J., & Farrell, S. (2004). AIC model selection using Akaike weights. *Psychonomic bulletin & review*, 11, 192-196.

Williams, J. K. & Lutterschmidt, W. L. (2006). Species-Area Relationships Indicate Large-Scale Data Gaps in Herbarium Collections. *Lundellia*, pp. 41-50.

Williams, M. R., Lamont, B. B. & Henstridge, J. D. (2009). Species–area functions revisited. *Journal of Biogeography*, pp. 1994-2004.

Yu, Z., Liu, J., He, T. & Wang, R. (2015). Patterns of macroinvertebrate richness in 62 lakes in China. *Journal of Freshwater Ecology*, pp. 323-334.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Birdingplaces.eu. (n.d.). *Belo Jezero Fish Farm and Surroundings*. [online] Available at: <https://www.birdingplaces.eu/el/birdingplaces/serbia/belo-jezero>.

Birdingplaces.eu. (n.d.). *Rusanda Nature Reserve*. [online] Available at: <https://www.birdingplaces.eu/el/birdingplaces/serbia/nature-park-rusanda>.

ecopotential-project.eu. (n.d.). *Ohrid and Prespa*. [online] Available at: <http://ecopotential-project.eu/site-studies/protected-areas/23-ohrid-and-the-prespa-lakes.html>.

European Commission (2019). *Natura 2000 - Environment - European Commission*. [online] Europa.eu. Available at: https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm.

environment.ec.europa.eu. (n.d.). *The Birds Directive*. [online] Available at: https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/birds-directive_en.

environment.ec.europa.eu. (n.d.). *The Habitats Directive*. [online] Available at: https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/habitats-directive_en#implementation.

National Park Mavrovo. (2020). *National Park Mavrovo*. [online] Available at: <https://npmavrovo.org.mk/en/>.

natura2000.eea.europa.eu. (n.d.). *ArcGIS Web Application*. [online] Available at: <https://natura2000.eea.europa.eu/expertviewer/>.

Ramsar (2018). *Homepage | Ramsar*. [online] Ramsar.org. Available at: <https://www.ramsar.org/>

rsis.ramsar.org. (2008). *Ramsar Sites Information Service*. [online] Available at: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/RS1738RIS.pdf>.

rsis.ramsar.org. (2020). *Serbia Djerdap | Ramsar Information Sheet*. [online] Available at: https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/RS2442RIS_2012_en.pdf.

rsis.ramsar.org. (n.d.). *Stari Begej - Carska Bara Special Nature Reserve / Ramsar Sites Information Service*. [online] Available at: <https://rsis.ramsar.org/ris/819>.

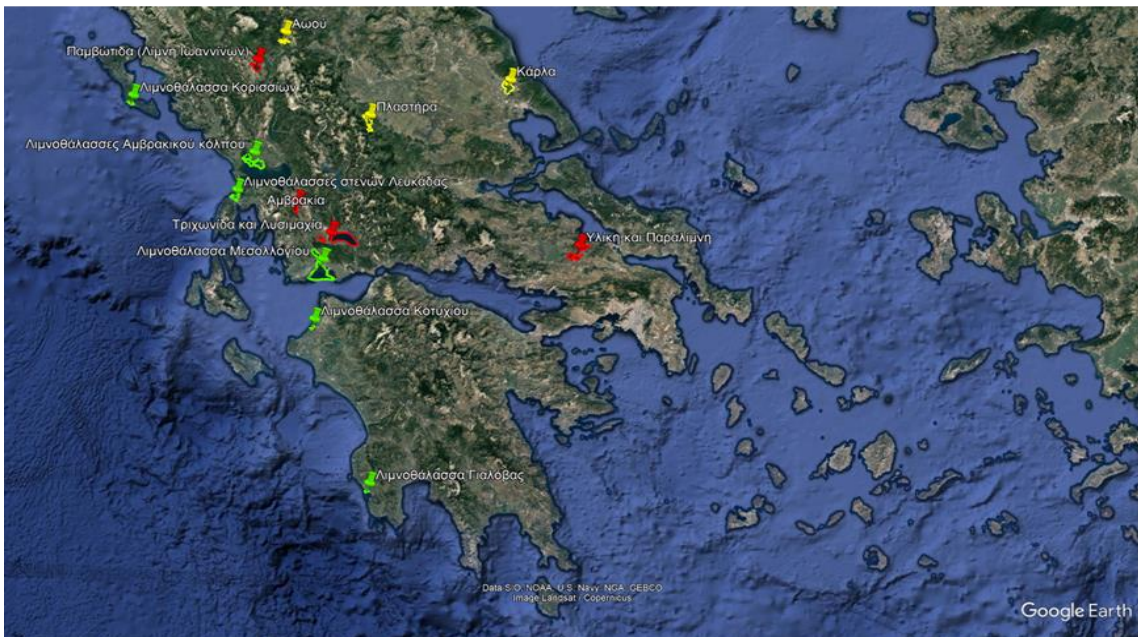
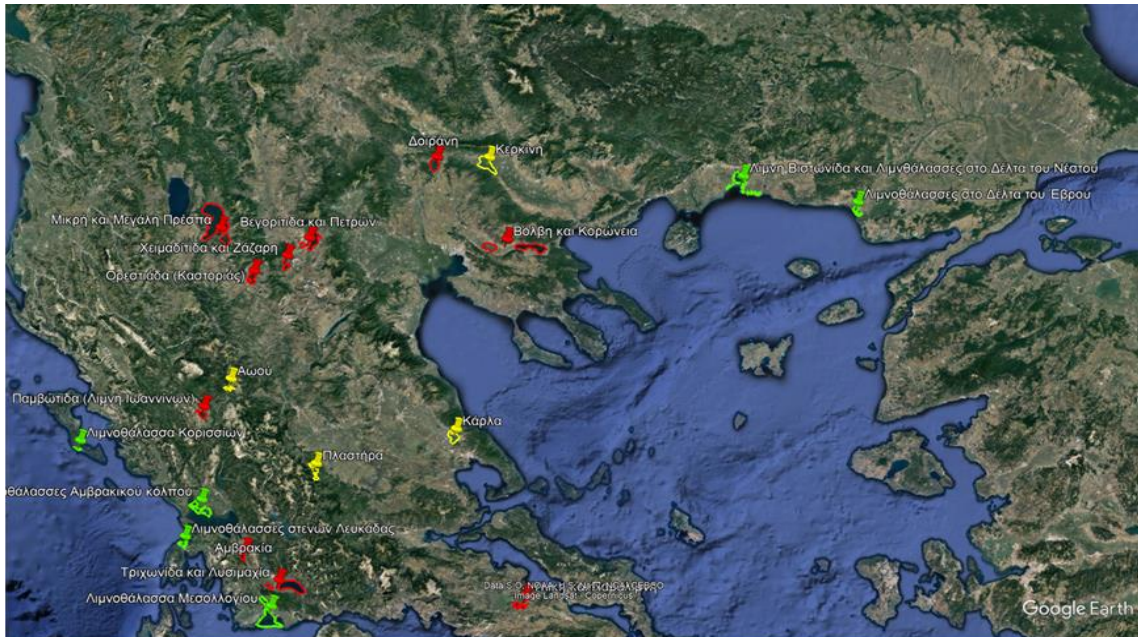
Spasić, V. (2019). *Special Nature Reserve Zasavica - hidden biodiversity gem*. [online] Balkan Green Energy News. Available at: <https://balkangreenenergynews.com/special-nature-reserve-zasavica-hidden-biodiversity-gem/>.

