



Πτυχιακή Εργασία

“Αξιολόγηση των επιπτώσεων της ηχορύπανσης και της φωτορύπανσης στο φαινόμενο Dawn Chorus”

Αιμιλία Μαρκάκη Α.Μ. 1412015055

Στυλιανή Πατεράκη Α.Μ. 1412015075

Επιβλέπων Καθηγητής: Ιωάννης Ματσίνος



ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Φεβρουάριος 2019, Μυτιλήνη

Περίληψη

Ο καινοτόμος κλάδος της ακουστικής οικολογίας συμβάλλει στην ολοκληρωμένη παρακολούθηση και αξιολόγηση της βιοποικιλότητας της περιοχής Τσαμάκια. Στην συγκεκριμένη μελέτη η διεξαγωγή συμπερασμάτων για επιρροή της βιοποικιλότητας προέρχεται από τον συσχετισμό ηχητικών καταγραφών με τους δείκτες φωτός και θορύβου (LUX & dB). Βασικό εργαλείο δημιουργίας και ανάλυσης συμπερασμάτων αποτελεί ο συνδυασμός επεξεργασίας των ηχητικών καταγραφών στο λογισμικό R και SPSS. Οι εκφάνσεις των ηχητικών φαινομένων Dawn και Dusk Chorus οπτικοποιήθηκαν μέσω των φασματογραφημάτων που προκύπτουν από το λογισμικό της R. Παράλληλα δημιουργήθηκαν χάρτες ήχου και φωτός με την χρήση λογισμικού χαρτογράφησης QGIS, με σκοπό την ανάδειξη της μεταβλητότητας του ηχοτοπίου και της ηχορύπανσης. Παρατηρήθηκαν συσχετίσεις μεταξύ των ακουστικών δεικτών βιοποικιλότητας, του δείκτη LUX και dB επισυνάπτοντας την υπόθεση πως το φως και ο ήχος επηρεάζουν το φαινόμενο Dawn Chorus.

Λέξεις κλειδιά: Αξιολόγηση βιοποικιλότητας, δείκτες ακουστικής οικολογίας, ηχοτοπίο, Dawn & Dusk Chorus, στατιστική ανάλυση

Abstract

The innovative branch of acoustic ecology contributes in a whole tracking and evaluation of the biodiversity of Tsamakia region. In this specific research the conduct of conclusions for influence of biodiversity comes from the correlation of sound recordings with light and sound indicators (LUX and dB). The main tool for creating and analyzing the conclusions constitutes to the combination of editing the sound recordings in the software R and SPSS. The expressions of sound phenomena, Dawn and Dusk chorus were visualized through the spectrographs that arise from the software of R. At the same time there were sound and light maps created with the usage of QGIS mapping software, with the intention to indicate the variability of sound landscape and the noise pollution. There were observed correlations between the acoustic indicators of biodiversity, the indicators LUX and dB by attaching the hypothesis that the light and the sound affect the Dawn Chorus phenomenon.

Key words: Biodiversity assessment, Acoustic ecology indicators, soundscape, Dawn & Dusk Chorus, statistical analysis

Περιεχόμενα

Περίληψη	2
Abstract	3
1.Εισαγωγή	6
2.Θεωρητικό πλαίσιο	7
2.1 Ακουστική - Ήχος (φυσική).....	7
2.1.1. Θόρυβος (περιγραφή μελέτης αξιολόγησης του θορύβου- ορισμός περιβαλλοντικού θορύβου 2002/49ΕΚ).....	8
2.1.2. Ακουστική οικολογία και οικολογία ηχοτοπίου	9
2.2 Διαχείριση βιοποικιλότητας μέσω την ακουστικής	11
2.2.1. Ταχεία αξιολόγηση βιοποικιλότητας (rapid biodiversity assement)	12
2.2.2. Οικολογική Ακουστική (ecoacoustics).....	13
2.2.3 Φασματογραφήματα	14
2.2.4 Δείκτες	15
2.2.5. Dawn & dusk chorus	17
2.2.6 Φωτορύπανση (light pollution)	18
2.2.7 Ηχορύπανση	18
2.3. Περιπτώσεις μελέτης (αξιολόγηση βιοποικιλότητας μέσω της ακουστικής) ..	19
2.4. Χρήση Dawn Chorus με σκοπό την ανάδειξη βιοποικιλότητας	21
3. Μεθοδολογία.....	22
3.1. Περιοχή Μελέτης	22
3.2.1. Εργαλεία	23
3.2.2. Δείκτες.....	26
3.3. Εφαρμογή στο πεδίο.....	27
3.4 Στατιστική Ανάλυση	28

4. Αποτελέσματα- Συζήτηση	29
4.1 Περιγραφική στατιστική	29
4.2 Σειρά εμφάνισης ορνιθοπανίδας	33
4.3 Φασματογραφήματα.....	38
4.4 Χάρτες.....	40
4.5 Συσχετίσεις (Δείκτες-θόρυβος-φως)	41
5. Συμπεράσματα	42
6.Βιβλιογραφία	43

1.Εισαγωγή

Η Σιωπηλή Άνοιξη (Silent Spring) της Rachel Carson το 1952 ήταν ένα βιβλίο- έργο όπου ήταν σταθμός στην ιστορία της οικολογίας. Γενικότερα η Rachel Carson (1907-1964) θεωρείται πως έγινε η έμπνευση για την δημιουργία του σύγχρονου περιβαλλοντικού κινήματος. Στο συγκεκριμένο βιβλίο έκανε έκκληση για την ταπείνωση που υπάρχει ανάμεσα στην σχέση του ανθρώπου με την φύση και την ζωή της στο σύνολο της. Το έργο της αποτελεί μία κριτική σχετικά με την ανώτερη αντίληψη της προόδου. Όπως αναφέρει η συγγραφέας με απώτερο σκοπό την αφύπνιση του αναγνωστικού της κοινού, η μακροχρόνια και η αλόγιστη χρήση τοξικών συνθετικών ουσιών διεισδύουν στον αέρα, στο νερό, στο χώμα και στην τροφική αλυσίδα φυτών, ζώων, ψαριών, εντόμων και ανθρώπων και προκαλούν θάνατο και αλλοιώσεις στα οικοσυστήματα, γεγονός το οποίο έχει προκαλέσει η ίδια η ανθρωπότητα στο όνομα της προόδου. Μετά την κυκλοφορία του βιβλίου, δημιουργήθηκε ένα έντονο ενδιαφέρον σχετικά με την σύνδεση των ήχων της φύσης με την περιβαλλοντική ποιότητα ενός οικοτοπίου, με αποτέλεσμα το ακουστικό περιβάλλον, το ηχοτοπίο μιας περιοχής να προσεγγίζεται έκτοτε διαθεματικά από διάφορους επιστημονικούς κλάδους, αναδεικνύοντας έτσι την οικολογική του διάσταση.

Ορμώμενοι από την έκκληση της Carson για την αποφυγή μια «σιωπηλής άνοιξης», αναγνωρίζουμε την σημασία των ήχων για το περιβάλλον και εστιάζουμε στην ανάπτυξη ενός νέου επιστημονικού κλάδου ονόματι Ακουστική Οικολογία. Ο κλάδος της Ακουστικής Οικολογίας έχει σαν πεδίο μελέτης την ακρόαση του ηχητικού περιβάλλοντος ως μια μουσική σύνθεση. Βασιζόμενοι στον ήχο μπορούμε να παρατηρήσουμε πολλά στοιχεία και δεδομένα μιας περιοχής. Στην παρούσα επιστημονική έρευνα το βασικό ερευνητικό ερώτημα που τίθεται είναι αν η φωτορύπανση και ο θόρυβος επηρεάζουν την βιοποικιλότητα της περιοχής μελέτης. Γενικότερα, επιδιώκουμε να αποτυπώσουμε την σχέση που δημιουργείται μεταξύ της βιοποικιλότητας σε συνδυασμό με των δείκτη Lux (την ένταση του φωτός) και dB (ένταση ήχου) .

2. Θεωρητικό πλαίσιο

2.1 Ακουστική - Ήχος (φυσική)

Η ακουστική οικολογία είναι ένας κλάδος της φυσικής όπου μελετάει τις ιδιότητες, την συμπεριφορά και τις εφαρμογές του ήχου. Πιο συγκεκριμένα ασχολείται με την αντίληψη και την διάδοση του ήχου από την πηγή στον δέκτη. Η λέξη «ήχος» εξυπηρετεί τον ορισμό για δυο διαφορετικά πράγματα δηλαδή μία ακουστική αίσθηση στο αυτί και την διαταραχή σε ένα μέσο που μπορεί να προκαλέσει αυτή την αίσθηση. Η Ακουστική αποτελεί διεπιστημονικό κλάδο και ασχολείται με την φυσική, την μηχανική, την ψυχολογία, τη νευροεπιστήμη και τη φυσιολογία. Ορισμένοι ακόμα κλάδοι που σχετίζονται με την ακουστική είναι η αρχιτεκτονική ακουστική, η φυσική ακουστική, η βιοακουστική, η ψυχοακουστική κ.α. (Rossing 2007)

Ο ήχος αποτελείται από μηχανικά κύματα δηλαδή διαταραχές στην πυκνότητα του αέρα ως αποτέλεσμα των διακυμάνσεων της ατμοσφαιρικής πίεσης σε ένα ελαστικό μέσο (πχ. σε υγρό, αέριο ή στερεό) που διεγείρουν την ακουστική αίσθηση. Για να παρατηρηθεί ο ήχος θα πρέπει να υπάρχει μια ηχητική πηγή που ταλαντώνεται γύρω από μια θέση ισορροπίας. Σύμφωνα με τον Μπάρκα (2014) τα ηχητικά κύματα χαρακτηρίζονται από:

- Το πλάτος των διακυμάνσεων πίεσης (amplitude)
- Το μήκος κύματος (wavelength) λ
- Την συχνότητα (frequency) f εκφρασμένη σε Hertz
- Την περίοδο (period) T , που συνδέεται με την σχέση $T=1/f$

Η ταχύτητα μετάδοσης του ήχου εξαρτάται από την συχνότητα και το μήκος κύματος και αποτυπώνεται με την εξίσωση $c=f\lambda$.

Κατηγορίες ηχητικών κυμάτων ανάλογα με τις συχνότητα τους. Από τους κανόνες της μηχανικής για ένα ηχητικό κύμα ισχύει:

- Εισχωρεί στις μικρές οπές επιφανειών με αφρώδη/πορώδη σύσταση με

αποτέλεσμα τη μείωση της έντασής του. Το φαινόμενο αφορά στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες των ήχων-**απορροφάται**

- Μεταβάλλει την ευθύγραμμη διεύθυνσή του και να ‘γεμίζει’ το χώρο γύρω από ένα εμπόδιο που συναντά- **περιθλάται**
- Αλλάζει γωνία διεύθυνσης όταν αλλάζει η πυκνότητα του μέσου διάδοσης (αέρα)- **διαθλάται** (Κολοκυθιάς 2015).

2.1.1. Θόρυβος (περιγραφή μελέτης αξιολόγησης του θορύβου- ορισμός περιβαλλοντικού θορύβου 2002/49ΕΚ)ς

Με τον ορισμό θόρυβο αποτυπώνεται η ακουστική ενόχληση που διαχέεται στο περιβάλλον από ηχητικές εκπομπές που προέρχονται από διάφορες ανθρώπινες διεργασίες. Ο θόρυβος αποτελεί ένα από τους σημαντικούς ρύπους που υποβαθμίζουν τα αστικά κέντρα λόγω της συγκέντρωσης μεγάλης μερίδας του πληθυσμού. Οι σημαντικότερες πηγές θορύβου που ευθύνονται για την περιβαλλοντική υποβάθμιση είναι:

- Κυκλοφορία Μέσων Μεταφοράς (οδική κυκλοφορία, αεροσκάφη, τραίνα , πλοία και σκάφη)
- Βιομηχανικός θόρυβος (ήχοι από μηχανήματα από επαγγελματικά εργαστήρια πχ. Σιδηρουργεία, φανοποιεία ή ακόμα και ο ήχος που προέρχεται από τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στα εργοτάξια
- Ήχοι που προέρχονται από εκδηλώσεις αναψυχής και διασκέδασης όπως για παράδειγμα από μέρη εστίασης (bar, εστιατόρια, υπαίθρια θέατρα και κινηματογράφοι) ή ακόμα από ομιλίες ,συγκεντρώσεις, λαϊκές αγορές και μικροπωλητές)
- Οικιακές συσκευές (μεγάλος αριθμός κλιματιστικών-δημιουργεί νέα κατηγορία ηχητικής ενόχλησης στις αστικές δομές)

Οι επιπτώσεις του θορύβου δεν θα μπορούσαν να αφήσουν ανεπηρέαστη την υγεία και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων που εκτίθενται σε αυτόν για μεγάλο διάστημα. Ο θόρυβος επιδρά:

- Στην ακοή του ανθρώπου, με βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα την παροδική ή μόνιμη απώλεια ακοής
- Δυσμενώς στην ψυχική υγεία και σωματική υγεία καθώς συνεισφέρει στην δημιουργία της αίσθησης του άγχους

