



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Θέμα: Ανάδειξη επιπτώσεων περιβαλλοντικού θορύβου στην
ακουστική πολυπλοκότητα μιας αστικής ήσυχης περιοχής**

-

**Effects of environmental noise in acoustic biodiversity in the
acoustic complexity of an urban quiet area**

Επιβλέπων: Ματσίνος Ιωάννης

Συγγραφή: Κλωστερίδη Αναστασία – Μελανθία

A.M.: 14014052

Μυτιλήνη,

2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	6
1.2 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	6
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	7
2.1 ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ	7
2.1.1. ΗΧΟΤΟΠΙΟ	7
2.1.2. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ	8
2.1.3. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ/ΟΙΚΟΑΚΟΥΣΤΙΚΗ	9
2.1.3.1 ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ	10
2.2 ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	14
2.4 ΗΣΥΧΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	16
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	17
3.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	17
3.2 ΕΡΓΑΛΕΙΑ & ΔΕΙΚΤΕΣ	18
3.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ & ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ	19
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	20
4.1 ΦΑΣΜΑΤΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ	36
4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ	56
4.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ	66
4.4 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ	70
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	71



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο στόχος της συγκεκριμένης έρευνας ήταν να εκτιμηθεί το ηχοτοπίο μιας αστικής ήσυχης περιοχής. Επιπλέον, διαπιστώθηκε εάν το πάρκο Καραπαναγιώτη, το οποίο είναι μια από τις μεγαλύτερες πράσινες περιοχές της πόλης, είναι μια ήσυχη περιοχή του οικισμού της Μυτιλήνης. Η υπόθεση που εξετάστηκε αναφέρεται στην πιθανότητα του περιβαλλοντικού θορύβου να επηρεάζει την ακουστική πολυπλοκότητα και ως εκ τούτου τη βιοποικιλότητα. Τα κύρια εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ένα ηχώμετρο για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τα επίπεδα θορύβου της υπό εξέταση περιοχής και μια ψηφιακή συσκευή εγγραφής ήχου για τη συλλογή δειγμάτων ήχου. Το λογισμικό audacity χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των δειγμάτων ήχου που συλλέχθηκαν και το λογισμικό R Statistics για την εξαγωγή των δεικτών ακουστικής βιοποικιλότητας. Το αποτέλεσμα ήταν ότι το πάρκο Καραπαναγιώτη είναι μια ήσυχη περιοχή της Μυτιλήνης, γεγονός που υποστηρίζεται από προηγούμενες έρευνες.

Λέξεις κλειδιά: Ήσυχη περιοχή, ηχοτοπίο, ακουστική πολυπλοκότητα, θόρυβος

ABSTRACT

The goal of the specific research was to assess the soundscape of an urban quiet area. Furthermore, it was established whether the Karapanagioti's park, which is one of the biggest green areas of the city, is a quiet area of Mytilene's agglomeration. The hypothesis tested referred to the possibility of environmental noise affecting acoustic complexity hence biodiversity. The main tools used was a sound level meter in order to collect information regarding the noise levels of the area under consideration and a digital sound recorder in order to collect sound samples. The audacity software was used in order to edit the sound samples collected and the R Statistics software in order to extract the acoustic biodiversity indices. It resulted that the Karapanagioti park is a quiet area of Mytilene supporting previous research.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ακοή είναι μία από τις βασικές αισθήσεις των οργανισμών. Ένας ήχος που αντιλαμβάνεται ένας οργανισμός, μπορεί να καθορίσει την διατήρηση της ζωής του στο περιβάλλον. Οι ήχοι είναι κύριο χαρακτηριστικό όλων των τοπίων (Pijanowski 2011). Χωρίζονται σε βιοφωνία, η οποία αφορά τους ήχους που παράγονται από τους οργανισμούς, σε γεωφωνία, δηλαδή οι ήχοι, οι οποίοι προέρχονται από το γεωφυσικό περιβάλλον και τέλος, η ανθρωποφωνία, η οποία αποτελείται από σταθερά ή κινητά ανθρώπινα αντικείμενα (Farina et al. 2014).

Οι άνθρωποι από την αρχαία έως τη σύγχρονη ιστορία τους στην προσπάθεια τους να επιβιώσουν στον κόσμο, ιδιοποιήθηκαν και μεταποίησαν το περιβάλλον γύρω τους. Ανέπτυξαν δραστηριότητες, εντούτοις, αυτές οι ενασχολήσεις είναι συνυφασμένες με τη σύγχρονη περιβαλλοντική κρίση, όπως επίσης είναι πηγές εκπομπής ποικίλων ήχων, κάποια παραδείγματα αυτών είναι οι σειρήνες, τα μηχανήματα, και το τρίξιμο των λάστιχων των αυτοκινήτων (Barber et al. 2010). Σύμφωνα με το βιβλίο της Rachel Carson, με τον τίτλο «Silent Spring» (1962), οι ήχοι της φύσης είναι αλληλένδετοι με την ποιότητα του περιβάλλοντος. Η ένταση του ενός, επηρεάζει τα χαρακτηριστικά του άλλου. Συνεπώς, η ηχορύπανση που δημιουργείται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες αποτελεί, ακόμα ένα σημαντικό παράγοντα, ο οποίος μπορεί να οδηγήσει σε διαταραχή της ισορροπίας των οικοσυστημάτων, στον ίδιο βαθμό όπως η κλιματική αλλαγή και ο κατακερματισμός των ενδιαιτημάτων (Liu & Tang 2013).

Για τους επιστήμονες της οικολογίας και τους φορείς προστασίας του περιβάλλοντος, ο περιορισμός των παραπάνω διαταραχών αποτελεί μόνιμη πρόκληση, επομένως η μελέτη του ήχου είναι καίριας σημασίας για την οικολογία. Ως εργαλείο η μελέτη της οικολογικής ακουστικής βοηθά - μεταξύ άλλων, στην παρακολούθηση της ποικιλότητας της αφθονίας και της

συμπεριφοράς των ζώων σε σχέση με το οικοσύστημα και το περιβάλλον. Ακόμα, αντιμετωπίζει τον ήχο ως αντικείμενο μελέτης, με στόχο την κατανόηση στον τρόπο εξέλιξης και προσαρμογής του σε διαφορετικές συνθήκες περιβαλλοντικής πίεσης. Ο σκοπός, λοιπόν, αυτής της εργασίας είναι η ανάδειξη των επιπτώσεων του περιβαλλοντικού θορύβου στην ακουστική πολυπλοκότητα.

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας, αφορά την αξιολόγηση του ηχοτοπίου μιας πράσινης – ήσυχης περιοχής, καθώς και την ανάδειξη των επιπτώσεων της ανθρωποφωνίας (θόρυβος) στη βιοφωνία (ακουστική πολυπλοκότητα - βιοποικιλότητα). Το ερευνητικό ερώτημα της συγκεκριμένης εργασίας, αφορά το αν ο περιβαλλοντικός θόρυβος επηρεάζει την ακουστική πολυπλοκότητα, δηλαδή τη βιοποικιλότητα μιας ήσυχης περιοχής, που στη συγκεκριμένη έρευνα είναι το πάρκο Καραπαναγιώτη.

1.2 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αρχικά, στην εργασία μετά την εισαγωγή παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο της μελέτης του ήχου στα οικοσυστήματα. Αυτό, χωρίζεται σε τρία κεφάλαια. Το πρώτο, αφορά τις έννοιες που απαρτίζουν τη μελέτη της ακουστικής οικολογίας. Στο δεύτερο, αναλύεται η έννοια του θορύβου και στο τρίτο εξηγούνται οι επιπτώσεις του σε ανθρώπους και ζώα. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τη διεκπεραίωση της εργασίας. Τέλος, γίνεται αναφορά στη βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1 ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

2.1.1. ΗΧΟΤΟΠΙΟ

Όλοι οι βιολογικοί οργανισμοί, αντιλαμβάνονται το περιβάλλον στο οποίο κατοικούν, μέσω ενός συστήματος αισθητήριων οργάνων. Για να υφίσταται ήχος, θα πρέπει να υπάρχουν μία ηχητική πηγή που ταλαντώνεται και δημιουργεί κύματα, ένα μέσο διάδοσης (στερεό, αέριο, υγρό) και ένας τουλάχιστον δέκτης που θα αντιληφθεί τα κύματα ως ήχους.

Παράλληλα, τοπίο θεωρείται ένα σύστημα, το οποίο απαρτίζεται από ένα σύνολο διεργασιών που πραγματοποιούνται στο περιβάλλον και αναπτύσσονται σχέσεις, οι οποίες αλληλεπιδρούν (Burgess et al. 2012). Για να παρουσιαστεί ολοκληρωμένα η δομή και η λειτουργία του τοπίου θα πρέπει να γίνει συνδυασμός των οπτικών και ακουστικών στοιχείων του (Νικολαΐδου 2017).

Με αυτό τον τρόπο, προκύπτει η έννοια του «ηχοτοπίου». Η έννοια αυτή δημιουργήθηκε τη δεκαετία του '70 από το θεμελιωτή της ακουστικής οικολογίας Raymond Schafer, σύμφωνα με τον οποίο ο όρος αυτός αναφέρεται σε *“οποιοδήποτε ακουστικό πεδίο έρευνας, το οποίο γίνεται αντιληπτό ως μια μουσική σύνθεση”* (Schafer 1977). Ωστόσο, έχει επικρατήσει ο ανθρωποκεντρικός ορισμός του ISO 2014, σύμφωνα με τον οποίο, *“ηχοτοπίο θεωρείται το ηχητικό περιβάλλον, με κύρια σημασία τον τρόπο που το αντιλαμβάνονται τα άτομα ή η κοινωνία”* (Committee ISO/TC 043 «Acoustics» 2008).

Η έννοια του ηχοτοπίου θα παρουσιαστεί αναλυτικότερα στα επόμενα κεφάλαια, μέσα από τους κλάδους της ακουστικής οικολογίας (acoustic ecology) και της οικολογικής ακουστικής (ecoacoustics).

2.1.2. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

Το 1960, στον Καναδά ο Schafer με την ερευνητική του ομάδα, στο Πανεπιστήμιο Simon Fraser, ξεκίνησαν ένα πρόγραμμα, παγκόσμιας εμβέλειας, το οποίο αφορούσε τα ηχοτοπία (*The World Soundscape Project*). Στόχος του προγράμματος ήταν η ευαισθητοποίηση των ανθρώπων, έτσι ώστε να αναδειχθούν λύσεις για ένα οικολογικά ισορροπημένο ηχοτοπίο, ανάμεσα στο περιβάλλον και την ανθρώπινη κοινότητα. Έτσι, δημιουργήθηκε η έννοια της ακουστικής οικολογίας.

Η ακουστική οικολογία έχει βασιστεί στη θεώρηση και στην ακρόαση του ηχητικού περιβάλλοντος ως μια μουσική σύνθεση. Σύμφωνα με τη θεωρία της ακουστικής οικολογίας ένα ηχοτοπίο συντίθεται από ήχους υποβάθρου και ήχους προσκηνίου, ενώ παράλληλα μελετά χαρακτηριστικά ηχητικά γεγονότα που ονομάζονται ηχώσημα, που σε αντιστοιχία με τα τοπόσημα, αφορούν ήχους που ταυτίζονται με συγκεκριμένους τόπους. Ακόμα, η ακουστική οικολογία μελετά τις επιπτώσεις του ακουστικού περιβάλλοντος ή του ηχοτοπίου, στα συμπεριφορικά χαρακτηριστικά των ατόμων που ζουν σε αυτό (Schafer 1977).

Η έννοια του όρου οικολογία στον κλάδο ακουστική οικολογία, αποτελεί θέμα συζήτησης εδώ και αρκετά χρόνια. Η ακουστική οικολογία εκτός από διεπιστημονικός είναι και διαθεματικός κλάδος. Συνδυαστικά με το γεγονός πως ο ιδρυτής του κλάδου είναι μουσικοσυνθέτης, πολλοί μουσικοί και καλλιτέχνες ασχολήθηκαν και συνεπώς επαναπροσδιόρισαν τον κλάδο απομακρύνοντας τον από την επιστήμη της οικολογίας. Το γεγονός αυτό, οδήγησε τους οικολόγους του κλάδου της ακουστικής οικολογίας να δημιουργήσουν ένα νέο επιστημονικό παρακλάδι της ακουστικής οικολογίας, το οποίο αφορά μόνο τις οικολογικές προεκτάσεις του ήχου. Η οικολογία ηχοτοπίου διαπραγματεύεται τη σύνδεση της επιστήμης της οικολογίας με τη μελέτη των ηχοτοπίων. Αποτελεί παρακλάδι της οικολογίας τοπίου και λειτουργεί συμπληρωματικά με την ακουστική οικολογία δίδοντας έμφαση στην έννοια και σημαντικότητα της βιοποικιλότητας. Το εννοιολογικό πλαίσιο του συγκεκριμένου κλάδου έχει βασιστεί 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. 2011). Παρόλα αυτά, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η αλλαγή στον ορισμό του ηχοτοπίου, άλλαξε για άλλη μια φορά το αντικείμενο μελέτης και συνεπώς δημιουργήθηκε ο κλάδος της οικολογικής ακουστικής.

2.1.3. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ/ΟΙΚΟΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

Η οικολογική ακουστική (ecoacoustics), αφορά τη μελέτη του οικολογικού περιεχομένου του ήχου σε ένα ευρύ φάσμα χωρικής και χρονικής κλίμακας, ώστε να αντιμετωπιστούν οικολογικά ζητήματα, όπως η διαχείριση της βιοποικιλότητας. Αν και στενά συνδεδεμένη με την βιοακουστική, διαφέρει στο γεγονός πως αναγνωρίζει τον ήχο ως δείκτη οικολογικών διεργασιών σε επίπεδο πληθυσμού και κοινότητας, ενώ η βιοακουστική είναι πεδίο έρευνας συμπεριφοράς ειδών μελετώντας τον ήχο ως σήμα που μεταφέρει πληροφορίες μεταξύ ατόμων (Seuer & Farina 2015). Η οικολογική ακουστική αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε με σκοπό την αξιολόγηση βιοποικιλότητας αξιοποιώντας δεδομένα ηχοτοπίου. Το γεγονός πως κάθε αλλαγή στο περιβάλλον έχει άμεσο αντίκτυπο στην ακουστική συμπεριφορά των οργανισμών, καθιστά τους ήχους σημαντικό εργαλείο ανίχνευσης συμπεριφορικών διαφοροποιήσεων που συνδέονται και με την κλιματική αλλαγή σε κλίμακα μεμονωμένων ειδών, πληθυσμών, κοινοτήτων και τοπίων (Krause & Farina 2016). Από οικοακουστικής σκοπιάς για παράδειγμα, μια σημαντική πτυχή της ακουστικής επικοινωνίας ειδών ορνιθοπανίδας μπορεί να εκφραστεί με την ένταση και την πολυπλοκότητα των “τραγουδιών” τους, το αποκορύφωμα των οποίων, παρατηρείται κατά τις πρώτες πρωινές ώρες της μέρας. Η ταυτόχρονη πρωινή ακουστική δραστηριότητα της ορνιθοπανίδας (Dawn Chorus), αποτελεί ένα ηχητικό γεγονός που αφορά την υγεία και την ανθεκτικότητα των οικοσυστημάτων σε επίπεδο, πληθυσμού και κοινότητας (Farina et al. 2015). Συνοψίζοντας, η οικοακουστική είναι ένας διεπιστημονικός - διαθεματικός κλάδος της οικολογίας, η οποία αποσκοπεί στο να συμβάλλει στην αντιμετώπιση τριών

σημαντικών προκλήσεων της σύγχρονης οικολογίας: την παρακολούθηση της βιοποικιλότητας, την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ειδών και την αποτίμηση της ανθρωπογενούς ηχητικής επιρροής στο περιβάλλον.

Οι ηχητικές καταγραφές, είναι η βάση της ακουστικής οικολογίας, της οικολογίας ηχοτοπίου και της οικοακουστικής. Αυτά τα σχετικά πρόσφατα οικολογικά πεδία έρευνας, μελετούν τη σχέση και την αλληλεπίδραση μεταξύ του ηχοτοπίου, δηλαδή των ήχων του περιβάλλοντος και του ακροατή (Pieretti et al. 2013). Τα τρία βασικά χαρακτηριστικά του ηχοτοπίου (Pijanowski et al. 2011), είναι η βιοφωνία που αφορά τις φωνητικές διεργασίες των πτηνών και άλλων ζώων, η γεωφωνία που ενσωματώνει όλους τους ήχους που προέρχονται από γεωφυσικές διεργασίες, όπως το θρόισμα των φύλλων και η βροχή και η ανθρωποφωνία που εμπεριέχει όλους τους ήχους που προέρχονται από τις ανθρωπογενείς κατασκευές (π.χ. μηχανές εσωτερικής καύσης). Η ακρόαση των καταγραφών ενός ηχοτοπίου και η επεξεργασία των φασματογραφημάτων, παρέχουν ένα νέο τρόπο αξιολόγησης των διαφορών μεταξύ κοινοτήτων και πληθυσμών άγριας ζωής, την παρακολούθηση της εξέλιξης τους σε βάθος χρόνου, ενώ μπορεί να εστιάσει στη σχέση μεταξύ οργανισμών και εξωτερικών παραγόντων, όπως η ανθρώπινη επιβολή στο ηχοτοπίο (Pieretti & Farina 2013).

2.1.3.1 ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, αρκετοί δείκτες αναπτύχθηκαν στην επιστήμη της οικολογίας με στόχο την εκτίμηση της βιοποικιλότητας. Η πλειοψηφία αυτών αφορά στην ποικιλία και την αφθονία ειδών/ατόμων, με αρκετούς να συμπεριλαμβάνουν γενετικά και φυλογενετικά χαρακτηριστικά. Παραδείγματα τέτοιων δεικτών αποτελούν ο δείκτης γενικής πυκνότητας (general density), ο δείκτης σχετικής αφθονίας (relative abundance) και οι δείκτες Simpson και Shannon. Ενδιαφέρον προκαλεί ο δευτερογενής διαχωρισμός των δεικτών σε α και β ποικιλομορφίας, με τους α να αφορούν σε ποικιλομορφία εντός του ενδιαιτήματος και τους β να αξιολογούν διαφορές μεταξύ περιοχών (Towsey et al. 2014).

Είναι αναμενόμενο ότι για να εντοπιστούν πιθανές μεταβολές ποικιλομορφίας μέσα στο χρόνο, τόσο η α όσο και η β ποικιλομορφία πρέπει να αξιολογηθούν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Οι περισσότερες μέθοδοι απαιτούν μεγάλης κλίμακας δειγματοληψίες σε διαφορετικές τοποθεσίες και ημερομηνίες. Ωστόσο, οι παραδοσιακές μέθοδοι δειγματοληψίας βασίζονται κυρίως σε μακρόχρονες διαδικασίες με συνέπεια να καθίσταται πρακτικά αδύνατη η ταχεία αξιολόγηση σε μεγάλες κλίμακες. Επιπρόσθετα, αυτές οι μέθοδοι δειγματοληψίας είναι στις περισσότερες περιπτώσεις παρεμβατικές. Η οικολογική αντιπροτείνει την μη επεμβατική, ταχεία ακουστική ανάλυση με στόχο την γρήγορη χωρική και χρονική αποτίμηση στην ποικιλότητα (Depraetere et al. 2012).

Σε ευθεία αναλογία με τους κλασσικούς οικολογικούς δείκτες, στην οικολογική έχουν προταθεί τα τελευταία χρόνια τουλάχιστον είκοσι οχτώ διαφορετικοί ακουστικοί δείκτες. Ακολουθώντας την κλασσική οικολογική πρακτική, οι δείκτες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: την ομάδα των α και την ομάδα των β δεικτών. Περίπου είκοσι ένα α ακουστικοί δείκτες προτάθηκαν σε λιγότερο από έξι χρόνια (Sueur et al. 2014). Οι δείκτες αυτοί εκτιμούν το εύρος, την ομαλότητα, τον πλούτο ή την ετερογένεια μιας ακουστικής κοινότητας ή ενός ηχητικού τοπίου. Στην ίδια περίπου χρονική περίοδο, επτά β δείκτες ακουστικής ποικιλότητας προτάθηκαν (Sueur et al. 2014) με στόχο την σύγκριση στα επίπεδα του πλάτους φακέλου ή, πιο συχνά, του φασματικού προφίλ συχνότητας. Και οι δύο ομάδες δεικτών έχουν να επιδείξουν σημαντικά αποτελέσματα αλλά σε γενικές γραμμές πάσχουν εν γένει στο σύνολό τους λόγω συστηματικού σφάλματος (bias), οφειλόμενου κυρίως στον ανθρωπογενή θόρυβο ή στη διακύμανση της έντασης των φωνοποιήσεων λόγω απόστασης καταγραφής (Towsey et al. 2014). Καθίσταται λοιπόν σαφές, όπως αναφέρεται και στην σύγχρονη βιβλιογραφία η επιτακτική ανάγκη για τη βελτίωση της αξιοπιστίας αυτών των νέων μαθηματικών εργαλείων για την αξιολόγηση και την παρακολούθηση της βιοποικιλότητας (Krause & Farina 2016, Sueur et al. 2014, Farina et al. 2015). Πρώτο βήμα σε αυτή τη διαδικασία δεν μπορεί παρά να αποτελεί η ενδεδειγμένη αντιπαράθεση των

αποτελεσμάτων αυτών των δεικτών με τα κλασικώς αποκτηθέντα δεδομένα, με στόχο την αξιολόγηση των δεικτών και την επικείμενη βελτιστοποίηση τους.

Πιο αναλυτικά, ως ακουστικός δείκτης μπορεί να οριστεί, το στατιστικό μέγεθος που συνοψίζει κάποια πτυχή της κατανομής της ακουστικής ενέργειας και άλλων πληροφοριών σε μια ηχογράφηση. Οι κατηγορίες των δεικτών αφορούν τους δείκτες κυματομορφής (waveform indices), τους φασματικούς δείκτες (spectral indices) και τους δεύτερης γενιάς δείκτες (second order indices). Σημαντική αποτελεί η διευκρίνιση της έννοιας του θορύβου στις καταγραφές οικολογικής ακουστικής που έχουν σκοπό την εξαγωγή ακουστικών δεικτών. Για τις συγκεκριμένες περιπτώσεις, ο θόρυβος δεν ταυτίζεται με την ψυχοακουστική αντιμετώπιση του ως ανεπιθύμητος ήχος, αλλά αφορά όλες τις περιπτώσεις εκπομπής σταθερής σε διάρκεια ακουστικής ενέργειας, ανεξαρτήτου πηγής. Συνεπώς, είναι πιθανή η ταυτόχρονη, διπολική συνεισφορά μιας πηγής στη σχέση του σηματοθορυβικού λόγου.

NDSI

Ο δείκτης ηχοτοπίου NDSI (Normalized Difference Soundscape Index), εκτιμά το επίπεδο της ανθρώπινης διαταραχής στο ηχοτοπίο, υπολογίζοντας την αναλογία βιοήχων και ανθρωποήχων σε ένα ηχητικό δείγμα (Fuller et al. 2015). Στόχος του δείκτη είναι η εκτίμηση του επιπέδου των ανθρωπογενών διαταραχών στο ηχοτοπίο, αξιοποιώντας το γεγονός πως οι ανθρωποήχοι κυμαίνονται κυρίως μεταξύ του εύρους συχνοτήτων 1 - 2 kHz, ενώ οι βιοήχοι μεταξύ 2 - 8 kHz. Ο υπολογισμός του συγκεκριμένου δείκτη έχει βασιστεί στη σχέση:

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

και έχει εύρος τιμών στην κλίμακα -1 έως +1, με +1 να υποδεικνύει πως ένα ηχητικό σήμα περιέχει μόνο βιοήχους. Ο δείκτης NDSI για ένα ηχοτοπίο μεταβάλλεται ανάλογα με την ώρα και τη μέρα καταγραφής και μπορεί να αξιοποιηθεί για την ανάδειξη των ηχητικών διαφοροποιήσεων σε μια χρονική κλίμακα. Παρόλα αυτά, ακόμη και μια χαμηλή τιμή του δείκτη μπορεί να

υποδηλώνει παρουσία βιοφωνίας σε μια περίπτωση εκπομπής σήματος χαμηλής συχνότητας. Συνεπώς, ο συγκεκριμένος δείκτης έχει περιθώρια εξέλιξης, ενώ παράλληλα, μπορεί να αξιοποιηθεί ως αρχικό φίλτρο ανίχνευσης καταγραφών για περαιτέρω μελέτη (Kasten et al. 2012, Fuller et al. 2015).

Acoustic Complexity Index

Ο δείκτης ακουστικής πολυπλοκότητας (Acoustic Complexity Index, ACI), βασίζεται στην παρατήρηση πως οι βιοτικοί ήχοι, όπως το τραγούδι των πουλιών, χαρακτηρίζονται από μια μεταβλητότητα εντάσεων, ενώ οι ανθρωπογενείς ήχοι (π.χ. θόρυβος οδικής κυκλοφορίας) παρουσιάζουν σταθερές τιμές έντασης. Πιο συγκεκριμένα, ο συγκεκριμένος δείκτης, υπολογίζει τον αριθμό των μεγάλων κορυφώσεων (peaks) όσον αφορά την ένταση, σε ένα φασματογράφημα (Pieretti & Farina 2013). 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, δίδοντας έμφαση στους ήχους που χαρακτηρίζονται από έντονες ενεργειακές διαφοροποιήσεις (ένταση), μειώνοντας παράλληλα άλλους ήχους με περισσότερο “σταθερά” ενεργειακά χαρακτηριστικά. Με 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 (π.χ. θόρυβος οδικής κυκλοφορίας) και συγκεκριμένες περιπτώσεις της γεωφωνίας (π.χ. καταρράκτες).