Wikipedia Contributors (2021). *Ludaš Lake*. [online] Wikipedia. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Luda%C5%A1_Lake.

Wikipedia. (2022). *Veliko Blato*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Veliko_Blato.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι. Δορυφορική απεικόνιση (google earth) των λιμνών (φυσικών και τεχνητών) και λιμνοθαλασσών που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα. Η επισήμανση με κόκκινο χρώμα αντιπροσωπεύει τις φυσικές λίμνες, ενώ με κίτρινο τις τεχνητές. Οι λιμνοθάλασσες είναι αυτές που περικλείονται από ένα πράσινο πλαίσιο.



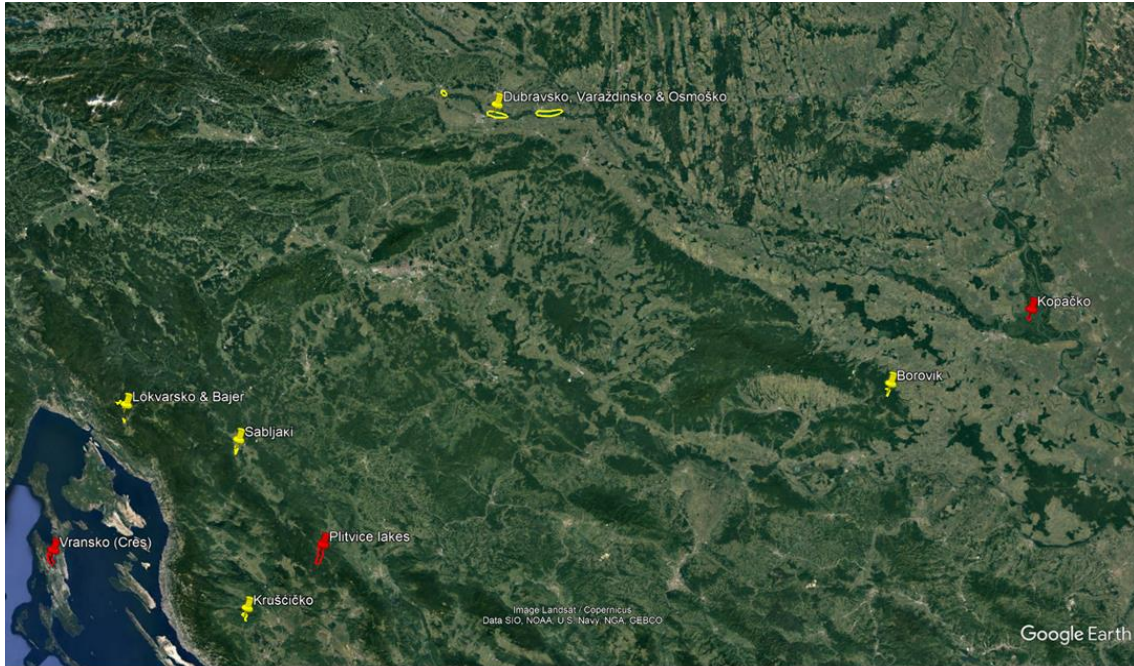
Σχήμα ΠΙ. Δορυφορικός χάρτης των υγροβιότοπων της Ελλάδας