- Αρνητικά σε ανθρώπους που πάσχουν ήδη από κάποια ασθένεια ή μη ομαλή φυσιολογία

Η σημασία του περιβαλλοντικού θορύβου έχει αναγνωριστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση από την Οδηγία 2002/49/ΕΚ που υπογράφηκε στις 25 Ιουνίου το 2002 και στοχεύει στην αξιολόγηση και την διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου. Βασικές αρχές είναι η συλλογή αξιόπιστων και συγκρίσιμων δεδομένων σχετικά με τα επίπεδα θορύβου, την χρήση εναρμονισμένων δεικτών και μεθόδων αξιολόγησης αλλά και κριτηρίων για την ευθυγράμμιση της χαρτογράφησης του θορύβου. Η οδηγία αποτελείται από 16 άρθρα που καλύπτουν τις διαστάσεις του περιβαλλοντικού θορύβου. Αρχικά η οδηγία αποσκοπεί στην δημιουργία κοινοτικών μέτρων για τον περιορισμό του θορύβου από τροχοφόρα οχήματα, σιδηρόδρομο και τις υποδομές του, αεροσκάφη, υπαίθριο και βιομηχανικό εξοπλισμό και κινητά μηχανήματα. Σύμφωνα με το άρθρο 4, το κάθε κράτος μέλος ορίζει τις αρμόδιες υπηρεσίες που είναι υπεύθυνες για την εφαρμογή της οδηγίας και έχουν την αρμοδιότητα για την εκπόνηση, έγκριση και συγκέντρωση χαρτών θορύβου και σχεδίων δράσης για πολεοδομικά συγκροτήματα, οδικούς και πολεοδομικούς άξονες και αεροδρομίων. Όπως αναφέρεται στο άρθρο 7 της οδηγίας οι χάρτες θορύβου που συγκεντρώνονται από τις αρμόδιες υπηρεσίες κάθε πενταετία κατατίθενται και εξετάζονται από την Επιτροπή. Επίσης το άρθρο 9 κατοχυρώνει το δικαίωμα οι χάρτες θορύβου να είναι διαθέσιμοι στο ευρύ κοινό. Συμπερασματικά, η συγκεκριμένη οδηγία είναι πολύ σημαντική για την μείωση των θορύβων και των ατόμων που δέχονται επίδραση από περιβαλλοντικό θόρυβο αλλά και να μειωθούν οι τιμές των εκπομπών ώστε να προστατευτούν οι ήσυχες περιοχές. και για αυτό και αποτελείται από πολλές διαβουλεύσεις για να καλύπτει ένα ευρύ φάσμα οδηγιών.

2.1.2. Ακουστική οικολογία και οικολογία ηχοτοπίου

Ορισμοί Ηχοτοπίου:

<p>Truax, 1978</p>	<p><i>Το ηχητικό περιβάλλον με έμφαση στον τρόπο που γίνεται αντιληπτό και κατανοητό από τα άτομα ή από μια κοινωνία</i></p>
---------------------------	--

Schafer, 1994	<i>Ένα οποιαδήποτε ακουστικό πεδίο έρευνας</i>
Krause, 2002	<i>Όλοι οι ήχοι που υπάρχουν σε ένα περιβάλλον μια δεδομένη χρονική στιγμή</i>
Farina, 2006	<i>Η συλλογή ήχων που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο τοπίο όπως γίνονται αντιληπτοί από τους οργανισμούς</i>
Pijanowski, 2011	<i>Σύνθετη διάταξη ήχων από πολλαπλές πηγές, που δημιουργούν ακουστικά πρότυπα στο χώρο και το χρόνο</i>
Pijanowski, 2011	<i>Η συλλογή των βιολογικών, γεωφυσικών και ανθρωπογενών ήχων που προέρχονται από το τοπίο και που διαφέρουν στο χώρο και στο χρόνο αντανακλώντας σημαντικές οικοσυστημικές διεργασίες και ανθρώπινες δραστηριότητες</i>
Committee ISO/TC 043 “Acoustics”, 2008	<i>Το ηχητικό περιβάλλον με έμφαση στον τρόπο που γίνεται αντιληπτό και κατανοητό από τα άτομα ή από μια κοινωνία</i>

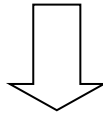
Πίνακας 1: Ορισμός Ηχοτοπίου

Ο κλάδος της Ακουστικής Οικολογίας έχει σαν πεδίο μελέτης την ακρόαση ηχητικού περιβάλλοντος ως μια μουσική σύνθεση. Η θεωρία της Ακουστικής Οικολογίας αναφέρει πως ένα ηχοτοπίο αποτελείται από ήχους υποβάθρου (background sounds) και ήχους προσκήνιου (foreground sounds). Η Ακουστική Οικολογία μελετά ηχητικά γεγονότα που ονομάζονται ηχώσημα (soundmarks), που σε σχέση με τα τοπόσημα (landmarks), αφορούν ήχους που ταυτίζονται με συγκεκριμένες περιοχές. Τέλος, η ακουστική οικολογία μελετά τις επιπτώσεις του ακουστικού περιβάλλοντος ή του ηχοτοπίου, στα συμπεριφοριστικά χαρακτηριστικά των ατόμων που ζουν σε αυτό (Schafer, 1977).

Παρακλάδι της Οικολογίας Τοπίου είναι η Οικολογία Ηχοτοπίου που διερευνά την σύνδεση της επιστήμης της οικολογίας με την μελέτη των ηχοτοπίων. Η Οικολογία Τοπίου λειτουργεί συμπληρωματικά με την Ακουστική Οικολογία δίνοντας έμφαση στην αξία της βιοποικιλότητας και το εννοιολογικό πλαίσιο στο οποίο κινείται στην κατηγοριοποίηση, τη μελέτη και τη συλλογή βιολογικών, γεωφυσικών και ανθρωπογενών ήχων που εκπέμπονται στο τοπίο, οι οποίοι

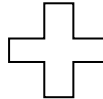
μετασχηματίζονται δυναμικά σε πολλαπλές χώρο-χρονικές κλίμακες (Pijanowski et al, 2011b).

Ηχοτοπίο-Soundscape



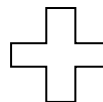
Βιοφωνία-Biophony

Ήχοι που παράγονται από όλους τους οργανισμούς σε μία περιοχή



Ανθρωποφωνία-Anthroponny

Ήχοι που παράγονται από σταθερά ή κινητά ανθρώπινα αντικείμενα



Γεωφώνια-Geophony

Ήχοι που προέρχονται από το γεωφυσικό περιβάλλον

2.2 Διαχείριση βιοποικιλότητας μέσω την ακουστικής

2.2.1. Ταχεία αξιολόγηση βιοποικιλότητας (rapid biodiversity assessment)

Η βιολογία της διατήρησης, έχει ως μια βασική προσέγγιση την αξιολόγηση της βιοποικιλότητας με άμεσο στόχο την διεξαγωγή συμπερασμάτων για τον εκάστοτε σκοπό. Επίσης μελετάει την αφθονία και την γεωγραφική εξάπλωση των οργανισμών σε σχέση με την σύσταση του περιβάλλοντος, των ανθρωπογενών παρεμβάσεων στην συγκεκριμένη περιοχή. Η ολική καταγραφή των παραπάνω παραμέτρων απαιτεί μακροχρόνιες και δαπανηρές μεθόδους με αποτέλεσμα η συλλογή των δεδομένων να γίνεται σπάνια έως και καθόλου.

Με βάση τις δυσκολίες που αναφέρθηκαν οι επιστήμονες στράφηκαν σε νέες ταχείες προσεγγίσεις για την αξιολόγηση της βιοποικιλότητας, οι οποίες αφορούσαν χρήση μικρότερης χρονικής και χωρικής κλίμακας. Ανάλογα με το είδος του οικοσυστήματος δηλαδή χερσαίο ή παράκτιο, η προσέγγιση της αξιολόγησης μπορεί να διαφέρει έτσι ώστε να ταιριάζει σε κάθε μορφή οικοσυστήματος. Ο στόχος της μελέτης περιλαμβάνει την συνολική ποικιλομορφία δηλαδή συγκεκριμένη ταξινομική ομάδα (πτηνά ή φυτά) και ειδικότερες κατηγορίες (πχ ποώδη βλάστηση, αρπακτικά ημερήσια πτηνά). Τα αποτελέσματα της ταχείας αξιολόγησης της βιοποικιλότητας αποτυπώνουν την αφθονία, την ομοιογένεια, την ποικιλότητα, καθώς επίσης και την γενική υγεία του οικοσυστήματος. Μέσω των επαναλήψεων του συγκεκριμένου μοντέλου μπορούν να προσδιοριστούν οι άμεσες επιδράσεις στο οικοσύστημα όσον αφορά τους οργανισμούς.

Η σχεδίαση ταχείας αξιολόγησης προϋποθέτει κάποια σημαντικά στοιχεία (Patrick, 2014) :

- Τα είδη της αξιολόγησης
- Το χρονοδιάγραμμα των σταδίων σχεδιασμού, προετοιμασίας, υλοποίησης και υποβολής εκθέσεων διάδοσης των αποτελεσμάτων
- Την χωρική κλίμακα της μελέτης
- Τα υφιστάμενα δεδομένα που αφορούν την έρευνα
- Τα διαθέσιμα μέσα και τον χρόνο
- Πεδίο εφαρμογής
- Δεδομένα και τρόπο συλλογής
- Ευκαιρίες συνεργασίας με ΜΚΟ και κοινοτικές ομάδες

Στην ταχεία αξιολόγηση της ορνιθοπανίδας η μέθοδος point count έχει καθιερωθεί τα τελευταία χρόνια. Η μέθοδος προϋποθέτει την σχεδίαση νοητού με

συγκεκριμένη χωρική κάλυψη η οποία μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του οικοσυστήματος. Έπειτα παρατηρείται για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ενώ παράλληλα προστίθεται η βιοποικιλότητα εκτός της περιοχής του ενδιαφέροντος. Η αποφυγή της χρονικής περιόδου των οικοακουστικών γεγονότων όπως Down Chorus και Dusk Chorus προτείνεται με το σκεπτικό της απομάκρυνσης της ενδεχόμενης μεροληψίας ανάλογα με το είδος των πτηνών. Ως αποτέλεσμα της αξιολόγησης εξάγονται δείκτες αφθονίας σε σχέση με τον χρόνο, οι οποίοι συνδυάζονται με περιβαλλοντικές παραμέτρους και παράγουν χρήσιμες πληροφορίες για την ταχεία αξιολόγηση. Οι δείκτες χρησιμοποιούν τα παρατηρούμενα δεδομένα, ώστε να προβλέψουν τον αριθμό των ειδών, την ποικιλότητα και την ομοιομορφία (Patrick, 2014).

2.2.2. Οικολογική Ακουστική (ecoacoustics)

Η ακουστική οικολογία είναι ένα διεπιστημονικό πεδίο έρευνας το οποίο ασχολείται με τα παρακάτω:

- Τη μελέτη του ήχου ως σήμα για την αξιολόγηση της εξέλιξης του ήχου τόσο στο χώρο όσο και το χρόνο
- Τη χρήση του ήχου ως εργαλείο ανάδειξης επιπέδων βιοποικιλότητας για την μελέτη και την καταγραφή ηχοτοπίων με σκοπό την εύρεση οικολογικής σημασίας σε μια περιοχή
- Την αξιολόγηση του θορύβου για την άμεση αντιμετώπιση του ρύπου «περιβαλλοντικός θόρυβος» με χαρτογράφηση του θορύβου και ανάληψη μέτρων προστασίας (πχ ηχοπετάσματα)
- Μελέτες ψυχοακουστικής για την ανάδειξη του τρόπου αντίληψης του ήχου στο άνθρωπο και την αντίληψη της ηχηρότητας
- Τον σχεδιασμό ηχοτοπίων και συνεπώς τοπίων, με την χαρτογράφηση των ήχων μιας περιοχής με σκοπό την βελτίωση των ακουστικών συνθηκών

Η Οικολογική Ακουστική η αλλιώς οικοακουστική είναι ένας νέος κλάδος της οικολογίας ο οποίος ασχολείται με τους ήχους της γεωφυσικής, βιολογικής και ανθρωπογενούς προέλευσης. Πιο συγκεκριμένα αυτός ο κλάδος μελετάει την αλληλεπίδραση των οργανισμών με το περιβάλλον διαμέσου του ήχου.

Παρόλο που η βιοακουστική συνδέεται άμεσα με την οικοακουστική διαφέρει στο γεγονός ότι η βιοακουστική αντιλαμβάνεται τον ήχο ως ένα εργαλείο που μπορεί να

βοηθήσει τους οργανισμούς να ανταλλάξουν πληροφορίες μεταξύ τους. Αντιθέτως, η οικοακουστική αντιμετωπίζει τόσο τον ήχο όσο και τον θόρυβο ως ένα δείκτη οικολογικών διεργασιών σε επίπεδο πληθυσμού και κοινότητας.

