

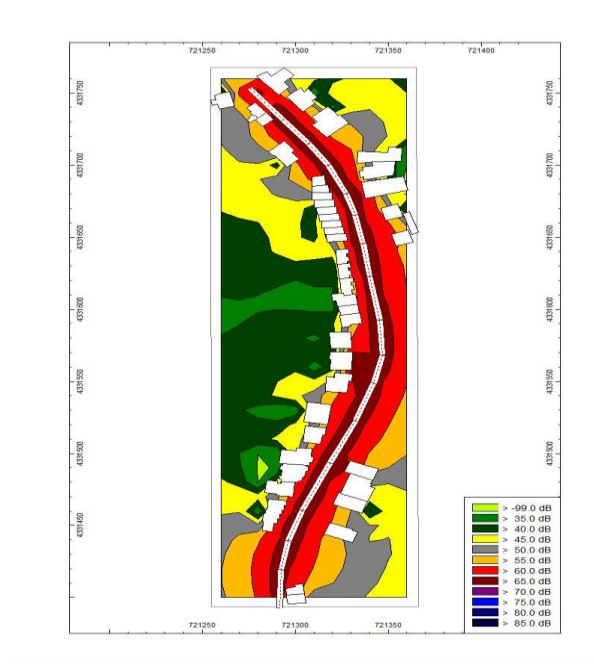


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΜΣ «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ
ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ»

Εκτίμηση αειφορικότητας οδικής συνδεσιμότητας: Η περίπτωση της περιοχής Τσαμάκια στην πόλη της Μυτιλήνης.



ΓΕΩΡΓΙΑ ΠΑΤΕΡΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΑΤΣΙΝΟΣ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2020, ΜΥΤΙΛΗΝΗ

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Abstract	2
Εισαγωγή	3
Σκοπός εργασίας	3
1. Ορισμοί και Βασική Θεωρία Ακουστικής	4
1.1 Μονάδα Μέτρησης Ηχηρότητας - Decibel ή Pascal.....	5
1.2 Το Ηχοτοπίο.....	5
1.3 Ορισμοί Ηχοτοπίου	5
1.4 Βιοακουστική.....	6
1.5 Ακουστική Οικολογία	8
1.6 Οικολογία Ηχοτοπίου	8
1.7 Οικολογική Ακουστική.....	8
1.8 Δείκτες θορύβου	9
1.8.1 Δείκτης NDSI	9
1.8.2 Δείκτης ACI	9
2. Νομικό πλαίσιο θορύβου- Ελληνική Νομοθεσία.....	11
2.1 Οδηγία 2002/49/EK.....	11
2.2 Οι οικονομικές Προεκτάσεις του Ήχου	17
2.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση	21
3. Αστικό τοπίο	28
3.1 Θόρυβος στα αστικά κέντρα	28
3.2 Πηγές αστικού θορύβου	30
4. Μεθοδολογία	31
4.1 Περιοχή μελέτης.....	31
4.1.2 Κλιματολογικά δεδομένα	31
4.1.3 Χλωρίδα και πανίδα	32
4.2 Εργαλεία- Λογισμικά	33
4.2.1 AudaCity	34
4.2.2 R Statistics Manual	34
4.2.3 SPSS	34
4.2.4 ArcGIS	34
4.2.5 CadnaA.....	34
4.3 Συλλογή δεδομένων κυκλοφορίας.....	35
5. Αποτελέσματα	36
5.1 Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης	44
6. Συμπεράσματα- Συζήτηση.....	50
Βιβλιογραφία	51

Περίληψη

Η αξιολόγηση του αστικού θορύβου είναι ένα πολυδιάστατο ζήτημα που απαιτεί μια ολιστική προσέγγιση για την ανάπτυξη τρόπων αντιμετώπισης στα πλαίσια μιας ολοκληρωμένης πολιτικής. Λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις στο ακουστικό περιβάλλον των ανθρώπων και των οργανισμών που ζουν μέσα στα αστικά κέντρα είναι δυνατή η επίτευξη βιώσιμης λύσης με την βελτίωση της ποιότητας της ζωής των ατόμων και της προστασίας του περιβάλλοντος.

Abstract

Urban noise assessment is a multidimensional issue that requires a holistic approach to developing ways of dealing with an integrated policy. Taking into account the impact on the acoustic environment of people and organizations living in urban centers, a sustainable solution can be achieved by improving the quality of people's lives and protecting the environment.