Ο μακροπρόθεσμος στόχος του Δείκτη Ακουστικής Πολυπλοκότητας (ACI) είναι η χρήση του ως ακουστικό εργαλείο εξαγωγής πληροφορίας από ένα ηχοτοπίο. Το συγκεκριμένο εργαλείο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την ανάδειξη και τον προσδιορισμό των αλλαγών στη συμπεριφορά μιας κοινότητας και εξυπηρετεί για μια αποδοτικότερη και γρηγορότερη παρακολούθηση της δυναμικής της πανίδας σε ένα οικοσύστημα. Συνοπτικά, ο δείκτης, υπολογίζει την απόλυτη τιμή της

διαφοράς δυο συνεχόμενων τιμών έντασης σε μια αντιστοιχία συχνότητας. Στη συνέχεια προσθέτει τις απόλυτες αυτές τιμές έντασης, για τη χρονική διάρκεια της πρώτης σε αντιστοιχία συχνότητας. Τέλος, πραγματοποιείται ο συνολικός υπολογισμός των διαφοροποιήσεων της έντασης για όλο το εύρος των συχνοτήτων, ολόκληρης της καταγραφής (Pieretti et al. 2011).

2.2 ΘΟΡΥΒΟΣΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Ο θόρυβος διαχωρίζεται σε πολλούς τύπους. Υπάρχει ο συνεχόμενος θόρυβος, ο οποίος προκαλείται κυρίως από τα μηχανήματα, τα οποία λειτουργούν ασταμάτητα με συγκεκριμένο μοτίβο. Ακόμα ένας τύπος είναι ο διαλείπων θόρυβος, χαρακτηριστικό του οποίου είναι η αυξομείωση στα επίπεδα του ήχου, ένα παράδειγμα αυτού του ήχου είναι η διέλευση των οχημάτων ή των αεροπλάνων (Μπιμπιλής, 2015). Επίσης, υπάρχει ο παλμικός θόρυβος, είναι αιφνιδιαστικός και σύντομης διάρκειας, όπως ο ήχος των πυροτεχνημάτων. Τέλος, υπάρχει ο θόρυβος χαμηλής συχνότητας. Ο ήχος αυτός είναι δύσκολο να καλυφθεί και διαδίδεται σε κάθε κατεύθυνση διανύοντας μεγάλη απόσταση (Μπιμπιλής, 2015).

Η έννοια του θορύβου είναι συχνά υποκειμενική και η αρνητική χροιά που μπορεί να πάρει ένας ήχος συχνά είναι ζήτημα ψυχοακουστικής. Τα υψηλά επίπεδα ηχηρότητας είναι συχνά ένας παράγοντας που υποβαθμίζει έναν ήχο και τον μετατρέπει σε θόρυβο (Dekkers, et.al, 2009). Τα ηχητικά κύματα, η διάδοση δηλαδή των δονήσεων στο χώρο και στο χρόνο που οφείλονται σε μια πηγή χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τη συχνότητα τους:

- 20 Hz και κάτω είναι οι υπόηχοι
- 20 Hz έως 20.000 Hz όπου είναι και το εύρος της ακοής του ανθρώπου
- 20.000 Hz και άνω είναι οι υπέρηχοι

Η χρήση της κλίμακας των Decibel (dB) βοηθά στην έκφραση της έντασης του ήχου χωρίς να αποτελεί μονάδα μέτρησης της έντασης καθώς ακολουθεί λογαριθμική κλίμακα και εκφράζει τη 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.

Μια μέθοδος αξιολόγησης του θορύβου είναι η οπτικοποίηση του μέσω της χαρτογράφησης του. Ένας χάρτης θορύβου είναι μια γραφική αναπαράσταση ή αλλιώς οπτικοποίηση της κατανομής των ηχητικών επιπέδων και της διάδοσης των ηχητικών κυμάτων σε μια δεδομένη περιοχή, για μια καθορισμένη χρονική περίοδο. Τα απαραίτητα δεδομένα δομικής μορφολογίας πρέπει να συλλεχθούν και να εισαχθούν στο λογισμικό CadnaA («DataKustik», 2020), μαζί με δεδομένα μέτρησης θορύβου με σκοπό την παραγωγή χαρτών θορύβου.

Οι επιπτώσεις του θορύβου είναι ποικίλες σε επίπεδο κοινωνικό, οικονομικό και κυρίως υγείας. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, το όριο πάνω από το οποίο, ο ήχος θεωρείται ενοχλητικός ή επιβλαβής είναι τα 55 dB, την ημέρα και τη νύχτα είναι τα 50 dB (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, 2017).

Ο περιβαλλοντικός θόρυβος έχει μια σειρά από δυνητικά αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, αλλά και στην ποιότητα του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO, 1999) η υπερβολική έκθεση σε θόρυβο μπορεί να προκαλέσει επιπτώσεις στην ψυχική υγεία, προβλήματα ακοής που εμποδίζουν την επικοινωνία του λόγου, να προκαλέσει διαταραχές ύπνου, ακόμη και καρδιαγγειακά νοσήματα. Έχει υπολογισθεί πως πάνω από το 40% του πληθυσμού της Ευρώπης εκτίθεται σε θόρυβο οδικής κυκλοφορίας εντάσεως άνω των 55 dB(A). Συνδυαστικά με την εκτίμηση πως μέχρι το 2020 περίπου το 80% των πολιτών της Ευρώπης θα κατοικεί σε πόλεις, κρίνεται σημαντική η λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση του θορύβου αλλά και άλλων περιβαλλοντικών πιέσεων (Goddard et al, 2010).

2.4 ΉΣΥΧΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Ο αυξανόμενος ρυθμός αστικοποίησης έχει επιφέρει σειρά περιβαλλοντικών πιέσεων με επιπτώσεις στην ποιότητα της ζωής και στα επίπεδα της βιολογικής ποικιλίας. Οι ανθρώπινες κοινωνικό – οικονομικές δραστηριότητες στο αστικό περιβάλλον μπορούν να αποτελέσουν πηγή εκπομπής ρύπων μεταξύ των οποίων και ο περιβαλλοντικός θόρυβος.

Η λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού θορύβου είναι ένα από τα βασικά ζητήματα που απασχολούν την ανθρωπότητα. Μια απόκριση της κοινωνίας που αφορά στην αντιμετώπιση του συγκεκριμένου ρύπου, είναι η δημιουργία και η διατήρηση “ήσυχων περιοχών”, εντός και εκτός πολεοδομικών συγκροτημάτων. Οι αστικές ήσυχες περιοχές ορίζονται στην οδηγία 2002/49/EK ως *“περιοχές οριοθετημένες από την αρμόδια αρχή, η οποίες δεν εκτίθενται σε τιμή του L_{den} ή άλλου κατάλληλου δείκτη θορύβου μεγαλύτερη από μια συγκεκριμένη τιμή που καθορίζεται από το κράτος μέλος, ανεξαρτήτως ηχητικής πηγής”*.

Διάφορες μέθοδοι έχουν σχηματιστεί με σκοπό την ανάδειξη και την εύρεση των ήσυχων περιοχών σε ένα πολεοδομικό συγκρότημα. Μέχρι και το 2016 ο βασικός τρόπος εύρεσης των ήσυχων περιοχών σε μια πόλη προέκυπτε μέσω της χαρτογράφησης των βασικών πηγών θορύβου. Αφού, σχηματιζόταν ο χάρτης θορύβου που αναδείκνυε την εξάπλωση όλων των ηχητικών κυμάτων από τις πηγές ανθρωποφωνίας, οι περιοχές με την μικρότερη ηχηρότητα αποτελούσαν τις εν δυνάμει ήσυχες περιοχές. Παράλληλα, εκτός από τις ήσυχες περιοχές πολεοδομικού συγκροτήματος, εξίσου σημαντικές είναι και οι ήσυχες περιοχές υπαίθρου οι οποίες ορίζονται στην οδηγία 2002/49/EK ως *“περιοχή οριοθετημένη από την αρμόδια αρχή, η οποία δεν διαταράσσεται από θορύβους κυκλοφορίας, βιομηχανικών δραστηριοτήτων ή δραστηριοτήτων αναψυχής”*. Μια μέθοδος αναγνώρισης των ήσυχων περιοχών εκτός πολεοδομικού συγκροτήματος, είναι η αξιοποίηση του παράγοντα της απόστασης από τις προστατευόμενες περιοχές και από τις βασικές πηγές θορύβου όπως το οδικό

δίκτυο (Votsi et al. 2012). Η παραπάνω μεθοδολογία δεν θα μπορούσε να εφαρμοστεί επιτυχώς σε ένα αστικό συγκρότημα εξαιτίας των περίπλοκων δομικών χαρακτηριστικών μιας πόλης.

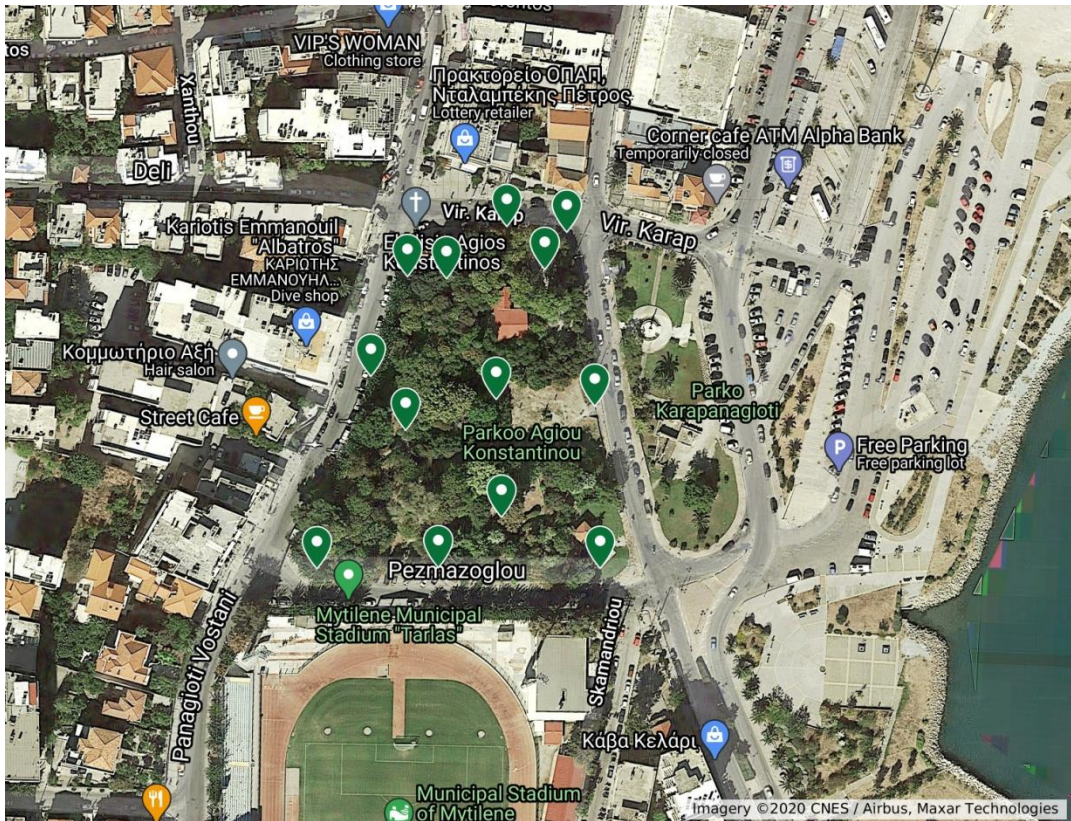
Η σύγχρονη γνώση όσον αφορά την εύρεση, τον ορισμό και διαχείριση των ήσυχων περιοχών πολεοδομικού συγκροτήματος, έχει δοθεί από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα QUADMAP (Quiet Areas Definition and Management in Action Plans). Η συγκεκριμένη μεθοδολογία αποτελείται από 3 φάσεις (Asprugu et al. 2016). Η πρώτη, αφορά την ανάδειξη και προ-επιλογή των εν δυνάμει ήσυχων περιοχών με βασικές μεταβλητές τη χρήση και τη λειτουργία του χώρου. Η δεύτερη φάση αφορά την ανάλυση του ακουστικού, του ηχητικού και μη ηχητικού περιεχομένου τους όπως η ασφάλεια και η καθαριότητα. Τέλος, η τρίτη αφορά τη διαχείριση των εν δυνάμει ήσυχων περιοχών με διαφορετικό κάθε φορά στόχο ανάλογα με τις ανάγκες κάθε περιοχής. Παράλληλα, πολύ σημαντική είναι η εμπλοκή των κατοίκων μιας περιοχής οι οποίοι αποτελούν τους νέους ειδικούς σε ζητήματα που αφορούν την πόλη τους. Η τεχνική αυτή ονομάζεται επιστήμη των πολιτών (Citizen Science) και έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη για την εύρεση των ήσυχων περιοχών του πολεοδομικού συγκροτήματος της Μυτιλήνης (Matsinos et. al, 2017, Tsaligopoulos et al. 2018).

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης, όπου πραγματοποιήθηκε η έρευνα, κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, είναι το πάρκο Καραπαναγιώτη. Ο συγκεκριμένος αστικός χώρος πρασίνου, βρίσκεται στο κέντρο της πόλης της Μυτιλήνης (νήσος Λέσβος, Βόρειο Αιγαίο). Το πάρκο εκτίνεται σε μια περιοχή 9.125 στρεμμάτων και είναι τόπος άφθονης βλάστησης. Η φυτοκάλυψη του υπολογίζεται στο 90,62%. Το ποσοστό των ξενικών ειδών στο πάρκο πλησιάζει το 58%. Το είδος που κυριαρχεί στο πάρκο είναι η μουριά "*Morus alba*" με 20 άτομα. Παράλληλα, το είδος του θάμνου που κυριαρχεί στο πάρκο Καραπαναγιώτη είναι η δάφνη "*Laurus nobilis*" που

αποτελεί και τη μοναδική περίπτωση ενδημικού κυρίαρχου είδους ξυλώδους βλάστησης (Τσαλιγόπουλος 2015: 5).



3.2 ΕΡΓΑΛΕΙΑ & ΔΕΙΚΤΕΣ

Παρακάτω θα αναλυθούν τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα:

- **Ψηφιακός καταγραφέας Tascam DR – 680:** Συλλογή ηχητικών αρχείων
- **Ηχόμετρο:** Ανάδειξη των επιπέδων ηχηρότητας (dB)
- **Audacity:** Επεξεργασία των ηχητικών καταγραφών, με στόχο τη μεταποίηση τους σε αρχεία wave
- **R Statistics:** Εξαγωγή των ακουστικών δεικτών και των φασματογραφημάτων από τα ηχητικά αρχεία. Πραγματοποιήθηκε χρήση ειδικών πακέτων:

- ~ **Ineq**: Υπολογίζει τον μαθηματικό υπολογισμό των ακουστικών δεικτών (Zeileis – Kleiber, 2015)
- ~ **Seewave**: Εξάγει το φασματογράφημα και μετρά την εντροπία H (Simonis et al 2018)
- ~ **Soundecology**: Εξάγει τους δείκτες ακουστικής πολυπλοκότητας (Villanueva – Rivera et al, 2015)
- ~ **TuneR**: Εισάγει τα ηχητικά αρχεία στο πρόγραμμα της R (Weihs, 2009)
- **SPSS**: Στατιστική ανάλυση των ποσοτικών δεδομένων.

Το λογισμικό του καταγραφέα, ρυθμίστηκε με τρόπο, ώστε να υπολογιστούν, τέσσερις δείκτες θορύβου:

- **Δείκτης θορύβου Leq**: Αφορά το επίπεδο του ενεργειακού ισοδύναμου.
- **Δείκτης Ηχοτοπίου (Normalized Difference Soundscape Index)**: Υπολογίζει το επίπεδο της ανθρωποφωνίας σε ένα ηχοτοπίο – αναλογία ανθρωποήχων και βιοήχων.
- **Δείκτης Ακουστικής Πολυπλοκότητας (Acoustic Complexity Index)**: Παρουσιάζει τον αριθμό των μεγάλων κορυφώσεων (peaks) της έντασης και της συχνότητας σε ένα φασματογράφημα.

3.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ & ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ

Για την παρούσα εργασία επιλέχθηκαν δεκατρία σημεία, για τη λήψη δειγμάτων εκτός και εντός του πάρκου Καραπαναγιώτη. Η διάρκεια της περιόδου δειγματοληψίας διήρκεσε ένα μήνα. Σε κάθε σημείο πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες θορύβου, με τη χρήση ηχομέτρου, με στόχο να αποτυπωθούν τα επίπεδα περιβαλλοντικού θορύβου. Παράλληλα, στα ίδια σημεία διεξήχθησαν ηχογραφήσεις διάρκειας περίπου 2 λεπτών, προκειμένου να αναλυθούν στο λογισμικό R Statistics και να εξαχθούν οι ακουστικοί δείκτες βιοποικιλότητας. Το ερευνητικό ερώτημα της εργασίας θα επιβεβαιωθεί ή θα απορριφθεί κατόπιν

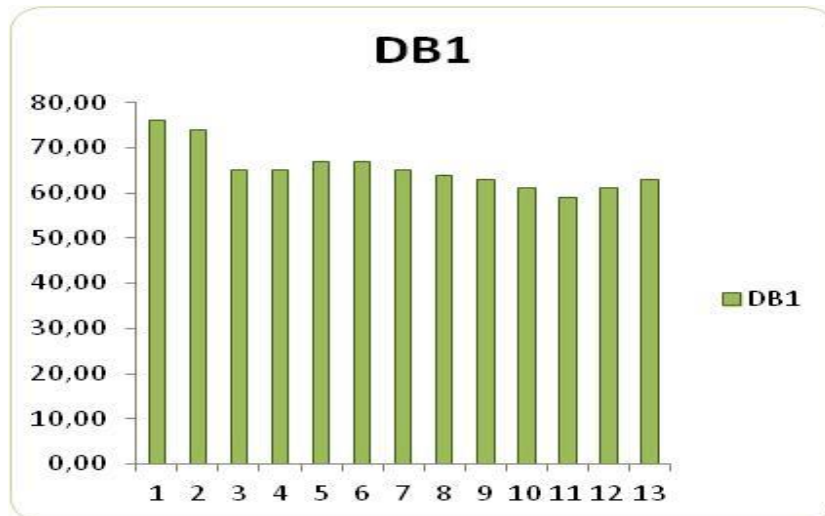
στατιστικής ανάλυσης, πιο συγκεκριμένα, ύστερα από συσχέτιση των δεδομένων με τη χρήση του λογισμικού SPSS.

Συνδυαστικά με τα επίπεδα θορύβου που συγκεντρώθηκαν, τα ακόλουθα δεδομένα εξορύχτηκαν από προηγούμενες έρευνες (Tsaligopoulos et. al, 2018) προκειμένου να χαρτογραφηθεί ο θόρυβος οδικής κυκλοφορίας για το πάρκο Καραπαναγιώτη:

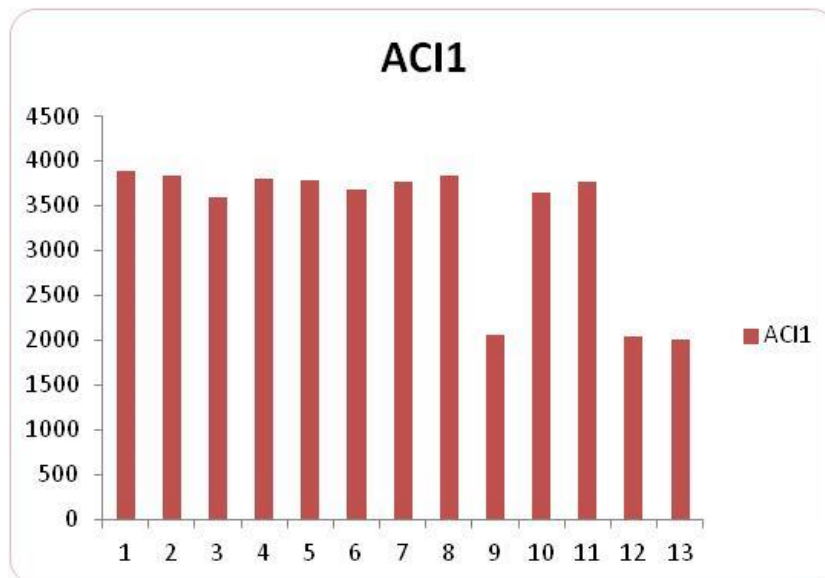
- Λεπτομερής χαρτογραφική αναπαράσταση της υπό εξέταση περιοχής (κτίρια, δρόμοι, βλάστηση)
- Ύψος κτιρίου και ακριβής τοποθεσία
- Ταξινόμηση τύπου δρόμου (Αυτοκινητόδρομος, Συνηθισμένος δρόμος, Τοπικός)
- Είδος επιφάνειας δρόμου (ομαλή / τραχιά)
- Περιορισμός ταχύτητας (σύμφωνα με τις πληροφορίες που παρέχονται από τις τοπικές αρχές).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

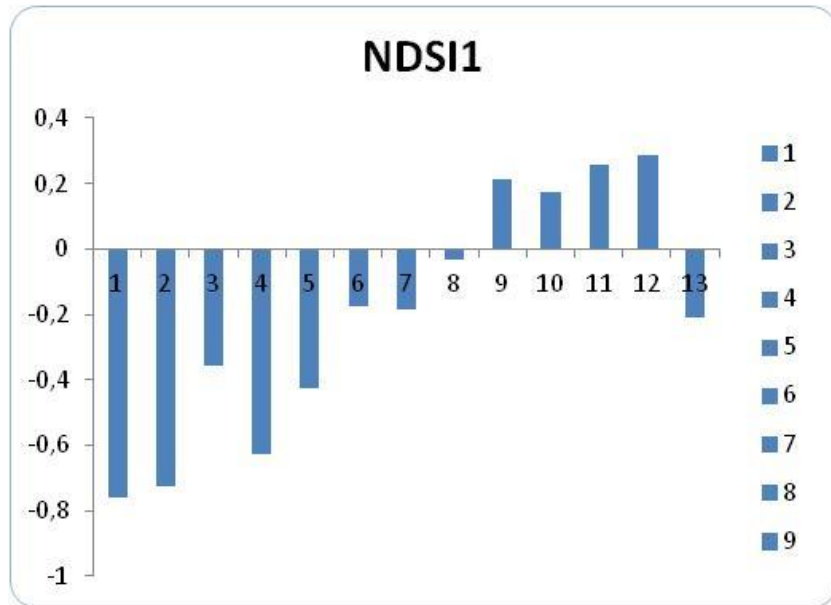
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δεκατριών δειγμάτων-ηχογραφήσεων, μετά την ανάλυση τους στα προγράμματα Audacity και R Statistics. Στα διαγράμματα με την ονομασία DB αποτυπώνονται τα αποτελέσματα για τα επίπεδα θορύβου. Επιπλέον, στα ραβδογράμματα με το όνομα ACI, φαίνονται οι αριθμοί των μεγάλων κορυφώσεων (peaks). Αντίστοιχα, στα γραφήματα με την ονομασία NDSI, υπολογίζονται τα επίπεδα της ανθρωποφωνίας σε ένα ηχοτοπίο. Τέλος, το νούμερο στις ονομασίες αφορά τις δέκα ημέρες που πραγματοποιήθηκαν οι ηχογραφήσεις.