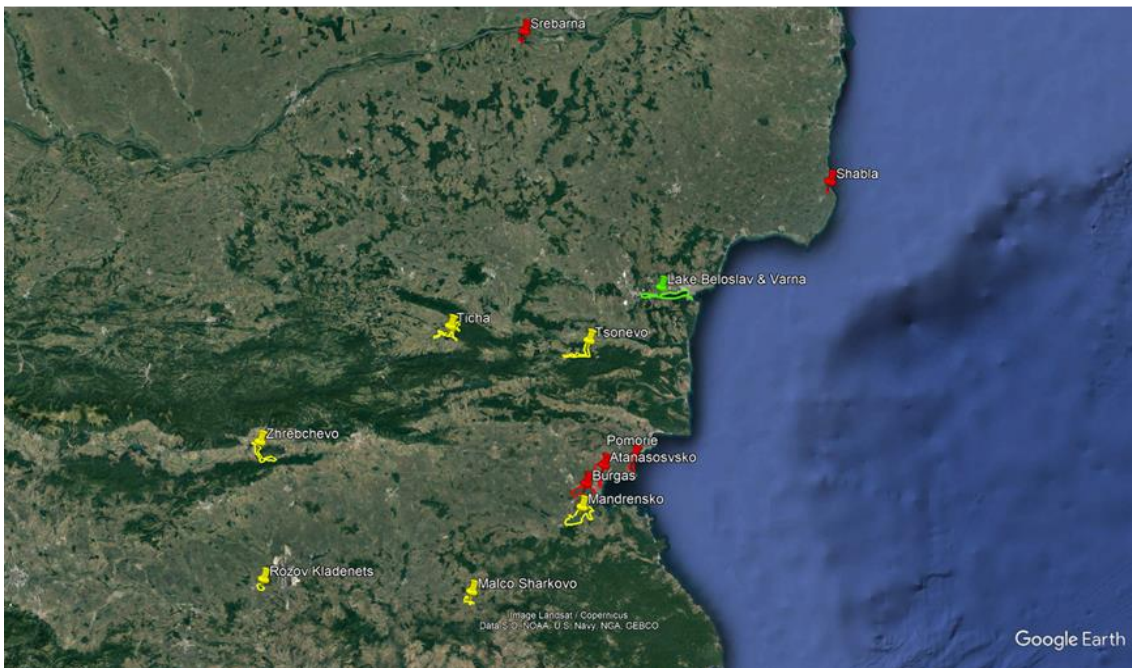
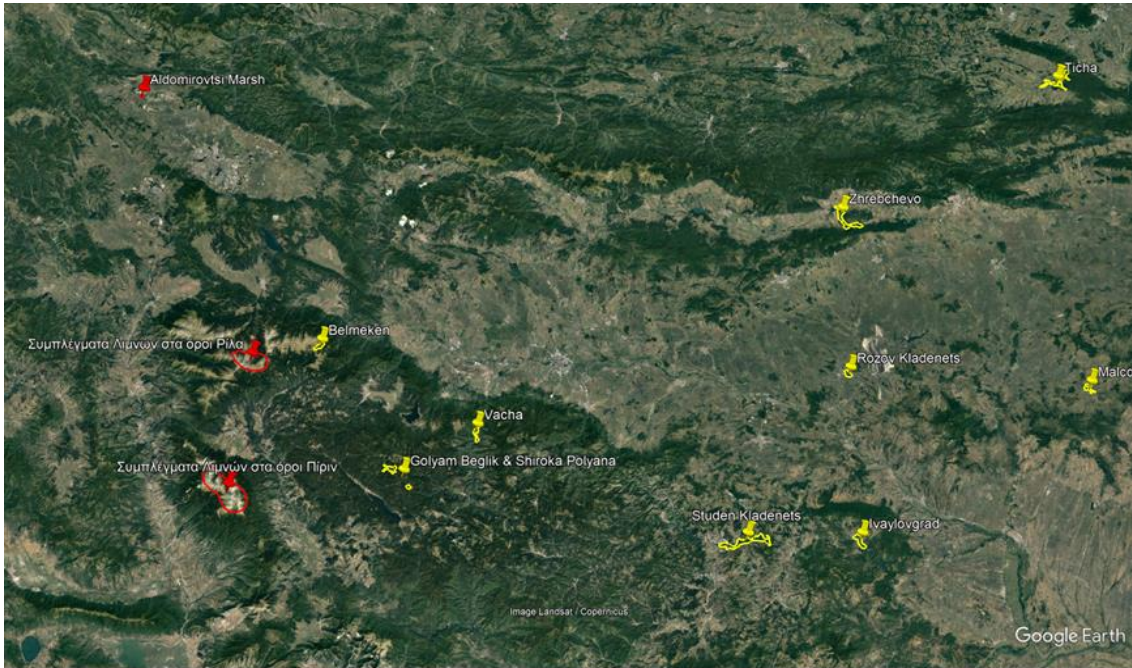
Σχήμα Π2. Δορυφορικός χάρτης των υγροβιότοπων της Κύπρου