Η οικοακουστική είναι ένας κλάδος ο οποίος δημιουργήθηκε για να μπορέσει να αξιολογήσει την βιοποικιλότητα προσπαθώντας να χρησιμοποιήσει κάποια δεδομένα του ηχοτοπίου. Οποιαδήποτε αλλαγή συμβαίνει στο περιβάλλον έχει άμεσο αντίκτυπο στην ακουστική συμπεριφορά των οργανισμών. Με την οικοακουστική γίνεται άμεσα εκτίμηση της βιοποικιλότητας καθώς μπορούν να διακριθούν οι αλλαγές στην ακουστική ποικιλότητα των ειδών ,πληθυσμών, κοινοτήτων, τοπίων. Επιπλέον, είναι ένα εργαλείο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα οικοσυστήματα.(Suer & Frina 2006)

Σκοποί της οικολογικής ακουστικής (ecoacoustics):

- Αντιμετώπιση ζητημάτων βιοποικιλότητας και άλλων οικολογικών θεμάτων, μελετώντας τον ήχο σε μεγάλη χώρο-χρονική κλίμακα
- Αντιμετωπίζει τον ήχο ως εργαλείο κατανόησης πληροφοριών οικολογικού περιεχομένου και ως δείκτη οικολογικών διεργασιών
- Ως εργαλεία οι ήχοι χρησιμοποιούνται για την μελέτη και την παρακολούθηση της ποικιλότητας, της αφθονίας και της συμπεριφοράς των ζώων σε σχέση με τα οικοσυστήματα και το περιβάλλον
- Επιτρέπει τη διερεύνηση της οικολογίας των πληθυσμών, των κοινοτήτων και των τοπίων
- Αντιμετωπίζει τον ήχο ως αντικείμενο μελέτης προκειμένου να κατανοηθεί ο τρόπος εξέλιξης και προσαρμογής του σε διαφορετικές συνθήκες περιβαλλοντικής πίεσης

2.2.3 Φασματογράφημα

Το φάσμα του ήχου απεικονίζεται μέσω της διακύμανσης της ενέργειας ανά συχνότητα και αναπαρίσταται δείχνοντας τα πλάτη των συχνοτήτων με γραφική απεικόνιση. Το φασματογράφημα δίνει την δυνατότητα να παρατηρηθούν περισσότερες ιδιότητες του φάσματος που αναλύεται, όπως αυτό μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο (Fyntanidis,2015). Οι διακυμάνσεις των συχνοτήτων, μέσα σε ένα φασματογράφημα απεικονίζονται πάνω σε ένα διάγραμμα αξόνων x,y (όπου x:συχνότητες, οριζόντιος άξονας και όπου y: χρόνος, κάθετος άξονας), ενώ η

ηχηρότητα απεικονίζεται με το χρώμα. Με αυτόν τον τρόπο οι φασματογραφήσεις μας δίνουν την δυνατότητα να διακρίνουμε τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε ηχοτοπίου, ανάλογα από τον πομπό που τα εκπέμπει, όπως είναι η βιοφωνία, η γεωφωνία και η ανθρωποφωνία.

2.2.4 Δείκτες

Η ακουστική οικολογία, οικολογία ηχοτοπίου καθώς και οικολογική ακουστική βασίζονται σε ηχητικές καταγραφές. Αυτά τα πρόσφατα οικολογικά πεδία έρευνας, μελετούν την σχέση και την αλληλεπίδραση μεταξύ του ηχοτοπίου και του ακροατή. (Pieretti et.all, 2011, Pieretti & Farina, 2013) Μέσα από το λογισμικό R statistics εξάγονται οι ακουστικοί δείκτες χρησιμοποιώντας κάποια πακέτα. Ακουστικός δείκτης ορίζεται το στατιστικό μέγεθος που συνοψίζει πτυχή της κατανομής της ακουστικής ενέργειας και άλλων πληροφοριών σε μια ηχογράφιση. Υπάρχει μια βασική διαφορά ανάμεσα στους οικολογικούς κλασικούς δείκτες και στους ακουστικούς. Οι κλασικοί οικολογικοί δείκτες περιγράφουν διάφορες πτυχές της ποικιλομορφίας των ζωτικών κοινοτήτων ενώ σε αντίθεση οι ακουστικοί δείκτες εκτιμούν την ηχητική ποικιλομορφία που προέρχεται από τα φυσικά περιβάλλοντα.

Ο δείκτης ακουστικής πολυπλοκότητας, που επεξεργάστηκε ο Farina και ο Morri αποτελεί έναν εκ των πλέον χρησιμοποιούμενων δεικτών που βασίζεται στην παρατήρηση πως οι βιοτικοί ήχοι όπως το τραγούδι των πουλιών, χαρακτηρίζονται από μια μεταβλητότητα εντάσεων, ενώ οι ανθρωπογενείς ήχοι, παρουσιάζουν σταθερές τιμές έντασης. Πιο συγκεκριμένα, ο **ACI** (δείκτης ακουστικής πολυπλοκότητας) υπολογίζει τον μεγάλο αριθμό κορυφώσεων (peaks) όσον αφορά την ένταση σε ένα φασματογράφημα. Ο δείκτης Ακουστικής Πολυπλοκότητας έχει βασιστεί στην παρατήρηση ότι η πλειοψηφία των βιοτικών ήχων, σε αντίθεση με τους περισσότερους ανθρωπογενείς ήχους, έχουν μια εγγενή πολυπλοκότητα. Ο συγκεκριμένος δείκτης υπολογίζει τη μεταβολή καταγεγραμμένων εντάσεων σε κάθε αντιστοιχία χρόνου –συχνότητας σε ένα φασματογράφημα, δίνοντας έμφαση στους ήχους που χαρακτηρίζονται από έντονες ενεργειακές διαφοροποιήσεις, μειώνοντας παράλληλα άλλους ήχους με περισσότερο σταθερά ενεργειακά χαρακτηριστικά. Με αυτό τον τρόπο αυτό μπορεί να επιτευχθεί ένας γρήγορος, έμμεσος τρόπος ανάδειξης της πολυπλοκότητας του ηχοτοπίου, αποκλείοντας τους σταθερούς σε ένταση ήχους όπως οι περισσότερες περιπτώσεις ανθρωποφωνίας και συγκεκριμένες της γεωφωνίας.

Ο δείκτης ακουστικής πολυπλοκότητας χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 2011 σε μια μελέτη που έγινε από τους Pieretti, Farina & Morri στο εθνικό Πάρκο Βουνών Απενίν το οποίο βρίσκεται στην Τοσκάνη. Η μελέτη διεξάγει κατά τους καλοκαιρινούς μήνες Ιούνιο και Ιούλιο 2011. Το πάρκο αποτελείται από βαθιές κοιλάδες, ορεινές λίμνες, ρυάκια, ποταμούς και η κυρίαρχη βλάστηση του καλύπτεται σε μεγάλο ποσοστό από δάσος οξιάς. Ο ACI αποτυπώνει τον αριθμό των φωνητικών καλεσμάτων και την τιμή του χρόνου τραγουδιών των πουλιών. Ο δείκτης αυτός κρίνεται κατάλληλος στο να μπορέσει να υπολογίσει τον αριθμό των φωνητικών καλεσμάτων και να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο για την αποτίμηση της ορνιθοπανίδας σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Ο δείκτης ηχοτοπίου **NDSI** (Normalized Difference Soundscape Index), εκτιμάει το επίπεδο της ανθρώπινης διαταραχής στο ηχοτοπίο, υπολογίζοντας την αναλογία ανθρωποήχων και βιοήχων σε ένα ηχητικό δείγμα. Ο δείκτης χρησιμοποιεί ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών που κυμαίνονται μεταξύ -1 έως +1, οι οποίες αντιπροσωπεύουν την απόλυτη επικράτηση των ανθρωπογενών και βιογενών ήχων αντίστοιχα (Kasten, Gage, Fox & Joo, 2012)

Ο υπολογισμός του συγκεκριμένου δείκτη έχει βασιστεί στην σχέση :

$$\text{NDSI} = (\text{βιοφωνία} - \text{ανθρωποφωνία}) / (\text{βιοφωνία} + \text{ανθρωποφωνία})$$

Οι Villanueva- Rivera, Pijanowski, Doucette και Pekin (2011) ανέπτυξαν τον δείκτη ακουστικής ποικιλότητας (ADI), ο οποίος παρόμοια με τον δείκτη ακουστικής εντροπίας χρησιμοποιεί τον δείκτη **Shannon** για την εκτίμηση της ακουστικής πολυπλοκότητας. Ο συγκεκριμένος δείκτης διαιρεί τα παραγόμενα φασματογραφήματα σε συστοιχίες των συχνοτήτων 1000Hz αφού γίνει διαχωρισμός φασματογραφήματος εισάγεται ο δείκτης Shannon που εκτιμάει την πολυπλοκότητα των χωρισμένων συστοιχιών. Ως αποτέλεσμα, της εισαγωγής του δείκτη **GINI** στις χωρισμένες συστοιχίες μπορεί να αποδοθεί η αρνητική σχέση του περιβαλλοντικού θορύβου που κυριαρχούσε κατά την διάρκεια της ακουστικής καταγραφής σε σχέση με την βιοφωνία.

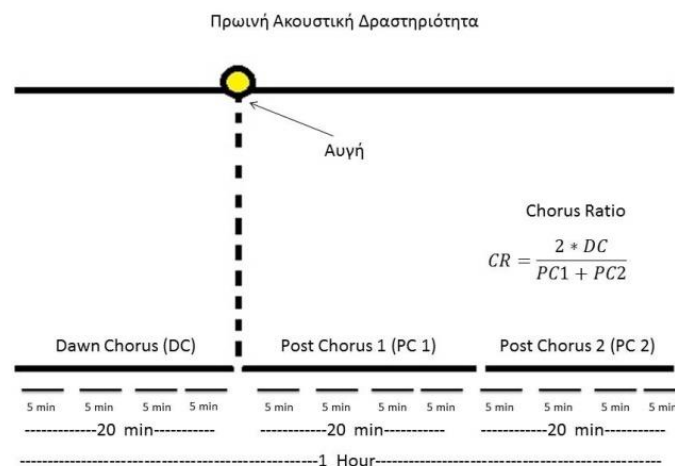
Ο **Shannon** εφαρμόστηκε ώστε να υποδείξει τον δείκτη της ακουστικής εντροπίας των καταγραφών. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει ο συγκεκριμένος δείκτης αυξάνεται θετικά όταν και η αφθονία των ειδών του οικοσυστήματος είναι υψηλή.

Ο δείκτης Lux είναι παραγωγή μονάδας φωτισμού και φωτεινής εκπομπής σύμφωνα με την κλίμακα SI. Αποτελεί την μετρική φωτεινή ροή ανά περιοχή μονάδας που ισούται με ένα lumen ανά τετραγωνικό μέτρο. Στην φωτομετρία χρησιμοποιείται ως μέτρο έντασης, όπως αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι, του φωτός που κτυπάει ή διαπερνά από μέσα από μια επιφάνεια.

Η χρήση του δείκτη Decibel (dB) βοηθάει στην έκφραση της έντασης του ήχου χωρίς να αποτελεί μονάδα μέτρησης της έντασης καθώς ακολουθεί λογαριθμική κλίμακα και εκφράζει την διαφορά στάθμης μιας φυσικής ποσότητας. Σε μια λογαριθμική κλίμακα Decibel κάθε αύξηση 10 dB στην κλίμακα είναι ισοδύναμη με ένα δεκαπλασιασμό της έντασης που αντιστοιχεί με διπλασιασμό της ηχηρότητας. Ένας ήχος των 20 dB είναι 10 φορές πιο έντονος από έναν ήχο των 10 dB, ενώ ένας ήχος των 30 dB είναι 100 φορές πιο έντονος.

2.2.5. Dawn & dusk chorus

Κάθε τοπίο αποτελείται από πολλά διαφορετικά ηχοτοπία . Η σειρά εμφάνισης είναι τοπίο, ηχοτοπίο, ηχητικό σκηνικό, ηχοτόνος και τελικά ακουστικές κοινότητες. Ο κλάδος της οικοακουστικής συμπεριλαμβάνει όλες τις μορφές ήχου και θορύβου σε ακουστικές κοινότητες. Η ακουστική κοινότητα είναι η συνάθροιση των ειδών που παράγουν ήχο χρησιμοποιώντας εξωτερικά ή εσωτερικά εργαλεία τα οποία παράγουν ήχο. Στην οικοακουστική δυο πολύ ισχυροί παράγοντες μελέτης της περιοχής είναι η χορωδία της αυγής ή αλλιώς Dawn Chorus και το dusk chorus το οποίο αποτελεί την απογευματινή χορωδία των πουλιών κατά την διάρκεια της δύσης.