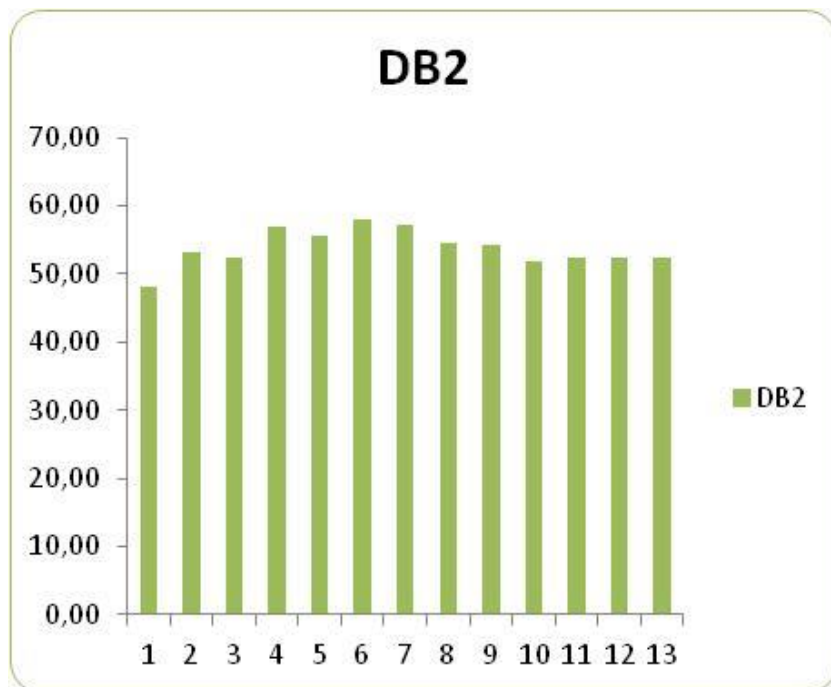
Διάγραμμα 1: Επίπεδα θορύβου πρώτης μέρας



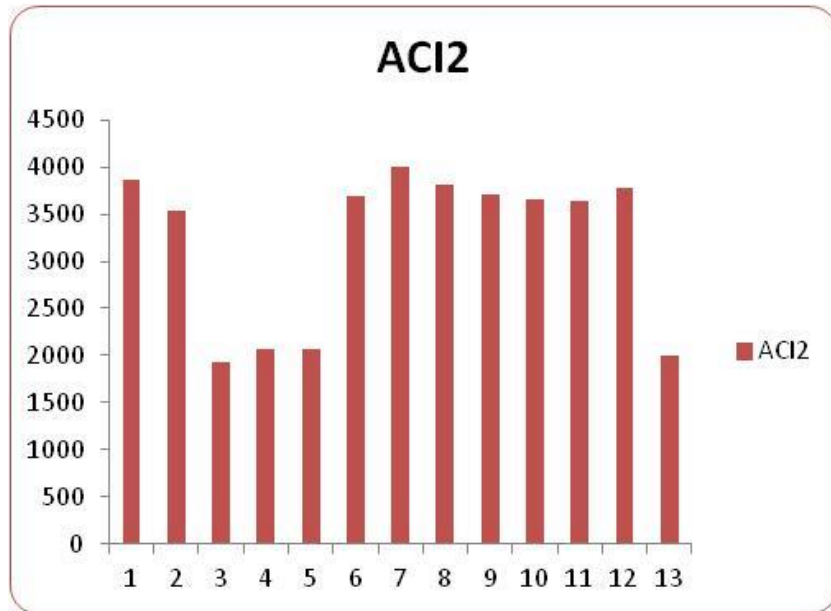
Διάγραμμα 2: Δείκτης πολυπλοκότητας πρώτης μέρας



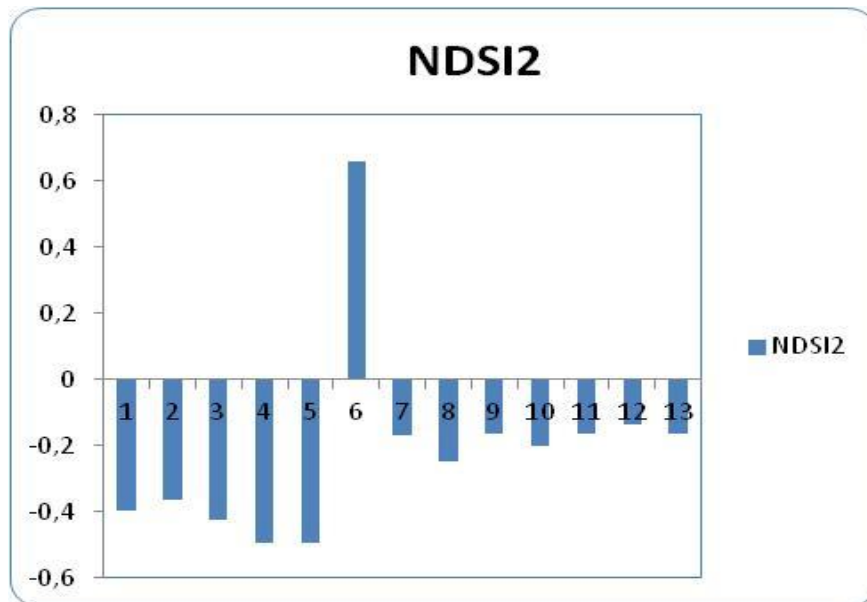
Διάγραμμα 3: Δείκτης ηχοτοπίου πρώτης μέρας



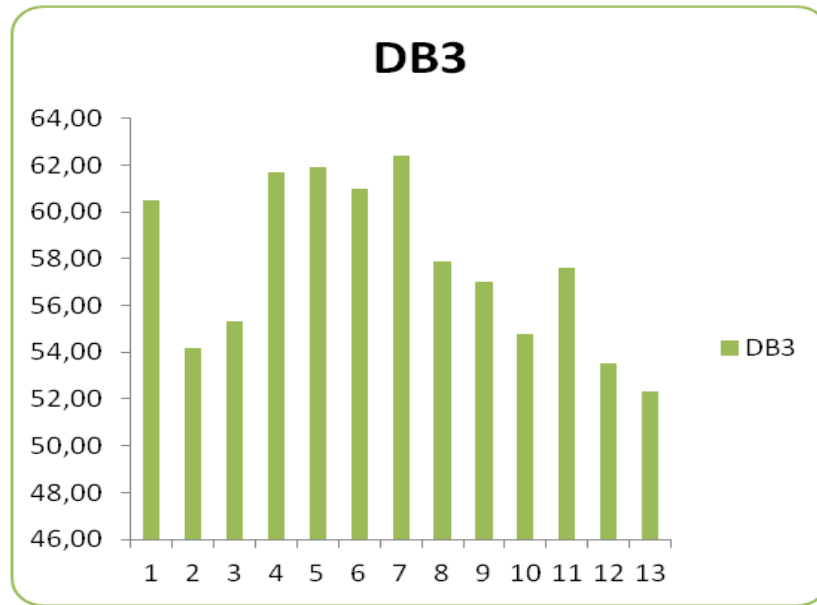
Διάγραμμα 4: Επίπεδα θορύβου δεύτερης μέρας



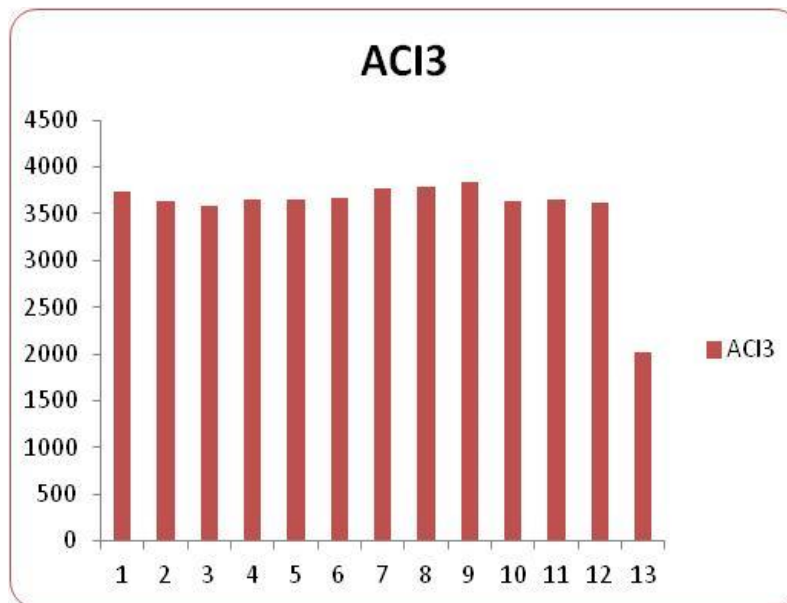
Διάγραμμα 5: Δείκτης πολυπλοκότητας δεύτερης μέρας



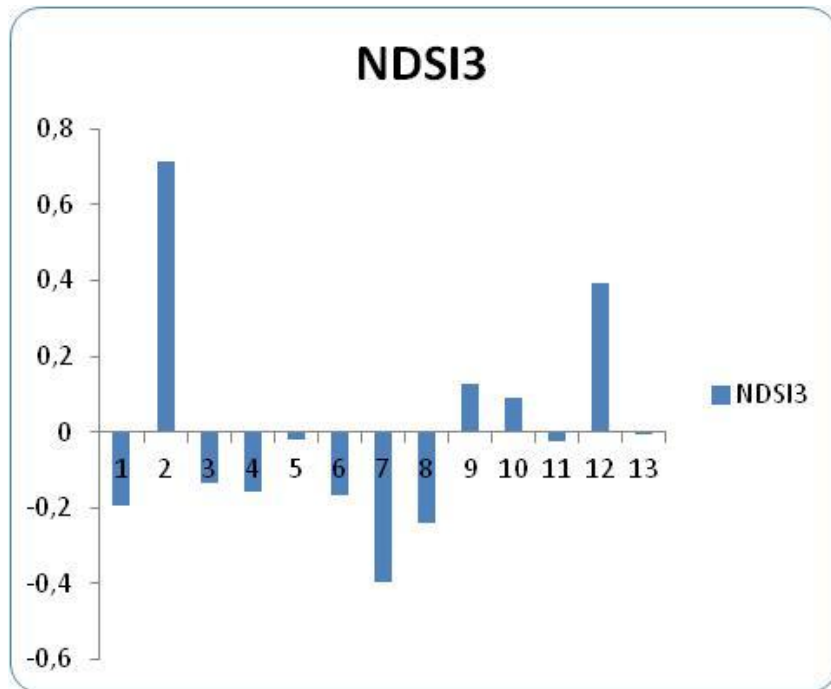
Διάγραμμα 6: Δείκτης ηχοτοπίου δεύτερης μέρας



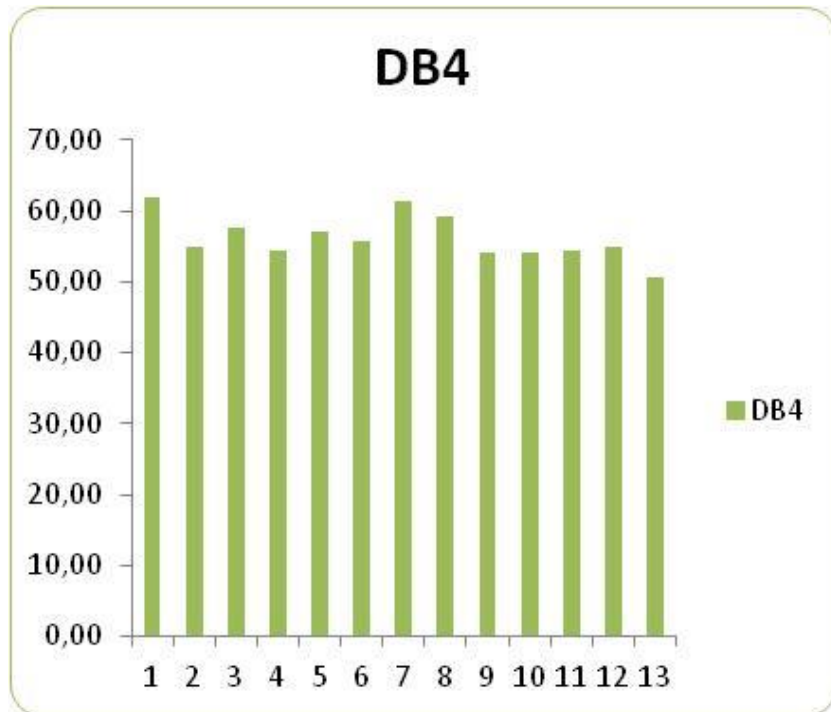
Διάγραμμα 7: Επίπεδα θορύβου τρίτης μέρας



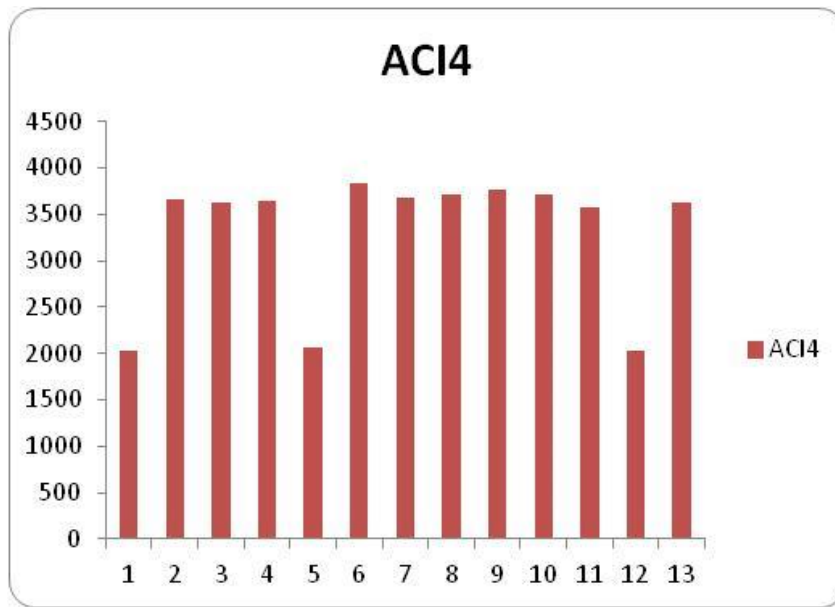
Διάγραμμα 8: Δείκτης πολυπλοκότητας τρίτης μέρας



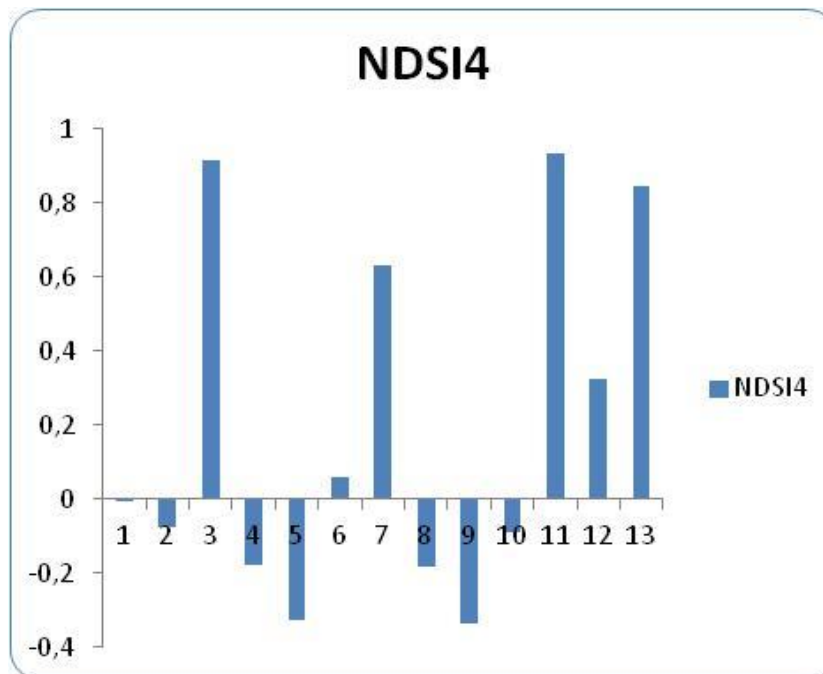
Διάγραμμα 9: Δείκτης ηχοτοπίου τρίτης μέρας



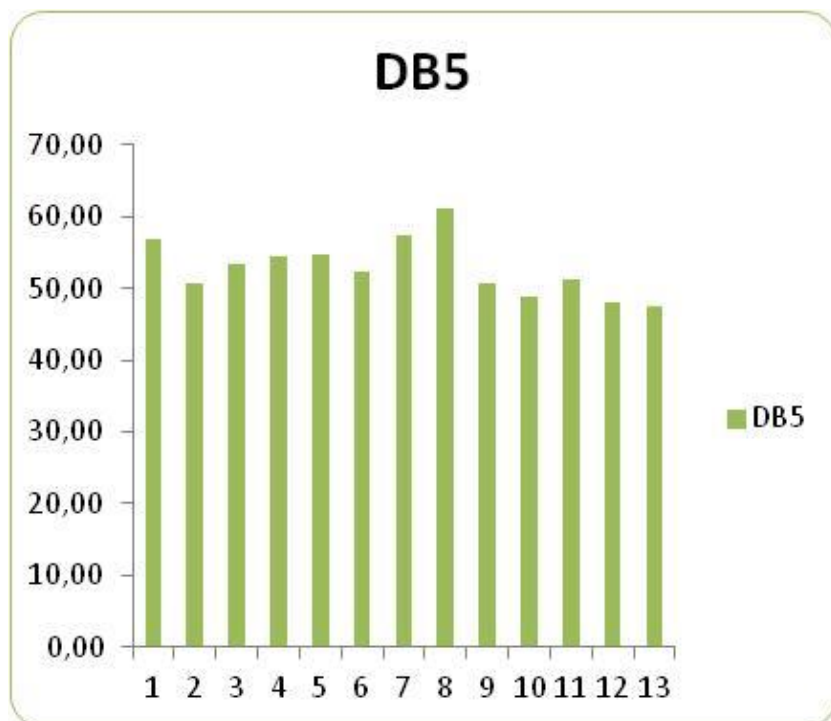
Διάγραμμα 10: Επίπεδα θορύβου τέταρτης μέρας



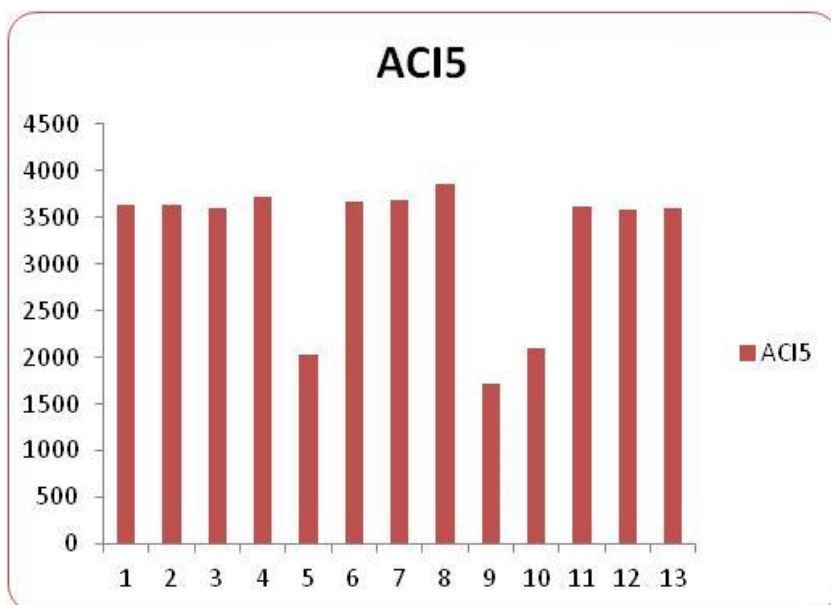
Διάγραμμα 11: Δείκτης πολυπλοκότητας τέταρτης μέρας



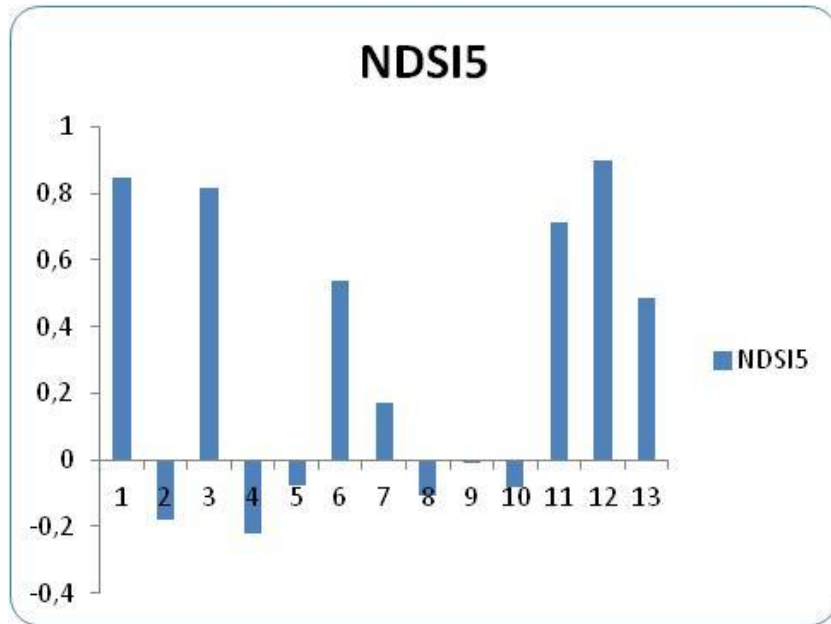
Διάγραμμα 12: Δείκτης ηχοτοπίου τέταρτης μέρας



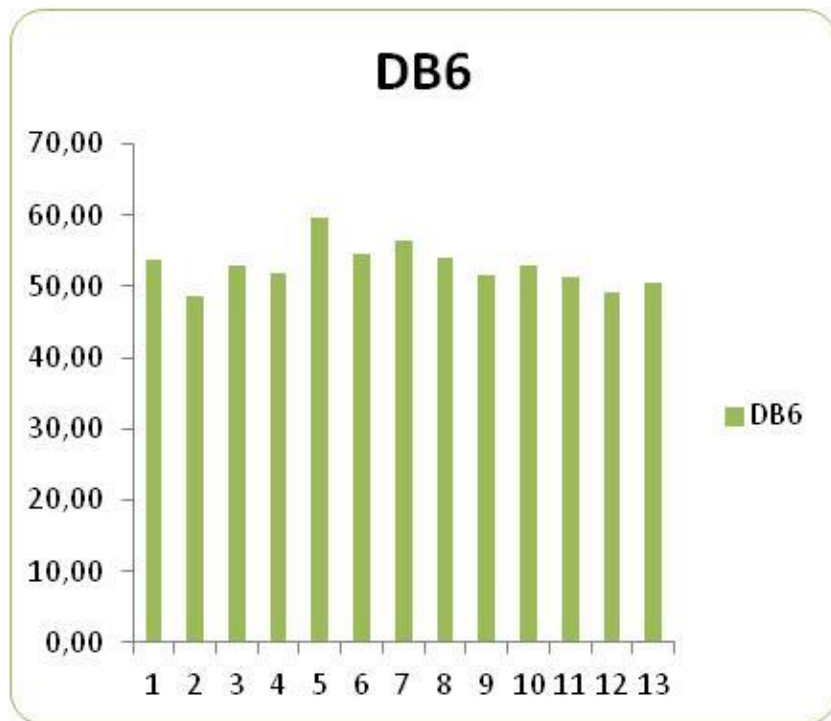
Διάγραμμα 13: Επίπεδα θορύβου πέμπτης μέρας



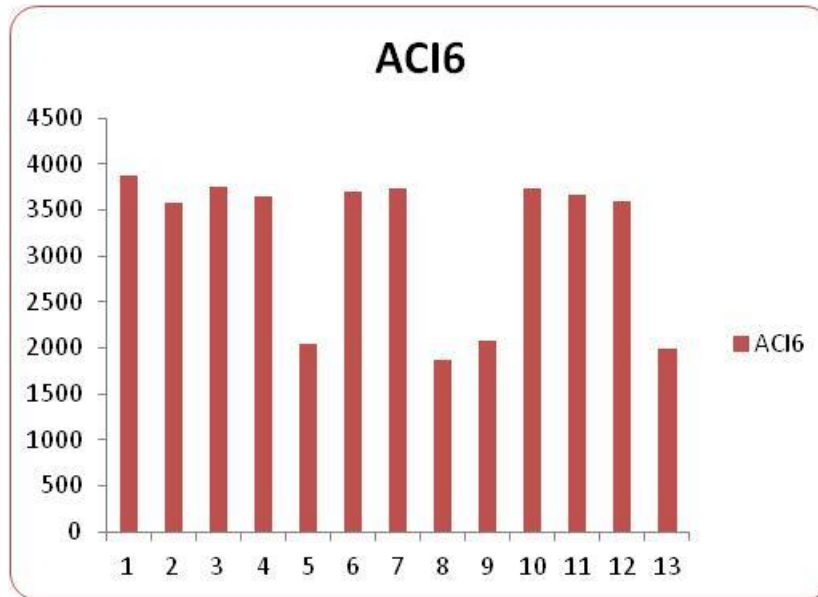
Διάγραμμα 14: Δείκτης πολυπλοκότητας πέμπτης μέρας



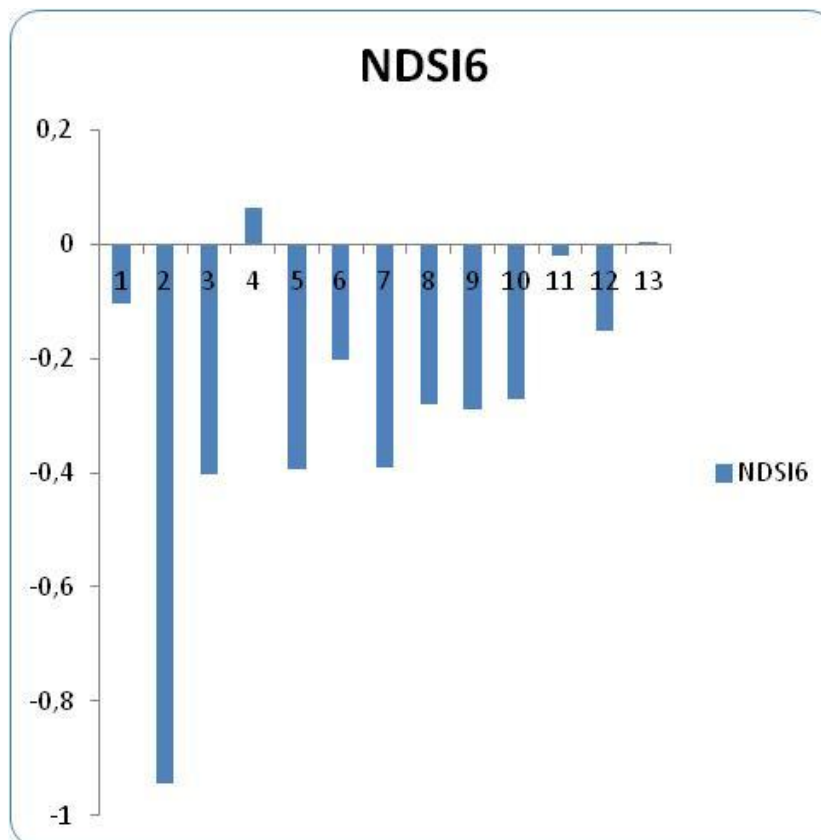
Διάγραμμα 15: Δείκτης ηχοτοπίου πέμπτης μέρας