Εισαγωγή

Από τη στιγμή που πραγματοποιήθηκε η διασύνδεση του ήχου με την ανθρώπινη ευημερία, ο θόρυβος αντιμετωπίστηκε ως πρόβλημα. 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). Η διαθεματικότητα της έννοιας του ηχοτοπίου έχει επιτρέψει τη χρήση του όρου, τόσο σε φυσικές όσο και κοινωνικές επιστήμες και τέχνες με αυξανόμενους ρυθμούς. Η διεπιστημονική και διαθεματική αυτή χρήση, είναι ο λόγος για την θεωρητική διεύρυνση του όρου (Matsinos et al., 2016). Ως ηχοτοπίο έχει ορισθεί το ηχητικό περιβάλλον με έμφαση στον τρόπο που γίνεται αντιληπτό και κατανοητό από τα άτομα ή από μια κοινωνία (Truax, 1978). Παράλληλα, ως ηχοτοπίο έχει χαρακτηριστεί η “συνύπαρξη” των βιολογικών, γεωφυσικών και ανθρωπογενών ήχων που προέρχονται από το τοπίο αντανακλώντας βασικές οικοσυστημικές διεργασίες και ανθρώπινες δραστηριότητες (Pijanowski et al., 2011b). Οι τρεις κλάδοι που μελετούν την οικολογική διάσταση του ηχοτοπίου τόσο από τη σκοπιά της φύσεως, όσο και από ανθρωποκεντρική σκοπιά, είναι η ακουστική οικολογία (acoustic ecology), η οικολογία ηχοτοπίου (soundscape ecology) και η οικολογική ακουστική (ecoacoustics). Στα αστικά κέντρα η κυριότερη πηγή θορύβου είναι μέσω της κυκλοφορίας οχημάτων. Υπάρχουν αρκετά μέτρα αντιμετώπισης της διάδοσης του θορύβου της κυκλοφορίας.

Σκοπός εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να γίνει η καταγραφή του ηχοτοπίου της περιοχής μελέτης, η οποία είναι ο κεντρικός δρόμος της περιοχής Κιόσκι στη πόλη της Μυτιλήνης, με απώτερο σκοπό να διερευνηθεί το κυκλοφοριακό φορτίο της περιοχής μελέτης και να ποσοτικοποιηθεί προσεγγιστικά ο θόρυβος των οχημάτων. Έπειτα το ερώτημα που πρέπει να απαντηθεί είναι αν είναι εφικτό να βελτιστοποιηθεί η ηχηρότητα της περιοχής και με ποιο τρόπο.

1. Ορισμοί και Βασική Θεωρία Ακουστικής

Η ακουστική είναι ο κλάδος της φυσικής που ασχολείται με τις ιδιότητες, τη συμπεριφορά και τις εφαρμογές του ήχου. Μελετά την παραγωγή, την αντίληψη και τη διάδοση του ήχου από την πηγή στον δέκτη. Η λέξη «ήχος» χρησιμοποιείται για να περιγράψει δύο διαφορετικά πράγματα: μια ακουστική αίσθηση στο αυτί και τη διαταραχή σε ένα μέσο που μπορεί να προκαλέσει αυτή την αίσθηση.

Ο ήχος είναι μηχανικά κύματα (διαταραχές στην πυκνότητα του αέρα), αποτέλεσμα των διακυμάνσεων της ατμοσφαιρικής πίεσης σε ένα ελαστικό μέσο (π.χ. αέριο, υγρό, στερεό) που διεγείρουν την ακουστική αίσθηση.

Τα ηχητικά κύματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τη συχνότητά τους. Πρόκειται για τα ηχητικά κύματα που εμφανίζουν συχνότητα από 20Hz έως 20.000Hz και προκαλούν διέγερση στην ακοή του ανθρώπου, τους υπερήχους που εμφανίζουν συχνότητες μεγαλύτερες από 20.000Hz και τους υποήχους με συχνότητες μικρότερες των 20Hz. Ο ήχος ως μηχανικό κύμα, διέπεται από τους κανόνες της μηχανικής. Ο ήχος μπορεί να:

- ανακλάται – να αλλάζει δηλαδή διεύθυνση όταν προσπίπτει σε ένα σώμα και να δημιουργεί φαινόμενα όπως η ηχώ και η αντήχηση
- απορροφάται – να 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
- περιθλάται – να μεταβάλλει την ευθύγραμμη διεύθυνσή του και να ‘γεμίζει’ το χώρο γύρω από ένα εμπόδιο που συναντά
- διαθλάται – να αλλάζει γωνία διεύθυνσης όταν αλλάζει η πυκνότητα του μέσου διάδοσης

Ήχος: η αντίληψη των αυξομειώσεων της ατμοσφαιρικής πίεσης. Ο ήχος όπως τον λαμβάνουμε είναι ένας συνδυασμός της ηχηρότητας και της συχνότητας.

Κύμα: είναι η διάδοση μιας διαταραχής εξαιτίας μιας πηγής που ταλαντώνεται στο χώρο και το χρόνο. Στην περίπτωση του ήχου όταν μια πηγή ταλαντώνεται τα μόρια του αέρα συντονίζονται το ένα μετά το άλλο στο χώρο.