Εικόνα 1: Περιγραφή Chorus Ratio

2.2.6 Φωτορύπανση (light pollution)

Με τον όρο φωτορύπανση προσπαθούμε να περιγράψουμε το φαινόμενο όπου παρατηρείται τόσο υπερβολικός όσο και λανθασμένος φωτισμός στις αστικές περιοχές. Ο τεχνητός νυχτερινός φωτισμός επεκτείνεται παγκοσμίως σε διάφορα μέρη και τοπία αλλά η οικολογική του συνέπεια παραμένει άγνωστη για το ευρύ κοινό. Ο τεχνητός νυχτερινός φωτισμός μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τα οικοσύστημα και την άγρια ζωή με πάρα πολλούς τρόπους.

Πρώτον, τα μεταναστευτικά πτηνά χρησιμοποιούν το φυσικό φως όπως για παράδειγμα το φως του Ηλίου και της Σελήνης για τον προσανατολισμό τους. Όμως τα τελευταία χρόνια έχουν παρατηρηθεί αλλαγές στα μεταναστευτικά είδη αυτό συμβαίνει εξαιτίας του αποπροσανατολισμού τους που προέρχεται από τις μεταβολές του φωτός. Επίσης έχει σημειωθεί από έρευνες στις οποίες έχουν προβεί αμερικάνοι βιολόγοι ότι γύρω στα 3 με 4 εκατομμύρια πτηνά πεθαίνουν ετησίως καθώς συντρίβονται με κατασκευές του φωτός.

Δεύτερον, τις αλλαγές αυτές τα ζώα και ιδιαίτερα τα πτηνά τις αντιλαμβάνονται ως εποχιακές και ημερήσιες διακυμάνσεις. Τα πτηνά επηρεάζονται ως προς την αντίληψη τους δηλαδή δεν μπορούν να κατανοήσουν την διάρκεια της ημέρας. Με άμεσο αποτέλεσμα να υπάρχουν διαταραχές στο φαινόμενο της πρωινής ακουστικής δραστηριότητας (Dawn chorus). Πιο συγκεκριμένα, τα πτηνά επηρεάζονται από το φαινόμενο της φωτορύπανσης με αποτέλεσμα να αντιλαμβάνονται την αυγή πιο νωρίς από την πραγματική της ώρα. Επίσης, το ίδιο αποτέλεσμα είχε και κατά την δύση του ηλίου όπου τα πτηνά καθυστερούσαν την πτώση δραστηριοποίησης του τραγουδιού γύρω από την ανατολή του ηλίου γεγονός που συνέβαινε καθώς ο νυχτερινός φωτισμός έλαμπε προτού τα πτηνά καταλάβουν ότι ο ήλιος χαμηλώνει και το ημερήσιο φως μειώνεται. Έτσι παρατηρούμε πως ο νυχτερινός τεχνητός φωτισμός έχει επηρεάσει άμεσα το τραγούδι των πουλιών (Dawn & Dusk Chorus).

Συνεπώς, παρατηρείται μια αλλαγή στη συμπεριφορά των ζώων και στην φυσιολογία τους γεγονός που λειτουργεί με αρνητική επίπτωση προς την ομαλή ισορροπία του οικοσυστήματος μας.

2.2.7 Ηχορύπανση

Ηχορύπανση είναι ο υπερβολικός και ενοχλητικός θόρυβος που προκαλείται από την ανθρώπινη δραστηριότητα και διαταράσσει την ισορροπία ή και την ζωή του

ανθρώπου και των ζώων. Η ηχορύπανση είναι μία τυχαία διαδικασία που προέρχεται από μία ή τις περισσότερες φορές, από πολλαπλές πηγές, σύμφωνα με τους νόμους της Φυσικής επιστήμης μπορούμε να πούμε ότι ο θόρυβος και συνεπώς η ηχορύπανση αποτελεί μία διαταραχή της κατάστασης ισοροπίας ενός ελαστικού μέσου, η οποία διαταραχή εκφράζεται με την στάθμη της πίεσης και εξαρτάται από την ισχύ της πηγής, από την απόσταση που βρίσκεται η πηγή και από τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος διάδοσης (Votsi,2014). Η ηχορύπανση είναι από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνεχώς επιδεινώνεται με συνέπειες στην ποιότητα της ζωής των σύγχρονων κοινωνιών αλλά και των ζώων και σύμφωνα με τον Khilman αποτελεί το τρίτο κατά σειρά κυρίαρχο περιβαλλοντικό πρόβλημα (Khilman,2004). Εκτιμάται ότι το 20% των Ευρωπαίων κατοικεί σε περιοχές με επίπεδα θορύβου μεγαλύτερα από 65 dB που επιστημονικά θεωρούνται μη επιτρεπτά και το 50% σε περιοχές με επίπεδα θορύβου από 55 έως και 65 dB. Μελέτες έχουν επισημάνει καταστάσεις πανικού σε ζώα λόγω της ηχορύπανσης (Immel,1995), ενώ διάφορα συμπτώματα μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές επιπτώσεις στην προσαρμοστική ικανότητα ή ακόμα και στην εξαφάνιση ενός πληθυσμού σε τοπικό επίπεδο (Johst & Wissel,1997). Βέβαια όλα τα παραπάνω ποικίλουν ανάλογα με τα είδη των ζώων, την χρονική περίοδο της ηχορύπανσης, αν είναι συνεχιζόμενη ή παροδική, και τον οικότοπο στον οποίο ασκείται.

2.3. Περιπτώσεις μελέτης (αξιολόγηση βιοποικιλότητας μέσω της ακουστικής)

Ο κλάδος της ακουστικής και της βιοακουστικής συνεχώς εξελίσσεται και προσθέτει νέες ανακαλύψεις στο δυναμικό της. Από τις πρώτες μελέτες βιοακουστικής που ξεκίνησαν περίπου στην δεκαετία το 1970 μέχρι και σήμερα τα μέσα, η διαχείριση και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων/δεδομένων έχουν αλλάξει κατά πολύ. Ως πρόφαση την μελέτη που τεκμηριώσαμε, είμαστε σε θέση να παραθέσουμε και να υπογραμμίσουμε τις έρευνες-μελέτες άλλων επιστημόνων πάνω στο αντικείμενο μελέτης. Το θεματικό πλαίσιο επιλογής των παρακάτω άρθρων έγινε με βάση των κοινό παράγοντα μελέτης των εκφάνσεων της βιοακουστικής.

Στην έρευνα-μελέτη με τίτλο “Dawn song in superb fairy-wrens : a bird that seeks extrapair Copulations during the dawn chorus” των Anastasia H. Dalziell και Andrew Cockburn που παρουσιάστηκε το 2007, αποτυπώνεται η παρατήρηση ότι τα άτομα του είδους *Malygus cyaneus* κατά την διάρκεια της σύνθεσης του πρωινού του

τραγουδιού επιδιώκουν να προσεγγίζουν τα θηλυκά άτομα. Η ακουστική απεικόνιση παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για την επιλογή των θηλυκών ατόμων ως σύντροφος από τα αρσενικά. Με στόχο την εξαγωγή των συμπερασμάτων οι συγγραφείς μέτρησαν την διακύμανση που παρατηρείται κατά την διάρκεια του Dawn Chorus στο τραγούδι των αρσενικών ατόμων του είδους. Τα αρσενικά άτομα χωρίζουν το τραγούδι τους σε δύο ξεχωριστές κατηγορίες τραγουδιών κατά τη διάρκεια του Dawn chorus αρχικά σε ένα ποικιλόμορφο τραγούδι και σε ένα πιο επαναλαμβανόμενο τραγούδι. Τα ισχυρά αρσενικά άτομα με την βοήθεια υποδεέστερών ατόμων παρήγαγαν τραγούδια με υψηλότερη επιρροή σε σχέση με τα αρσενικά άτομα που τραγουδούσαν μονά τους. Η χορωδία της αυγής για το είδος *Malygus cyaneus* και συγκεκριμένα για τα ισχυρά αρσενικά άτομα αποκτά ανταγωνιστικό ρόλο, που περιλαμβάνει την επιβολή της κυριαρχίας από τους ισχυρότερους αλλά και σηματοδοτεί και την ταυτόχρονη προσέλκυση συντρόφου.

Οι ηχητικές καταγραφές για την εξαγωγή συμπερασμάτων έγινε σε 36 ενήλικα άτομα του είδους μελέτης κατά την διάρκεια αναπαραγωγής το διάστημα μεταξύ Σεπτέμβρη 2004 και Ιανουάριο του 2005. Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για τις ηχητικές καταγραφές είναι η συσκευή καταγραφής RAM Marantz PMD670 και το μικρόφωνο Sennheiser ME66 Shotgun. Το μικρόφωνο ρυθμίστηκε για το φιλτράρισμα ήχων κάτω από 500 Hz. Όλες οι καταγραφές της δειγματοληψία έγιναν σε απόσταση και σε συχνότητα 44,1 kHz, τα αποτελέσματα αποθηκεύτηκαν ως αρχείο κύματος (wave). Επίσης σαν συμπέρασμα οι συγγραφείς παραθέτουν την επιβεβαίωση στην προϋπάρχουσα άποψη ότι η πολυπλοκότητα στο τραγούδι των πτηνών μπορεί να επηρεαστεί από την ποικιλομορφία των ειδών της περιοχής (Leitao et al. 2006).

Ως δεύτερη περίπτωση μελέτης θα παρουσιαστεί το άρθρο «European Blackbirds Exposed to Aircraft Noise Advance Their Chorus, Modify Their Song and Spend More Time Singing» που αποτυπώνει πως τα άτομα που ανήκουν στο είδος *Turdus merula* ή κοινώς κοτσύφια δέχονται επιρροή από τον θόρυβο των αεροσκαφών με αποτέλεσμα το εναρκτήριο τραγούδισμά τους να παρατείνεται. Η μελέτη έγινε από τους Javier Sierra, Elodie Schloesing, Ignacio Pavón, Diego Gil και δημοσιεύτηκε τον Ιούνιο του 2017. Η μελέτη γεωγραφικά τοποθετείται στην πόλη της Μαδρίτης που βρίσκεται στην Ιβηρική χερσόνησο και αποτελεί πρωτεύουσα της Ισπανίας ενώ χρονικά οι καταγραφές έγιναν το 2008. Επίσης, η μελέτη έγινε για δύο πληθυσμούς ο ένας πλησίον του αεροδρομίου της Μαδρίτης (Barajas), που

παρατηρούνται υψηλά ποσοστά οχλήσεων. Η ηχορύπανση σε όλη την έκταση της περιοχής προκαλεί ισχυρό αντίκτυπο στην πανίδα και κυρίως στις βιολογικές λειτουργίες των πτηνών όπως είναι η διεργασία του πρωινού τραγουδιού των πουλιών. Ο δεύτερος πληθυσμός κοτσυφιών που μελετήθηκε βρισκόταν στην ίδια περιοχή αλλά 10 χιλιόμετρα βορειότερα, όμως είχε και αυτός τα ίδια χαρακτηριστικά. Παρατηρήθηκε ότι πουλιά που διαβιούν σε περιοχές με υψηλά ποσοστά θορύβου μακροχρόνια προσαρμόζουν το τραγούδι τους στις δυσμενείς συνθήκες με αποτέλεσμα να αυξάνουν τα επίπεδα θορύβου του δικούς του τραγουδιού έτσι ώστε να μην υπερκαλύπτεται. Ως συμπέρασμα της μελέτης οι συγγραφείς κατέληξαν ότι τα πτηνά και από τους δύο πληθυσμούς βελτιστοποίησαν τα χαρακτηριστικά και τον χρόνο του πρωινού τραγουδιού, η τροποποίηση του τραγουδιού δεν είναι σταθερή αλλά προσαρμόζεται ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος τους.

2.4. Χρήση Dawn Chorus με σκοπό την ανάδειξη βιοποικιλότητας

Η ορολογία Dawn Chorus αναφέρεται στην διαδικασία η οποία εκτελείται κατά την ανατολή του Ήλιου και σηματοδοτεί το ξύπνημα των πουλιών. Το ξύπνημα των πουλιών σχετίζεται από τρεις παράγοντες :

- **Εγγενείς–Ζωτικοί Παράγοντες (*Intrinsic Factors*) :**
Αφορά τους κερκαδικούς κύκλους της τεστοστερόνης και ανάγκες ατόμων
- **Περιβαλλοντικοί Παράγοντες (*Environmental Factors*):**
Αφορά τις ανθρωπογενείς (τεχνητό φως) και γεωφυσικές (άνεμος, βροχή) επιδράσεις, καθώς και τη δομή του οικοσυστήματος
- **Κοινωνικοί Παράγοντες (*Social Factors*):**
Αφορά κυρίως τη διεκδίκηση επικρατειών και την προσέλκυση συντρόφων

Η μελέτη μας επικεντρώθηκε κυρίως στο ξύπνημα των πουλιών από περιβαλλοντικούς παράγοντες και κυρίως τις ανθρωπογενείς επιδράσεις όπως είναι το τεχνητό φως που υπάρχει στην περιοχή μελέτης. Οι ηχητικές καταγραφές του ξυπνήματος των πουλιών ανάλογα με την ώρα, την σειρά, την συχνότητα και την πυκνότητα μας δείχνουν πόσο επηρεάζονται τα είδη από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες στην περίπτωση μας και επίσης αποτυπώνει πόσα είδη απαντώνται στην περιοχή. Το Dusk Chorus είναι η διαδικασία που εκτελείται κατά την δύση του Ήλιου

και υποδηλώνει την αρχή του ύπνου των πουλιών. Οι καταγραφές και του Dusk Chorus παίζουν σημαντικό ρόλο και αυτές στην απογράφη των πουλιών της περιοχής.