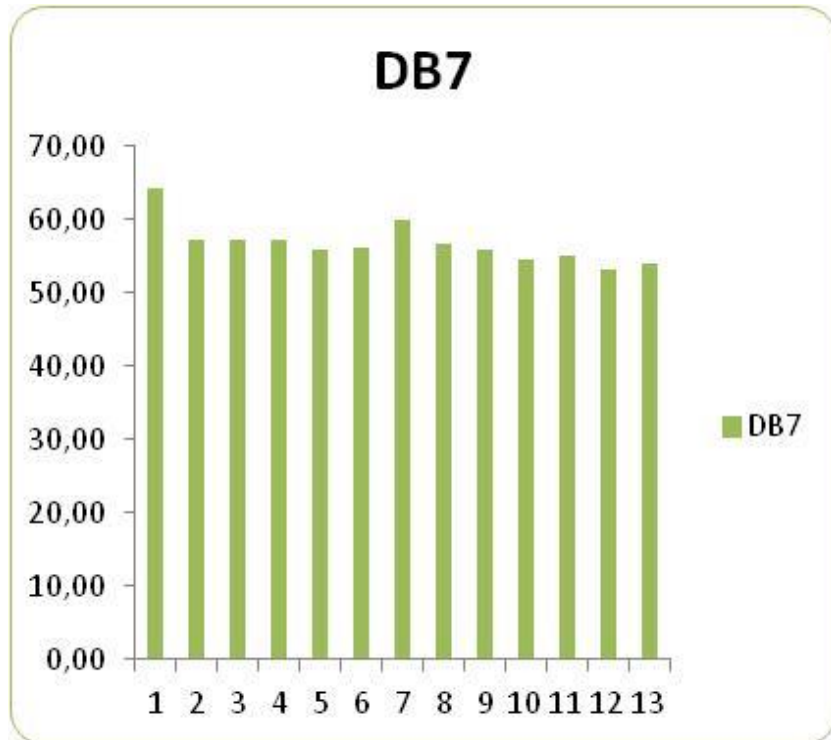
Διάγραμμα 16: Επίπεδα θορύβου έκτης μέρας



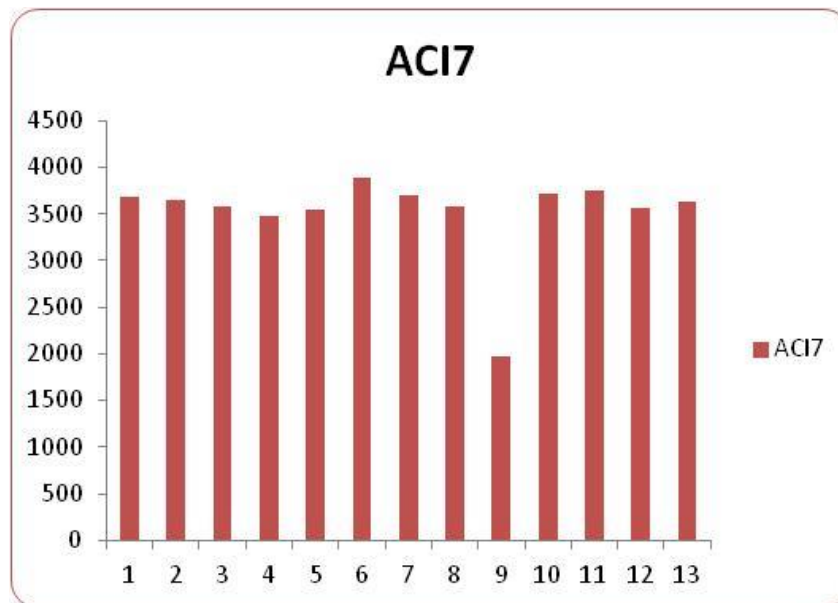
Διάγραμμα 17: Δείκτης πολυπλοκότητας έκτης μέρας



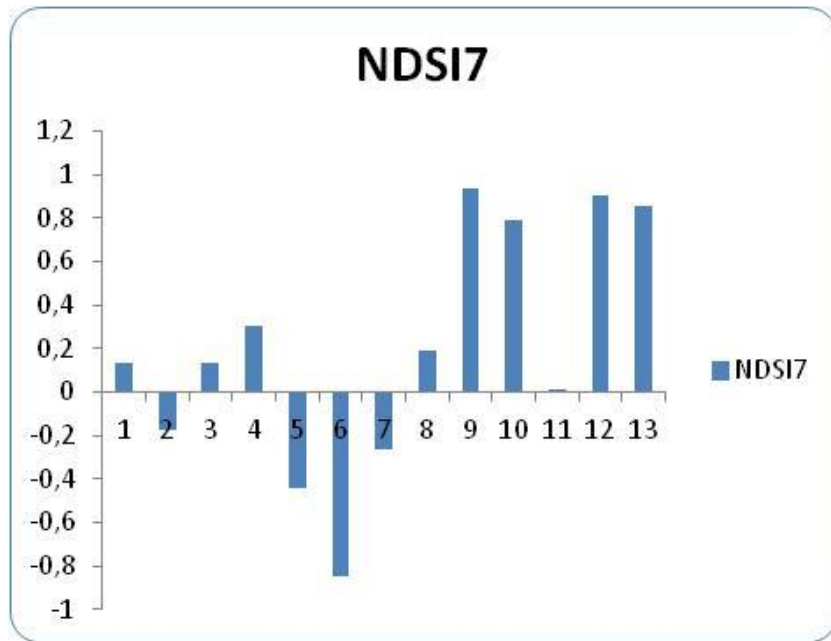
Διάγραμμα 18: Δείκτης ηχοτοπίου έκτης μέρας



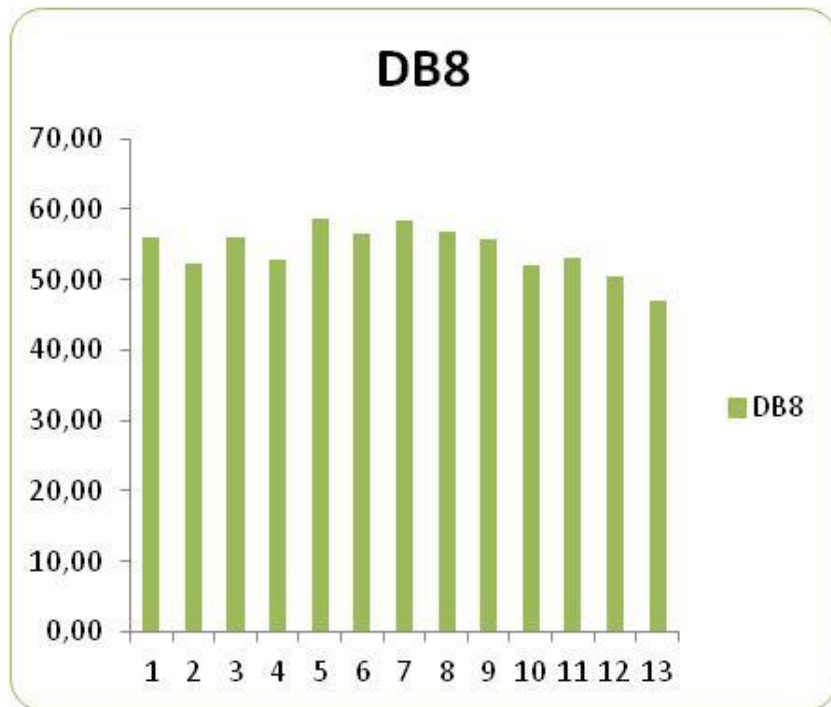
Διάγραμμα 19: Επίπεδα θορύβου εβδομης μέρας



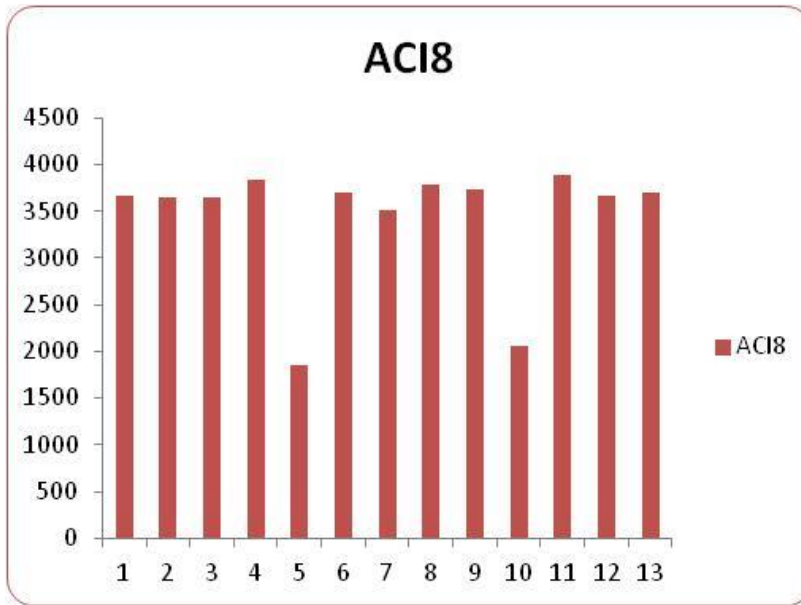
Διάγραμμα 20: Δείκτης πολυπλοκότητας εβδομης μέρας



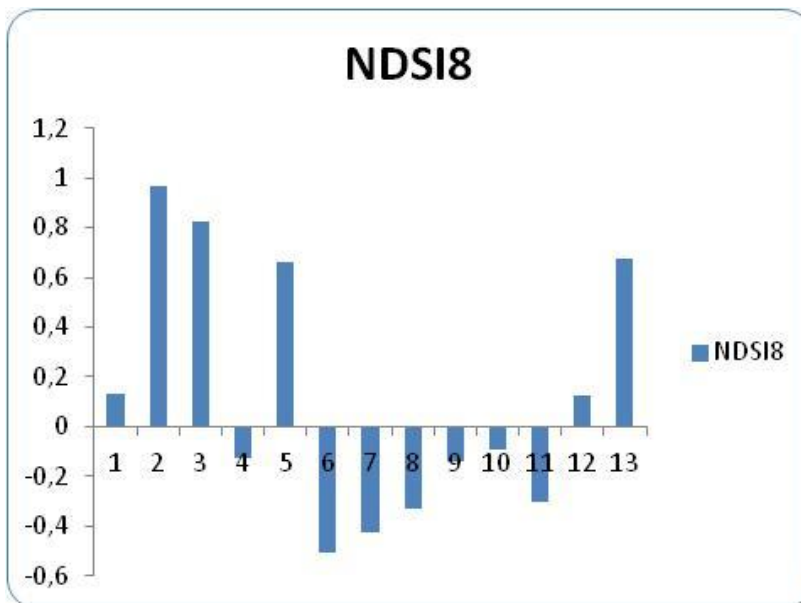
Διάγραμμα 21: Δείκτης ηχοτοπίου εβδομης μέρας



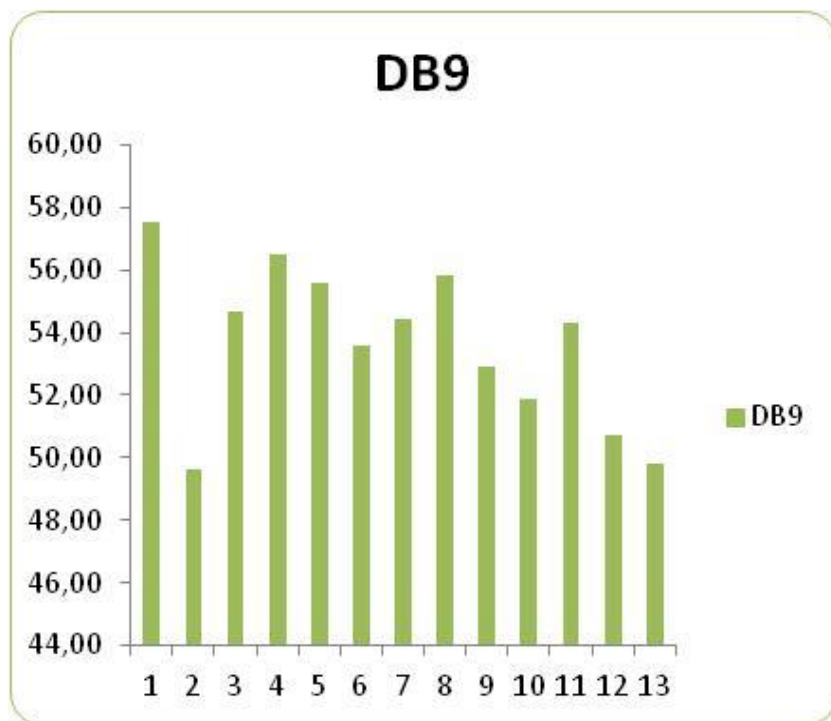
Διάγραμμα 22: Επίπεδα θορύβου όγδοης μέρας



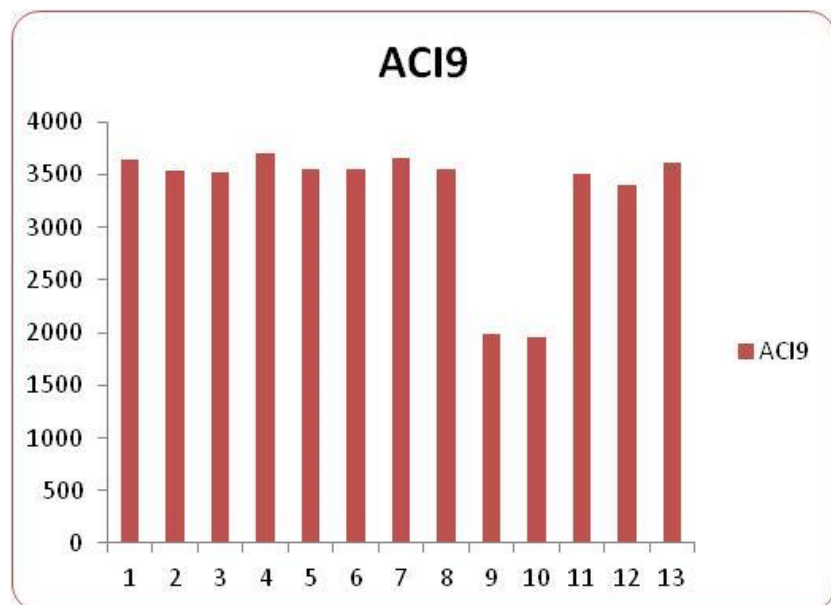
Διάγραμμα 23: Δείκτης πολυπλοκότητας όγδοης μέρας



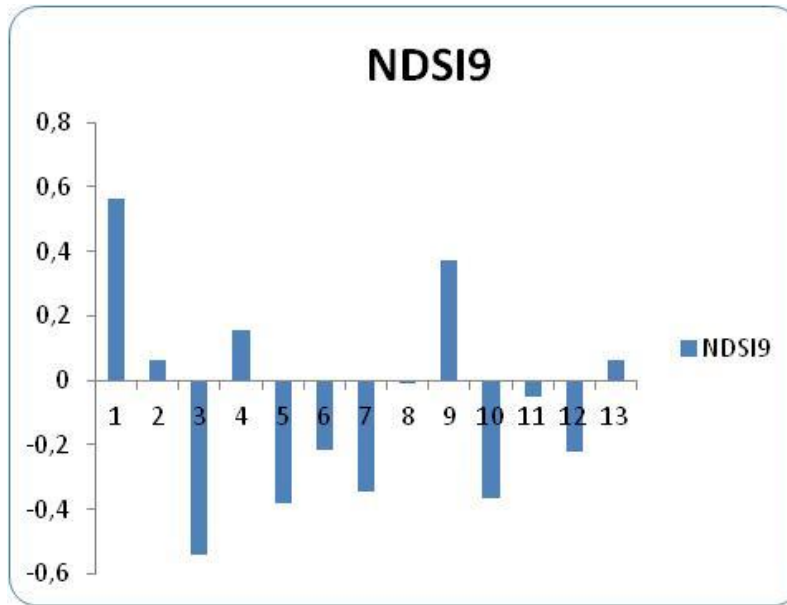
Διάγραμμα 24: Δείκτης ηχοτοπίου όγδοης μέρας



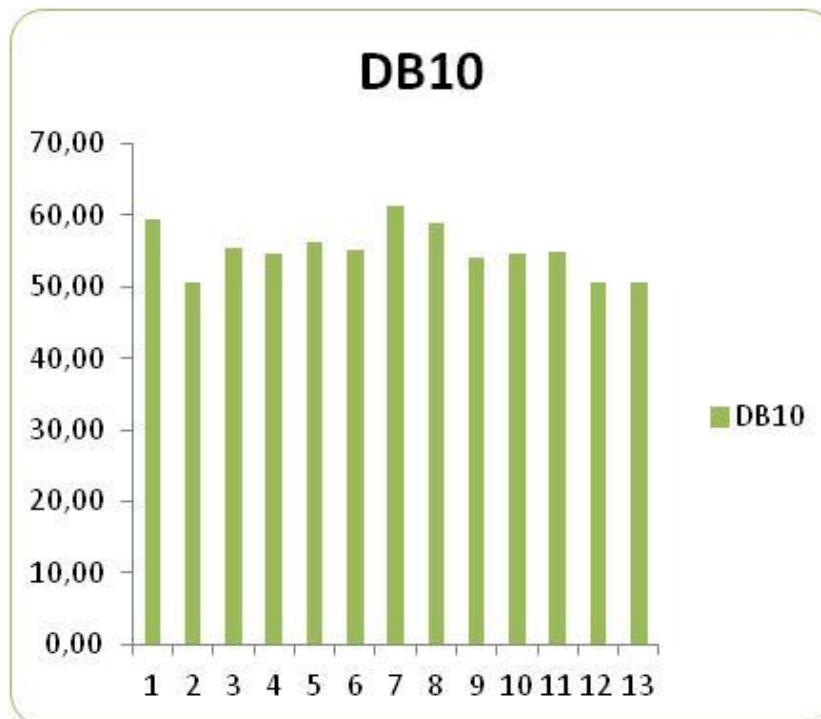
Διάγραμμα 25: Επίπεδα θορύβου ένατης μέρας



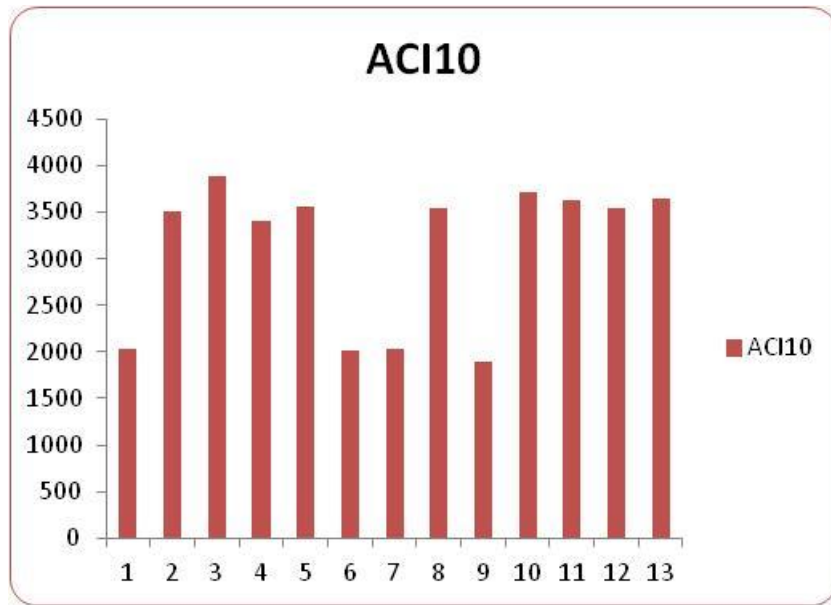
Διάγραμμα 26: Δείκτης πολυπλοκότητας ένατης μέρας



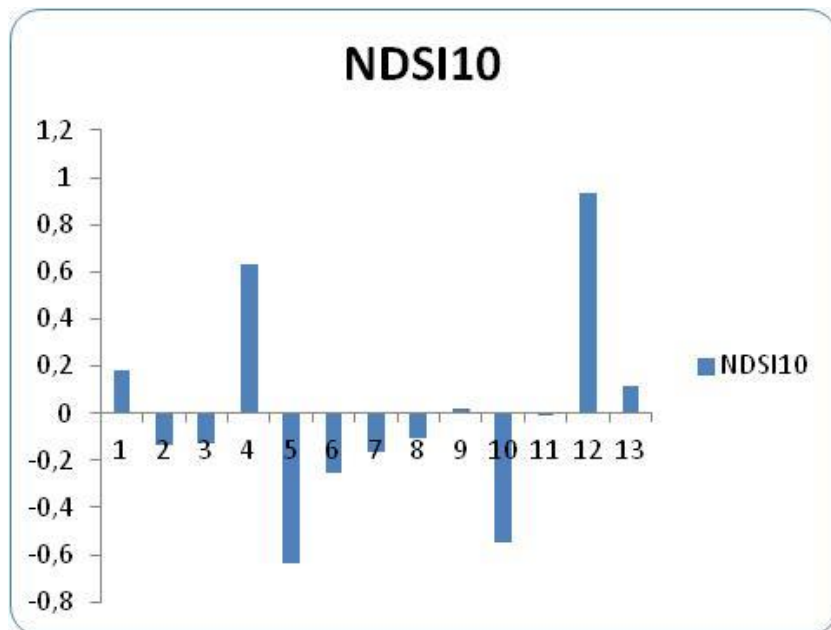
Διάγραμμα 27: Δείκτης ηχοτοπίου ένατης μέρας



Διάγραμμα 28: Επίπεδα θορύβου δέκατης μέρας



Διάγραμμα 29: Δείκτης πολυπλοκότητας δέκατης μέρας

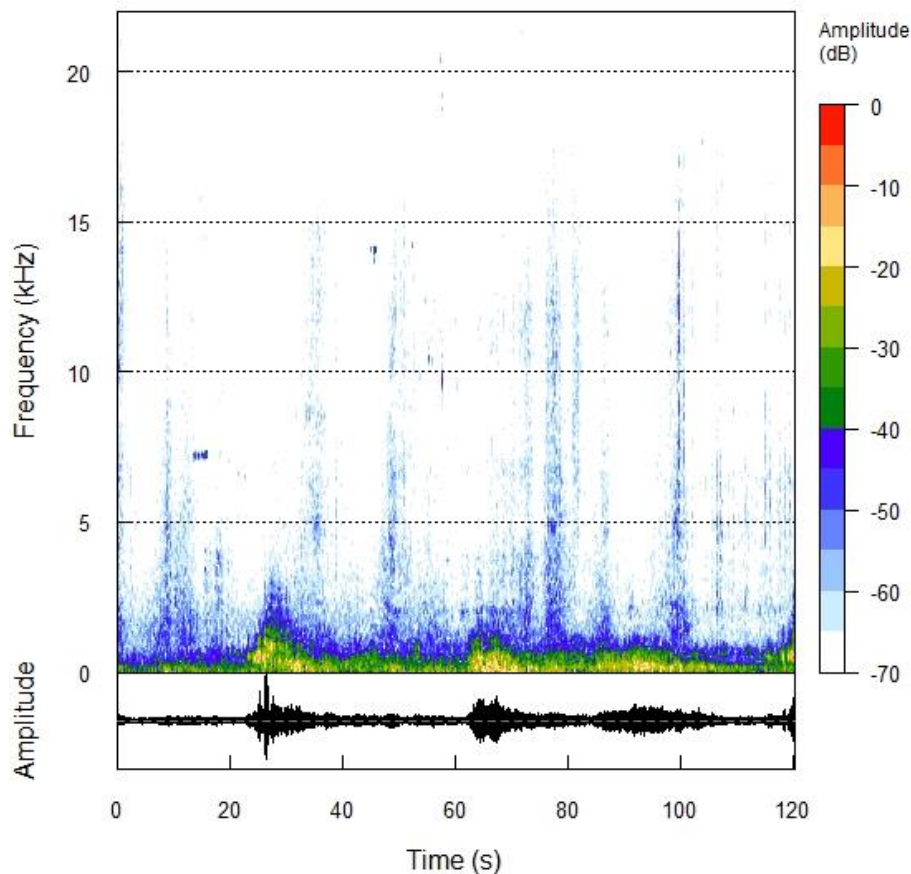


Διάγραμμα 30: Δείκτης ηχοτοπίου δέκατης μέρας

4.1 ΦΑΣΜΑΤΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

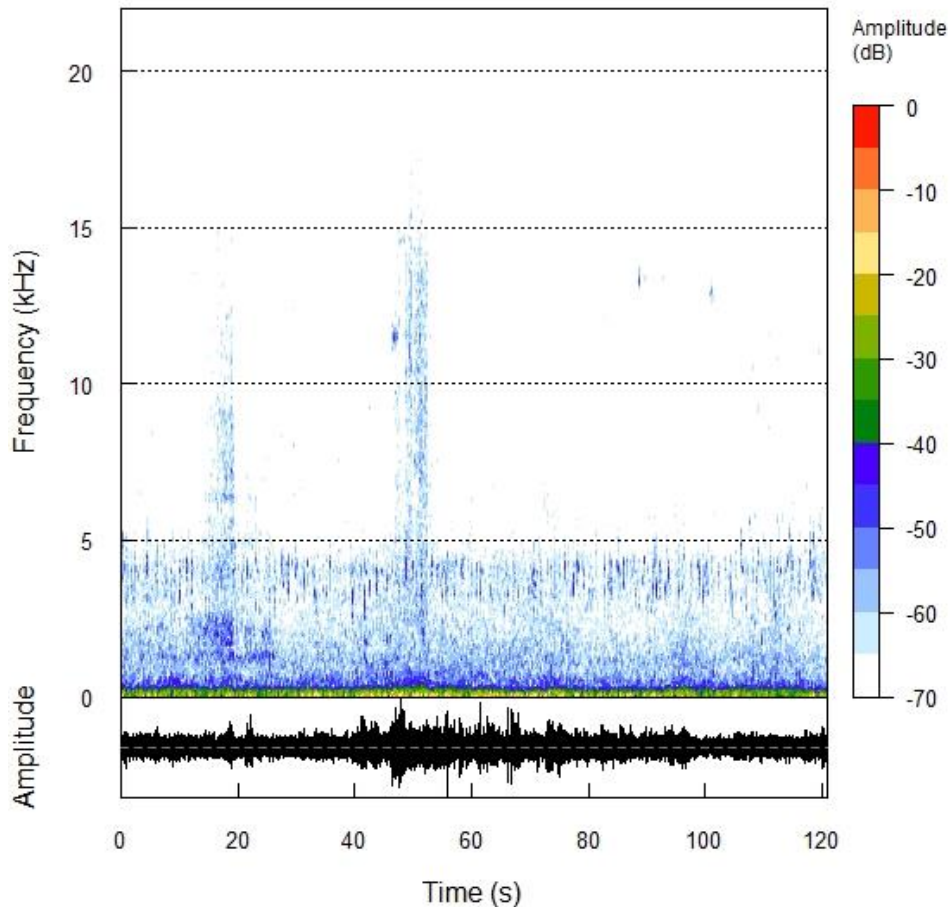
Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα βασικά φασματογραφήματα, που προέκυψαν από τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν. Τα κριτήρια επιλογής των φασματογραφημάτων είναι τα επίπεδα ηχηρότητας, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου NDSI. Συνεπώς, επιλέχθηκαν τα σημεία δειγματοληψίας, στα οποία τα επίπεδα ηχηρότητας ήταν μεγαλύτερα και μικρότερα, για κάθε ημέρα ηχογράφησης.