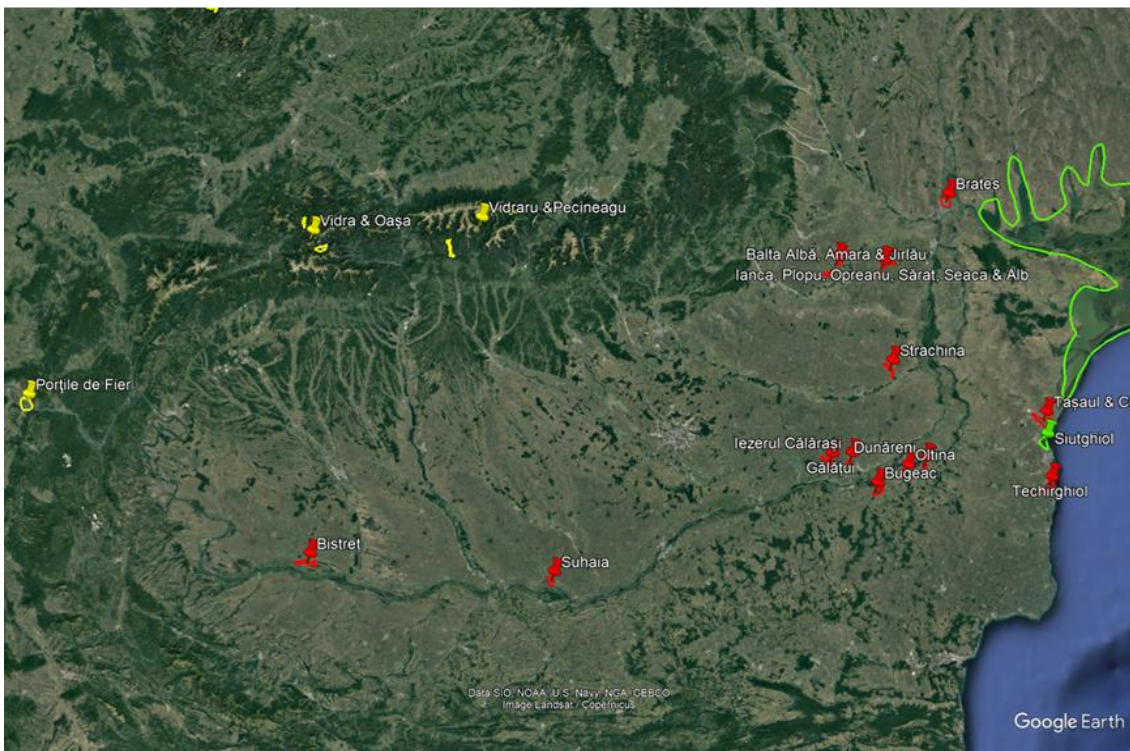
Σχήμα Π3. Δορυφορικός χάρτης των υγροβιότοπων της Σλοβενίας



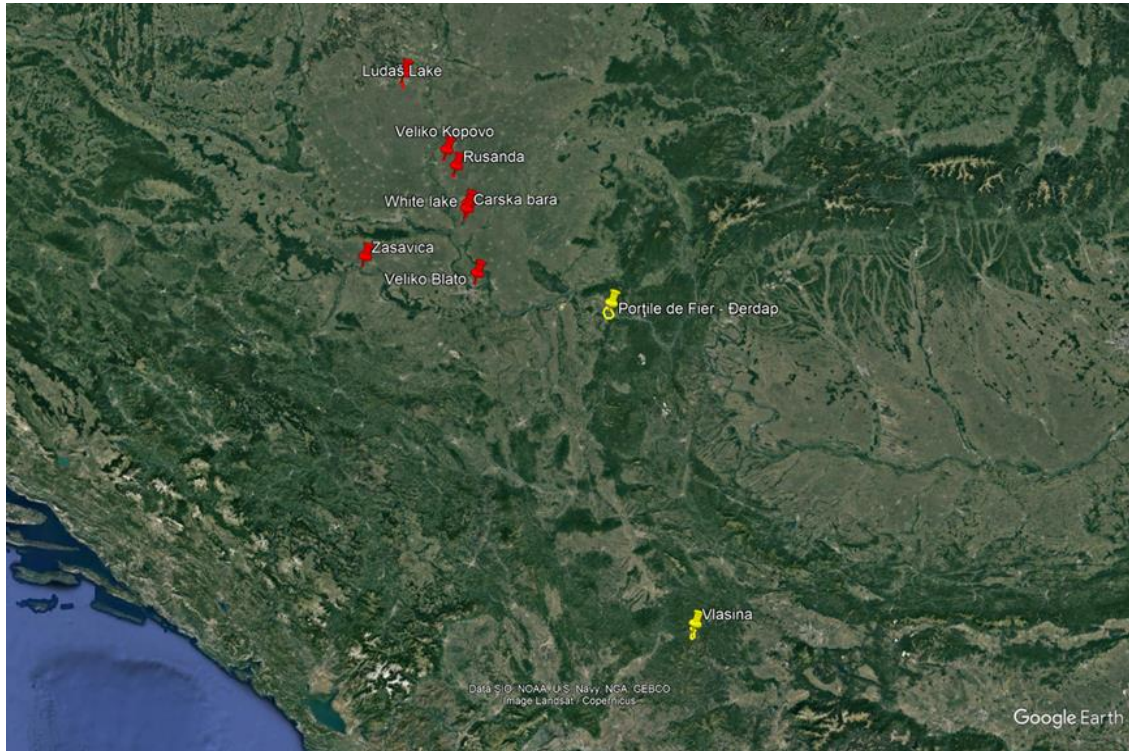
Σχήμα Π4. Δορυφορικός χάρτης των υγροβιότοπων της Κροατίας