3. Μεθοδολογία

3.1. Περιοχή Μελέτης

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης βρίσκεται στο βορειοανατολικό αιγαίο και συγκεκριμένα στο νησί της Λέσβου το οποίο αποτελεί το μεγαλύτερο στο νησιωτικό σύμπλεγμα του. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες ηχοτοπίου στο περιαστικό άλσος «Τσαμάκια» το οποίο επεκτείνεται γύρω από το κάστρο της Μυτιλήνης. Το συγκεκριμένο πευκόδασος ξεχωρίζει για την ιδιαίτερη ορνιθοπανίδα του. Το κλίμα στην πόλη της Μυτιλήνης χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακό. Ο κλιματικός αυτός τύπος απαντάται και ως ξηρού θέρους υποτροπικό κλίμα. Κυριαρχεί στις δυτικές ακτές των ηπείρων, στα χαμηλότερα μέσα γεωγραφικά πλάτη, σε περιορισμένες σχετικά περιοχές. Τα μεσογειακά κλίματα χαρακτηρίζονται από ζεστά ξηρά καλοκαίρια και ήπιους, και σχετικά υγρούς χειμώνες. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία το καλοκαίρι δεν ξεπερνά συνήθως τους 27 βαθμούς κελσίου παρότι σημειώνονται και μέγιστες που ξεπερνούν τους 38 βαθμούς κελσίου. Η επίδραση της θάλασσας είναι φανερή στις παράκτιες περιοχές, όπου τα καλοκαίρια είναι δροσερότερα από αυτά των εσωτερικών περιοχών. Η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 350 έως 900 mm. Τα καλοκαίρια παρουσιάζουν καθόλου ή ελάχιστη βροχή. Το χειμώνα οι βροχές οφείλονται κυρίως στη διέλευση των υφέσεων, τα κέντρα των οποίων περνούν γενικά από μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη. Το χιόνι είναι σπάνιο στα χαμηλά υψόμετρα. Η μεγάλη καλοκαιρινή ξηρασία των μεσογειακών κλιμάτων προκαλείται από την επίδραση των υποτροπικών αντικυκλώνων, οι οποίοι παρέχουν στις περιοχές αυτές αέριες μάζες, θερμές και ξηρές.

Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής μελέτης έγινε με κριτήριο την ιδιαιτερότητα του συγκεκριμένου σημείου. Επιλέξαμε το περαστικό άλσος Τσαμάκια το οποίο αποτελεί ένα αναπόσπαστο κομμάτι της αστικής δομής της πόλης της Μυτιλήνης και βρίσκεται πλησίον του λιμενοβραχίονα της. Επιπλέον, η περιοχή μελέτης βρίσκεται μακριά από τα κεντρικά σημεία της πόλης.

Το συγκεκριμένο σημείο είναι πέρασμα για περπατητές αλλά και για λουόμενους που επιθυμούν να επισκεφτούν την ακτή που βρίσκεται εκατέρωθεν. Επίσης, διέρχονται σε όλη την διάρκεια της ημέρας οχήματα καθώς υπάρχει ασφαλτοστρωμένη διαδρομή. Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας για την επιλογή του σημείου είναι ότι υπάρχει άφιξη και αναχώρηση πλοίων τόσο τις πρωινές και τις απογευματινές ώρες γεγονός το οποίο προκαλεί έντονη διαταραχή στην περιοχή.

3.2.1. Εργαλεία

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας στο πεδίο:

- Castle Pro-DX Vocis (GA131) integrating averaging sound level meter
 - Χρήση : κινητές δειγματοληψίες ηχητικών επιπέδων Dawn και Dusk chorus
- Tascam DR-2d Portable digital high-resolution recorder
 - Χρήση: καταγραφές ηχοτοπίου
- Φωτόμετρο (εφαρμογή android)
 - Χρήση : μέτρηση του δείκτη Lux

Για τις δειγματοληψίες επιπέδων θορύβου στο άλσος «Τσαμάκια» έγινε χρήση του ψηφιακού καταγραφέα Tascam DR-2D, ο οποίος απεικονίζεται παρακάτω:



Εικόνα 2: Καταγραφέας Tascam DR-2D

Ο ψηφιακός καταγραφέας Tascam DR-2d δεν απαιτεί κάποια ειδική ρύθμιση πριν την χρήση του.

Το ηχόμετρο Castle Pro-DX Vocis χρησιμοποιήθηκε για να βρεθούν τα επίπεδα θορύβου. Το ηχόμετρο βαθμονομήθηκε πριν την χρήση του σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα χρησιμοποιώντας βαθμονομητή της ίδιας μάρκας, προσφάτως βαθμονομημένο. Χρησιμοποιήθηκε η στάθμη A weighted Decibel (A- σταθμισμένη στάθμη ηχητικής πίεσης) καθώς αποτυπώνει ρεαλιστικά τον ανθρώπινο τρόπο ακρόασης.



Εικόνα 3: Ηχόμετρο PRO-DX της Vocis 1

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση και την ψηφιοποίηση των δεδομένων:

- Audacity
 - Χρήση: Επεξεργασία ηχητικών καταγραφών
- R Statistics 3.2.5.
 - Χρήση : Παραγωγή φασματογραφημάτων και εξαγωγή δεικτών
- Microsoft Excel 2010

- Χρήση: Οργάνωση και επεξεργασία των ψηφιοποιημένων δεδομένων των καταγραφών
- SPSS (Superior Performance Software System)
 - Χρήση: Στατιστική Ανάλυση των δεδομένων
- CadnaA
 - Χρήση : Χαρτογράφηση θορύβου
- Q-GIS
 - Χρήση: χαρτογράφηση περιοχής μελέτης, ήχου και φωτός

Με την βοήθεια του προγράμματος Audacity επεξεργαστήκαμε τα ηχητικά αρχεία τα οποία συγκεντρώθηκαν από τις καταγραφές . Μέσα από το πρόγραμμα τα αναλύσαμε φασματικά και στην συνέχεια από όλη την διάρκεια της ηχογράφησης κρατήσαμε τα μέρη τα οποία ήταν άξια μελέτης. Η κάθε ηχογράφηση χωρίστηκε σε περιόδους διάρκειας είκοσι λεπτών, η κάθε περίοδος σε μέρη των πέντε λεπτών και τέλος σε μέρη των δύομιση λεπτών.

Τα ηχητικά αρχεία ασυμπιέστης μορφής (.wav) που συγκεντρώθηκαν, εισήχθησαν R ‘stars’ version 3.5.3. (www.R-project.org/). Η R είναι μια γλώσσα προγραμματισμού η οποία χρησιμεύει κυρίως για την ανάλυση των δεδομένων και την εφαρμογή διαφόρων στατιστικών τεχνικών. Τα βασικά πλεονεκτήματα της R είναι η απλή της δομή, η μικρή χωρητικότητα, η γρήγορη εκτέλεση των εντολών καθώς και η δωρεάν διαθεσιμότητα της στους χρήστες. Από την επιλογή Packages φορτώσαμε (load packages) βιβλιοθήκες σχετικές με την επεξεργασία των δεδομένων. Οι βιβλιοθήκες που φορτώσαμε και εγκαταστήσαμε (install packages) ήταν τα Seewave συνδυαστικά με το πακέτο TuneR που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και την σύνθεση των ήχων. Με την χρήση τους εξήχθησαν τα απαραίτητα φασματογραφήματα για κάθε ηχητική καταγραφή, για την απεικόνιση του ηχοτοπίου. Για την εύρεση ακουστικών δεικτών χρησιμοποιήθηκαν συνδυαστικά τα πακέτα Soundecology και Ineq. Η σειρά εγκατάστασης και φόρτισης των παραπάνω βιβλιοθηκών είχαν σημαντικό ρόλο για την επεξεργασία των δεδομένων που χρησιμοποιήσαμε.

Με την βοήθεια βιβλιοθηκών και των εργαλείων που διαθέτει η κάθε μια, ψηφιοποιήσαμε κάθε δίλεπτο ηχητικό δεδομένο το οποίο προήλθε από ημερήσια ηχητική καταγραφή dawn και dusk chorus και την αποτυπώσαμε σε νούμερα

αξιοποιήσιμα (ακουστική δείκτες) για την μελέτη μας. Επίσης, μέσω της R έγινε διεξαγωγή φασματογραφήματων οπού αποτελούν την οπτικοποίηση των ηχητικών καταγραφών.

3.2.2. Δείκτες

Έπειτα από την επεξεργασία των ηχητικών καταγραφών μέσω της R και των πακέτων (seewave, TuneR, Soundeclogy, Ineq) που διαθέτει στις βιβλιοθήκες της δημιουργήθηκαν κάποιοι δείκτες και τα φασματογραφήματα για κάθε ηχητική καταγραφή για την απεικόνιση του ηχοτοπίου. Αναλυτικότερα οι δείκτες οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής ACI (Acoustic Complexity Index), NDSI (Normalized Difference Soundscape Index), ADI SHANNON, GINI, LUX και dB.

Οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Δείκτης Ακουστικής Πολυπλοκότητας- Acoustic Complexity Index

Ο δείκτης ACI αποτυπώνει την ακουστική πολυπλοκότητα ενός ηχοτοπίου. Βασίζεται στην παρατήρηση πως οι βιοτικοί ήχοι όπως το τραγούδι των πουλιών, χαρακτηρίζονται από μια μεταβλητότητα εντάσεων, ενώ οι ανθρωπογενείς ήχοι (θόρυβος οδικής κυκλοφορίας) παρουσιάζουν σταθερές τιμές έντασης. Ο δείκτης αυτός υπολογίζει τον αριθμό των μεγάλων κορυφώσεων (peaks) όσον αφορά την ένταση και την συχνότητα, σε ένα φασματογράφημα.

- Δείκτης Ηχοτοπίου - NDSI

Ο NDSI είναι ο δείκτης που αποτυπώνει την ανθρώπινη διαταραχή ενός ηχοτοπίου, δείχνει δηλαδή την αναλογία ανθρωποήχων και βιοήχων σε ένα ηχητικό δείγμα. Οι τιμές NDSI του κυμαίνονται από -1 έως +1, η τιμή +1 υποδεικνύει ότι το ηχητικό δείγμα διακατέχεται από βιοήχους.

- Δείκτης ακουστικής εντροπίας – ADI
- Δείκτης Shannon
- Δείκτης GINI
- Δείκτης LUX
- Δείκτης Db (Decibel)

Ο δείκτης Lux αποτυπώνει τα επίπεδα φωτός που επικρατούν στην περιοχή που έγιναν οι ηχητικές καταγραφές της μελέτης μας. Η μέτρηση του Lux έγινε μέσω της εφαρμογής Android που διατίθεται στο κινητό.

Οι δείκτες μας απέδωσαν κάποια αξιοσημείωτα νούμερα για διεξαγωγή της μελέτης μας. Για όλους τους παραπάνω δείκτες εκτός του Lux το αποτέλεσμα της R που χρησιμοποιήσαμε και αποθηκεύσαμε χωριζόταν σε δύο μέρη δηλαδή σε Left και Right Channel. Τα δεδομένα των δεικτών ACI, NDSI, SHANNON και GINI αρχειοθετήθηκαν στο Microsoft Excel και με τις απαραίτητες διαδικασίες μέσω των στατιστικών εξισώσεων που διαθέτει το πρόγραμμα δημιουργήθηκε η στήλη που υπολογίζει τον μέσο όρο των Left και Right Channel του κάθε δείκτη. Οι ηχητικές καταγραφές στο Microsoft Excel χωρίστηκαν σε φύλλα ανάλογα με την ώρα καταγραφής δηλαδή οι πρωινές καταγραφές που αφορούν την αυγή βρίσκονται στο φύλλο dawn ενώ οι καταγραφές που έγιναν απογευματινές ώρες δηλαδή στην δύση του ηλίου είναι στο φύλλο dusk. Στην συνέχεια, υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι των χρονικών περιόδων κάθε ημέρα και δημιουργήθηκε ένα τελικό φύλλο το οποίο τους περιελάμβανε τους μέσους όρους των δεικτών μαζί με τις τιμές του Lux και των dB. Το συγκεκριμένο φύλλο του Excel χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία διαγραμμάτων έτσι ώστε οπτικοποιηθούν οι εναλλαγές Dawn & Dusk chorus ημερησίως. Παράλληλα, το ίδιο φύλλο αξιοποιήθηκε για την εξαγωγή των στατιστικών αναλύσεων μέσω του λογισμικού προγράμματος SPSS.