Για την πρώτη ημέρα ηχογράφησης επιλέχθηκε το παρακάτω φασματογράφημα. Το σημείο δειγματοληψίας βρίσκεται κοντά στα όρια του πάρκου συνεπώς, επηρεάζεται από το θόρυβο της οδικής κυκλοφορίας.



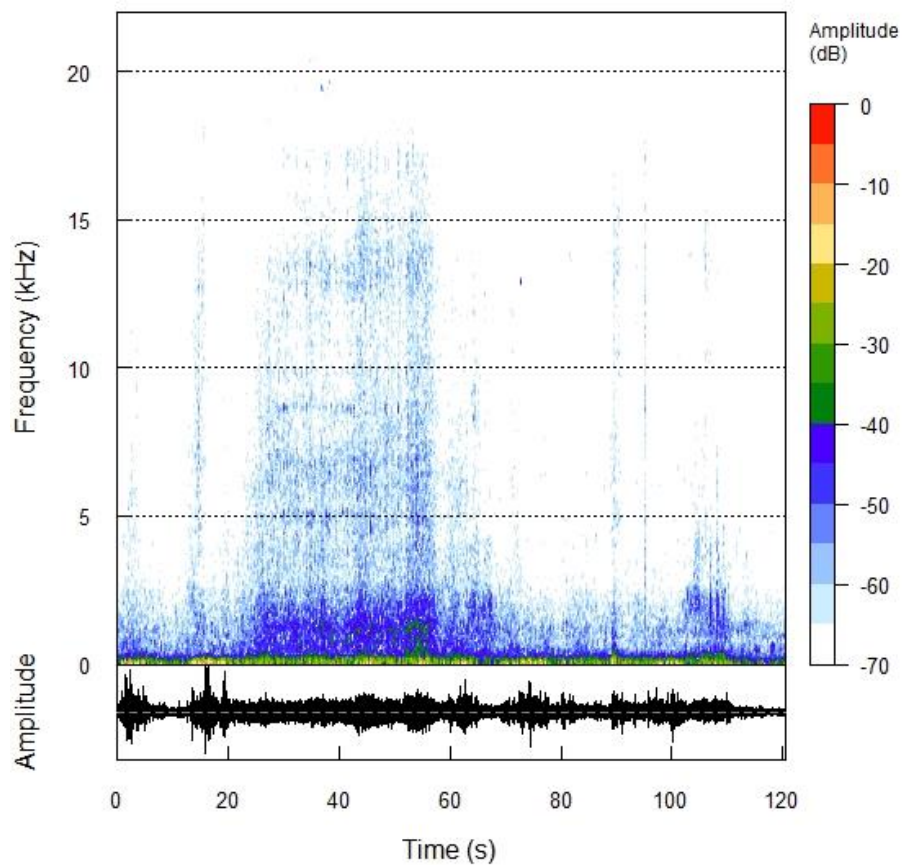
Εικόνα 1: Φασματογράφημα πρώτης ημέρας πρώτης ηχογράφησης

Στη συγκεκριμένη ηχογράφηση (Εικόνα 1), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 76 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3883 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι -0,7598. Παρατηρείται ότι ο δείκτης ηχοτοπίου (NDSI) έχει αρνητικό πρόσημο, συνεπώς κυριαρχεί η ανθρωποφωνία.



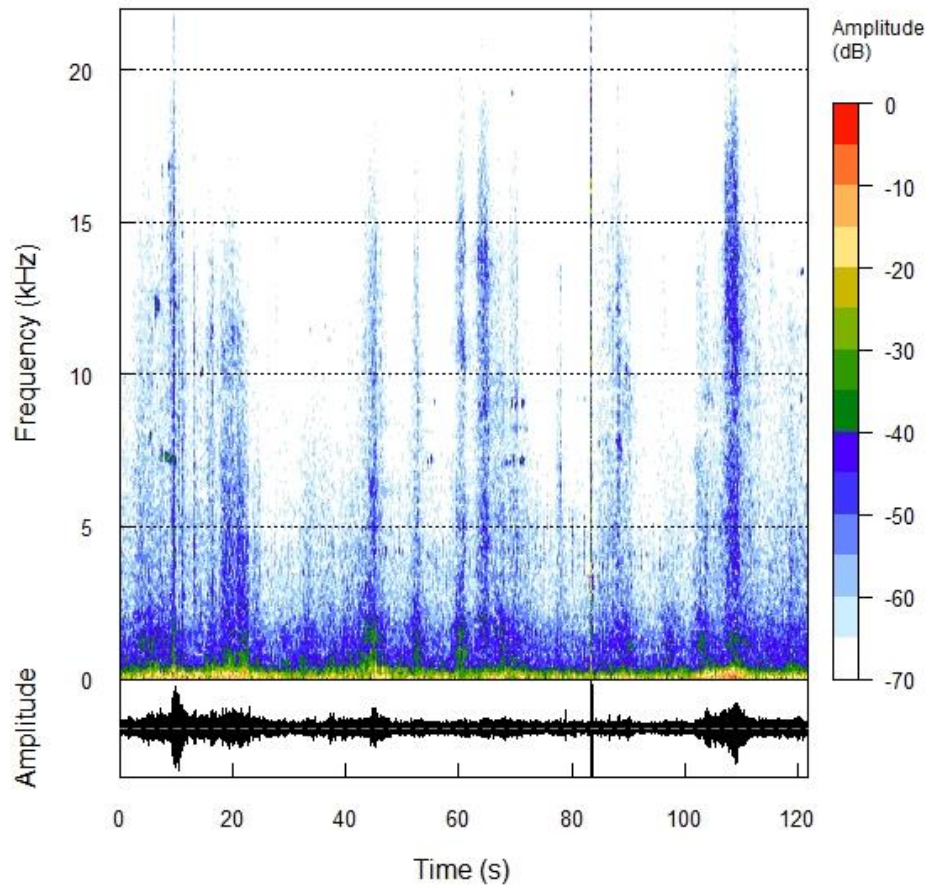
Εικόνα 2: Φασματογράφημα πρώτης ημέρας εντεκάτης ηχογράφησης

Στο εντέκατο σημείο της πρώτης ημέρας (Εικόνα 2), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 59 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3773 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι 0,2547.



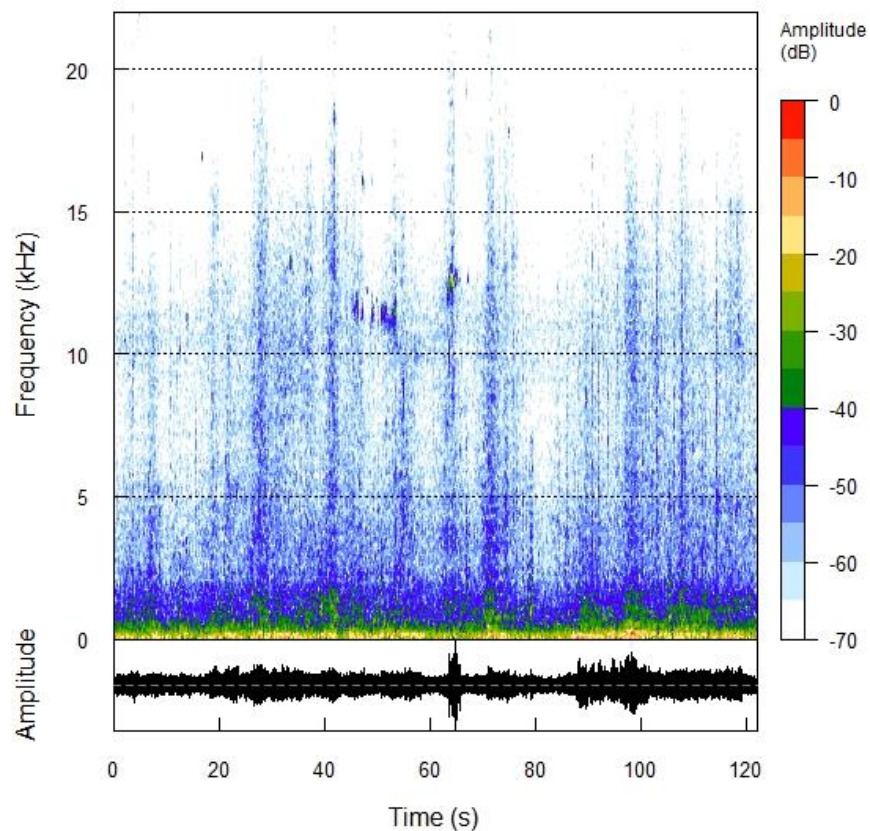
Εικόνα 3: Φασματογράφημα δεύτερης ημέρας πρώτης ηχογράφησης

Στο πρώτο σημείο της δεύτερης ημέρας (Εικόνα 3), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 48 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3870 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι -0,3947. Παρατηρείται ότι κυριαρχεί η ανθρωποφωνία, λόγω του αρνητικού πρόσημου στο δείκτη NDSI.



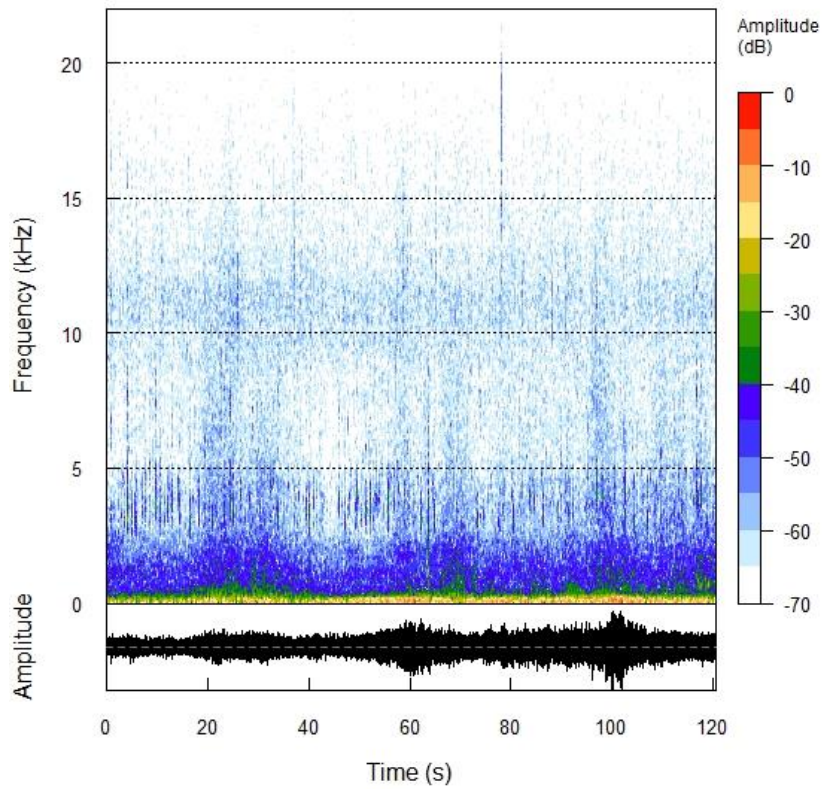
Εικόνα 4: Φασματογράφημα δεύτερης ημέρας έκτης ηχογράφησης

Στο έκτο σημείο της δεύτερης ημέρας (Εικόνα 4), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 58 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3686 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι 0,6565.



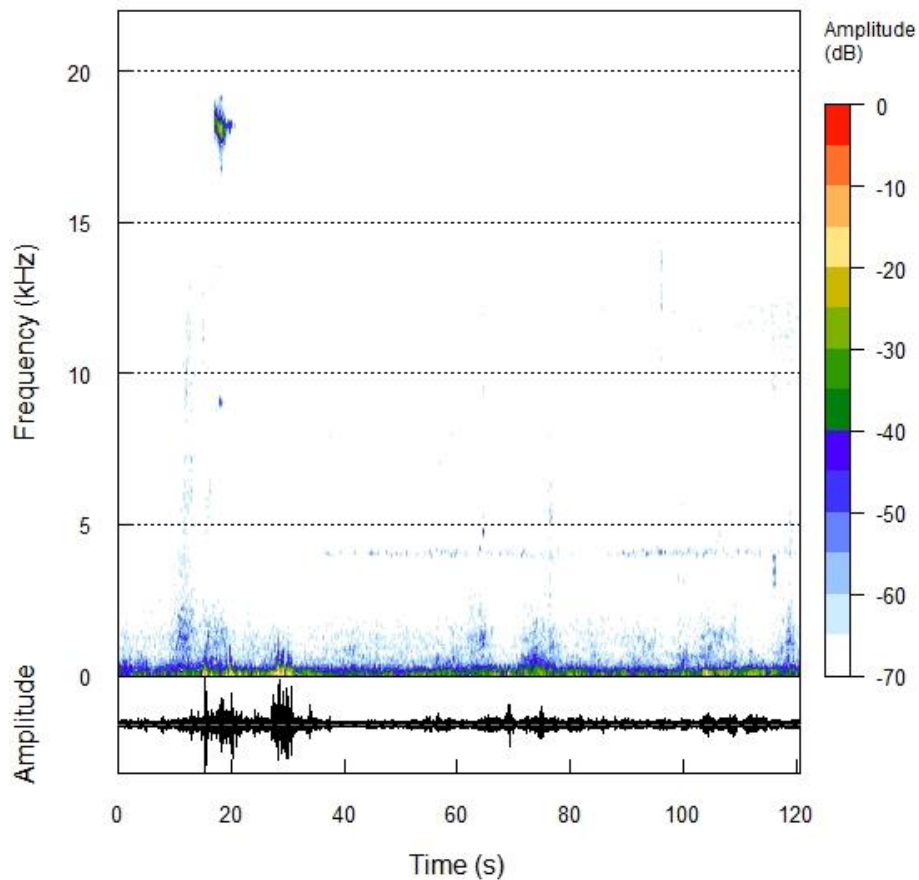
Εικόνα 5: Φασματογράφημα τρίτης ημέρας έβδομης ηχογράφησης

Στο έβδομο σημείο της τρίτης ημέρας (Εικόνα 5), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 62,40 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3767 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι -0,3960. Παρατηρείται ότι ο δείκτης ηχοτοπίου (NDSI) έχει αρνητικό πρόσημο, συνεπώς κυριαρχεί η ανθρωποφωνία.



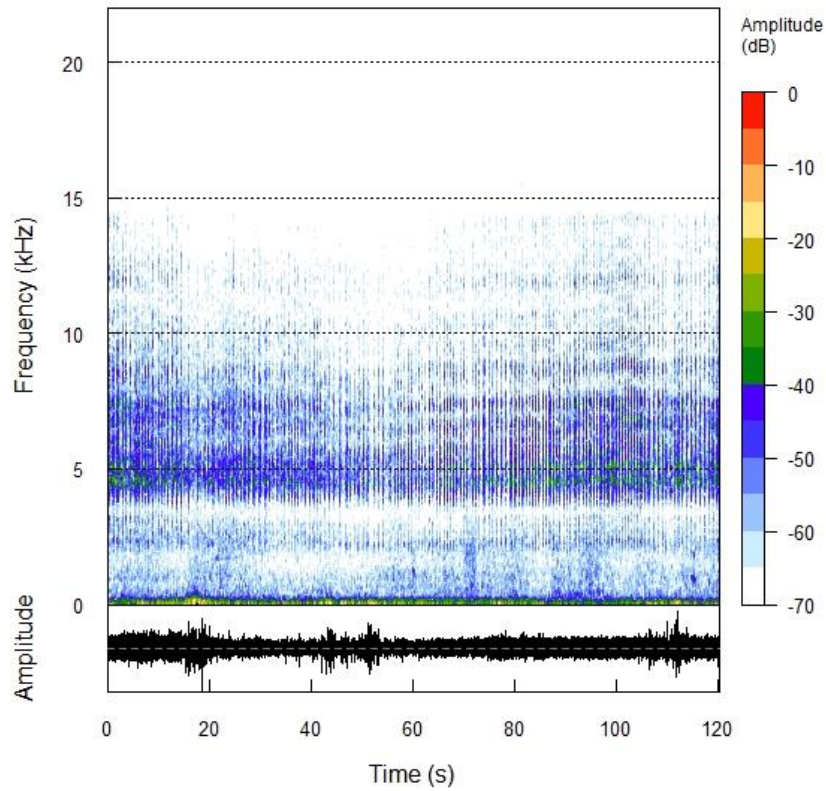
Εικόνα 6: Φασματογράφημα τρίτης ημέρας δέκατης τρίτης ηχογράφησης

Στο δέκατο τρίτο σημείο της τρίτης ημέρας (Εικόνα 6), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 52,30 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 2025 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι -0,00178. Παρατηρείται ότι ο δείκτης ηχοτοπίου (NDSI) έχει αρνητικό πρόσημο, συνεπώς κυριαρχεί η ανθρωποφωνία.



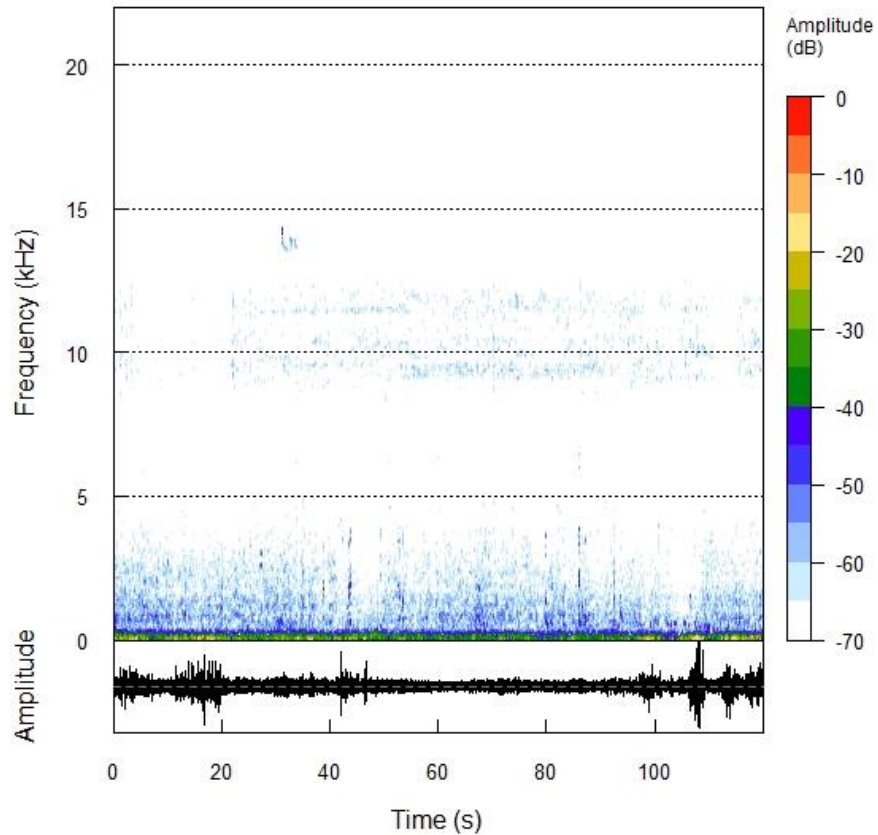
Εικόνα 7: Φασματογράφημα τέταρτης ημέρας πρώτης ηχογράφησης

Στο πρώτο σημείο της τέταρτης ημέρας (Εικόνα 7), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 61,80 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 2025 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι -0,00177. Παρατηρείται ότι κυριαρχεί η ανθρωποφωνία.



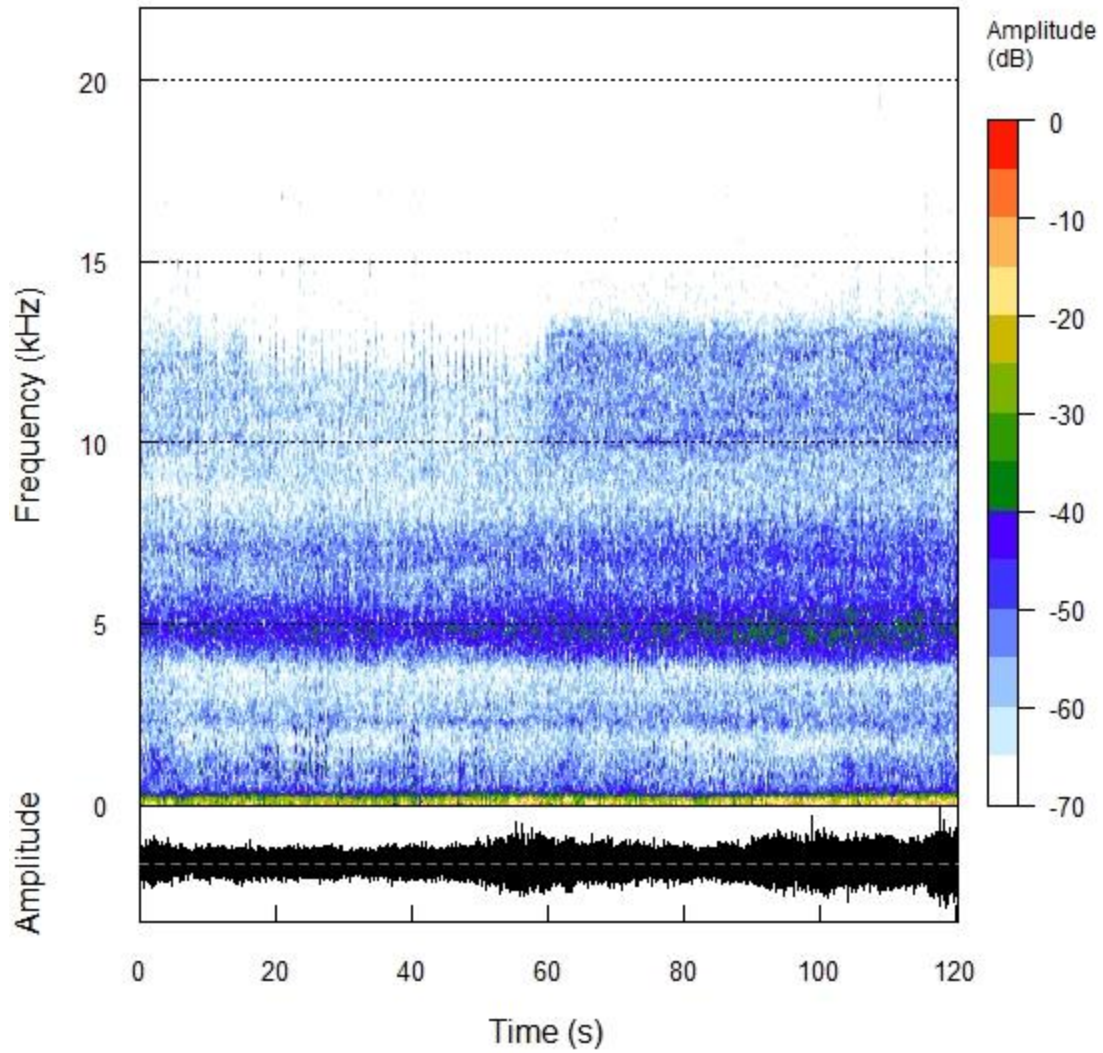
Εικόνα 8: Φασματογράφημα τέταρτης ημέρας δέκατης τρίτης ηχογράφησης

Στο δέκατο τρίτο σημείο της τέταρτης ημέρας (Εικόνα 8), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 50,50 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3631 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι 0,8445.