Συχνότητα: ονομάζουμε το μέγεθος που εκφράζει το πόσες πλήρεις κινήσεις γύρω από τη θέση ισορροπίας ολοκληρώθηκαν σε 1 δευτερόλεπτο ($t=1\text{sec}$). Την συχνότητα την μετράμε σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο (Hz).

Ηχηρότητα: ονομάζεται ο υποκειμενικός (ψυχοακουστικός) τρόπος αντίληψης της φυσικής έντασης του ήχου.

Περιοδική κίνηση/περιοδικό κύμα: η κίνηση που επαναλαμβάνεται ανά ίσα χρονικά διαστήματα (πχ η γη γύρω από τον ήλιο).

Αρμονική ταλάντωση: η ταλάντωση κατά την οποία η παλινδρομική κίνηση του αντικειμένου γύρω από μια θέση ισορροπίας είναι αρμονική σε συνάρτηση με το χρόνο. πχ εκκρεμές.

Θόρυβος: Όταν η αυξομείωση της ατμοσφαιρικής πίεσης ή της ηχηρότητας είναι μη περιοδική και μη αρμονική σε συνάρτηση με το χρόνο.

Για να υφίσταται ήχος θα πρέπει να συνυπάρξουν 3 καταστάσεις

- Μία πηγή που ταλαντώνεται και παράγει κύματα
- Μέσο διάδοσης πχ αέρας
- Δέκτης που θα δεχτεί τα κύματα και θα τα «αντιληφθεί» ως ήχο

1.1 Μονάδα Μέτρησης Ηχηρότητας - Decibel ή Pascal

Ο ήχος που αντιλαμβανόμαστε στον αέρα είναι μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης, άρα η ένταση του ήχου μετριέται σε Pascal που είναι η μονάδα μέτρησης της πίεσης.

Η μικρότερη ατμοσφαιρική πίεση που μπορεί να συλλάβει το αυτί είναι 20×10^{-6} Pascal και η μεγαλύτερη που προκαλεί κώφωση 200 Pascal. 7 δεκαπλασιασμοί.

Κάθε δεκαπλασιασμό (πχ από 20×10^{-6} Pa μέχρι 20×10^{-7} Pa) το ανθρώπινο αυτί τον αντιλαμβάνεται ως διπλασιασμό της έντασης.

Τα decibel dB(A) δεν είναι η μονάδα μέτρησης της ηχηρότητας, αλλά μια χρήσιμη και βολική ποσότητα για να εκφράσουμε την ένταση του ήχου. Ακολουθούν λογαριθμική κλίμακα που εκφράζει τη διαφορά στάθμης μιας φυσικής ποσότητας.

Το φασματογράφημα (spectrogram) είναι ένας τρόπος οπτικοποίησης μιας ηχητικής καταγραφής, καθώς αναπαριστά τη σχέση των συχνοτήτων (άξονας χ) στο χρόνο (άξονας y). Παράλληλα, το χρώμα σε ένα φασματογράφημα αναπαριστά την σχετική ηχηρότητα της κάθε συχνότητας σε μια καταγραφή. Παρόλα αυτά, η ηχηρότητα σε ένα φασματογράφημα παρατίθεται ως ενέργεια και όχι ως αυξομείωση ατμοσφαιρικής πίεσης. Συνεπώς, η τιμή 0 σε ένα φασματογράφημα αναπαριστά την μέγιστη ηχηρότητα που εμφανίστηκε σε μια καταγραφή και όλες οι υπόλοιπες τιμές (πχ -30dB) παρατίθενται σε ευθεία αναλογία με την υψηλότερη τιμή (0 dB) χωρίς να αντιπροσωπεύονται αληθινές εντάσεις.

Το εύρος των συχνοτήτων ενός φασματογραφήματος θα μπορούσε να γίνει περισσότερο κατανοητό αν συγκριθεί με τα πλήκτρα ενός πιάνου και την αυξητική σχέση των συχνοτήτων από χαμηλές προς τις υψηλές. Το πιάνο έχει 88 πλήκτρα που αντιπροσωπεύουν διαφορετικές συχνότητες – νότες. 30 dB, 256 Hz note ή 55 dB, 256 Hz note.

1.2 Το Ηχοτοπίο

Πλήθος ήχων διαφορετικής προέλευσης που δημιουργούνται σκόπιμα ή μη υφίστανται όταν υπάρχει η ηχητική πηγή που ταλαντώνεται και δημιουργεί κύματα, ένα μέσο διάδοσης (αέριο, στερεό, υγρό) των κυμάτων και ο δέκτης που θα αντιληφθεί αυτά τα κύματα ως ήχους. Συγχρόνως, κάθε τοπίο αποτελεί ένα δυναμικό σύστημα το οποίο διαμορφώνεται από ένα σύνολο φυσικών και πολιτισμικών διεργασιών που πραγματοποιούνται στο περιβάλλον, αναπτύσσοντας σχέσεις αλληλεπίδρασης. Ξεκινώντας από τη δεκαετία του '70, ο όρος εισήχθη από το θεμελιωτή της ακουστικής οικολογίας Raymond Murray Schafer και αναφερόταν σε οποιοδήποτε ακουστικό πεδίο έρευνας στην κλίμακα ενός τοπίου, το οποίο γινόταν αντιληπτό από τα άτομα ή από ένα κοινωνικό σύνολο ως μια μουσική σύνθεση.