3.3. Εφαρμογή στο πεδίο

Οι δειγματοληψίες ηχοτοπίου έγιναν στον πευκόδασος «Τσαμάκια» όπου είχε οριστεί ένα σημείο για την τοποθέτηση του ψηφιακού καταγραφέα Tascam DR-2D. Η διάρκεια των ηχητικών μετρήσεων ήταν μία ώρα και γινόταν δυο κατά την διάρκεια μιας ημέρας. Η πρώτη ηχητική μέτρηση γινόταν τις πρωινές ώρες κατά την ανατολή του ηλίου και η δεύτερη ηχητική μέτρηση τις απογευματινές ώρες κατά την δύση του ηλίου. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά δώδεκα μετρήσεις από τις οποίες έξι έγιναν κατά την ανατολή του ηλίου και οι υπόλοιπες έξι κατά την δύση του ηλίου. Υπήρξε ένα σημείο ηχογράφησης περίπου στο κέντρο της περιοχής δειγματοληψίας όπως φαίνεται στην εικόνα 4 .



Εικόνα 4 : Σημείο Ηχογράφησης

Μέσα από εφαρμογή android (LUX METER) πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες σχετικά με τα επίπεδα φωτορύπανσης σε δώδεκα σημεία στην ευρύτερη περιοχή μελέτης. (Εικόνα 5)



Εικόνα 5 : Σημεία Δειγματοληψίας Φωτορύπανσης

3.4 Στατιστική Ανάλυση

Ο λόγος χρήσης στατιστικών εργαλείων ήταν η ανάδειξη της σχέσης μεταξύ των ακουστικών δεικτών βιοποικιλότητας με τα ποσοτικά δεδομένα των περιβαλλοντικών πιέσεων στην περιοχή μελέτης. Συνεπώς, πραγματοποιήθηκαν συσχετίσεις μεταξύ των ποσοτικών μεταβλητών που συγκεντρώθηκαν.

4. Αποτελέσματα- Συζήτηση

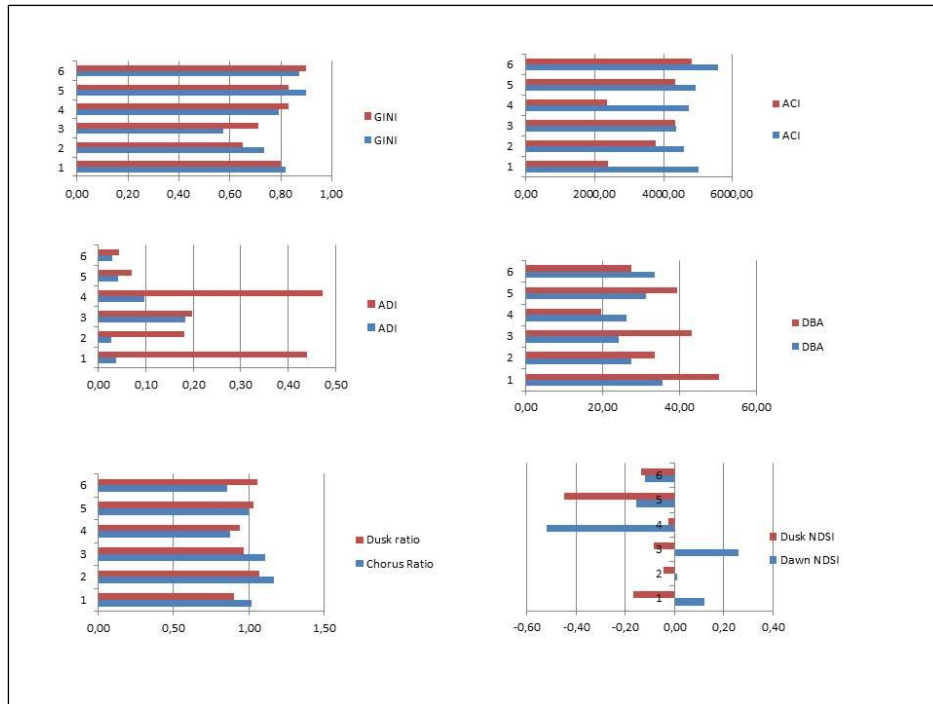
4.1 Περιγραφική στατιστική

Με βάση τα ψηφιοποιημένα δεδομένα όπου προήλθαν την ηχητικών καταγραφών στην R studio και επεξεργάστηκαν μέσω του λογισμικού SPSS προήλθαν τα παρακάτω:

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std.Deviation
NDSI_Dawn	6	-,52	,26	-,0667	,26934
ACI_Dawn	6	4358,73	5590,33	4868,3983	426,67467
ADI_Dawn	6	,03	,18	,0700	,06000
GINI_Dawn	6	,58	,90	,7833	,11466
Db_Dawn	6	24,30	35,60	29,7167	4,42150
CR_Dawn	6	,86	1,17	1,0067	,12258
NDSI_Dusk	6	-,45	-,02	-,1,5000	,15710
ACI_Dusk	6	2349,62	4815,80	3662,3150	1054,33277
ADI_Dusk	6	,04	,47	,2333	,18261
GINI_Dusk	6	,65	,90	,7867	,09092
Db_Dusk	6	19,60	50,30	35,5667	11,04928
CR_Dusk	6	,90	1,07	,9950	,06892
LUX	6	280,00	300,00	288,5000	7,96869
Valid N (listwise)	6				

Πίνακας 2: Αποτελέσματα SPSS

Τα παρακάτω διαγράμματα αποτυπώνουν το συνολικό μέσο όρο του κάθε δείκτη για κάθε ημέρα καταγραφής. Οι μπάρες των διαγραμμάτων με μπλε χρώμα παρουσιάζουν τους δείκτες του φαινομένου Dawn Chorus και οι μπάρες με χρώμα κόκκινο αντίστοιχα το Dusk Chorus.



Εικόνα 6: Συσχέτιση Μ.Ο δεικτών Dawn & Dusk Chorus

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ο έλεγχος κανονικότητας των δεικτών, σύμφωνα με τα αποτελέσματα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Tests of Normality

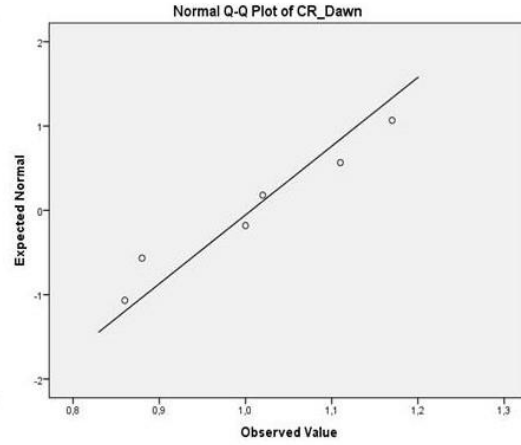
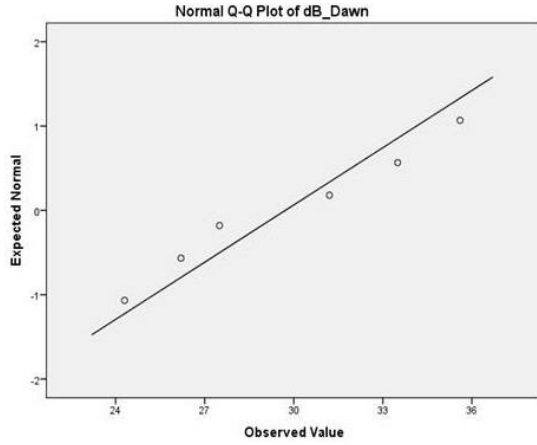
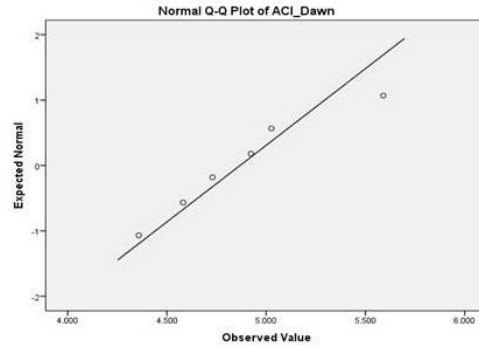
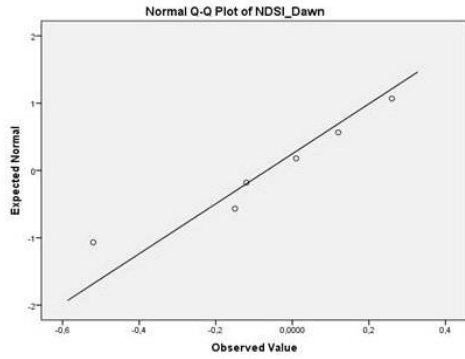
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
NDSI_Dawn	,212	6	,200*	,956	6	,786
ACI_Dawn	,189	6	,200*	,958	6	,803
ADI_Dawn	,358	6	,016	,749	6	,019
GINI_Dawn	,190	6	,200*	,912	6	,452
dB_Dawn	,192	6	,200*	,951	6	,748
CR_Dawn	,183	6	,200*	,939	6	,653
NDSI_Dusk	,283	6	,145	,812	6	,075
ACI_Dusk	,236	6	,200*	,854	6	,169
ADI_Dusk	,239	6	,200*	,876	6	,250
GINI_Dusk	,225	6	,200*	,940	6	,656
dB_Dusk	,132	6	,200*	,992	6	,993
CR_Dusk	,194	6	,200*	,926	6	,548
LUX	,170	6	,200*	,935	6	,620

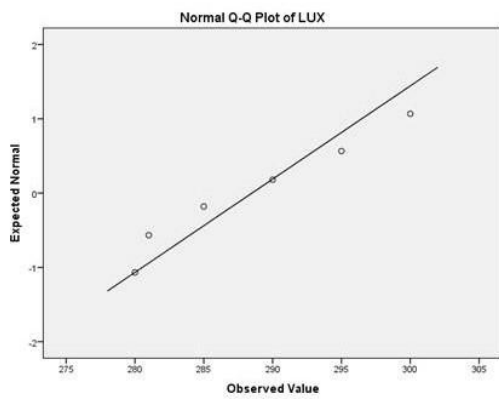
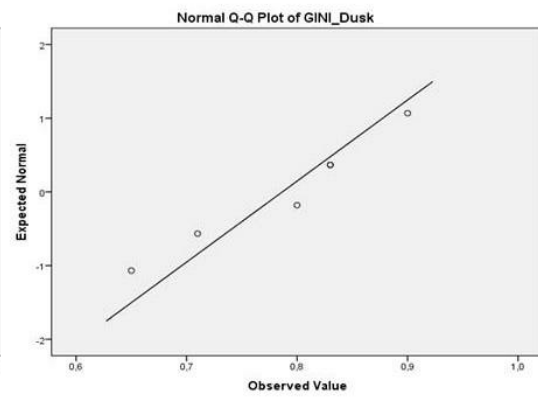
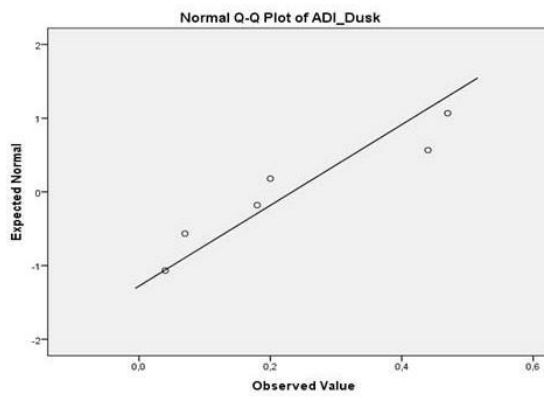
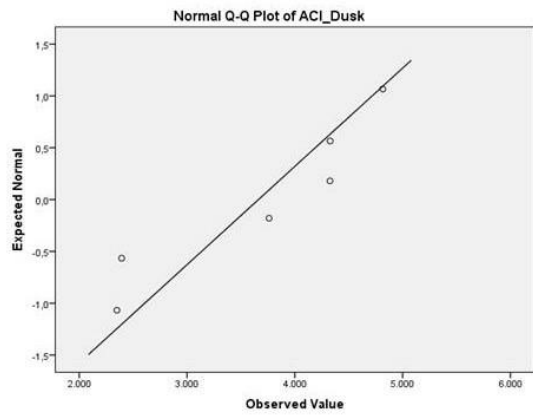
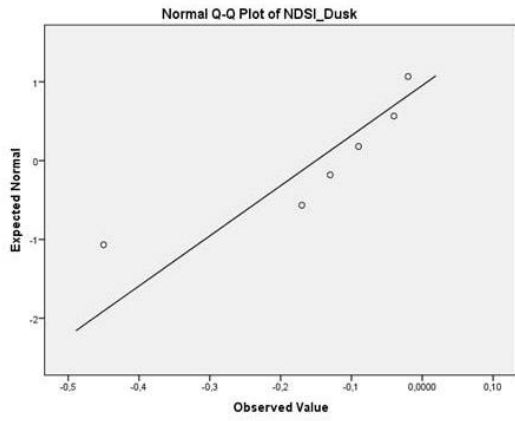
*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Πίνακας 3: Έλεγχος Κανονικότητας