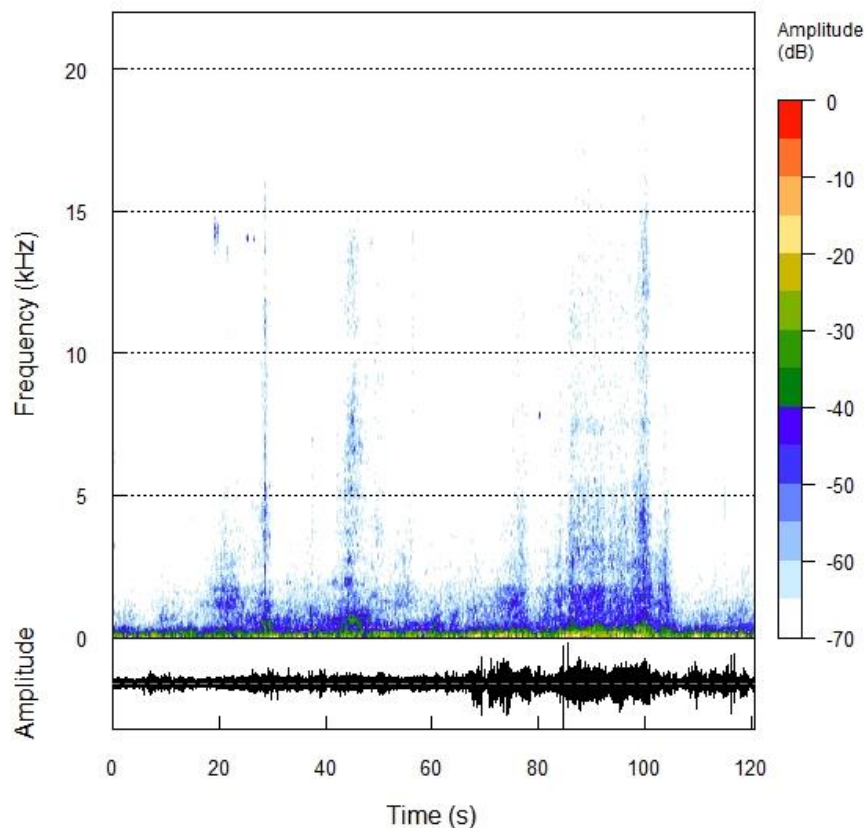
Εικόνα 9: Φασματογράφημα πέμπτης ημέρας όγδοης ηχογράφησης

Στο όγδοο σημείο της πέμπτης ημέρας (Εικόνα 9), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 61,20 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3867 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι -0,1051. Παρατηρείται ότι ο δείκτης ηχοτοπίου (NDSI) έχει αρνητικό πρόσημο, συνεπώς κυριαρχεί η ανθρωποφωνία.



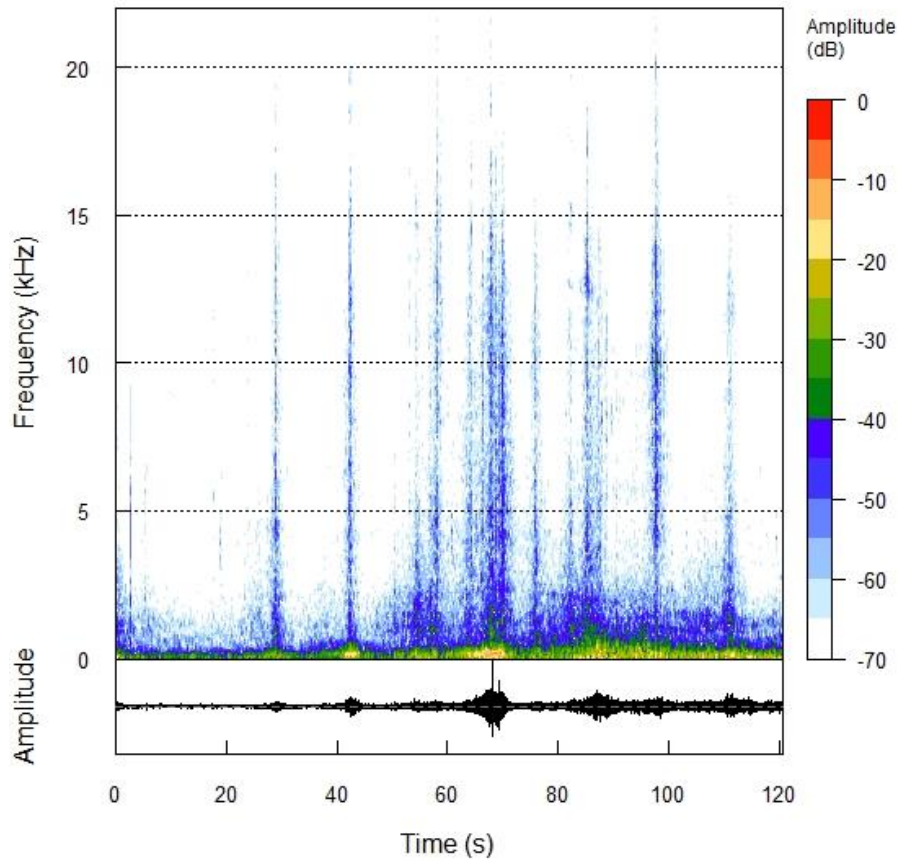
Εικόνα 10: Φασματογράφημα πέμπτης ημέρας δέκατης τρίτης ηχογράφησης

Στο δέκατο τρίτο σημείο της πέμπτης ημέρας (Εικόνα 10), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 47,60 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3605 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι 0,7871.



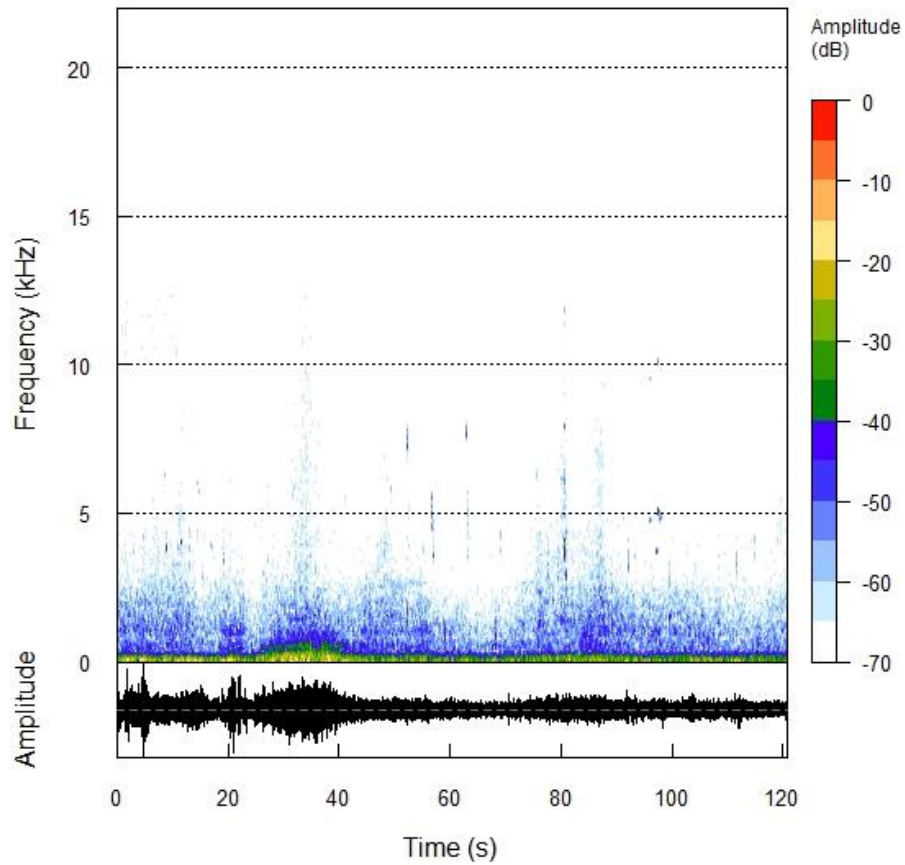
Εικόνα 11: Φασματογράφημα έκτης ημέρας δεύτερης ηχογράφησης

Στο δεύτερο σημείο της έκτης ημέρας (Εικόνα 11), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 48,50 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3574 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι -0,9451. Παρατηρείται ότι ο δείκτης ηχοτοπίου (NDSI) έχει αρνητικό πρόσημο, συνεπώς κυριαρχεί η ανθρωποφωνία.



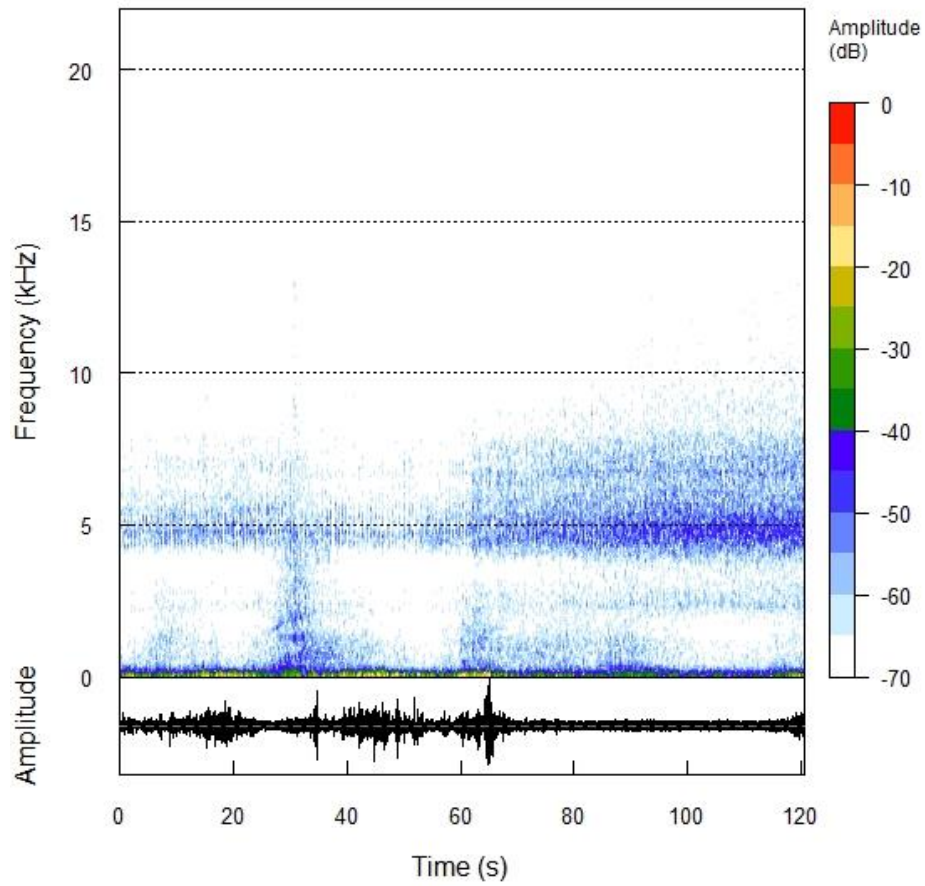
Εικόνα 12: Φασματογράφημα έκτης ημέρας πέμπτης ηχογράφησης

Στο πέμπτο σημείο της έκτης ημέρας (Εικόνα 12), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 59,60 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 2051 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι -0,3951. Παρατηρείται ότι ο δείκτης ηχοτοπίου (NDSI) έχει αρνητικό πρόσημο, συνεπώς κυριαρχεί η ανθρωποφωνία.



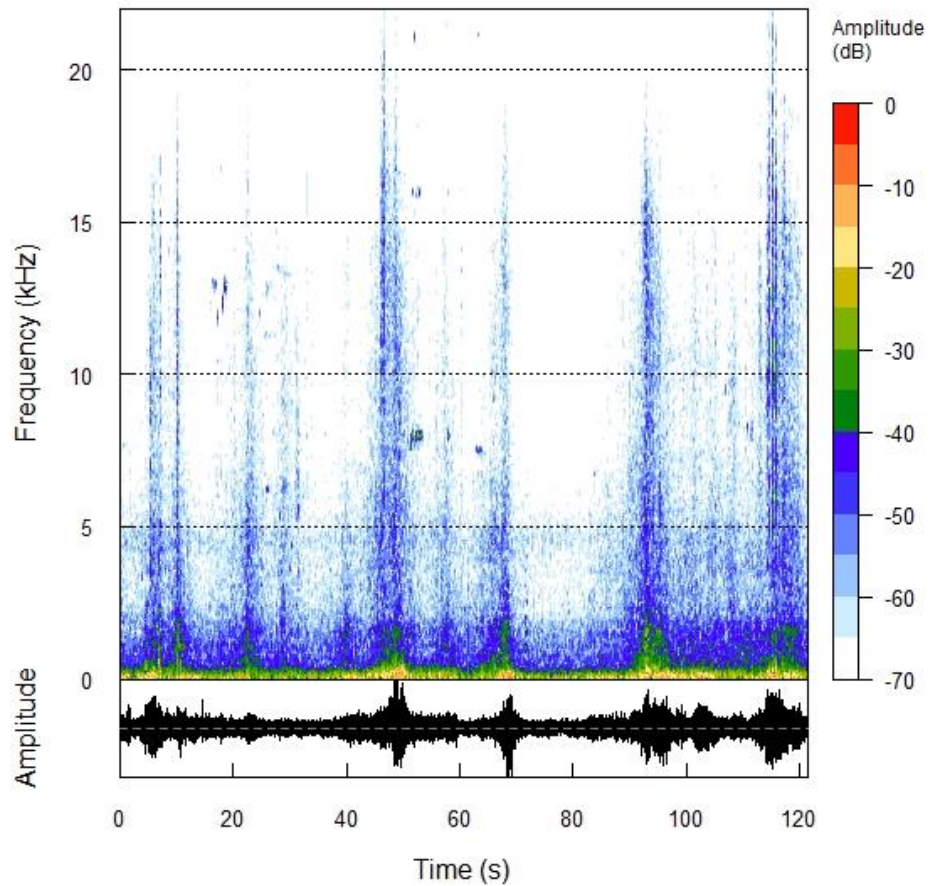
Εικόνα 13: Φασματογράφημα έβδομης ημέρας πρώτης ηχογράφησης

Στο πρώτο σημείο της τρίτης ημέρας (Εικόνα 13), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 64,10 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3682 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι 0,1350.



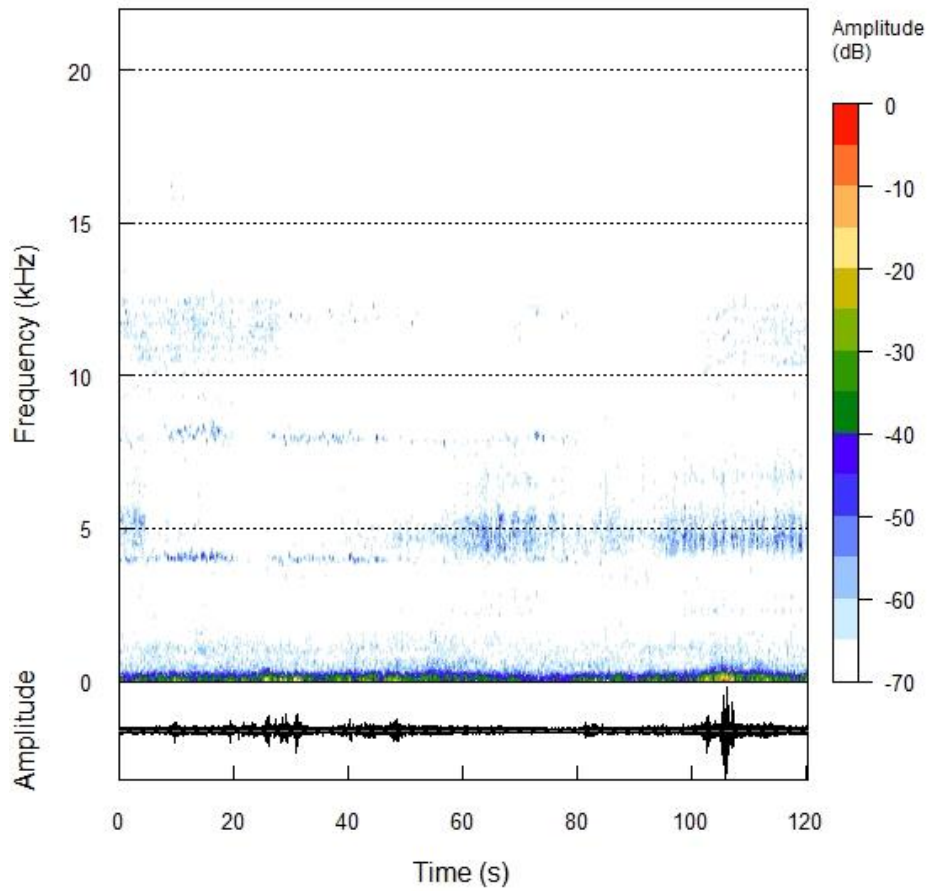
Εικόνα 14: Φασματογράφημα έβδομης ημέρας δωδέκατης ηχογράφησης

Στο δωδέκατο σημείο της έβδομης ημέρας (Εικόνα 14), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 53,20 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3558 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι 0,9067.



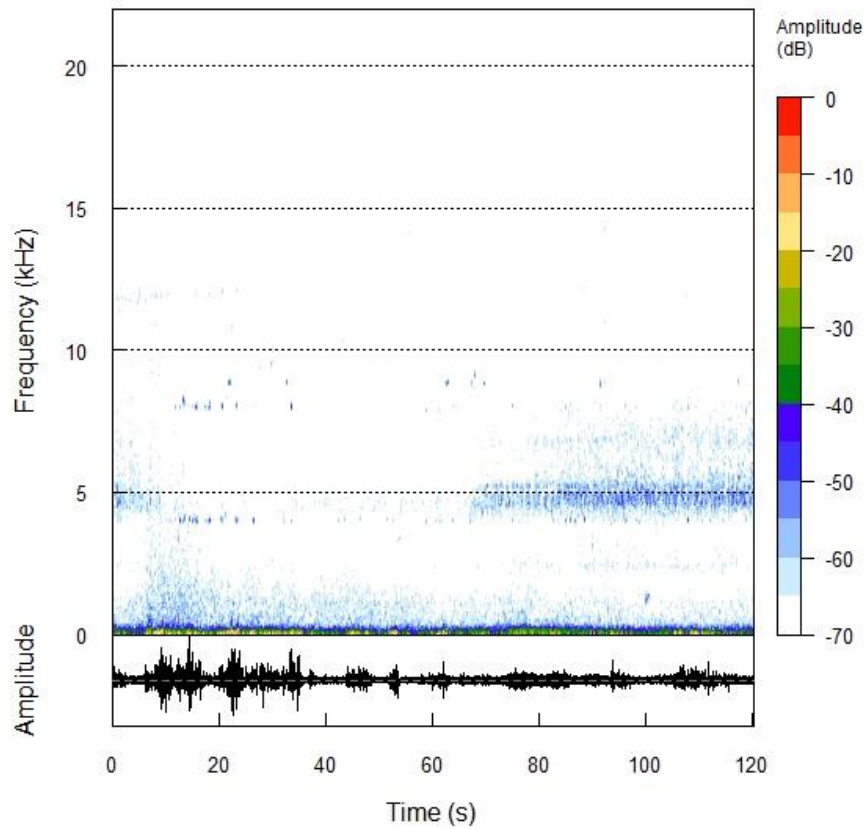
Εικόνα 15: Φασματογράφημα όγδης ημέρας έβδομης ηχογράφησης

Στο έβδομο σημείο της όγδης ημέρας (Εικόνα 15), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 58,30 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3503 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι -0,4246. Παρατηρείται ότι ο δείκτης ηχοτοπίου (NDSI) έχει αρνητικό πρόσημο, συνεπώς κυριαρχεί η ανθρωποφωνία.



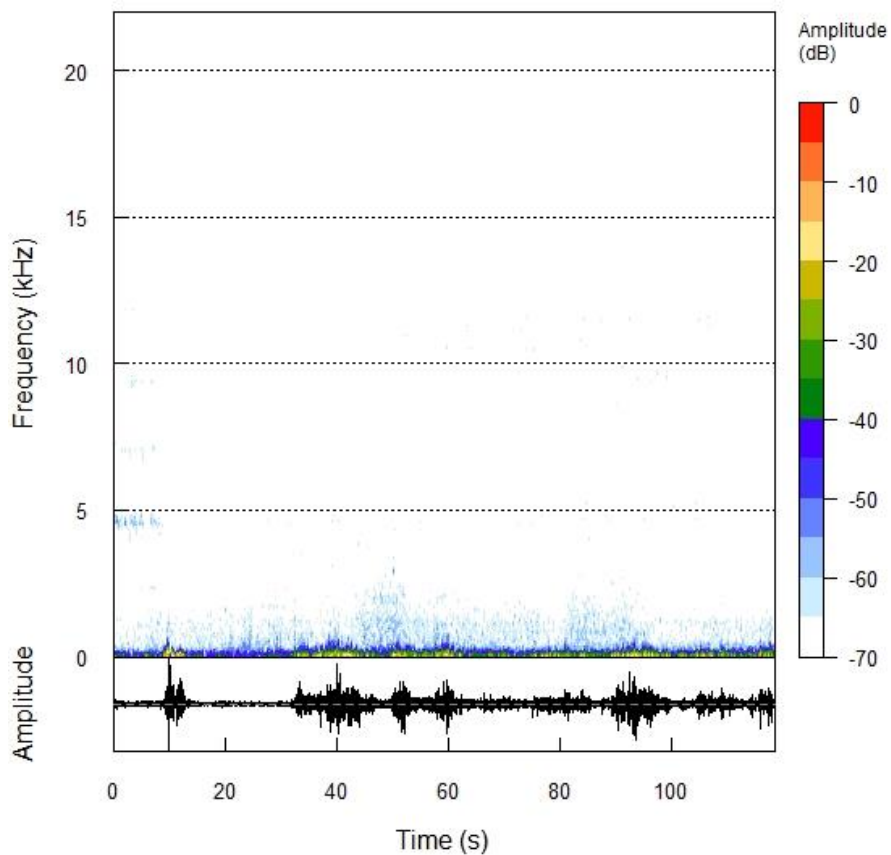
Εικόνα 16: Φασματογράφημα όγδης ημέρας δέκατης τρίτης ηχογράφησης

Στο δέκατο τρίτο σημείο της όγδης ημέρας (Εικόνα 16), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 47,00 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3694 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι 0,6759.



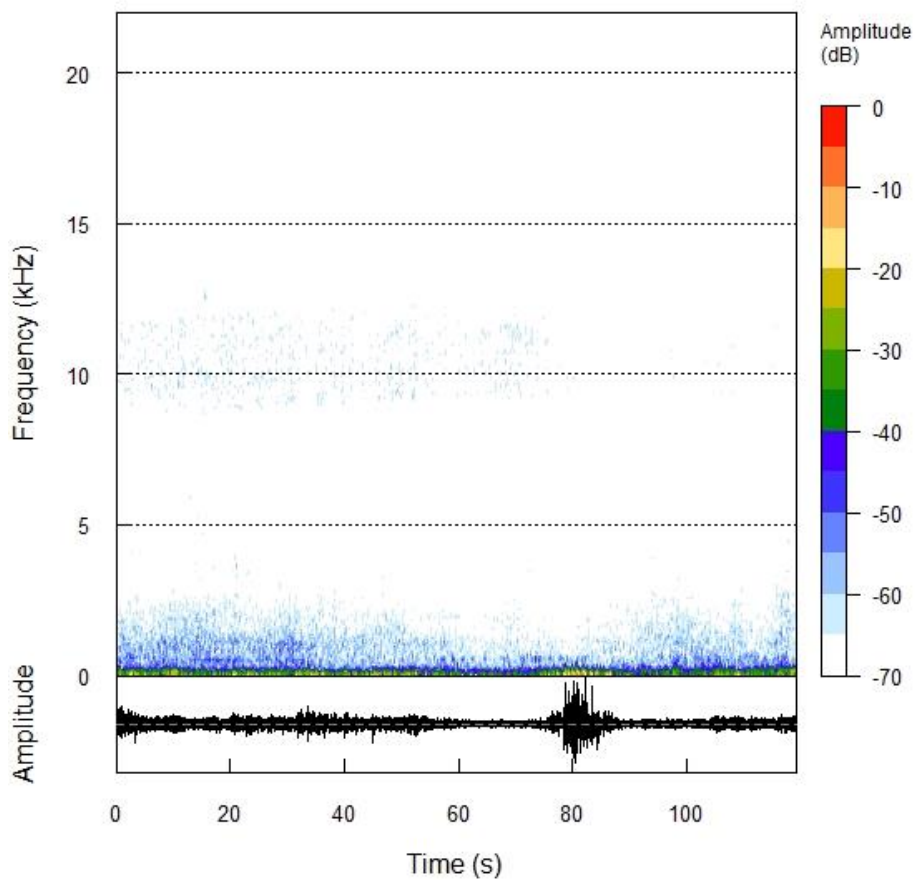
Εικόνα 17: Φασματογράφημα ένατης ημέρας πρώτης ηχογράφησης

Στο πρώτο σημείο της ένατης ημέρας (Εικόνα 17), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 57,50 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3639 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι 0,5633.