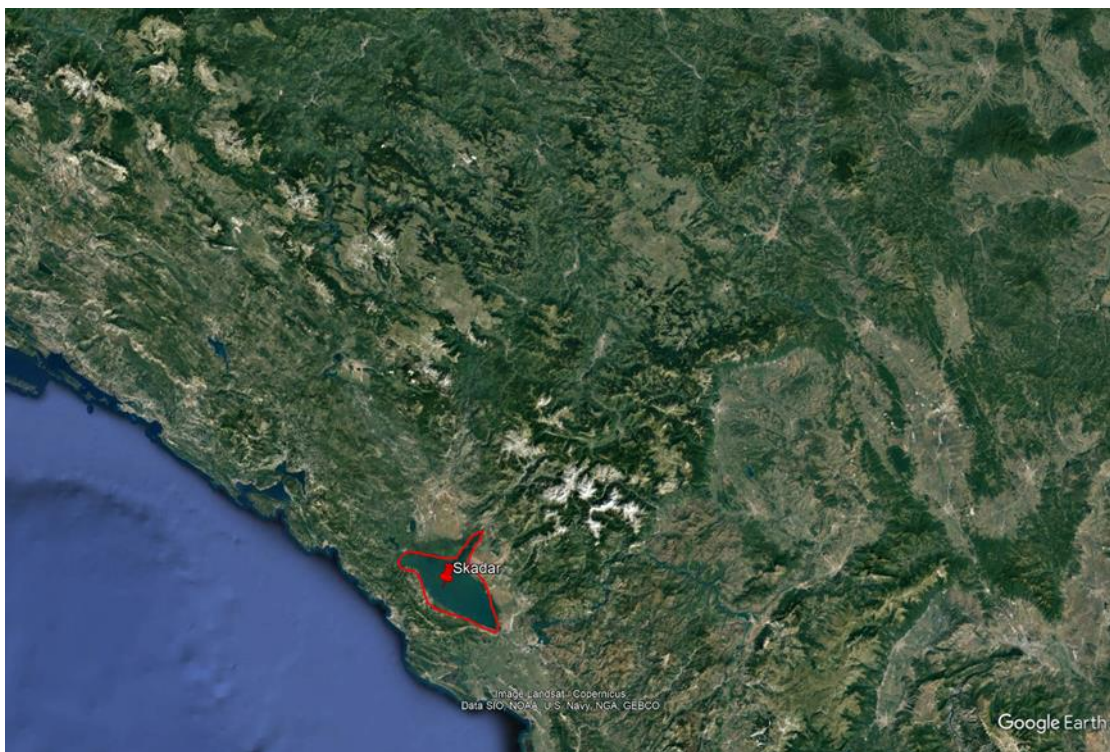
Σχήμα Π5. Δορυφορικός χάρτης των υγροβιότοπων της Βουλγαρίας



Σχήμα Π6. Δορυφορικός χάρτης των υγροβιότοπων της Ρουμανίας



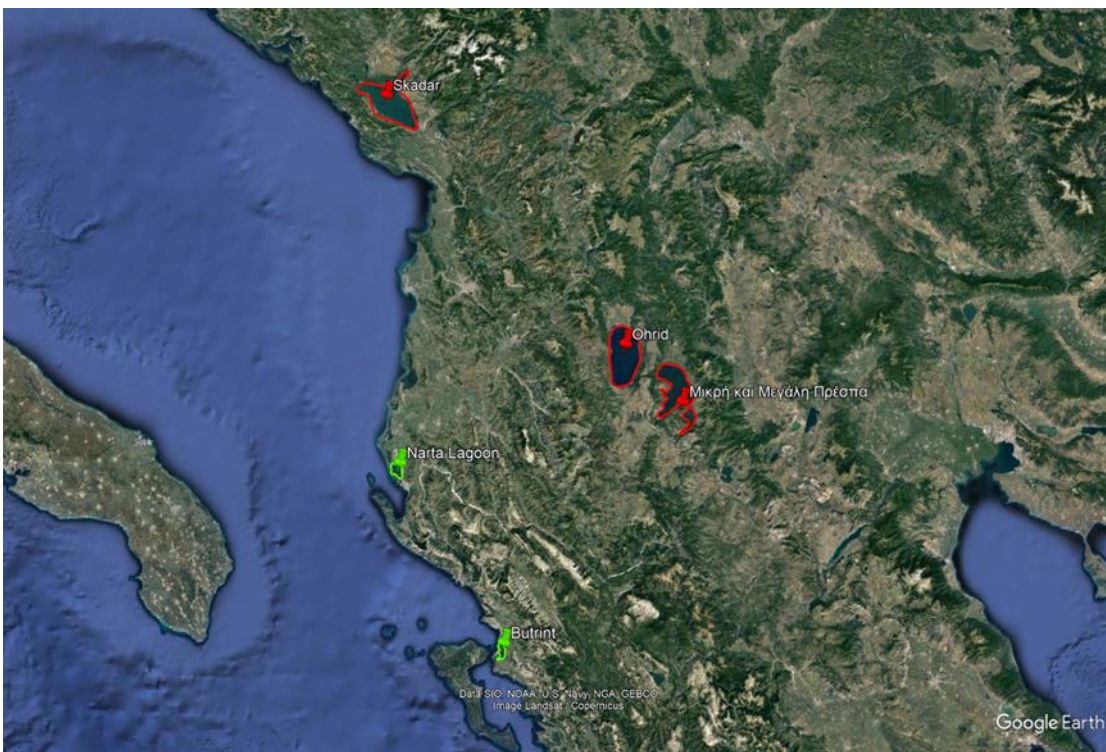
Σχήμα Π7. Δορυφορικός χάρτης των υγροβιότοπων της Σερβίας



Σχήμα Π8. Δορυφορικός χάρτης των υγροβιότοπων στο Μαυροβούνιο



Σχήμα Π9. Δορυφορικός χάρτης των υγροβιότοπων της Βόρειας Μακεδονίας



Σχήμα Π10. Δορυφορικός χάρτης των υγροβιότοπων της Αλβανίας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων της R ενσωματώνοντας όλες τις παραμέτρους (c, z, f), τις τιμές των κριτηρίων AIC και AICc και του συντελεστή R^2 για κάθε συνάρτηση που δοκιμάστηκε.