Τα παρακάτω σχεδιαγράμματα αποτυπώνουν τον έλεγχο κανονικότητας των δεικτών:





Εικόνα 7 : Έλεγχος Κανονικότητας των δεικτών

4.2 Σειρά εμφάνισης ορνιθοπανίδας

Σε κάθε ηχητική καταγραφή η οποία διαρκούσε μια ώρα, παρατηρούσαμε την σειρά ξυπνήματος των πτηνών της περιοχής καθώς και αντίστοιχα την σειρά με την οποία δήλωναν την έναρξη του βραδινού ύπνου. Σύμφωνα με διάφορα φαινόμενα της βιοακουστικής το πρώτο κελάηδισμα των πουλιών κατά τις πρωινές ώρες και κυρίως στην ανατολή του ηλίου έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που είναι άξια μελέτης. Από ότι παρατηρήσαμε κατά την διάρκεια των καταγραφών η σειρά με την οποία ξυπνούσαν τα πουλιά είναι:

- 1) **Κουρούνες** (*Corvus cornix*, ξηροβατικό πουλί που ανήκει στην οικογένεια των κορακοειδών, ενδημικό είδος στην βόρεια, ανατολική και νοτιανατολική Ευρώπη)
- 2) **Κότσυφες** (*Turdus merula*, της τάξης στρουθιόμορφα που αναπαράγεται στην Ευρώπη, Ασία, Βόρεια Αμερική και στην Ωκεανία, ενδημικό ή μεταναστευτικό είδος)
- 3) **Καλόγερος** (*Parus major*, στρουθιόμορφο πτηνό της οικογένειας των Παρίδων και απαντάται στον ελλαδικό χώρο)
- 4) **Φυλοσκόπος** (*Phylloscopus collybita*, τάξης στρουθιόμορφο)
- 5) **Σπουργίτια** (*Passer domesticus*, τάξη Πασσερίμορφων, γενηνές είδος στην Ευρώπη, Αφρική και στην Ασία)

Αντίστοιχα η σειρά με την οποία δήλωναν τον βραδινό ύπνο δηλαδή το φαινόμενο Dusk Chorus έχει την αντίστροφη σειρά από αυτή του Dawn. Επαληθεύεται η θεωρία ότι τα πουλιά με τα μικρότερα μάτια ξυπνούν πρώτα σε σχέση με αυτά που έχουν μεγαλύτερα μάτια και το αντίστροφο ισχύει για το βραδινό ύπνο. Δηλαδή τα πουλιά με τα μεγαλύτερα μάτια κοιμούνται πρώτα από τα πουλιά με τα μικρότερα μάτια. Τα πτηνά με τα μικρότερα μάτια είναι αυτά που αντιλαμβάνονται πιο γρήγορο το πρωινό φως για αυτό και ξυπνούν γρηγορότερα.

Στους παρακάτω πίνακες παραθέτονται οι ημερήσιες παρατηρήσεις για την εμφάνιση των ειδών κατά το φαινόμενο Dawn Chorus :

<i>Dawn Chorus Day 1</i>			
<i>Είδος</i>	<i>Corvus cornix</i>	<i>Turdus merula</i>	<i>Parus major, Passer domesticus, Phylloscopus collybita</i>
Ώρα παρουσίας	6:40	6:55	7:15 - 7:35
dB	280		
LUX	35,60		

Πίνακας 4: Dawn Chorus Day 1

<i>Dawn Chorus Day 2</i>			
<i>Είδος</i>	<i>Corvus cornix</i>	<i>Turdus merula</i>	<i>Parus major, Passer domesticus, Phylloscopus collybita</i>
Ώρα παρουσίας	6:35	6:50	7:15 - 7:35
dB	285		
LUX	27,50		

Πίνακας 5: Dawn Chorus Day 2

<i>Dawn Chorus Day 3</i>			
<i>Είδος</i>	<i>Corvus cornix</i>	<i>Turdus merula</i>	<i>Parus major, Passer domesticus, Phylloscopus collybita</i>
Ώρα παρουσίας	6:30	6:45	7:15 - 7:35
dB	290		
LUX	24,30		

Πίνακας 6: Dawn Chorus Day 3

<i>Dawn Chorus Day 4</i>			
<i>Είδος</i>	<i>Corvus cornix</i>	<i>Turdus merula</i>	<i>Parus major, Passer domesticus, Phylloscopus collybita</i>
Ώρα παρουσίας	6:25	6:40	7:15 - 7:35
dB	300		
LUX	26,20		

Πίνακας 7: Dawn Chorus Day 4

<i>Dawn Chorus Day 5</i>			
<i>Είδος</i>	<i>Corvus cornix</i>	<i>Turdus merula</i>	<i>Parus major, Passer domesticus, Phylloscopus collybita</i>
Ώρα παρουσίας	6:35	6:50	7:15 - 7:35
dB	281		
LUX	31,20		

Πίνακας 8: Dawn Chorus Day 5

<i>Dawn Chorus Day 6</i>			
<i>Είδος</i>	<i>Corvus cornix</i>	<i>Turdus merula</i>	<i>Parus major, Passer domesticus, Phylloscopus collybita</i>
Ώρα παρουσίας	6:30	6:45	7:15 - 7:35
dB	295		
LUX	33,50		

Πίνακας 9: Dawn Chorus Day 6

Στο φαινόμενο Dusk Chorus δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις καθώς ο δείκτης Lux παραμένει ο ίδιος σε αντίθεση με τον δείκτη dB που μεταβάλλεται. Οι παρακάτω πίνακες αποτυπώνουν το φαινόμενο:

<i>Dusk Chorus Day 1</i>			
<i>Είδος</i>	<i>Parus major, Passer domesticus, Phylloscopus collybita</i>	<i>Turdus merula</i>	<i>Corvus cornix</i>
<i>Ωρα παρουσίας</i>	17:40	17:55	18:15 - 18:35
<i>dB</i>	50,30		

Πίνακας 10: Dusk Chorus Day 1

<i>Dusk Chorus Day 2</i>			
<i>Είδος</i>	<i>Parus major, Passer domesticus, Phylloscopus collybita</i>	<i>Turdus merula</i>	<i>Corvus cornix</i>
<i>Ωρα παρουσίας</i>	17:40	17:55	18:15 - 18:35
<i>dB</i>	33,50		

Πίνακας 11: Dusk Chorus Day 2

<i>Dusk Chorus Day 3</i>			
<i>Είδος</i>	<i>Parus major, Passer domesticus, Phylloscopus collybita</i>	<i>Turdus merula</i>	<i>Corvus cornix</i>
<i>Ωρα παρουσίας</i>	17:40	17:55	18:15 - 18:35
<i>dB</i>	43,10		

Πίνακας 12: Dusk Chorus Day 3

<i>Dusk Chorus Day 4</i>			
<i>Είδος</i>	<i>Parus major, Passer domesticus, Phylloscopus collybita</i>	<i>Turdus merula</i>	<i>Corvus cornix</i>
<i>Ωρα παρουσίας</i>	17:40	17:55	18:15 - 18:35
<i>dB</i>	19,60		

Πίνακας 13: Dusk Chorus Day 4

<i>Dusk Chorus Day 5</i>			
<i>Είδος</i>	<i>Parus major, Passer domesticus, Phylloscopus collybita</i>	<i>Turdus merula</i>	<i>Corvus cornix</i>
<i>Ωρα παρουσίας</i>	17:40	17:55	18:15 - 18:35
<i>dB</i>	39,30		

Πίνακας 14: Dusk Chorus Day 5

<i>Dusk Chorus Day 6</i>			
<i>Είδος</i>	<i>Parus major, Passer domesticus, Phylloscopus collybita</i>	<i>Turdus merula</i>	<i>Corvus cornix</i>
<i>Ωρα παρουσίας</i>	17:40	17:55	18:15 - 18:35
<i>dB</i>	27,60		

Πίνακας 15: Dusk Chorus Day



Εικόνα 8: Κότσυφας (*Turdus merula*)



Εικόνα 9 : Κουρούνα (*Corvus Cornix*)



Εικόνα 10 : Καλόγερος (*Parus Major*)



Εικόνα 11: Φυλοσκόπος (*Phylloscopidae*)

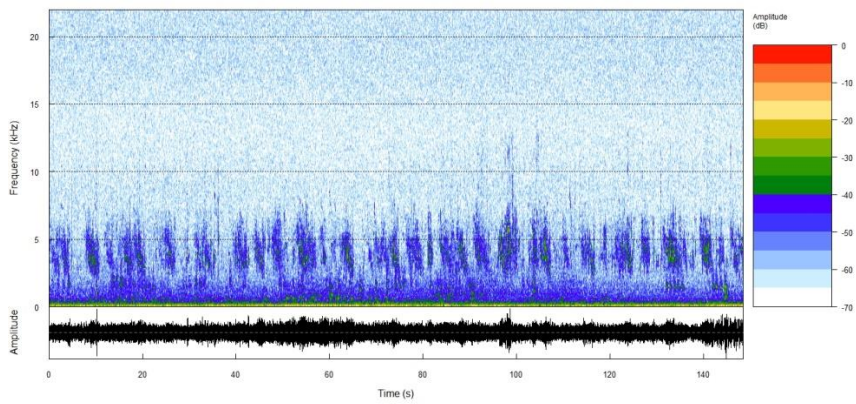
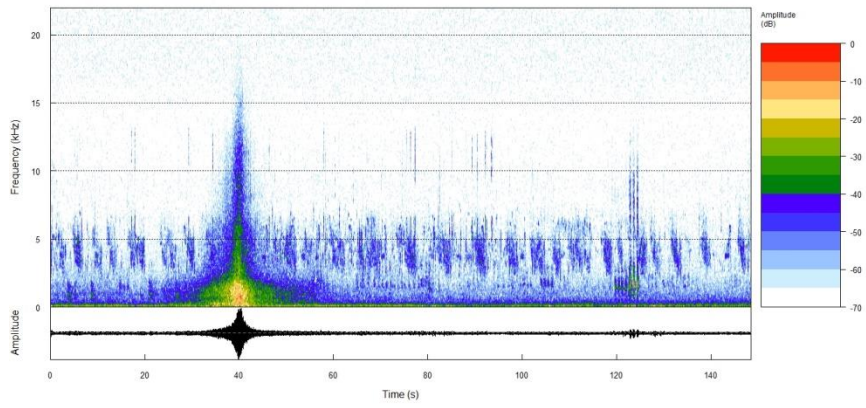


Εικόνα 12: Σπουργίτι (*Passeridae*)

Κατά την διάρκεια των ηχητικών καταμετρήσεων εντοπίζονται οι γλάροι οι οποίοι αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του οικοσυστήματος αλλά είναι έκτος συναγωνισμού σε σχέση με τα άλλα είδη. Αυτό συμβαίνει λόγω άλλων συνθηκών οι οποίοι καθιστούν τους γλάρους μη αξιοποιήσιμους για την έρευνα μας. Παραδείγματος χάριν, οι έρευνες μας εστιάζονται στα είδη που ζουν στο περιαστικό άλσος Τσαμάκια αλλά και στις ηχητικές μας καταγραφές εντοπίζονται οι ήχοι που παράγουν οι γλάροι στην παράκτια περιοχή μελέτης.

