

## **Ηχοτοπία προστατευόμενων οικοτόπων στα Λευκά όρη Χανίων**

Χριστίνα Γεωργιάτου<sup>1\*</sup>, Κατερίνα Τζεδάκη<sup>1</sup>, Χρυσούλα Αλεξανδράκη<sup>1</sup>, Παναγιώτης Νύκτας<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής / Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο (ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ)

<sup>2</sup> Department of Natural Resources, University of Twente (ITC)

\* georgatou.ch@gmail.com

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

*Σε αυτή την έρευνα μελετώνται για πρώτη φορά ηχοτοπία στα Λευκά Όρη των Χανίων. Διαφορετικά τοπία στα οποία ανήκουν βασικοί τύποι οικοτόπων της οδηγίας 92/43/ΕΟΚ ηχογραφούνται εδώ και δύομιση έτη. Στην έρευνα των ηχοτοπιών εφαρμόστηκε μία ποιοτική εκτίμηση βασισμένη στην φυσική παρατήρηση των ήχων με δειγματοληπτικές ακροάσεις ηχογραφήσεων, οπτικό έλεγχο φασματογραφημάτων και μία ποσοτική με την ανάλυση των ηχητικών καταγραφών σε συχνότητες γεωφωνίας – ανθρωποφωνίας και βιοφωνίας και την εξαγωγή των επιλεγμένων ηχητικών δεικτών (ACI-Δείκτης Ακουστικής Πολυπλοκότητας, ADI-Δείκτης Ακουστικής Ποικιλότητας, AEI-Δείκτης Ακουστικής Ομοιότητας, BI-Βιοακουστικός Δείκτης, NDSI-Δείκτης Κανονικοποιημένης Διαφοράς του Ηχοτοπίου, Hf-Δείκτης φασματικής εντροπίας). Παρατίθεται η ανάλυση για το ηχοτόπιο του Λιμνίου του Ομαλού. Η διαχρονική ηχητική παρατήρηση στη Γρελέσκα για το έτος 2022 φανερώνει τις εποχιακές μεταβολές του ηχοτοπίου. Τέλος για ηχητικά δείγματα το καλοκαίρι του 2022 και 2023 στην τοποθεσία Γρελέσκα, διαφαίνεται μία συσχέτιση της καταγεγραμμένης θερμοκρασίας και των ακουστικών δεικτών NDSI και Hf, δημιουργώντας ένα δυναμικό έρευνας προς τη σύνδεση των εποχιακών, των θερμοκρασιακών και των ηχητικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος.*

## **Soundscapes of protected habitats in Lefka Ori (White Mountains) of Chania**

### **ABSTRACT**

*In this research, soundscapes in Lefka Ori (White Mountains) of Chania are studied for the first time. Different landscapes belonging to main habitat types of Directive 92/43/EEC have been recorded for two and a half years. During the research, a qualitative assessment was applied based on the physical sound observation, visual inspection of spectrograms and a quantitative assessment with the analysis of the sound recordings in geophonic - anthropophonic and biophonic frequencies and the extraction of the selected sound indices (ACI-Acoustic Complexity Index, ADI-Acoustic Diversity Index, AEI-Acoustic Evenness Index, BI-Bioacoustic Index, NDSI-Normalized Difference Soundscape Index, Hf-Spectral Entropy Index). The analysis of the soundscape of the seasonal pond of Omalos is introduced. The long-term sound observation in Greleska for the year 2022 reveals the seasonal changes of the soundscape. Finally for recordings in the summer of 2022 and 2023 at the soundscape of Greleska, a correlation of the recorded temperature and the acoustic indices NDSI and Hf reveals the potential towards linking seasonal, thermal and sound characteristics of the environment.*