Πίνακας ΙΙΙ. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων στις ελληνικές λίμνες και λιμνοθάλασσες.

Κατηγορία	Μοντέλο	Τύπος	c	z	f	R^2	AIC	AICc
Πτηνά	Exponential	$S = c + z \log(A)$	-21,88	31,28	-	0,2350	189,5026	190,836
	Power	$S = cA^z$	22,06	0,37	-	0,2652	188,6172	189,9505
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	159,58	0,02	-	0,2442	189,2361	190,5694
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	194,15	46,88	-	0,2487	189,1053	190,4387
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	-4,66	4,39	0,02	0,2414	191,3188	193,6718
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	153,75	0,04	1,34	0,2984	189,5991	191,952
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	721,38	1,55	3882,58	0,2655	190,6073	192,9602
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	315,86	0,06	0,47	0,2657	190,6003	192,9532
Ψάρια	Exponential	$S = c + z \log(A)$	-1,11	1,92	-	0,2852	60,89126	62,22459
	Power	$S = cA^z$	1,97	0,29	-	0,2547	61,80965	63,14298
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	8,60	0,04	-	0,3234	59,682	61,01533
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	9,93	23,34	-	0,3092	60,13963	61,47296
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	-0,09	0,43	0,04	0,3092	62,13913	64,49208
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	8,60	0,07	1,47	0,3404	61,12405	63,47699
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	9,23	3,61	20,49	0,3129	62,02079	64,37373
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	8,58	0,03	1,03	0,3235	61,67843	64,03137
Ασπόνδυλα	Exponential	$S = c + z \log(A)$	0,16	0,65	-	0,0909	43,88998	45,22331
	Power	$S = cA^z$	1,19	0,20	-	0,0715	44,35429	45,68762
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	3,28	0,06	-	0,1261	43,02051	44,35384
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	3,67	13,00	-	0,1171	43,24704	44,58038
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	-3,14	0,81	0,23	0,1264	45,01404	47,36698
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	3,06	0,51	6,52	0,1517	44,36752	46,72046
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	3,05	1166,96	12,51	0,1496	44,42238	46,77532
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	3,08	$0,25 \cdot 10^{-5}$	4,86	0,1558	44,26118	46,61412

Πίνακας Π2. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων στις κυπριακές λίμνες.

Κατηγορία	Μοντέλο	Τύπος	c	z	f	R ²	AIC	AICc
Πτηνά	Exponential	$S = c + z \log(A)$	93,00	10,96	-	0,0844	85,05929	88,48787
	Power	$S = cA^z$	92,38	0,12	-	0,0806	85,10447	88,53304
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	129,72	1,00	-	-0,5174	90,61568	94,04425
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	104,99	0,09	-	0,0987	84,8863	88,31487
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	80,10	18,89	0,10	0,0570	87,38363	94,0503
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	104,92	1,42	-0,66	0,0829	87,07682	93,74349
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	98,85	194,71	0,16	0,1308	86,48724	93,1539
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	98,92	75,20	2,52	0,1390	86,3823	93,04897
Ψάρια	Exponential	$S = c + z \log(A)$	0,09	$0,33 \cdot 10^{-7}$	-	$-0,66 \cdot 10^{-8}$	-21,42526	-17,99669
	Power	$S = cA^z$	0,09	$0,56 \cdot 10^{-7}$	-	$-0,80 \cdot 10^{-7}$	-21,42526	-17,99669
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	0,09	1,00	-	-0,0589	-20,79545	-17,36687
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	0,09	0,01	-	$0,36 \cdot 10^{-4}$	-21,42566	-17,99709
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	0,18	-0,06	0,05	0,0569	-20,06991	-13,40324
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	-	-	-	-	-	-
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	-	-	-	-	-	-
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	-	-	-	-	-	-
Ασπόνδυλα	Exponential	$S = c + z \log(A)$	1,50	0,55	-	0,1084	16,03755	19,46612
	Power	$S = cA^z$	0,97	1,00	-	0,2817	13,66022	17,08879
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	25009030	$0,39 \cdot 10^{-7}$	-	0,2817	13,66022	17,08879
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	-	-	-	-	-	-
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	0,61	0,18	-0,19	0,3685	14,24384	20,91051
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	21,99	0,66	3,83	0,3754	14,12351	20,79017
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	11332,56	5,13	454,41	0,3140	15,1549	21,82157
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	3,33	$0,14 \cdot 10^{-7}$	26,97	0,3600	14,39133	21,058

Πίνακας Π3. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων στις κροατικές λίμνες.