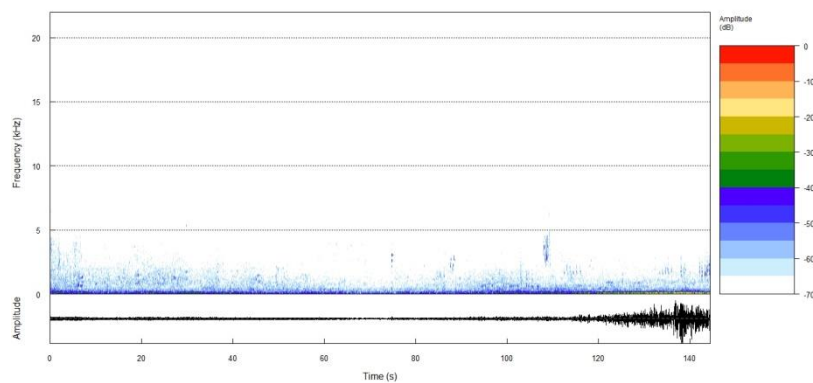
4.3 Φασματογραφήματα

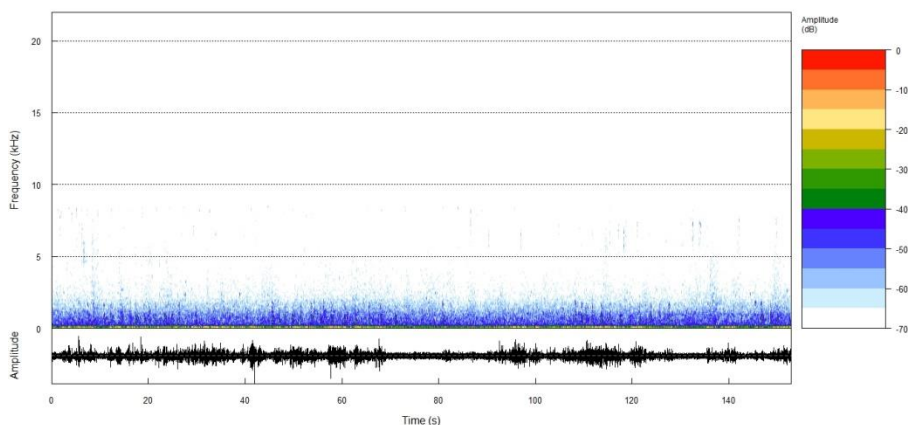
Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα πιο χαρακτηριστικά φασματογραφήματα της περιοχής μελέτης για το φαινόμενο Dawn Chorus κάθε ημέρα δειγματοληψίας :



Εικόνα 13: Φασματογραφήματα Dawn Chorus

Αντίστοιχα τα πιο χαρακτηριστικά φασματογραφήματα για το φαινόμενο Dusk Chorus:





Εικόνα 14: Φασματογραφήματα Dusk Chorus

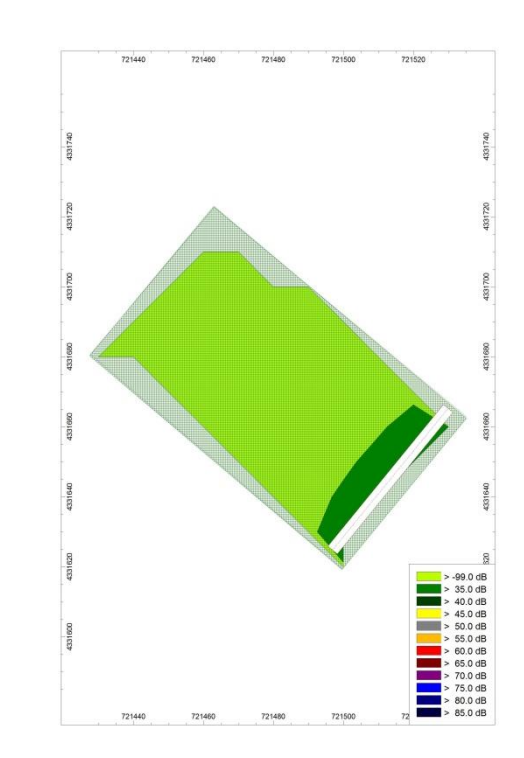
4.4 Χάρτες

Μέχρι του δωρεάν λογισμικού QGis χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα που συγκεντρώθηκαν από τις δειγματοληψίες φωτός και δημιουργήθηκε ο χάρτης φωτορύπανσης (Εικόνα 15). Όπως είναι φανερό υπάρχει μια σταδιακή μείωση την ένταση του φωτός κατά την απομάκρυνση από την πηγή φωτορύπανσης.



Εικόνα 15: Χάρτης Φωτός

Μεχρι του λογισμικού CandaA συνδυαστικά με το QGis αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα δειγματοληψιών θορύβου και παράχθηκε ο χάρτης θορύβου (Εικόνα 16). Όπως φαίνεται στην εικόνα 16 υπάρχει μια σταδιακή μείωση των επιπέδων θορύβου κατά την απομάκρυνση από την πηγή θορύβου οπου ήταν το συγκεκριμένο τμημα του οδικού δικτύου.



Εικόνα 16: Χάρτης Θορύβου

4.5 Συσχετίσεις (Δείκτες-θόρυβος-φως)

Στην συνέχεια αναφέρονται οι συσχετίσεις που προήλθαν από την στατική ανάλυση των δεικτών που προαναφέραμε μέσω του προγράμματος SPSS. Μέσα από τον πίνακα Συσχετίσεων (Collerations) δημιουργήθηκαν αρνητικές και θετικές συσχετίσεις μεταξύ των δεικτών. Παρακάτω σας αναφέρουμε τις συσχετίσεις που είναι αξιοσημείωτες για συζήτηση.

Acı Dawn –Gini Dusk

Παρατηρείται μια θετική συσχέτιση μεταξύ ADI Dawn και GINI Dusk ($r = ,817$, $\text{sig} = ,047 < ,05$). Ο δείκτης GINI αποτυπώνει την ποικιλότητα των ήχων που ακούγονται στην περιοχή και ο δείκτης ACI την πολυπλοκότητα των ήχων. Όσο

περισσότερη είναι η πολυπλοκότητα των ήχων κατά το τέλος της ημέρας τόσο μικρότερη είναι η ποικιλία των ειδών που θα ακούγονται στην ηχογράφηση κατά τις πρωινές ώρες . Όσο περισσότερο αυξημένο είναι το ποσοστό των εντάσεων στο τραγούδι των πουλιών κατά τις πρωινές ώρες τόσο μεγαλύτερη ποικιλότητα υπάρχει στα είδη των πουλιών κατά τις απογευματινές ώρες.

NDSI Dawn – dB Dusk

Μεταξύ των δυο δεικτών NDSI και dB παρατηρείται μια θετική συσχέτιση ($r=,834$, $\text{sig}=,002<0,5$). Όταν υπάρχουν ψηλά ποσοστά ανθρωποφωνίας και βιοφωνίας κατά τις πρωινές ώρες τότε παρατηρείται ότι υπάρχουν αυξημένες εντάσεις στο τραγούδι των πουλιών κατά την διάρκεια του φαινομένου Dusk chorus.

ACI Dusk – ADI Dusk

Παρατηρείται μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ των ACI και των ADI ($r=-,968$, $\text{sig}=,002<0,5$). Κατά τις απογευματινές ώρες η περιοχή μελέτης έχει αυξημένα ποσοστά βιοφωνίας που έχουν σαν αποτέλεσμα να μην υπερτερεί η ακουστική ποικιλότητα της περιοχής.

5. Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να εντοπιστεί κατά πόσο επηρεάζει η φωτορύπανση και ο θόρυβος την περιοχή μελέτης. Πιο αναλυτικά, προσπαθήσαμε να εντοπίσουμε και να παρουσιάσουμε τις σχέσεις και τις επιπτώσεις που δημιουργούνται ανάμεσα στην βιοποικιλότητα και τους δείκτες Lux και Decibel. Για την τεκμηρίωση της παραπάνω υπόθεσης, μελετήθηκαν και οπτικοποιήθηκαν οι επιπτώσεις του περιβαλλοντικού θορύβου και της ηχορύπανσης στο ηχοτοπίο μελέτης. Παράλληλα δημιουργήθηκε ένας χάρτης που αποτυπώνει τις ηχητικές μεταβολές και ένας άλλος που δείχνει τα επίπεδα φωτός. Τέλος τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αναλύθηκαν στατιστικά προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για τις σχέσεις των μεταβλητών, αλλά και για να αναδειχθούν οι ιδανικές συσχετίσεις μεταξύ των δεικτών. Οι συγκεκριμένες συσχετίσεις εξηγούν τις θετικές και αρνητικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δεικτών.

Συμπερασματικά, είναι γεγονός οι ανθρώπινες παρεμβάσεις (πχ στην περίπτωση μας: φως & θόρυβος) επηρεάζουν τις βιοτικές συνθήκες του οικοσυστήματος με αποτέλεσμα να υπάρχει άμεση επιρροή στους βιολογικούς ρυθμούς των ειδών της περιοχής. Στο δικό μας πεδίο μελέτης εντοπίσαμε ότι υπάρχει έντονη διαταραχή στο φαινόμενο Dawn & Dusk Chorus.

Η παρούσα έρευνα είναι αδύνατο να μην περιέχει αστοχίες εξαιτίας του εξοπλισμού όσο και την χρονική περίοδο μελέτης. Ο εξοπλισμός ήταν φορητός γεγονός που σημαίνει ότι έχει μικρή διάρκεια ζωής καθώς η ενέργεια του εξαρτάται από την διάρκεια ζωής των μπαταριών. Ένας άλλος παράγοντας αστοχίας του φορητού μέσου καταγραφής είναι ότι δεν μπορεί να αποκλειστεί ο θόρυβος των ερευνητών. Λόγω της χρονικής περιόδου της μελέτης ήρθαμε αντιμέτωποι με καιρικά φαινόμενα (πχ βροχή & έντονος αέρας) τα οποία δεν μας επέτρεπαν την περάτωση της ηχητικής καταγραφής.

Εν κατακλείδι, θεωρούμε ότι τόσο τα αποτελέσματα όσο και τα δεδομένα της παρούσας έρευνας θα μπορέσουν να αποτελέσουν ένα πρωταρχικό και ενδεικτικό βήμα για περαιτέρω έρευνα.

6.Βιβλιογραφία

- ~ Carson, R. (1962), *Silent Spring*, Houghton Mifflin, Boston.
- ~ Dalziell, H.A. και Cockburn, A. (2007), Dawn song in superb fairy-wrens: a bird that seeks extrapair copulations during the dawn chorus, Elsevier, Australia
- ~ Farina, A. (2014). *Soundscape ecology: Principles, patterns, methods and applications*. *Soundscape Ecology: Principles, Patterns, Methods and Applications* (Vol. 9789400773). <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7374-5>
- ~ Farina, A. et al. (2016), The Application of the Acoustic Complexity Indices (ACI) to Ecoacoustic Event Detection and Identification (EEDI) Modeling, *Biosemiotics*, τόμος 9, τεύχος 2, σελ. 227–246.
- ~ Farina, A. και Salutarì, P. (2016), Applying the Ecoacoustic Event Detection and Identification (EEDI) Model to the Analysis of Acoustic Complexity, *Journal of Mediterranean Ecology* τεύχος 14, τεύχος 1, σελ. 3–42.
- ~ Farina, A., & James, P. (2016). The acoustic communities: Definition, description and ecological role. *BioSystems*, 147, 11–20.

- ~ Farina, A., & Pieretti, N. (2012). The soundscape ecology: A new frontier of landscape research and its application to islands and coastal systems. *Journal of Marine and Island Cultures*, 1(1), 21–26.
- ~ <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2016.05.011>
- ~ <https://doi.org/10.1016/j.imic.2012.04.002> Farina, A. S. H. G. (n.d.). Ecoacoustics.
- ~ Matsinos, Y. G., Tsaligopoulos, A., & Economou, C. (2016). The interdisciplinary Development of the Term " Soundscape "; Tracing its Ecological Roots. *AEgean Journal of Environmental Sciences (AEJES)*, 2, 11–23.
- ~ Matsinos, Y. G., Tsaligopoulos, A., & Economou, C. (2017). Identifying the quiet areas of a small urban setting: The case of Mytilene. *Global Nest Journal*, 19(4), 674–681.
- ~ Mazaris, A. D., Kallimanis, A. S., Chatzigiannidis, G., Papadimitriou, K., & Pantis, J. D. (2009). Spatiotemporal analysis of an acoustic environment: Interactions between landscape features and sounds. *Landscape Ecology*, 24(6), 817–831. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9360-x>
- ~ Patrick, B. (2014). Guidelines for undertaking Rapid Biodiversity Assessments in Terrestrial and Marine Environments in the Pacific. Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme (Vol. ث ق ق ق ت). Retrieved from <https://www.bps.go.id/dynamictable/2018/05/18/1337/persentasepanjang-jalan-tol-yang-beroperasi-menurut-operatornya-2014.html>
- ~ Pieretti, N., Farina, A., & Morri, D. (2011a). A new methodology to infer the singing activity of an avian community: The Acoustic Complexity Index (ACI). *Ecological Indicators*, 11(3), 868–873. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.11.005>
- ~ Pieretti, N., Farina, A., & Morri, D. (2011b). A new methodology to infer the singing activity of an avian community: The Acoustic Complexity Index (ACI). *Ecological Indicators*, 11(3), 868–873. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.11.005>
- ~ Pijanowski, B. C., Villanueva-Rivera, L. J., Dumyahn, S. L., Farina, A., Krause, B. L., Napoletano, B. M., ... Pieretti, N. (2011). Soundscape Ecology:

- The Science of Sound in the Landscape. *BioScience*, 61(3), 203–216.
<https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.3.6>
- ~ Sierro, J. και Schloesing, E. etc al.(2017), European Blackbirds Exposed to Aircraft Noise Advance Their Chorus, Modify Their Song and Spend More Time Singing,Original Research,Madrid
 - ~ Turner, A., Fischer, M., & Tzanopoulos, J. (2018). Sound-mapping a coniferous forest—Perspectives for biodiversity monitoring and noise mitigation. *PLoS ONE*, 13(1), 1–21.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189843>
 - ~ Μπάρκας, Ν. (2014). Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή στη θεωρητική Ακουστική. In Σημειώσεις περιβαλλοντικής ακουστικής,. Ξάνθη: Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Πολυτεχνική σχολή, Τμήμα αρχιτεκτόνων μηχανικών. Retrieved from <http://docplayer.gr/34961289-Perivallontikiakoystiki.html> .
 - ~ Οδηγία 2002/49/EK του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου, διαθέσιμο στο:
<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=oh0Y9uBWyl0%3D&tabid=232&langua ge=el-GR>