1.3 Ορισμοί Ηχοτοπίου

Το ηχητικό περιβάλλον με έμφαση στον τρόπο που γίνεται αντιληπτό και κατανοητό από τα άτομα ή από μια κοινωνία (Truax, 1978)

Ένα οποιοδήποτε ακουστικό πεδίο έρευνα (Schafer, 1994)

Όλοι οι ήχοι που υπάρχουν σε ένα περιβάλλον μια δεδομένη χρονική στιγμή. (Krause, 2002)

Η συλλογή ήχων που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο τοπίο όπως γίνονται αντιληπτοί από τους οργανισμούς (Farina, 2006)

Σύνθετη διάταξη ήχων από πολλαπλές πηγές, που δημιουργούν ακουστικά πρότυπα στο χώρο και το χρόνο (Pijanowski, 2011)

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 (Pijanowski, 2011)

Το ηχητικό περιβάλλον με έμφαση στον τρόπο που γίνεται αντιληπτό και κατανοητό από τα άτομα ή από μια κοινωνία Committee ISO/TC 043 “Acoustics”, 2008

1.4 Βιοακουστική

Η βιοακουστική είναι ο επιστημονικός κλάδος που συνδυάζει την ακουστική με την βιολογία, αξιοποιώντας τον ήχο των ζώων ως σήμα που μεταφέρει πληροφορίες μεταξύ των ατόμων (Fletcher 2007). Συγκεκριμένα, μελετά την επικοινωνία και τα συμπεριφορικά χαρακτηριστικά των ζώων μέσα από τους ήχους που παράγουν, λαμβάνοντας υπόψιν την ανατομία και τις νευροφυσιολογικές τους διεργασίες (ακουστικές ικανότητες και ακουστικοί μηχανισμοί που αναπτύσσουν). Το θεωρητικό πλαίσιο της βιοακουστικής περιλαμβάνει το φαινόμενο Lombard Effect και τέσσερις εννοιολογικές υποθέσεις που αφορούν τις διαδικασίες με τις οποίες τα είδη αντιλαμβάνονται το ακουστικό τους περιβάλλον και επικοινωνούν (Farina 2014, σελ. 43-44, 151). Οι τέσσερις υποθέσεις (βλ. Εικόνα 2) είναι: η υπόθεση της μορφολογικής προσαρμογής (morphological adaptation hypothesis), η υπόθεση της ακουστικής προσαρμογής (acoustic adaptation hypothesis), η υπόθεση του ακουστικού θώκου (acoustic niche hypothesis) και η υπόθεση αναγνώρισης ειδών (species recognition hypothesis). Στη συνέχεια, παρουσιάζεται κάθε μία από τις πέντε έννοιες ξεχωριστά.

Σύμφωνα με την υπόθεση της μορφολογικής προσαρμογής (ΥΜΠ), οι μεγάλωσωμοι οργανισμοί παράγουν φωνοποιήσεις με χαμηλότερη συχνότητα από ό,τι οι μικρόσωμοι. Τα όργανα φωνοποίησης ενός οργανισμού, καθώς και η ακουστική του συμπεριφορά, σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με το σωματικό του μέγεθος –το οποίο μπορεί να θεωρηθεί «βιολογικός περιορισμός» (Farina 2014, σελ. 44) για την φωνητική του επίδοση. Δηλαδή, υπάρχει μια αντιστρόφως ανάλογη σχέση ανάμεσα στην ηχητική συχνότητα που παράγει ένας οργανισμός και στο μέγεθός του. Όπως αναφέρει ο Farina (2014, σελ. 45), υπάρχει μια πληθώρα από μελέτες που περιέχουν ερευνητικά δεδομένα τα οποία επιβεβαιώνουν τη συγκεκριμένη υπόθεση.