Κατηγορία	Μοντέλο	Τύπος	c	z	f	R ²	AIC	AICc
Πτιηνά	Exponential	$S = c + z \log(A)$	-2,17	15,30	-	0,6161	55,66846	59,66846
	Power	$S = cA^z$	9,71	0,48	-	0,5483	57,29591	61,29591
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	47,73	0,13	-	0,6069	55,90588	59,90588
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	61,80	8,55	-	0,5983	56,12105	60,12105
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	-37310017,40	18967510,40	392993,70	0,6737	56,04257	64,04257
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	41,67	0,99	3,68	0,6394	57,04318	65,04318
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	42,70	22,87	3,67	0,6497	56,75217	64,75217
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	41,83	0,03	2,42	0,6430	56,94271	64,94271
Ψάρια	Exponential	$S = c + z \log(A)$	-0,75	1,33	-	0,2481	22,622	26,622
	Power	$S = cA^z$	0,15	1,00	-	0,3309	21,45473	25,45473
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	12958860	0,12·10 ⁻⁷	-	0,3309	21,45473	25,45473
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	-	-	-	-	-	-
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	0,56	0,04	-0,02	0,3539	23,10509	31,10509
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	10,63	0,09	2,98	0,3586	23,03262	31,03262
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	18787,05	2,98	59748,7437	0,3318	23,44242	31,44242
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	15934,81	0,71·10 ⁻⁵	1,10	0,3318	23,44239	31,44239
Ασπόνδυλα	Exponential	$S = c + z \log(A)$	3,30	0,55·10 ⁻⁷	-	-0,97·10 ⁻⁸	27,05353	31,05353
	Power	$S = cA^z$	3,30	0,86·10 ⁻⁸	-	-0,11·10 ⁻⁷	27,05353	31,05353
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	3,43	1,00	-	0,0007	27,04659	31,04659
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	3,30	0,57·10 ⁻⁶	-	-0,43·10 ⁻⁷	27,05353	31,05353
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	775,33	966,85	347,77	0,0166	28,88632	36,88632
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	3,30	0,92	-9,01	0,34·10 ⁻⁶	29,05353	37,05353
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	4,33	0,40	27,32	0,0509	28,53138	36,53138
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	-	-	-	-	-	-

Πίνακας Π4. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων στις βουλγάρικες λίμνες και λιμνοθάλασσες.

Κατηγορία	Μοντέλο	Τύπος	c	z	f	R ²	AIC	AICc
Πτηνά	Exponential	$S = c + z \log(A)$	29,36	31,41	-	0,3282	127,2184	129,2184
	Power	$S = cA^z$	45,05	0,33	-	0,3209	127,3927	129,3927
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	127,89	0,20	-	0,3077	127,6997	129,6997
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	151,67	4,36	-	0,3208	127,395	129,395
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	-113,89	115,75	0,84	0,3086	129,679	133,3154
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	129,92	0,22	0,85	0,3165	129,4944	133,1308
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	203,30	1,92	10,16	0,3249	129,2975	132,9339
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	172,54	0,25	0,54	0,3241	129,3162	132,9526
Ψάρια	Exponential	$S = c + z \log(A)$	4,77	0,78	-	0,0086	73,63306	75,63306
	Power	$S = cA^z$	4,59	0,15	-	0,0102	73,6068	75,6068
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	6,80	1,00	-	-0,0009	73,78601	75,78601
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	7,04	0,41	-	0,0029	73,72398	75,72398
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	-	-	-	-	-	-
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	2076212	0,02	13,00	0,0280	75,31662	78,95299
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	6,62	0,07	7840,95	-0,55·10 ⁻⁷	75,77105	79,40741
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	155571,3	0,30·10 ⁻⁴	0,15	0,0102	75,6068	79,24316
Ασπόνδυλα	Exponential	$S = c + z \log(A)$	1,30	3,21	-	0,0710	83,88566	85,88566
	Power	$S = cA^z$	0,79	0,87	-	0,1219	82,98518	84,98518
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	3319,27	0,16·10 ⁻³	-	0,1207	83,00668	85,00668
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	1372172	2599497	-	0,1207	83,0062	85,00662
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	3,63	0,20	-0,01	0,1440	84,57613	88,21249
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	40,99	0,06	2,38	0,1470	84,52107	88,15744
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	-	-	-	-	-	-
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	20964960	0,38·10 ⁻⁷	0,87	0,1219	84,98518	88,62154

Πίνακας Π5. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων στις ρουμανικές λίμνες και λιμνοθάλασσες.

Κατηγορία	Μοντέλο	Τύπος	c	z	f	R ²	AIC	AICc
Πτηνά	Exponential	$S = c + z \log(A)$	14,92	19,94	-	0,2088	165,6249	167,0366
	Power	$S = cA^z$	35,36	0,23	-	0,2371	164,8595	166,2712
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	98,83	0,10	-	0,1066	168,1748	169,5866
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	118,76	9,68	-	0,1415	167,3391	168,7509
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	-33,36	20,34	0,18	0,1374	169,4378	171,9378
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	-	-	-	-	-	-
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	133522,40	1,26	$2,52 \cdot 10^{15}$	0,2370	166,8606	169,3606
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	20048550	$0,18 \cdot 10^{-5}$	0,23	0,2371	166,8595	169,3595
Ψάρια	Exponential	$S = c + z \log(A)$	-7,55	4,66	-	0,3773	87,11036	88,52212
	Power	$S = cA^z$	0,97	0,53	-	0,5181	81,72999	83,14175
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	31,13	0,01	-	0,4995	82,52309	83,93486
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	39,81	210,80	-	0,4975	82,60771	84,01947
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	2,90	0,09	0,002	0,5498	82,30209	84,80209
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	30,74	0,01	2,14	0,5966	79,99693	82,49693
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	3865,79	1,70	6249382	0,5181	83,72997	86,22997
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	710,44	0,001	0,53	0,5181	83,72993	86,22993
Ασπόνδυλα	Exponential	$S = c + z \log(A)$	-7,15	4,69	-	0,2832	96,31954	97,7313
	Power	$S = cA^z$	1,27	0,48	-	0,3661	93,73782	95,14958
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	29,89	0,007	-	0,3631	93,83693	95,24869
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	36,73	155,63	-	0,3568	94,04484	95,4566
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	3,04	0,12	0,003	0,3945	94,77532	97,27532
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	29,97	0,02	2,05	0,4479	92,83718	95,33718
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	72,47	1,87	1208,34	0,3680	95,67449	98,17449
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	34,14	0,02	0,73	0,3707	95,5854	98,0854

Πίνακας Π6. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων λαμβάνοντας υπόψη όλες τις λίμνες και λιμνοθάλασσες του δικτύου Natura 2000 που εξετάσαμε. Εδώ συμπεριλαμβάνονται και οι λίμνες της Σλοβενίας.