## Εισαγωγή

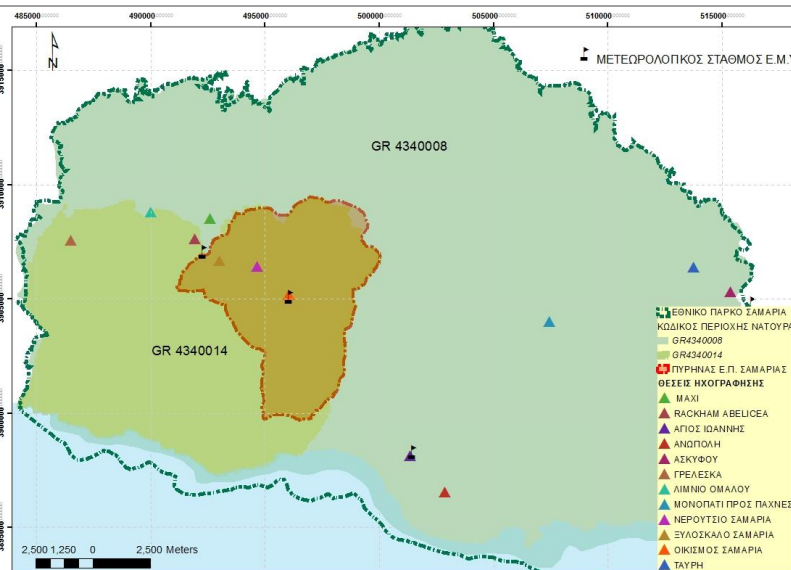
Έρευνες έχουν δείξει ότι η ανάλυση του ηχοτοπίου προσφέρει μια εφικτή προσέγγιση περιβαλλοντικής παρακολούθησης ([1], [2], [3]) και ότι η ηχητική παρατήρηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της ποικιλομορφίας, και των συνιστωσών ενός οικοσυστήματος, ιδιαίτερα δε στο Εθνικό Πάρκο Σαμαριάς όπου συναντώνται ποικίλα δασικά, μεσογειακά, υγροτοπικά οικοσυστήματα. Οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν την αυτοματοποιημένη παρακολούθηση και ανάλυση ήχου, ενώ έως σήμερα υπάρχει μία γεωμετρικά αυξανόμενη έρευνα για την ανάπτυξη ακουστικών δεικτών που αντιπροσωπεύουν τα χαρακτηριστικά του ηχοτοπίου [4], [5], [6], [7]).

Οι περιοχές μελέτης είναι κατανεμημένες στα Λευκά Όρη σύμφωνα με τον Πίνακα 1 και Εικόνα 1.

Πίνακας 1. Περιοχές μελέτης ηχοτοπίου στα Λευκά Όρη με τις ώρες ηχογράφησης που αναλύθηκαν.

Τοποθεσία	Φυτοκάλυψη	Χρήση Γης κατά Corine	Χαρακτηριστικοί Τύποι οικοτόπων	Εποχή και Ωρες ηχογράφησης
<b>ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΟΜΑΛΟΥ</b>				
Εποχικό Λιμνίο Ομαλού	Σφενδάμια αμπελιτσιές πρίνοι φρύγανα διάσπαρτες αγριοαχλαδιές καλλιέργειες μηλιάς	Σύνθετες καλλιέργειες 242, μη αρδευόμενη αρόσιμη γη 211 νησιωτικός υγρότοπος με κωδ. GR434KRI196 ΤΙΦΚ	3170 * Μεσογειακά εποχιακά τέλματα	21/9-30/9/2022 200 ώρες
Μαχί	Πρίνοι σφενδάμια διάσπαρτες αμπελιτσιές	Θάμνοι και χερσότοποι 322, μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις 324	Ελληνικά δάση πρίνου 934A	4/11-12/11/2022 173 ώρες
Δάσος Αμπελιτσιάς	Αμπελιτσιές αγριοαχλαδιές, σφενδάμια, πρίνοι	Θάμνοι και χερσότοποι 322	Το δάσος Αμπελιτσιάς δεν είναι καταχωρημένο με ξεχωριστό κωδικό οικοτόπου	30/4/-30/5/2022 606 ώρες
<b>ΔΥΤΙΚΑ ΛΕΥΚΑ ΟΡΗ</b>				
Γρελέσκα	Κυπαρίσσια, πρίνοι	Σκληροφυλλική βλάστηση 323	9290 Δάση Κυπαρισσιού	25/2 -17/12/2022 1791 ώρες
<b>ΦΑΡΑΓΓΙ ΣΑΜΑΡΙΑΣ</b>				
Ξυλόσκαλο	Κυπαρίσσια, σφενδάμια	Δάσος κωνοφόρων 312	9540 ενδημικά πευκοδάση	13/4/ - 24/4/2022 255 ώρες
Παλιός οικισμός	Πεύκα κυπαρίσσια ελιές Εποχιακό ρέμα	Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις Εκτάσεις 324 Δάσος κωνοφόρων 312	9290, 9540, 9620 κούτη ποταμού χωρίς βλάστηση	5/9-14/9/2022 195 ώρες
Νερούτσικο	Μικτό Δάσος κυπαρισσιού – Πεύκα	324, 312	9290, 9540, 9620	30/5-22/6/2022 226 ώρες
<b>ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΛΕΥΚΑ ΟΡΗ</b>				
Ασκούφου	Δάσος Κυπαρισσιού Πρίνοι εποχιακό ρέμα	Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις 324, Φυσικοί βοσκότοποι 321	9290 Δάση Κυπαρισσιού	6/3-28/4/2022 335 ώρες
Προς οροπέδιο Ταύρης	Δάσος Κυπαρισσιού Πρίνοι	Θάμνοι και χερσότοποι 322	9290 Δάση Κυπαρισσιού	5/1-12/1/2023 170 ώρες

ΑΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ				
Άγιος Ιωάννης Σφακίων	Μικτό Δάσος Κυπαρισσιού – Πεύκα	324,321,312	9540 ενδημικά πευκοδάση	1/8-30/8/2022 345 ώρες
Ανώπολη	Πευκοδάσος με διάσπαρτους πρίνους	324,321,312	9540 ενδημικά πευκοδάση	25/3-13/4/2023 201 ώρες
ΑΛΠΙΚΗ ΖΩΝΗ				
Μονοπάτι προς Πάχγες	Χαμηλή θαμνώδης βλάστηση	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση 333, Απογυμνωμένοι βράχοι 332	Χέρσα εδάφη με ακανθώδεις θάμνους 4090	1/8-10/8/2022 175 ώρες



Εικόνα 1. Οι θέσεις ηχογράφησης στα Λευκά Όρη.

## 1. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία περιγραφής των επιλεγμένων ηχοτοπιών βασίστηκε σε αυτή που προτείνεται από τις «Οδηγίες για τη χρήση ακουστικών δεικτών στην περιβαλλοντική έρευνα» των Bradfer-Lawrence et al.,[8] όπου αναφέρεται ότι: (α) Η διακύμανση του τυπικού σφάλματος των ακουστικών δεικτών σταθεροποιείται μετά από συνεχείς εγγραφές 120 ωρών σε μία τοποθεσία, (β) Προτείνεται η χρήση πολλαπλών δεικτών περιλαμβανομένων του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας ACI, ακουστικής ομοιότητας AEI, ακουστικής εντροπίας H ή κοινωνικοποιημένης διαφοράς του ηχοτοπίου NDSI.

Παράλληλα πραγματοποιήθηκαν δειγματοληπτικές ακροάσεις και ανάλυση φασματογραφημάτων. Οι ηχογραφήσεις αναλύθηκαν με τη βοήθεια της νέας βιβλιοθήκης ηχητικής επεξεργασίας scikit-maad, έναν ανοιχτό κώδικα επεξεργασίας ηχητικών δεδομένων από περιβαλλοντικές ηχογραφήσεις [9].

### 1.1 Συλλογή ηχητικών δεδομένων

Για την έρευνα χρησιμοποιούνται τέσσερα καταγραφικά ήχου δύο Song Meter SM4 και δύο Song Meter Mini. Αναπτύχθηκε ένα πρωτόκολλο συλλογής δεδομένων (ύστερα από ένα διάστημα δοκιμών στο πεδίο και σε μεγαλύτερες συχνότητες δειγματοληψίας 96000Hz) το οποίο περιλαμβάνει την καταρχήν συνεχή

ηχογράφιση σε συχνότητα 48000 Hz. Η διάρκεια των ηχητικών αποσπασμάτων που συλλέγονται για κάθε μέρος είναι ενός λεπτού ή δέκα λεπτά για τα στερέο καταγραφικά. Μετά τον πρώτο χρόνο και τις δειγματοληπτικές ηχογραφήσεις στις τοποθεσίες του Πίνακα 1, τα καταγραφικά ήχου παραμένουν σταθερά σε τέσσερα μέρη (Γρελέσκα, Λιμνίο, Αη Γιάννης, Ανώπολη) με προγραμματισμό ηχογράφησης 10 ώρες ημερησίως κατανεμημένες το πρωί, το απόγευμα και τη νύχτα.