Η θεωρητική βάση της υπόθεσης ακουστικής προσαρμογής (ΥΑΠ), αφορά το συσχετισμό μεταξύ της διάδοσης σήματος και της φυσικής δομής περιβάλλοντος, καθώς και τις προσαρμογές που κάνουν τα είδη αναφορικά με την αποστολή και λήψη αυτού του σήματος (Morton 1975). Οι περιβαλλοντικές συνθήκες, και συγκεκριμένα η δομή του ενδιαιτήματος, μπορεί να αλλοιώσουν και να υποβαθμίσουν την ποιότητα του ηχητικού σήματος, περιορίζοντας την επικοινωνία των ειδών. Τα είδη, δηλαδή, προσπαθούν να προσαρμόσουν τη φώνησή τους ώστε να αποφευχθούν τα φυσικά εμπόδια, να φθάσει ακέραιο το ηχητικό σήμα από τον πομπό στο δέκτη και έτσι να επιτύχουν μια αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ τους (Farina 2014, σελ 46-47). Η

ΥΑΠ δεν αφορά μόνο τους ήχους που διαδίδονται στον αέρα, αλλά και αυτούς που διαδίδονται στο νερό, ιδίως στους ωκεανούς. Παρομοίως, η ΥΑΠ αφορά και τα αστικά τοπία, καθώς οι προσόψεις των κτιρίων υποβαθμίζουν την ποιότητα του ηχητικού σήματος. Σύμφωνα με τους Wilkins et al. (2013, σελ. 2) και Farina (2014, σελ. 47-54) αρκετές έρευνες επιβεβαιώνουν την παραπάνω θεώρηση. Μάλιστα, οι Slabbekoorn και den Boer-Visser (2006), παρατηρώντας τις ακουστικές παραλλαγές στη φώνηση των πουλιών, αναφέρουν πως μια τέτοια αλλαγή υποδηλώνει μια εξελικτική διαδικασία γιατί επηρεάζεται ο φαινότυπος του οργανισμού.

Η υπόθεση του ακουστικού θώκου (ΥΑΘ) διατυπώθηκε από τον Bernie Krause το 1980 και προέκυψε έπειτα από πολλές εμπειρικές παρατηρήσεις και καταγραφές του ίδιου (Farina 2014, σελ. 55). Ο Krause (1993), διαπίστωσε ότι ένα υγιές ηχητικό περιβάλλον μοιάζει με μια ορχήστρα στην οποία υπάρχει ηχητική ισορροπία. Δηλαδή, οι φωνοποιήσεις των ζώων ταιριάζουν μοναδικά, αλληλοσυμπληρώνοντας η μία την άλλη μέσα σε μια περιοχή, καταλαμβάνοντας αναλογικά τις αντίστοιχες ζώνες συχνότητας. Έτσι, κάθε οργανισμός που παράγει ήχο καταλαμβάνει το δικό του ακουστικό θώκο (acoustic niche) σε ένα συγκεκριμένο φάσμα συχνοτήτων του ενδιαφέροντος που απαντάται, και προσπαθεί να μην επικαλύπτεται η φωνή του (masking effect). Μάλιστα, το ηχητικό φάσμα κάθε περιοχής θεωρείται ένας περιορισμένος πόρος. Ως εκ τούτου, όταν υπάρχουν πολλά και διαφορετικά είδη μπορούν να εκδηλωθούν διαειδικές αναμειξίες (interspecific interference). Δηλαδή, διαφορετικά είδη στο ίδιο ενδιαίτημα να καταλαμβάνουν με τη φώνησή του παρόμοιες συχνότητες το ίδιο χρονικό διάστημα. Ο διαειδικός ανταγωνισμός (interspecific competition) για ακουστικό χώρο είναι η αιτία που θα παρακινήσει τα είδη να προσαρμόσουν τα ηχητικά τους σήματα, ώστε να εκμεταλλευτούν τους διαθέσιμους ακουστικούς θώκους μέσα στο συνολικό ακουστικό φάσμα, ελαχιστοποιώντας έτσι τις φασματικές ή χρονικές επικαλύψεις στις διαειδικές φωνήσεις (Krause 1987a). Αυτό συμβαίνει γιατί τα χαρακτηριστικά κάθε ηχοτοπίου είναι πολύ σημαντικά για τη ζωή των οργανισμών, ώστε αν κάποιος σταματήσει να ηχεί, ένας άλλος αμέσως θα συμμετέχει στη χορωδία διατηρώντας έτσι το ήχο – βιολογικό φάσμα (audio – bio spectrum) (Krause 1987b σελ. 3).

Η υπόθεση αναγνώρισης των ειδών (ΥΑΕ) αναφέρει πως τα είδη που είναι συμπατρία (sympatry) αποφεύγουν να χρησιμοποιούν παρόμοια ηχητικά στοιχεία, μειώνοντας τις πιθανότητες «ηχητικής» σύγχυσης κατά την περίοδο της αναπαραγωγής και τελικά τον κίνδυνο υβριδισμού (Farina 2014, σελ. 58).