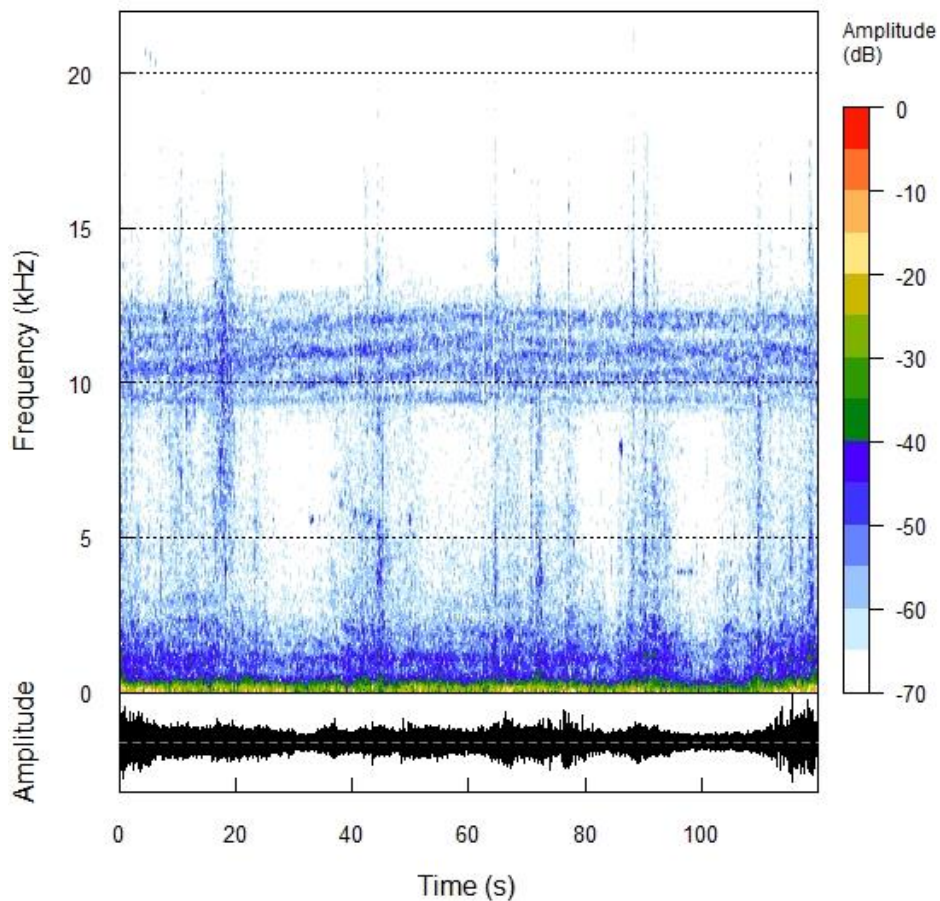
Εικόνα 18: Φασματογράφημα ένατης ημέρας δεύτερης ηχογράφησης

Στο δεύτερο σημείο της ένατης ημέρας (Εικόνα 18), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνουν στα 49,60 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3542 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι 0,06510.



Εικόνα 19: Φασματογράφημα δέκατης ημέρας δεύτερης ηχογράφησης

Στο δεύτερο σημείο της δέκατης ημέρας (Εικόνα 19), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 50,50 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 3514 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι -0,1361. Παρατηρείται ότι ο δείκτης ηχοτοπίου (NDSI) έχει αρνητικό πρόσημο, συνεπώς κυριαρχεί η ανθρωποφωνία.



Εικόνα 20: Φασματογράφημα δέκατης ημέρας έβδομης ηχογράφησης

Στο έβδομο σημείο της δέκατης ημέρας (Εικόνα 20), τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται στα 61,30 dB, τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας είναι 2035 και τα αποτελέσματα του δείκτη ηχοτοπίου είναι -0,1636. Παρατηρείται ότι ο δείκτης ηχοτοπίου (NDSI) έχει αρνητικό πρόσημο, συνεπώς κυριαρχεί η ανθρωποφωνία.

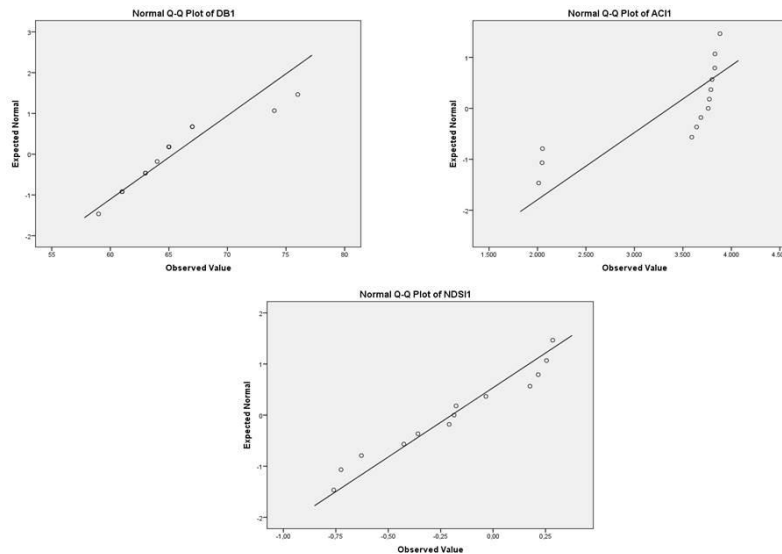
4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ

Με χρήση του λογισμικού SPSS εξάχθηκαν τα περιγραφικά στοιχεία των δεδομένων που συλλέχθηκαν και πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας για κάθε ημέρα δειγματοληψίας για όλους τους δείκτες.

Πρώτη μέρα δειγματοληψίας

	MEAN	MEDIAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
DB1	65,3846	65,0000	4,8700	59,0000	76,0000
ACI1	33,6100	37,6100	75,9300	20,1200	38,8300
NDSI1	-0,1979	-0,1935	0,3687	-0,7600	0,2800

Πίνακας 1: Περιγραφική στατιστική πρώτης μέρας



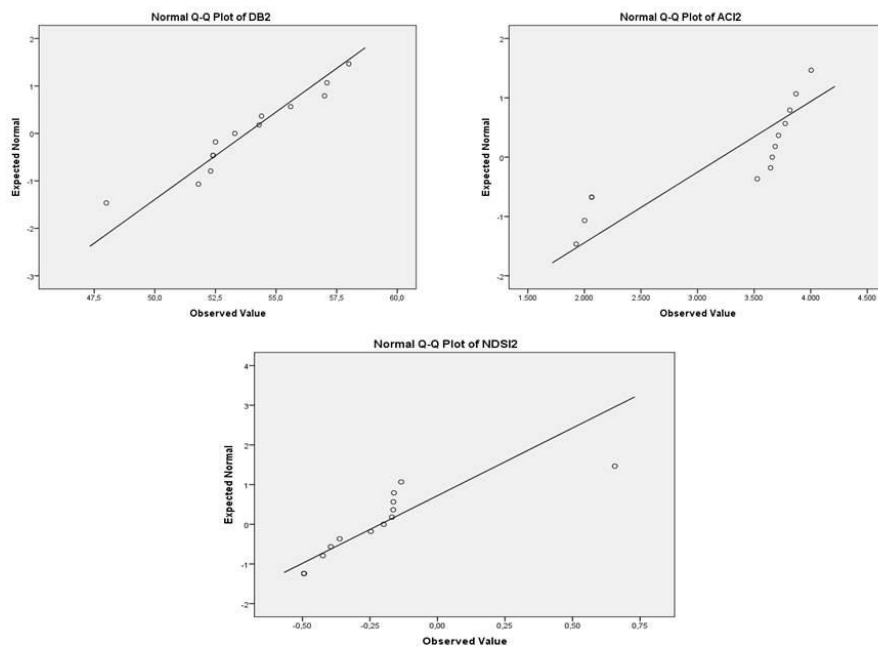
Εικόνα 21: Έλεγχος κανονικότητας δεδομένων της πρώτης μέρας δειγματοληψίας

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 21, εκτός από τη μεταβλητή ACI1 της πρώτης μέρας δειγματοληψίας, οι υπόλοιπες μεταβλητές ακολουθούν κανονική κατανομή.

Δεύτερη μέρα δειγματοληψίας

	MEAN	MEDIAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
DB2	53,7769	53,3000	2,7100	48,0000	58,0000
ACI2	3211,9231	3660,0000	839,5559	1927,0000	4004,0000
NDSI2	-0,2115	-0,1990	0,9317	-0,4900	0,6600

Πίνακας 2: Περιγραφική στατιστική δεύτερης μέρας



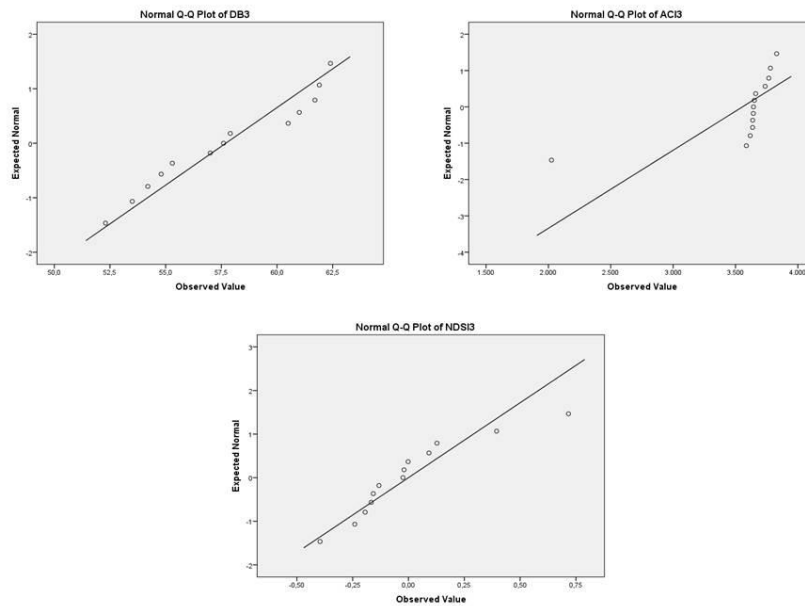
Εικόνα 22: Έλεγχος κανονικότητας δεδομένων της δεύτερης μέρας δειγματοληψίας

Μόνο η μεταβλητή DB2 ακολουθεί κανονική κατανομή, όπως φαίνεται στην εικόνα 22.

Τρίτη μέρα δειγματοληψίας

	MEAN	MEDIAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
DB3	57,7000	57,6000	3,5100	52,3000	62,4000
ACI3	3555,3846	3644,0000	465,5200	2025,0000	3830,0000
NDSI3	-0,0003	-0,0249	0,2912	-0,4000	0,7200

Πίνακας 3: Περιγραφική στατιστική τρίτης μέρας



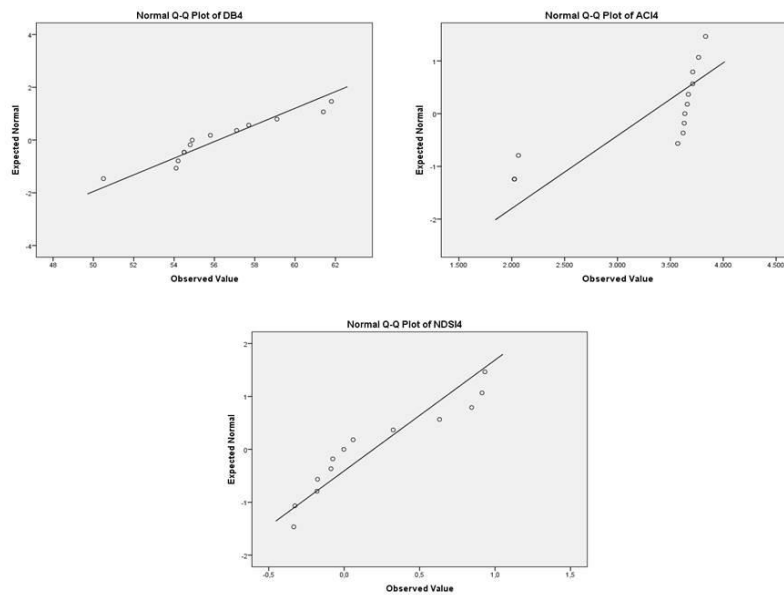
Εικόνα 23: Έλεγχος κανονικότητας δεδομένων της τρίτης μέρας δειγματοληψίας

Όπως παρατηρείται από την εικόνα 23, μόνο οι μεταβλητές DB3 και NDSI3 ακολουθούν κανονική κατανομή.

Τέταρτη μέρα δειγματοληψίας

	MEAN	MEDIAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
DB4	56,1846	54,9000	3,1670	50,5000	61,8000
ACI4	3301,9231	3637,0000	723,8661	2025,0000	3833,0000
NDSI4	0,1944	-0,0018	0,4770	-0,3300	0,9300

Πίνακας 4: Περιγραφική στατιστική τέταρτης μέρας



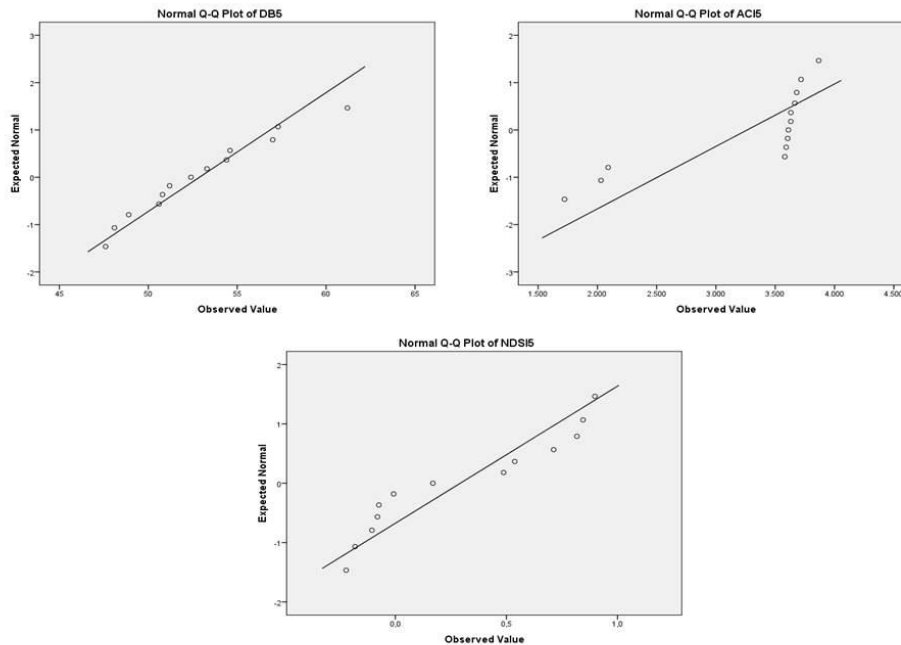
Εικόνα 24: Έλεγχος κανονικότητας δεδομένων της τέταρτης μέρας δειγματοληψίας

Μόνο η μεταβλητή dB4 ακολουθεί κανονική κατανομή, σύμφωνα με την εικόνα 24.

Πέμπτη μέρα δειγματοληψίας

	MEAN	MEDIAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
DB5	52,8769	52,4000	3,9825	47,6000	61,2000
ACI5	3263,6154	3611,0000	757,8839	1723,0000	3867,0000
NDSI5	0,2920	0,1693	0,4325	-0,2200	0,9000

Πίνακας 5: Περιγραφική στατιστική πέμπτης μέρας



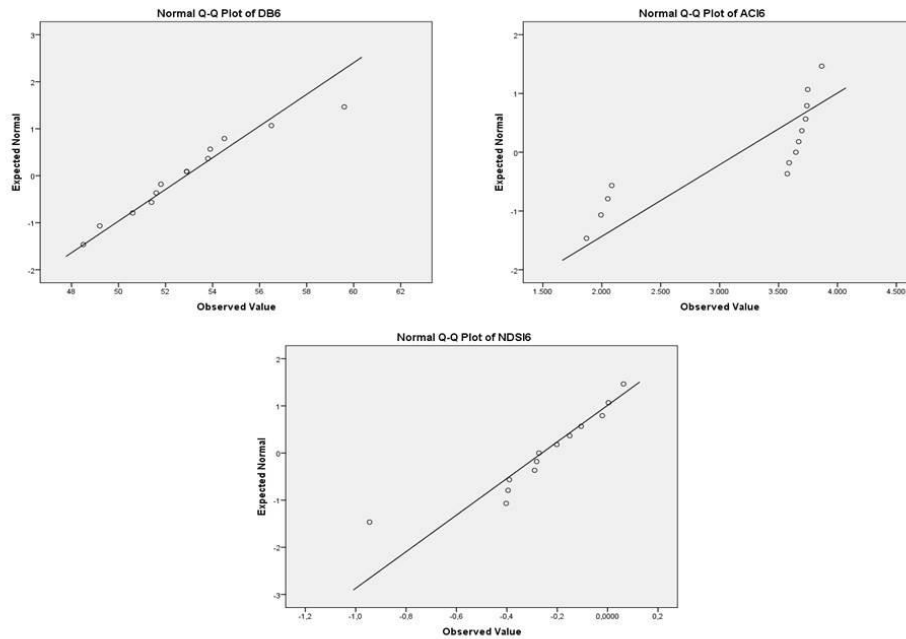
Εικόνα 25: Έλεγχος κανονικότητας δεδομένων της πέμπτης μέρας δειγματοληψίας

Όπως φαίνεται από την Εικόνα 25, μόνο η μεταβλητή DB5 ακολουθεί κανονική κατανομή.

Έκτη μέρα δειγματοληψίας

	MEAN	MEDIAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
DB6	52,8615	52,9000	2,9678	48,5000	59,6000
ACI6	3174,2308	3647,0000	819,6008	1870,0000	3867,0000
NDSI6	-0,2606	-0,2724	0,2577	-0,9500	0,0600

Πίνακας 6: Περιγραφική στατιστική έκτης μέρας



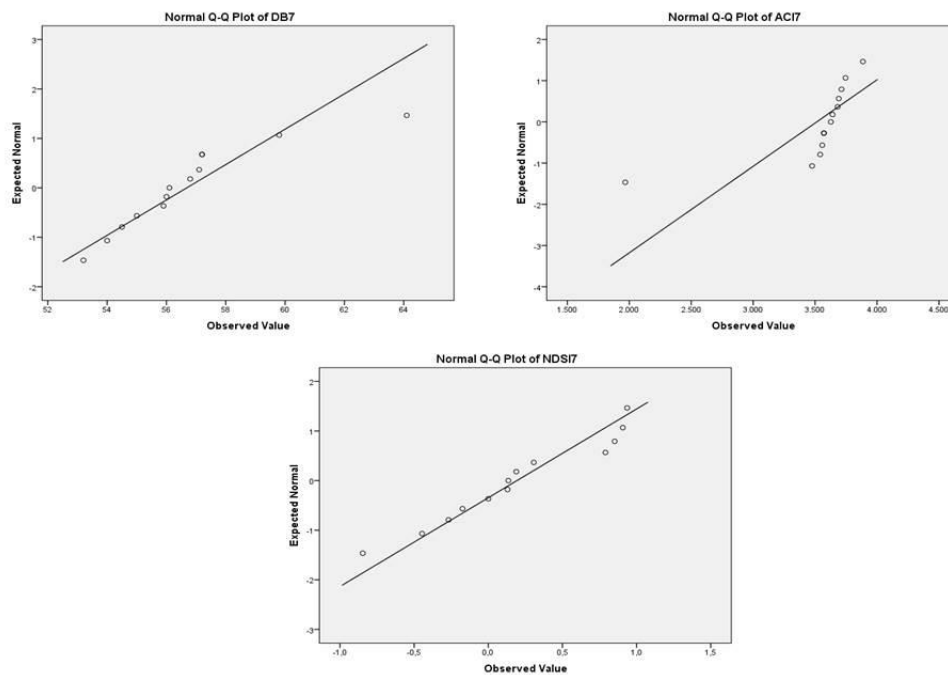
Εικόνα 26: Έλεγχος κανονικότητας δεδομένων της έκτης μέρας δειγματοληψίας

Σύμφωνα με την εικόνα 26, παρατηρείται ότι μόνο η μεταβλητή ACI6 δεν ακολουθεί κανονική κατανομή.

Έβδομη μέρα δειγματοληψίας

	MEAN	MEDIAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
DB7	56,6685	56,1000	2,7958	53,2000	64,1000
ACI7	3513,1538	3627,0000	476,1804	1968,0000	3886,0000
NDSI7	0,1931	0,1351	0,5587	-0,8500	0,9400

Πίνακας 7: Περιγραφική στατιστική έβδομης μέρας



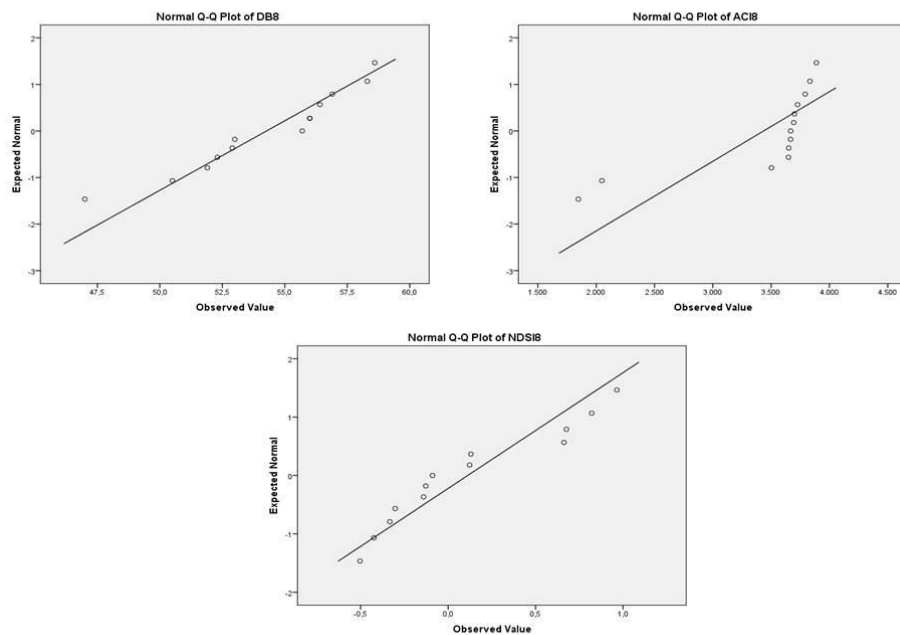
Εικόνα 27: Έλεγχος κανονικότητας δεδομένων της έβδομης μέρας δειγματοληψίας

Τα δεδομένα της εικόνας 27, δείχνουν ότι μόνο η μεταβλητή NDSI7 ακολουθεί κανονική κατανομή.

Όγδοη μέρα δειγματοληψίας

	MEAN	MEDIAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
DB8	54,2700	55,7000	3,3488	47,0000	58,6000
ACI8	3436,0000	3668,0000	668,4278	1847,0000	3888,0000
NDSI8	0,1118	-0,0897	0,5041	-0,5000	0,9600

Πίνακας 8: Περιγραφική στατιστική όγδοης μέρας



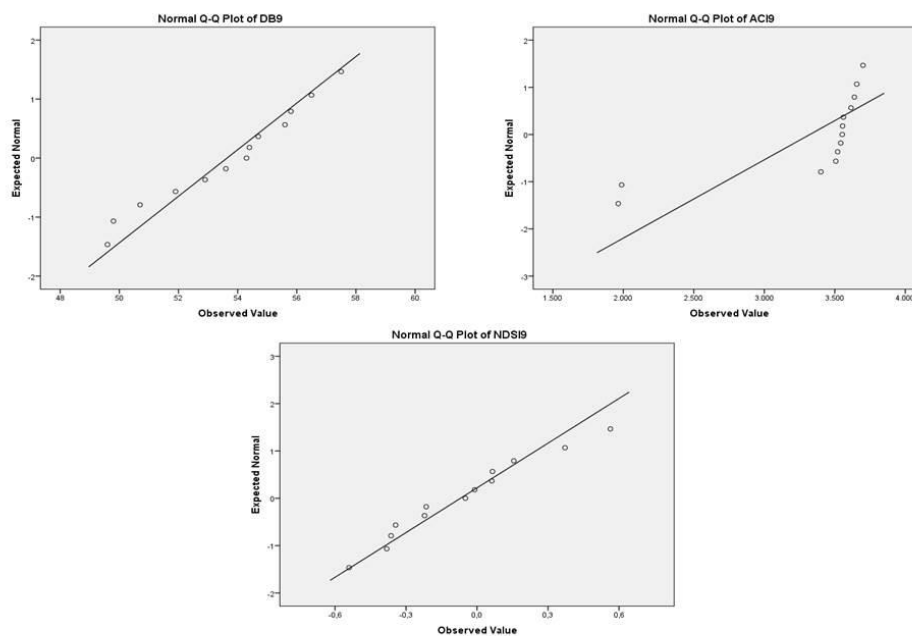
Εικόνα 28: Έλεγχος κανονικότητας δεδομένων της όγδοης μέρας δειγματοληψίας

Μόνο η μεταβλητή ACI8 δεν ακολουθεί κανονική κατανομή, όπως παρατηρείται από την εικόνα 28.