## 1.2 Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των ακουστικών δεδομένων

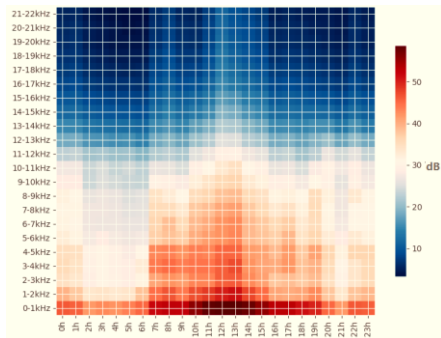
Στο Λιμνίο του Ομαλού, το οποίο περιλαμβάνεται ως οικότοπος προτεραιότητας στο Παράρτημα της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ με κωδικό \*3170 ως μεσογειακό εποχικό τέλμα, όπως επίσης και σε άλλες εθνικές διατάξεις για την προστασία του, πραγματοποιούνται καταγραφές του ηχοτοπίου από το Σεπτέμβριο του 2022 έως σήμερα. Το μήνα Σεπτέμβριο του 2022 πραγματοποιήθηκαν καταγραφές διάρκειας 210 ωρών συνεχόμενα όλο το εικοσιτετράωρο. Το ηχοτοπίο χαρακτηρίζεται από έναν συνδυασμό ανθρωποφωνίας, δηλ. κυρίως του ακούσματος των κουδούνων των αιγοπροβάτων, των διερχόμενων αυτοκινήτων, των διερχόμενων αεροπλάνων, ή άλλων πιο σποραδικών ήχων όπως κάποιος πυροβολισμός, της βιοφωνίας (κυρίως των σμηγνών κοινών Φανέτων (*Linaria cannabina*), Σπίνου<sup>1</sup> (*Fringilla coelebs*) Σιρλοσίχλονου<sup>2</sup> (*Emberiza cirulus*) και φωνών των αιγοπροβάτων, κοκόρων, των σκύλων της περιοχής και κάποιων εντόμων αλλά και ανθρώπινων φωνών, και της γεωφωνίας κυρίως του ανέμου και του ήχου των φύλλων του δέντρου που τοποθετήθηκε το καταγραφικό. Η μέση τιμή της στάθμης ηχητικής πίεσης (dB) σε εύρος συχνοτήτων ανά 1000 Hz και ανά ώρα ημέρας για όλο το διάστημα ηχογράφησης, μας δείχνει μία αυξημένη κατανομή της ηχητικής ενέργειας στα 0-1 kHz όπου επικρατεί η ανθρωποφωνία και γεωφωνία, κατά πλειονότητα ο ήχος των κουδούνων των αιγοπροβάτων του οποίου οι συχνότητες συνεχίζουν σε μικρότερες εντάσεις και πάνω από αυτές της βιοφωνίας (Εικόνα 1.2.1, Εικόνα 1.2.2). Από τις 6:30 έως 13:00 αποτυπώνεται μία επιμέρους συγκέντρωση της ηχητικής ενέργειας (παράλληλα πάντα με το χαμηλότερο εύρος 0-1 kHz της γεωφωνίας και κουδούνων αιγοπροβάτων τα οποία ακούγονται σε πιο ψηλές συχνότητες) στις συχνότητες 2-10 kHz λόγω της βιοφωνίας των πτηνών αλλά και των αιγοπροβάτων. Σχετικά με τους επιλεγμένους ακουστικούς δείκτες, μας φανερώνουν τις ακόλουθες πληροφορίες για τα ηχητικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου ηχοτοπίου:

Η φασματική εντροπία Hf μειώνεται στις 14:00 όπου συγκεντρώνεται το εύρος συχνοτήτων της ηχητικής ενέργειας στα 0-1 kHz, δηλ. της γεωφωνίας και ανθρωποφωνίας. Αυτό επιβεβαιώνεται με τον δείκτη κανονικοποιημένης διαφοράς του ηχοτοπίου NDSI, ο οποίος έχει αυτή την ώρα επίσης τη χαμηλότερη τιμή του (~-0,5) δείχνοντας ότι η αναλογία βιοφωνίας προς ανθρωποφωνία είναι αρνητική. Ο δείκτης ακουστικής ποικιλότητας ADI επίσης έχει τη χαμηλότερη τιμή στις 14:00 που σημαίνει ότι δεν υπάρχει υψηλή ποικιλομορφία ήχων σε διαφορετικά φάσματα συχνοτήτων με εντάσεις άνω των 50db και κυριαρχούν οι ήχοι στο τμήμα του φάσματος 0-1 kHz. Η υψηλότερη τιμή του δείκτη Hf, ταυτόχρονα με τον ADI, είναι στις 19:00 φανερώνοντας ένα μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων των ήχων που ακούγονται (ή και ελάττωση της συγκέντρωσης των συχνοτήτων στα 0-1kHz) με την παράλληλη αύξηση της απογευματινής βιοφωνίας. Ο δείκτης βιοφωνίας BI μας φανερώνει μία αύξηση των συχνοτήτων 2-10kHz από τις 6:00 έως τις 8:00, όπως και μία μικρότερη αύξηση στις 19:00, ενώ οι χαμηλότερες τιμές του είναι στις 5:00 και στις 21:00 με την ακουστική ποικιλότητα ADI να είναι επίσης χαμηλή. Ο δείκτης ακουστικής ομοιότητας AEI, ο οποίος έχει υψηλές τιμές για τμήματα των