Τέλος, στη βιοακουστική εμφανίζεται το φαινόμενο Lombard effect το οποίο πήρε το όνομά του από το Γάλλο Ωτορινολαρυγγολόγο Etienne Lombard. Ο Γάλλος γιατρός, χρησιμοποιώντας ένα μηχανισμό σε ασθενή του, παρατήρησε μια ακούσια φωνητική απόκριση του ομιλητή/ασθενή καθώς αυτός βρισκόταν σε θορυβώδες περιβάλλον. Η ηχηρότητα της φωνής του ομιλητή/ασθενή αυξήθηκε καθώς αυξανόταν το εύρος του θορύβου και επέστρεφε στον αρχικό της επίπεδο όταν ο θόρυβος σταματούσε. Η συγκεκριμένη παρατήρηση φάνηκε χρήσιμη όχι μόνο για την ιατρική επιστήμη αλλά και για τις επιστήμες που μελετούν τη συμπεριφορά των ζώων (Brumm και Zollinger 2011, σελ. 1174). Οι Brumm και Zollinger (2011) και Farina (2014) αναφέρουν διάφορες πειραματικές μελέτες που έγιναν κυρίως σε θηλαστικά, πτηνά και σε αμφίβια επιβεβαιώνοντας την παραπάνω διαπίστωση του Lombard. Αναλυτικότερα, οι έρευνες έδειξαν πως τα είδη αυξάνουν το εύρος των ηχητικών τους σημάτων (Lombard effect) όταν ο θόρυβος επικαλύπτει το φάσμα του σήματος τους. Όπως αναφέρουν οι Brumm και Zollinger (2011, σελ. 1186) «υπάρχουν δύο φυλογενετικά σενάρια για το Lombard

effect που αφορούν τα θηλαστικά και τα πτηνά, είτε πρόκειται για αναλογικά χαρακτηριστικά (analogous traits) , τα οποία έχουν εξελιχθεί ανεξάρτητα σε δύο κλάδους, είτε πρόκειται για συναπομορφία (synapomorphy) πτηνών και θηλαστικών».

Οι παραπάνω πέντε έννοιες με τις οποίες ασχολείται η βιοακουστική φανερώνουν την ευελιξία των συστημάτων ακουστικής επικοινωνίας που διαθέτουν τα ζώα, ώστε να διευκολυνθεί η λήψη των ηχητικών σημάτων τους κάτω από δύσκολες συνθήκες. Μέσα από όλη αυτήν την προσπάθεια να μεταδοθεί το ηχητικό σήμα, αναδεικνύεται η ανάγκη για μια αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ των οργανισμών, μιας και από αυτήν εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η διαβίωση τους (προειδοποιήσεις για κινδύνους, εδαφική διεκδίκηση, σεξουαλική επιλογή, τροφή κ.λπ.).

1.5 Ακουστική Οικολογία

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 (background sounds) και ήχους προσκήνιου (foreground sounds), ενώ παράλληλα μελετά χαρακτηριστικά ηχητικά γεγονότα που ονομάζονται ηχώσημα (soundmarks), που σε αντιστοιχία με τα τοπόσημα (landmarks), αφορούν ήχους που ταυτίζονται με συγκεκριμένους τόπους. Τέλος, η ακουστική οικολογία μελετά τις επιπτώσεις του ακουστικού περιβάλλοντος ή του ηχοτοπίου, στα συμπεριφορικά χαρακτηριστικά των ατόμων που ζουν σε αυτό (Schafer, 1977).

1.6 Οικολογία Ηχοτοπίου

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

1.7 Οικολογική Ακουστική

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, 2016). Η οικολογική ακουστική (ecoacoustics) 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).

1.8 Δείκτες θορύβου

1.8.1 Δείκτης 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, αξιολογώντας το γεγονός πως οι ανθρωποήχοι κυμαίνονται κυρίως μεταξύ του εύρους συχνοτήτων 1 - 2 kHz, ενώ οι βιοήχοι μεταξύ 2 - 8 kHz (<http://www.real.msu.edu/>).

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).

Ως ακουστικός δείκτης μπορεί να οριστεί, το στατιστικό στοιχείο που συνοψίζει κάποια πτυχή της κατανομής της ακουστικής ενέργειας και άλλων πληροφοριών σε μια ηχογράφιση. 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.

1.8.2 Δείκτης ACI

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 (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 ανθρωποφονίας (θόρυβος οδικής κυκλοφορίας) και συγκεκριμένες της γεωφωνίας (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. Νομικό πλαίσιο θορύβου- Ελληνική Νομοθεσία