Ένατη μέρα δειγματοληψίας

	MEAN	MEDIAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
DB9	53,6385	54,3000	2,5333	49,6000	57,5000
ACI9	3323,1538	3553,0000	602,5862	1964,0000	3700,0000
NDSI9	-0,0698	-0,0491	0,3177	-0,5400	0,5600

Πίνακας 9: Περιγραφική στατιστική ένατης μέρας



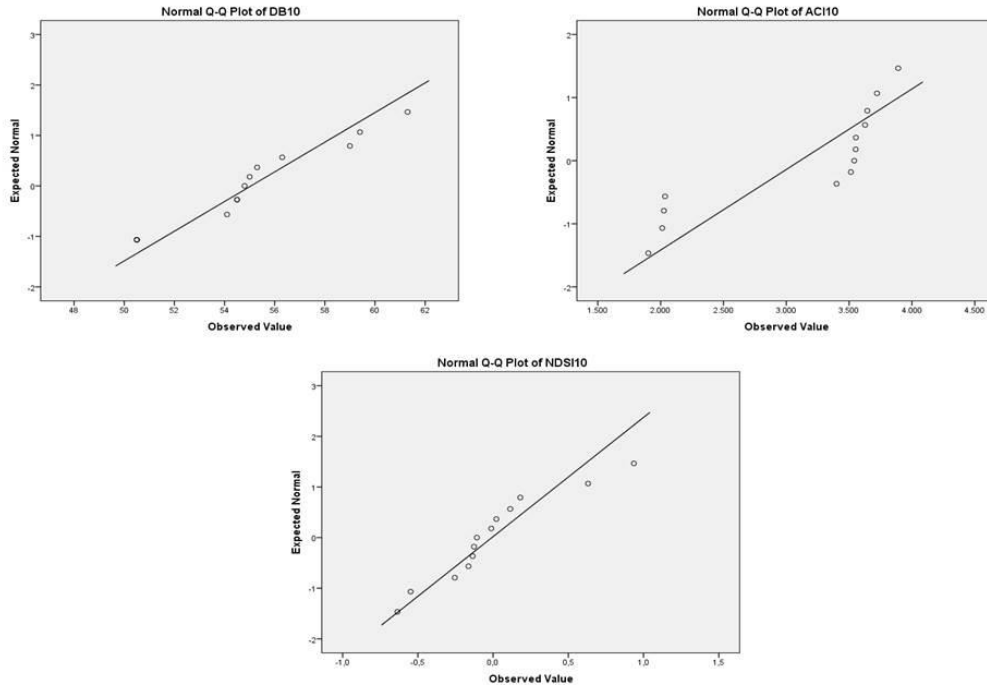
Εικόνα 29: Έλεγχος κανονικότητας δεδομένων της ένατης μέρας δειγματοληψίας

Σύμφωνα με τα δεδομένα της εικόνας 29, Μόνο ACI 9 δεν ακολουθεί κανονική κατανομή.

Δέκατη μέρα δειγματοληψίας

	MEAN	MEDIAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
DB10	55,0538	54,8000	3,4021	50,5000	61,3000
ACI10	3109,3846	3541,0000	782,9934	1902,0000	3891,0000
NDSI10	-0,0080	-0,1080	0,4246	-0,6400	0,9400

Πίνακας 10: Περιγραφική στατιστική δέκατης μέρας



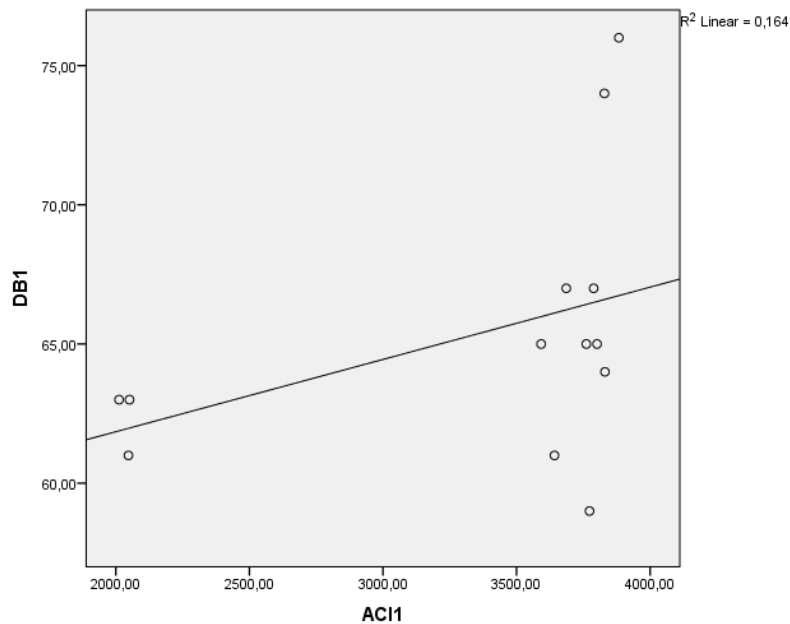
Εικόνα 30: Έλεγχος κανονικότητας δεδομένων της δέκατης μέρας δειγματοληψίας

Για την δέκατη μέρα δειγματοληψιών, σύμφωνα με την εικόνα 30 παρατηρείται ότι μόνο η μεταβλητή ACI10 δεν ακολουθεί κανονική κατανομή.

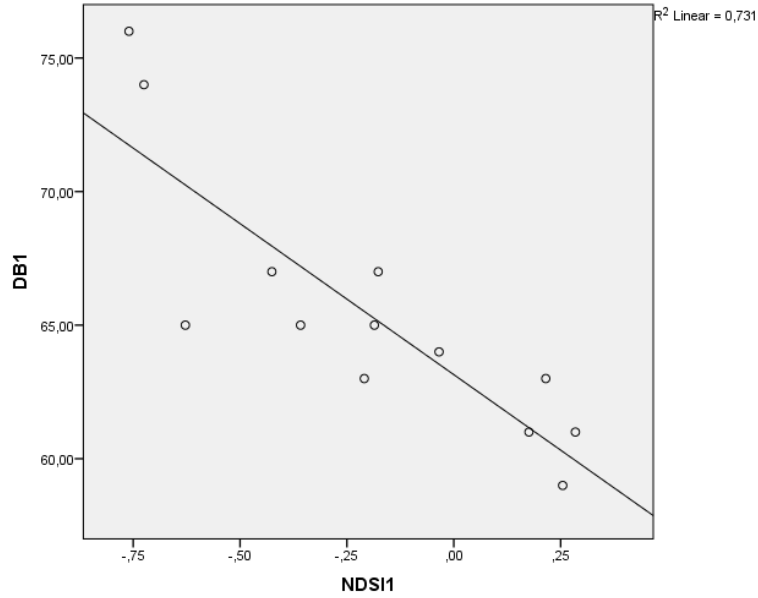
4.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ

Η πλειονότητα των μεταβλητών που μελετήθηκε ακολουθεί μη κανονική κατανομή. Συνεπώς, πραγματοποιήθηκαν μη παραμετρικά τεστ συσχέτισης Spearman.

Για την πρώτη ημέρα δειγματοληψίας, οι μεταβλητές DB1 και ACI1 παρουσιάζουν μια ισχυρή θετική συσχέτιση ($r^2 = .583$, sig.= -.037) (Εικόνα 31).



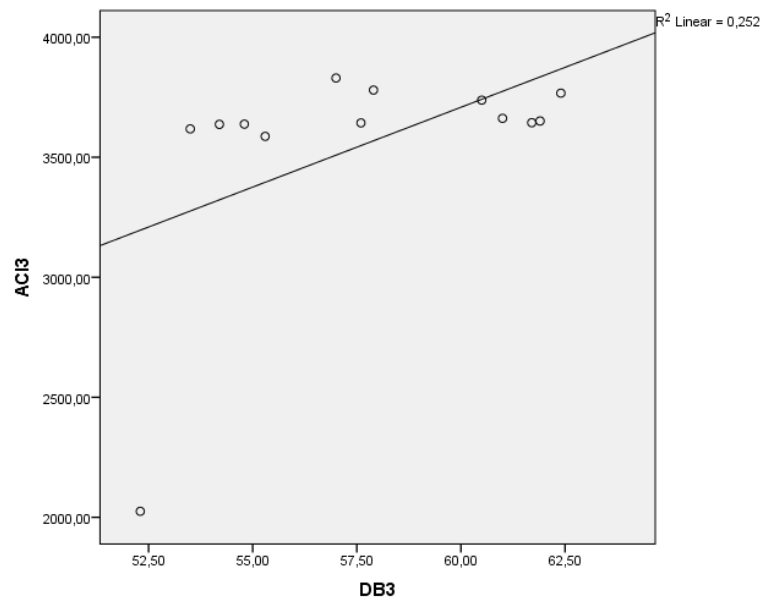
Εικόνα 31: Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μεταβλητών DB1 και ACI1



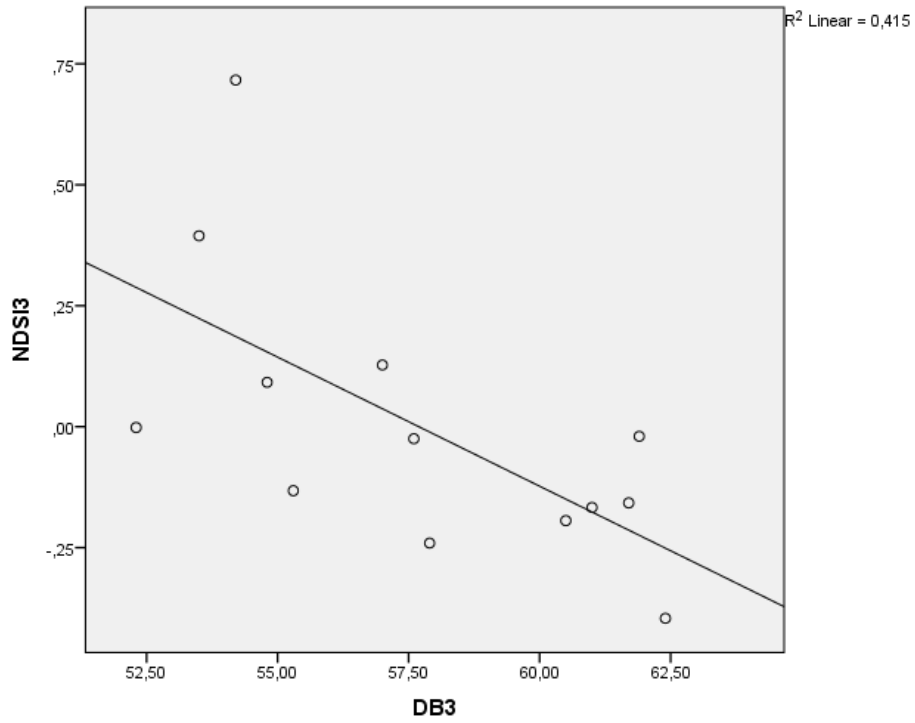
Εικόνα 32: Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μεταβλητών DB1 και NDSI1

Παράλληλα σύμφωνα με την εικόνα 32, οι μεταβλητές NDSI1 και dB1 παρουσιάζουν μια αρνητική συσχέτιση ($r^2 = -.854$, $\text{sig.} = .000$).

Για την τρίτη ημέρα δειγματοληψίας, οι μεταβλητές ACI3 και dB3 ($r^2 = .681$, $\text{sig.} = .010$) (Εικόνα 33).



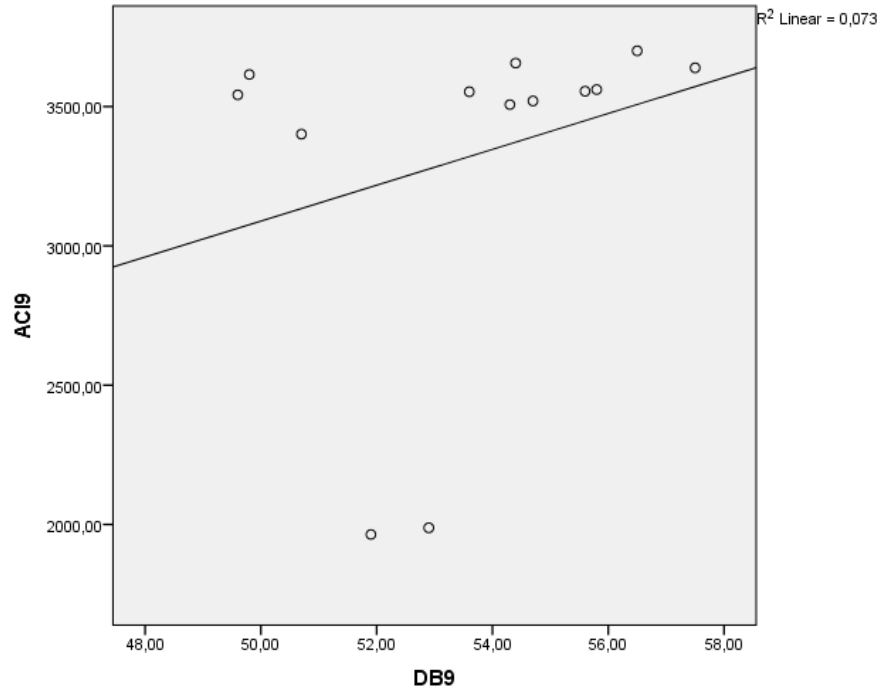
Εικόνα 33: Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μεταβλητών DB3 και ACI3



Εικόνα 34: Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μεταβλητών DB3 και NDSI3

Παράλληλα, οι μεταβλητές DB3 και NDSI3 παρουσιάζουν αρνητική συσχέτιση ($r^2 = -.731$, $\text{sig.} = .005$), σύμφωνα με την εικόνα 34.

Τέλος, για την ένατη ημέρα δειγματοληψίας παρουσιάζεται μια θετική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών ACI9 και dB9 ($r^2 = .555$, $\text{sig.} = .049$), σύμφωνα με την εικόνα 35.

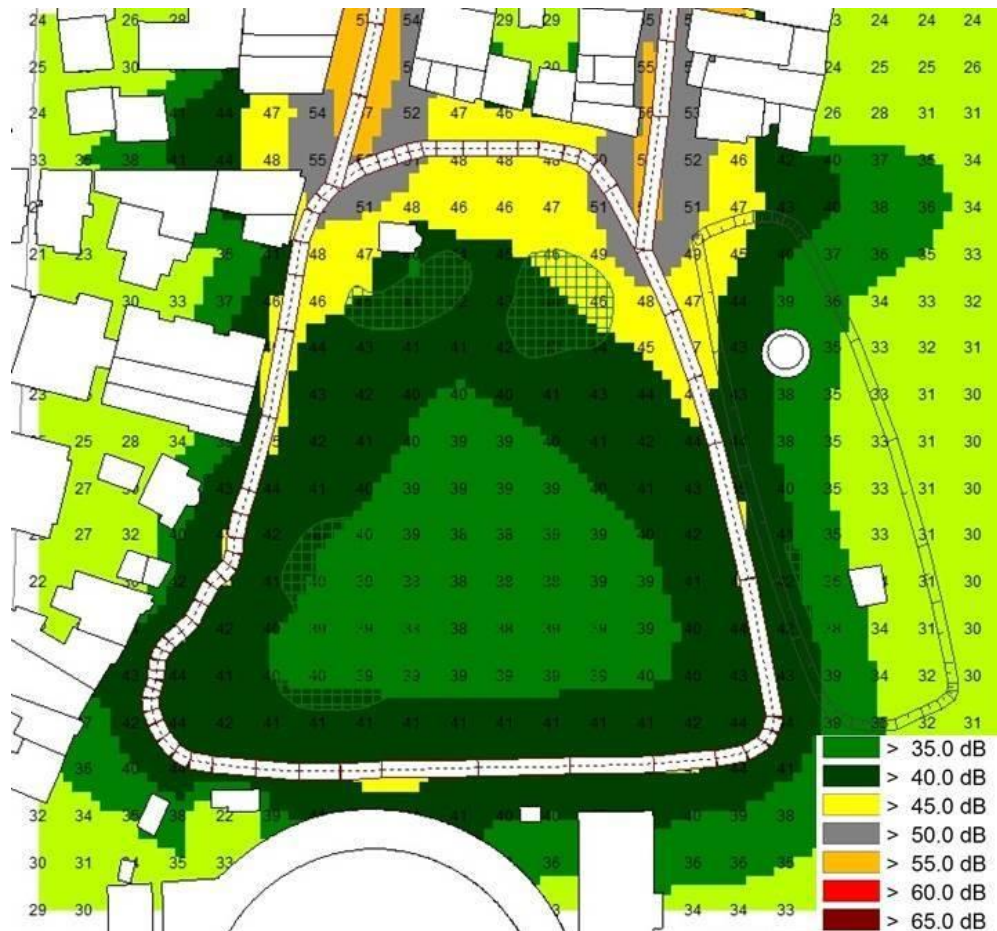


Εικόνα 35: Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μεταβλητών DB9 και ACI9

Το γεγονός πως οι συσχετίσεις μεταξύ των δεικτών της έντασης του θορύβου και της ακουστικής πολυπλοκότητας παρουσιάζουν θετική συσχέτιση επιβεβαιώνει πως το πάρκο Καραπαναγιώτη είναι μια ήσυχη περιοχή πολεοδομικού συγκροτήματος.

4.4 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ

Στην εικόνα 36 παρουσιάζεται ο χάρτης θορύβου του Πάρκου Καραπαναγιώτη.



Εικόνα 36: Χάρτης θορύβου Πάρκου Καραπαναγιώτη

Όπως είναι φανερό στα όρια του πάρκου και κοντά στο δρόμο τα επίπεδα του θορύβου είναι πολύ μεγαλύτερα σε σχέση με αυτά που βρίσκονται στο κέντρο. Πολύ σημαντικός παράγοντας για τον τρόπο διάδοσης του θορύβου είναι η βλάστηση, στην οποία οφείλονται τα μικρότερα επίπεδα θορύβου της ήσυχης περιοχής.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η αξιολόγηση του ηχοτοπίου μιας πράσινης – ήσυχης περιοχής. Παράλληλα, επιβεβαιώθηκε πως το συγκεκριμένο

ηχοτοπίο αποτελεί μια ήσυχη περιοχή της πόλης της Μυτιλήνης. Επίσης, στο πάρκο Καραπαναγιώτη παρατηρήθηκε ότι οι τρεις κατηγορίες ήχου (γεωφωνία, βιοφωνία, ανθρωποφωνία) συνυπάρχουν αρμονικά, εντούτοις στιγμιαία και αναλόγως με την ώρα της ημέρας εμφανίζεται κάποια αλληλοεπικάλυψη, δημιουργώντας έτσι ένα αστικό ηχητικό παλίμψηστο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε για την συγκεκριμένη περίπτωση, δεν επιβεβαιώθηκε η υπόθεση πως ο περιβαλλοντικός θόρυβος επηρεάζει την ακουστική πολυπλοκότητα, δηλαδή τη βιοποικιλότητα της ήσυχης περιοχής (πάρκο Καραπαναγιώτη). Βασική αστοχία της συγκεκριμένης έρευνας ήταν πως ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε λειτουργεί καλύτερα για μελέτες ταχείας αξιολόγησης ηχοτοπίων, ενώ για τη συγκεκριμένη έρευνα ίσως να εξυπηρετούσε ειδικός εξοπλισμός για καταγραφές μεγαλύτερης διάρκειας. Συνεπώς, προτείνεται η χρονική εξέλιξη της συγκεκριμένης έρευνας ενσωματώνοντας και άλλες εποχές του χρόνου, προκειμένου να αναδειχθούν οι χρονικές μεταβολές στα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

2002/49/EC. (n.d.). Directive on the Assessment and Management of Environmental Noise. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM%3A121180>

Barber, J. R., Crooks, K. R., Fristrup K. M. (2010). "The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms", *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 25, no. 3, pp. 180–189.

Burgess, D. et al. (2012), "Landscape Valuation: Choice Experiments or Contingent Valuation?" Fourteenth Annual International BIOECON Conference on "Resource Economics, Biodiversity Conservation and Development," Kings College, University of Cambridge.

Carson, R. (1962). "Silent Spring", Houghton Mifflin, Boston

Dekkers, J.E.C., Willemijn van der Straaten, J. (2009). "Monetary valuation of aircraft noise: A hedonic analysis around Amsterdam airport", *Ecological Economics*, vol. 68, no. 11, pp. 2850-2858.

DataKustik. (2018). Retrieved 09 October 2020, from <http://www.datakustik.com/>

Depraetere M. Pavoine S., Jiguet F., Gasc A., Duvail S., Sueur J. (2012). "Monitoring animal diversity using acoustic indices: Implementation in a temperate woodland". *Ecological Indicators*, vol. 13, no. 1, pp.46–54.

Farina, A. (2014). "Soundscape Ecology: Principles Patterns Methods and Applications, The effects of noise in vocal animals", *Springer*, Chapter 6.8.

Fuller, S., Axel, A. C., Tucker, D., & Gage, S. H. (2015). Connecting soundscape to landscape: Which acoustic index best describes landscape configuration? *Ecological Indicators*, 58, 207–215. doi:10.1016/j. ecolind.2015.05.057

Krause, B., Farina, A. (2016). "Using ecoacoustic methods to survey the impacts of climate change on biodiversity", *Biological Conservation*, vol. 195, pp. 245–254.

Liu, T., Tang, J. (2013). "Influence of noise on stability of the ecosystem". *Communications in Theoretical Physics*, vol. 60, no. 4, pp. 510–514.

Pijanowski, B.C., Villanueva-Rivera, L.J., Dumyahn, S.L., Farina, A., Krause, Bernie L., Napoletano, B.M., Gage, S.H., Pieretti, N. (2011). "Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape", *BioScience*, vol. 61, no. 3, pp. 203-216.

Pijanowski, B.C., Farina, A., Gage, S.H., Dumyahn, S.L., Krause, B.L. (2011). "What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science". *Landscape Ecology*, vol. 26, pp. 1213–1232

Pieretti N., Farina A. (2013).. "Application of a recently introduced index for acoustic complexity to an avian soundscape with traffic noise", *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 134, no. 1, pp 891-900.

Kasten E.P., Gage S.H., Fox J., Joo W. (2012). "The remote environmental assessment laboratory's acoustic library: An archive for studying soundscape ecology". *Ecological Informatics*, vol.12, pp.50–67.

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, 11-13.

Matsinos, Y. G., Tsaligopoulos, A., & Economou, C. (2017). "Identifying the quiet areas of a small urban setting: The case of Mytilene", *Global Nest Journal*, vol. 19 no. 4, pp. 674–681.

Schafer, R.M. (1977). "The tuning of the world. Knopf, New York, Επανάδοση το 1994 ως *Our sonic environment and the soundscape: The tuning of the world*", *Destiny Books*, Rochester, VT.

Simonis, C., Lellouch, L., Brown, E. C., Depraetere, M., Desjonqueres, C., Fabianek, F., ... Zhivomirov, H. (2018). Package 'seewave .'

Sueur J, Farina A (2015). "Ecoacoustics: the ecological investigation and interpretation of environmental sound". *Biosemiotics vol. 8*, pp. 493–502.
Towsey, M., Parsons, S. & Sueur, J., 2014, Ecology and acoustics at a large scale. *Ecological Informatics*, 21, pp.1–3.

Sueur, J. et al., (2014). "Acoustic Indices for Biodiversity Assessment and Landscape Investigation". *Acta Acustica united with Acustica*, 100(4), pp.772–781.

Tsaligopoulos, A., Economou, C., & Matsinos, Y. G. (2018). "Identification, Prioritization, and Assessment of Urban Quiet Areas". In F. Aletta, & J. Xiao (Eds.), *Handbook of Research on Perception-Driven Approaches to Urban Assessment and Design* (pp. 150-180). Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-5225-3637-6.ch007

Villanueva-Rivera, L. J., Pijanowski, B. C., Doucette, J., & Pekin, B. (2011). A primer of acoustic analysis for landscape ecologists. *Landscape Ecology*, 26(9), 1233–1246. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9636-9>

Ετμεκτσόγλου, Ι. (1999). “Ο θόρυβος και οι επιδράσεις του στη σωματική και ψυχική υγεία του Ανθρώπου”, *Μουσική Εκπαίδευση*, τόμος 2, τεύχος 4, σελ. 22-33.

Μπιμπιλής Σ. (2015). “Μετρήσεις Θορύβου-Ήχου με χρήση Λογισμικού Προγράμματος Πραγματικού χρόνου αναλυτή (Real – Time analyser)” Διπλωματική Εργασία.

Νικολαΐδου Δ. (2017). “Σχέση παιδιού-περιβάλλοντος διαμέσου του ήχου”, Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Τρουμπούκη Ε. (2018). “Μη ακουστικές επιπτώσεις του αεροπορικού θορύβου στις κοινότητες πλησίον του διεθνούς αερολιμένα Αθηνών: Μια εφαρμογή της μεθόδου προθυμίας πληρωμής”. Διπλωματική Εργασία. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.