Κατηγορία	Μοντέλο	Τύπος	c	z	f	R ²	AIC	AICc
Πιτηνά	Exponential	$S = c + z \log(A)$	47,53	12,38	-	0,1053	690,17	690,4663
	Power	$S = cA^z$	44,23	0,21	-	0,1448	686,3315	686,6278
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	97,15	0,16	-	-0,0396	702,9272	703,2235
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	111,13	4,74	-	0,0136	698,4587	698,755
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	56,82	1,56	0,01	0,1712	685,6641	686,1641
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	145,88	0,03	0,47	0,1648	686,3154	686,8154
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	21206620	1,23	$2,54 \cdot 10^{27}$	0,1448	688,3316	688,8316
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	100453800	$0,44 \cdot 10^{-6}$	0,21	0,1448	688,3315	688,8315
Ψάρια	Exponential	$S = c + z \log(A)$	0,01	1,94	-	0,2087	306,5136	306,8098
	Power	$S = cA^z$	1,18	0,46	-	0,2933	296,9026	297,1989
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	16,18	0,01	-	0,1987	307,5751	307,8714
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	19,77	72,89	-	0,2259	304,6461	304,9424
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	2,93	0,06	0,001	0,2878	299,5621	300,0621
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	30,45	0,007	2,01	0,2677	301,9183	302,4183
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	-	-	-	-	-	-
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	36066660	$0,33 \cdot 10^{-7}$	0,46	0,2933	298,9026	299,4026
Ασπόνδυλα	Exponential	$S = c + z \log(A)$	2,05	1,22	-	0,0562	353,4861	353,7824
	Power	$S = cA^z$	2,00	0,32	-	0,0789	351,4164	351,7127
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	5,84	0,32	-	0,0211	356,5917	356,888
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	7,04	3,70	-	0,0307	355,7485	356,0448
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	4,20	0,01	-0,0007	0,1145	350,0628	350,5628
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	116,32	0,003	3,27	0,1138	350,1215	350,6315
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	33016,18	1,37	$2,04 \cdot 10^{13}$	0,0789	353,4171	353,9171
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	22180670	$0,9 \cdot 10^{-7}$	0,32	0,0789	353,4164	353,9164

Πίνακας Π7. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων λαμβάνοντας υπόψη τις λίμνες και λιμνοθάλασσες για τις χώρες εκτός του δικτύου Natura 2000.

Κατηγορία	Μοντέλο	Τύπος	c	z	f	R ²	AIC	AICc
Πτηνά	Exponential	$S = c + z \log(A)$	155,30	1,50	-	0,0009	120,7345	123,4012
	Power	$S = cA^z$	155,03	0,01	-	0,0009	120,7338	123,4005
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	160,98	1,00	-	-0,0025	120,7776	123,4443
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	160,62	$0,23 \cdot 10^{-5}$	-	$-0,29 \cdot 10^{-7}$	120,7457	123,4123
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	168,55	28,26	0,18	0,0005	122,7388	127,7388
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	-	-	-	-	-	-
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	319,66	1,02	20,55	0,0009	122,7345	127,7345
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	289,14	0,77	0,01	0,0009	122,7343	127,7343
Ψάρια	Exponential	$S = c + z \log(A)$	2,25	6,73	-	0,1277	92,9045	95,57116
	Power	$S = cA^z$	11,49	0,22	-	0,1125	93,12992	95,79659
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	35,97	0,08	-	0,1471	92,61311	95,27977
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	40,03	10,89	-	0,1418	92,69236	95,35903
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	-149,39	35,92	0,93	0,1714	94,23623	99,23623
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	39,02	3,10	43,89	0,2845	92,32944	97,32944
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	39,01	$2,01 \cdot 10^{22}$	14,07	0,2844	92,33028	97,33028
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	39,25	$3,26 \cdot 10^{-20}$	16,63	0,2878	92,26833	97,26833
Ασπόνδυλα	Exponential	$S = c + z \log(A)$	95,58	18,94	-	0,0088	156,1926	158,8592
	Power	$S = cA^z$	110,64	0,10	-	0,0081	156,2017	158,8684
	Negative exponential	$S = c(1 - e^{-zA})$	189,14	0,18	-	0,0260	155,9659	158,6325
	Monod	$S = \frac{cA}{z + A}$	199,87	3,70	-	0,0164	156,0935	158,7602
	Rational function	$S = \frac{c + zA}{1 + fA}$	137,10	-0,14	-0,0017	0,0195	158,0514	163,0514
	Logistic	$S = \frac{c}{(1 + e^{-zA+f})}$	234,92	10,13	122,97	0,1119	156,7654	161,7654
	Lomolino	$S = \frac{c}{(1 + z^{\log(f/A)})}$	332,74	1,24	41,66	0,0085	158,1974	163,1974
	Cumulative Weibull	$S = c(1 - e^{-zA^f})$	234,92	$2,26 \cdot 10^{-66}$	58,93	0,1119	156,7654	161,7654