2.1 Οδηγία 2002/49/EK

Η σημασία του περιβαλλοντικού θορύβου έχει αναγνωρισθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση με μια οδηγία που εκδόθηκε το 2002 και τίθεται επίσημα το θέμα της αξιολόγησης και διαχείρισης από τα κράτη-μέλη για την αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων του θορύβου (Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/49/EK σχετικά με την αξιολόγηση και διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου). Βασικές αρχές είναι η συλλογή αξιόπιστων και συγκρίσιμων δεδομένων σχετικά τα επίπεδα θορύβου, η χρήση εναρμονισμένων δεικτών και μεθόδων αξιολόγησης αλλά και κριτηρίων για την ευθυγράμμιση της χαρτογράφησης του θορύβου. Κατόπιν, με βάση τους χάρτες θορύβου που συγκεντρώνονται από τα πολεοδομικά συγκροτήματα των κρατών-μελών (μεταξύ των οποίων είναι υποχρεωτική σε όλα τα μεγάλα αεροδρόμια των επικρατειών τους), δημιουργούν σχέδια δράσης και τα γνωστοποιούν στην επιτροπή για έλεγχο, δημοσίευση, επανεξέταση και πιθανή αναθεώρηση τουλάχιστον μετά από πέντε χρόνια από την εκπόνηση τους. Στη συνέχεια, γνωστοποιούνται στο κοινό οι πληροφορίες αυτές και μια περίληψη από τα κυριότερα σημεία προκειμένου να είναι προσπελάσιμες από όλους. Κρίνεται απαραίτητη συνεπώς η λήψη μέτρων προκειμένου να μειωθεί ο αριθμός των ατόμων που δέχονται επιβλαβή επίδραση του περιβαλλοντικού θορύβου, να περιοριστεί ο ήχος που εκπέμπεται από τις εν λόγω πηγές θορύβου και να προστατευθούν οι ήσυχες περιοχές στην ύπαιθρο. Πιο συγκεκριμένα, παρατίθενται τα κυριότερα σημεία από τα άρθρα της οδηγίας:

Άρθρο 1

Σύμφωνα με το άρθρο ορίζονται οι δράσεις που απαιτούνται για τον καθορισμό μιας κοινής προσέγγισης για την αποφυγή, πρόληψη ή περιορισμό των δυσμενών επιπτώσεων από την έκθεση σε περιβάλλοντα θόρυβο όπως επίσης επιδιώκεται η παροχή βάσης για την ανάπτυξη κοινοτικών μέτρων για τον περιορισμό του θορύβου που εκπέμπουν μείζονες πηγές θορύβου όπως τα τροχοφόρα οχήματα, ο σιδηρόδρομος, τα αεροσκάφη, ο υπαίθριος και βιομηχανικός εξοπλισμός και κινητά μηχανήματα.

Άρθρο 2

Στο άρθρο αναφέρεται το πεδίο εφαρμογής, δηλαδή ποιους θορύβους που προκαλούνται καλύπτει η οδηγία (π.χ. περιοχές πυκνής δόμησης, δημόσια πάρκα, κοντά σε σχολεία, σε νοσοκομεία) και ποιοι δεν καλύπτονται (π.χ. θόρυβοι που προκαλούνται από το ίδιο το εκτιθέμενο πρόσωπο, από γείτονες, από οικιακές δραστηριότητες, στο χώρο εργασίας και τα μεταφορικά μέσα)

Άρθρο 3

Περιλαμβάνει τους παρακάτω ορισμούς:

«περιβάλλον θόρυβος»: είναι οι ανεπιθύμητοι ή επιβλαβείς θόρυβοι στο ύπαιθρο που δημιουργούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες, ενώ συμπεριλαμβάνονται οι θόρυβοι που εκπέμπονται από μεταφορικά μέσα, από οδικές, σιδηροδρομικές και αεροπορικές μεταφορές και από χώρους βιομηχανικής δραστηριότητας όπως αυτοί που ορίζονται στο παράρτημα I της οδηγίας 96/ 61/EK του Συμβουλίου, της 24ης Σεπτεμβρίου 1996, σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης

«επιβλαβείς επιδράσεις»: είναι οι αρνητικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία

«ενόχληση»: αποτελεί ο βαθμός ηχητικής ενόχλησης των περιοίκων όπως ορίζεται από επιτόπιου ελέγχους

«δείκτης θορύβου»: είναι φυσικό μέγεθος για την περιγραφή του περιβάλλοντος θορύβου και σχετίζεται με επιβλαβείς επιδράσεις

«αξιολόγηση»: οποιαδήποτε μέθοδος υπολογισμού, πρόβλεψης, εκτίμησης ή μέτρησης της τιμής ενός δείκτη θορύβου ή των σχετικών επιβλαβών επιδράσεων

«μεγάλο αεροδρόμιο»: ένα αεροδρόμιο πολιτικής αεροπορίας, καθοριζόμενο από το κράτος μέλος, με περισσότερες από 50.000 κινήσεις (απογειώσεις και προσγειώσεις) το χρόνο, εκτός από αυτές που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για εκπαίδευση σε ελαφρά αεροσκάφη

«πολεοδομικό συγκρότημα»: τμήμα της επικρατείας ενός κράτους μέλους καθορισμένο από αυτό, με πληθυσμό άνω των 100 000 κατοίκων και πυκνότητα πληθυσμού τέτοια που το κράτος μέλος εκτιμά ότι αποτελεί αστικοποιημένη ζώνη