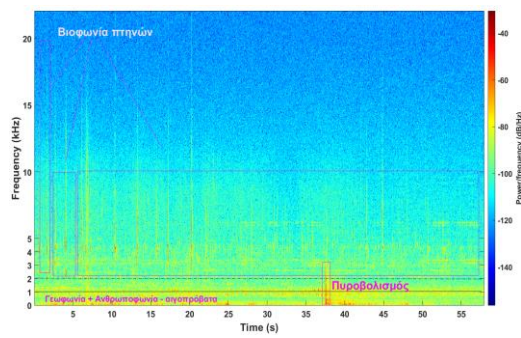
<sup>1</sup> Αρχείο SMA05762\_20220922\_071902.wav

<sup>2</sup> Αρχείο SMA05762\_20220923\_093002.wav οι ταυτοποιήσεις πραγματοποιήθηκαν μέσω της ηχητικής βιβλιοθήκης του Πανεπιστημίου Cornell

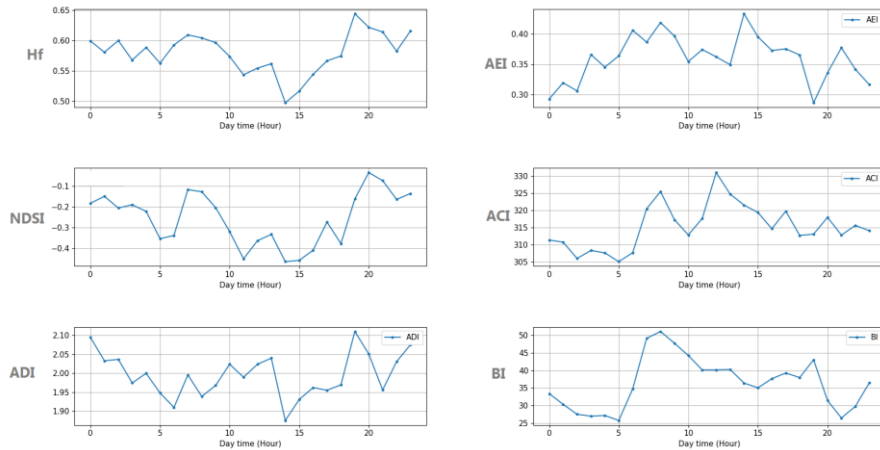
ηχογραφήσεων που χαρακτηρίζονται από περιορισμένων συχνοτήτων ηχητικά σήματα, εμφανίζει την υψηλότερη τιμή του (αντιστρόφως της ηχητικής ποικιλότητας) στις 14:00 με το γράφημά του να είναι αντίστροφο του δείκτη ADI. Τέλος ο δείκτης ακουστικής πολυπλοκότητας ACI εμφανίζει δύο κορυφές στις 8:00 και 12:00 δείχνοντας ηχητικά γεγονότα μεμονωμένων διαφορετικών ήχων τα οποία οφείλονται σε κουδούνια πολύ κοντά στο μικρόφωνο, κάποιο διερχόμενο αυτοκίνητο, κάποιο πτηνό κοντά στο μικρόφωνο κ.α. (Εικόνα 1.2.3).



Εικόνα 1.2.1 Η στάθμη ηχητικής πίεσης (dB) ανά εύρος συχνοτήτων και ώρα ημέρας στο Λιμνίο του Ομαλού.



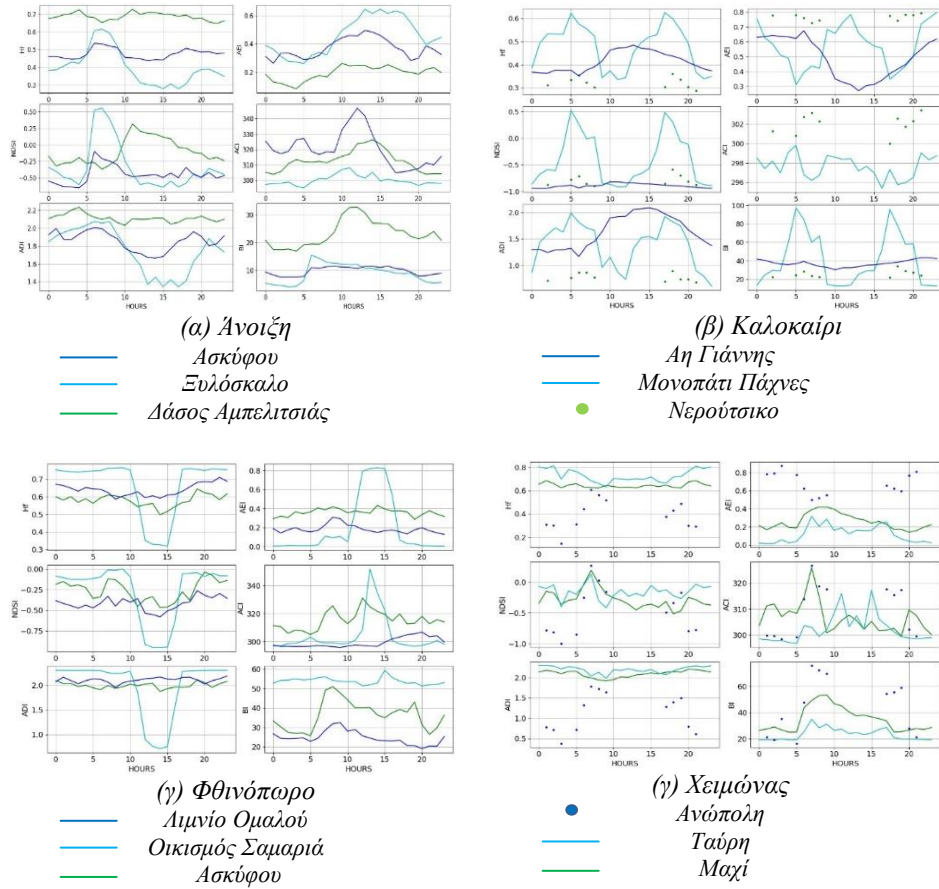
Εικόνα 1.2.2 Ένα χαρακτηριστικό φασματογράφημα με τις κύριες ηχητικές πηγές της περιοχής μελέτης σε χρονικό διάστημα ενός λεπτού<sup>3</sup> στις 7 το πρωί, στο Λιμνίο του Ομαλού, όπου διακρίνονται τα κουδούνια των αγροπρόβατων, τα κελαιδίσματα των πτηνών και η γεωφωνία και ανθρωποφωνία – ένας πυροβολισμός στο χαμηλότερο τμήμα του γραφήματος.



Εικόνα 1.2.3. Μοτίβα της μέσης ωριαίας τιμής των επιλεγμένων ακουστικών δεικτών, για το ηχοποπίο του Λιμνίου του Ομαλού το Σεπτέμβρη. Οι τιμές υπολογίστηκαν για κάθε καταγραφή ενός λεπτού, για 210.18 ώρες από συνολικά 12611 ηχητικά αρχεία το μήνα Σεπτέμβρη του 2022. Το σχετικό σφάλμα για όλους τους δείκτες είναι μικρότερο του 10%.

Αντίστοιχα για τα υπόλοιπα ηχοποπία τα μοτίβα των επιλεγμένων ακουστικών δεικτών παρουσιάζονται στην Εικόνα 1.2.4 για κάθε εποχή.

<sup>3</sup>Αρχείο SMA05762\_20220922\_071902.wav

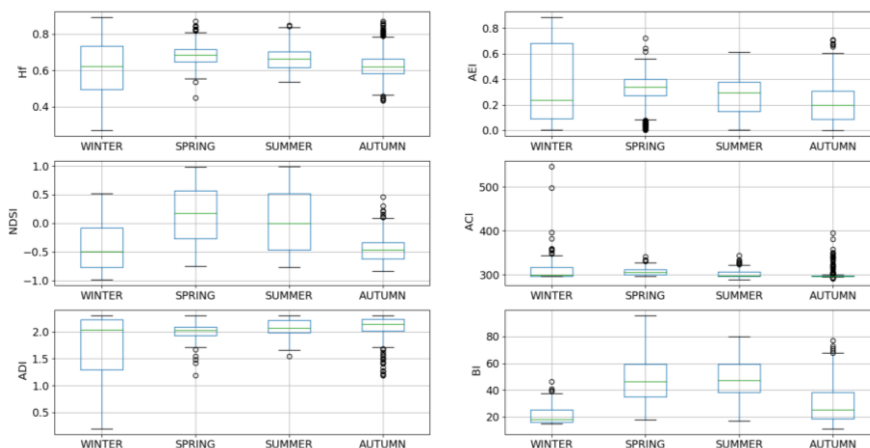


Εικόνα 1.2.4. Μοτίβα της μέσης ωριαίας τιμής των επιλεγμένων ακουστικών δεικτών, για τα μελετώμενα ηχοτοπία σε όλες τις εποχές.

### 1.3 Η διαχρονική ηχητική παρατήρηση

Για το ηχοτοπίο στη θέση Γρελέσκα πραγματοποιούνται ηχητικές καταγραφές από το Φλεβάρη του 2022 έως σήμερα. Οι ηχογραφήσεις καλύπτουν όλες τις εποχιακές μεταβολές όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.3. Ο δείκτης της φασματικής εντροπίας Hf παρουσιάζει το μεγαλύτερο εύρος τον χειμώνα και το μικρότερο την άνοιξη, ενώ το καλοκαίρι είναι ελαφρώς αυξημένο από το φθινόπωρο. Και στις τέσσερις εποχές διαφαίνεται μία συμμετρική κατανομή, ωστόσο το φθινόπωρο παρουσιάζει πολλές ακραίες τιμές οι οποίες αποδίδονται στη γεωφωνία των χαμηλότερων συχνοτήτων. Ως προς το δείκτη βιοφωνίας BI παρουσιάζει το μεγαλύτερο εύρος την άνοιξη αλλά και το καλοκαίρι με τη διαφορά ότι το καλοκαίρι το μήκος της μέγιστης απόληξης είναι μικρότερο. Η κατανομή τους φαίνεται να πλησιάζει τη συμμετρική. Το χειμώνα φαίνεται να υπάρχει πολύ μικρότερο εύρος συχνοτήτων βιοφωνίας με ορισμένες ακραίες τιμές και μη συμμετρική κατανομή. Ο δείκτης NDSI που μας φανερώνει την αναλογία βιοφωνίας προς ανθρωποφωνία παίρνει μεγαλύτερες τιμές άνω του 0 την άνοιξη φανερώνοντας μία μικρή επικράτηση της βιοφωνίας ενώ το καλοκαίρι η διάμεσος είναι στο 0 με σχεδόν συμμετρικές απολήξεις, δηλ. ταυτόχρονη παρουσία βιοφωνίας και ανθρωποφωνίας το οποίο θα μπορούσε να αποδοθεί και στο άκουσμα των κουδούνων των αιγοπροβάτων. Το φθινόπωρο παρουσιάζονται και στο δείκτη NDSI πολλές ακραίες τιμές. Ο δείκτης ακουστικής πολυπλοκότητας ACI, δηλαδή οι

απότομες αλλαγές στις συχνότητες που ακούγονται από κάποιο ηχητικό γεγονός παρουσιάζει μία πολύ στενή κατανομή γύρω από την ενδιάμεσο, με πολλές ακραίες τιμές ιδιαίτερα το φθινόπωρο, και ασυμμετρία. Τέλος ο δείκτης ακουστικής ποικιλότητας για ήχους άνω των 50 db έχει σε όλες τις εποχές παρόμοιες άνω απολήξεις με μεγάλη διαφοροποίηση στη διασπορά των τιμών κάτω από τη διάμεσο κατά το χειμώνα.



Εικόνα 1.3. Θηκόγραμμα με την περιοχή του 50% των τιμών των ακουστικών δεικτών, την ελάχιστη και μέγιστη απόληξη και τις ακραίες τιμές τους. Το δείγμα έχει παρθεί για διάστημα ηχογραφήσεων από 25/2/2022 έως 11/12/2022.

1.4 Τα ακουστικά δεδομένα σε συνδυασμό με περιβαλλοντικές παραμέτρους

Τα ηχητικά καταγραφικά που χρησιμοποιούνται στην παρούσα έρευνα, διαθέτουν θερμομέτρο και αποθηκεύουν για κάθε λεπτό την θερμοκρασία εξάγοντας τις τιμές σε αρχείο χρονοσειράς παράλληλα με το αρχείο ηχογράφησης. Από τη συσχέτιση των τιμών θερμοκρασίας με τους επιλεγμένους ακουστικούς δείκτες στην τοποθεσία Γρελέσκα, παρατηρήθηκε ότι υπάρχει συσχέτιση κατά το καλοκαίρι του 2022, όπως παρατίθεται στον Πίνακα 1.4. Μάλιστα η συσχέτιση αυτή επιβεβαιώθηκε και με δεδομένα κατά το ίδιο χρονικό διάστημα το καλοκαίρι του 2023 ειδικά προς το δείκτη NDSI της αναλογίας βιοφωνίας προς ανθρωποφωνία όπου παρουσιάζεται και στα δύο έτη σταθερή συσχέτιση (P=0,7) αλλά και η φασματική εντροπία Hf παρουσιάζει θετική συσχέτιση. Δημιουργείται ένα δυναμικό έρευνας προς τη σύνδεση της εποχής του χρόνου, της θερμοκρασίας και των ηχητικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος. [10]

Πίνακας 1.4. Συντελεστές συσχέτισης Pearson των μέσων ωριαίων τιμών θερμοκρασίας και ακουστικών δεικτών. Τα ακουστικά δεδομένα αφορούν το διάστημα 27/7 έως 3/8/2022 και 26/7 έως 10/8/2023.

Ακουστικός Δείκτης	Συντελεστής Pearson	
	Καλοκαίρι 2022	Καλοκαίρι 2023
Hf	0,608772	0,491038
ACI	-0,701743	-0,175843
NDSI	0,736327	0,701796
BI	0,251835	0,445254
ADI	0,491936	0,219688

AEI	-0,561609	-0,280737
-----	-----------	-----------

## 2. Συμπεράσματα

Από το συνδυασμό φυσικής παρατήρησης και υπολογιστικών αναλύσεων με την ηχητική ανάλυση σε ομάδες συχνοτήτων, την ανάλυση φασματογραφημάτων και τη χρήση επιλεγμένων ηχητικών δεικτών, διαπιστώθηκαν τα ηχητικά μοτίβα διαφορετικών ηχοτοπίων στα Λευκά Όρη. Παρουσιάστηκε το ηχοτοπίο του Λιμνίου του Ομαλού για μία εποχή και η ετήσια διαφοροποίηση των ηχητικών δεικτών στη Γρελέσκα ανά εποχή. Τα αποτελέσματά μας συμφωνούν με τη διαφορετική επικάλυψη γεωφωνίας, ανθρωποφωνίας και βιοφωνίας κατά τη διάρκεια της ημέρας, ανά τοποθεσία και ανά εποχή. Επίσης συσχετίστηκε η μέση ωριαία θερμοκρασία με τους επιλεγμένους ηχητικούς δείκτες για το καλοκαίρι, όπου διαφαίνεται μία θετική συσχέτιση ( $P=0,7$ ) της αναλογίας βιοφωνίας προς ανθρωποφωνία (NDSI) όπως επίσης και της φασματικής εντροπίας Hf.

Στόχος είναι η συλλογή ηχογραφήσεων ως ένα νέο εργαλείο περιβαλλοντικής παρακολούθησης το οποίο θα μπορεί να αναγνωρίσει αποτελεσματικά τις μεταβολές ή μη των οικοσυστημάτων σε διάφορου τύπου διαταραχές όπως είναι η αλλαγή θερμοκρασίας, οι ασθένειες, η υπερβόσκηση και η ανθρώπινη δραστηριότητα. ([11], άρθρο 6 της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ).

## 3. Αναφορές

- [1] D. Stowell and J. Sueur, "Ecoacoustics: acoustic sensing for biodiversity monitoring at scale," *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, vol. 6, no. 3. Wiley-Blackwell, pp. 217–219, 01-Sep-2020.
- [2] A. Jeliakov, Y. Bas, C. Kerbiriou, J. F. Julien, C. Penone, and I. Le Viol, "Large-scale semi-automated acoustic monitoring allows to detect temporal decline of bush-crickets," *Glob. Ecol. Conserv.*, vol. 6, pp. 208–218, Apr. 2016.
- [3] L. S. M. Sugai, T. S. F. Silva, J. W. Ribeiro, and D. Llusia, "Terrestrial Passive Acoustic Monitoring: Review and Perspectives," *Bioscience*, vol. 69, no. 1, pp. 5–11, 2019.
- [4] W. H. Lee and S. A. Abdullah, "Framework to develop a consolidated index model to evaluate the conservation effectiveness of protected areas," *Ecological Indicators*, vol. 102. Elsevier B.V., pp. 131–144, 01-Jul-2019.
- [5] S. H. Gage, B. M. Napoletano, and M. C. Cooper, "Assessment of ecosystem biodiversity by acoustic diversity indices," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 109, no. 5, pp. 2430–2430, May 2001.
- [6] B. C. Pijanowski *et al.*, "Soundscape ecology: The science of sound in the landscape," *Bioscience*, vol. 61, no. 3, pp. 203–216, Mar. 2011.
- [7] J. Sueur, A. Farina, A. Gasc, N. Pieretti, and S. Pavoine, "Acoustic indices for biodiversity assessment and landscape investigation," *Acta Acust. united with Acust.*, vol. 100, no. 4, pp. 772–781, 2014.
- [8] T. Bradfer-Lawrence, N. Gardner, L. Bunnefeld, N. Bunnefeld, S. G. Willis, and D. H. Dent, "Guidelines for the use of acoustic indices in environmental research," *Methods Ecol. Evol.*, vol. 10, no. 10, pp. 1796–1807, Oct. 2019.
- [9] Juan Sebastián Ulloa, Sylvain Haupt, J. F. Latorre, T. Aubin, and Jérôme Sueur, "scikit-maad: An open-source and modular toolbox for quantitative soundscape analysis in Python," *Methods Ecol. Evol.*, 2021.
- [10] J. Sueur, B. Krause, and A. Farina, "Climate Change Is Breaking Earth's Beat," *Trends Ecol. Evol.*, vol. 34, no. 11, pp. 971–973, 2019.
- [11] C. Sánchez-Giraldo, C. Correa Ayram, and J. M. Daza, "Environmental sound as a mirror of landscape ecological integrity in monitoring programs," *Perspect. Ecol. Conserv.*, vol. 19, no. 3, pp. 319–328, Jul. 2021.