«ήσυχη περιοχή πολεοδομικού συγκροτήματος»: περιοχή καθορισμένη από την αρμόδια αρχή, η οποία π.χ. δεν εκτίθεται σε τιμή του L_{den} ή άλλου κατάλληλου δείκτη θορύβου μεγαλύτερη από μια συγκεκριμένη τιμή που καθορίζεται από το κράτος μέλος, ανεξαρτήτου ηχητικής πηγής

«ήσυχη περιοχή στην ύπαιθρο»: περιοχή καθορισμένη από την αρμόδια αρχή, η οποία δεν διαταράσσεται από θορύβους κυκλοφορίας, βιομηχανικών δραστηριοτήτων ή δραστηριοτήτων αναψυχής

«χαρτογράφηση θορύβου»: είναι η παρουσίαση δεδομένων σχετικά με υπάρχουσα ή προβλεπόμενη ηχητική κατάσταση βάσει δεικτών θορύβου, όπου φαίνονται οι υπερβάσεις των οικείων ισχυουσών οριακών τιμών, ο αριθμός ατόμων που θίγονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή ο αριθμός κατοικιών που εκτίθενται σε ορισμένες τιμές δεικτών θορύβου σε μια συγκεκριμένη περιοχή

«στρατηγικός χάρτης θορύβου»: είναι ο χάρτης θορύβου που καταρτίζεται για τη σφαιρική αξιολόγηση μιας έκθεσης σε θόρυβο σε μια συγκεκριμένη περιοχή που οφείλεται σε διάφορες πηγές θορύβου, ή για τη διατύπωση γενικότερων προβλέψεων για την περιοχή αυτή

«οριακή τιμή»: η τιμή του L_{den} ή L_{night} , και πιθανόν του L_{day} και $L_{evening}$, όπως ορίζεται από το κράτος μέλος, η υπέρβαση της οποίας συνεπάγεται την παρέμβαση των αρμόδιων αρχών για τη μελέτη ή την επιβολή μέτρων για μετρίαση του θορύβου. Οι οριακές τιμές ενδέχεται να διαφέρουν ανά τύπο θορύβου (θόρυβος οδικής, σιδηροδρομικής, αεροπορικής κυκλοφορίας, βιομηχανικοί θόρυβοι κ.λπ.), ανά περιβάλλον ή ανά ξεχωριστή ευαισθησία του πληθυσμού στο θόρυβο. Μπορεί επίσης να διαφέρουν ανάλογα με το αν αφορούν ήδη υφιστάμενες ή καινούργιες καταστάσεις (όπου υπάρχει μεταβολή συνθηκών αναφορικά με την πηγή θορύβου ή τη χρήση του περιβάλλοντος)

«σχέδια δράσης»: σχέδια για τη διαχείριση των προβλημάτων και των επιδράσεων του θορύβου, συμπεριλαμβανομένης της ανάγκης ελάττωσης του θορύβου

«ηχητικός σχεδιασμός»: ο έλεγχος των θορύβων μελλοντικά με βάση σχεδιαζόμενα μέτρα, όπως χωροταξικός σχεδιασμός, σχεδιασμός συστημάτων διαχείρισης της κυκλοφορίας, κυκλοφοριακός σχεδιασμός, περιορισμός των οχλήσεων με μέτρα ηχητικής μόνωσης και έλεγχος των θορύβων στην πηγή τους

«κοινό»: ένα ή περισσότερα φυσικά ή νομικά πρόσωπα και σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία και πρακτική, οι ενώσεις, οργανώσεις και ομάδες τέτοιων προσώπων

«σχέση δόσης – επίδρασης»: η σχέση μεταξύ της τιμής του δείκτη θορύβου και της επιβλαβούς επίδρασης

Και οι ορισμοί « L_{den} », « L_{day} », « $L_{evening}$ », « L_{night} », οι οποίοι αναλύονται παρακάτω στο παράρτημα I.

Άρθρο 4

Σύμφωνα με το άρθρο τα κράτη μέλη ορίζουν τις αρμόδιες αρχές και τους φορείς που είναι υπεύθυνοι για την εφαρμογή της παρούσας οδηγίας που έχουν την αρμοδιότητα για την εκπόνηση και την έγκριση χαρτών θορύβου και σχεδίων δράσης για πολεοδομικά συγκροτήματα, οδικούς και σιδηροδρομικούς άξονες και αεροδρόμια καθώς και τη συγκέντρωση χαρτών θορύβου και σχεδίων δράσης.

Άρθρο 5

Σύμφωνα με το άρθρο τα κράτη μέλη εφαρμόζουν τους δείκτες θορύβου L_{den} και L_{night} όπως αναφέρονται στο παράρτημα I, ενώ παράλληλα μπορούν να χρησιμοποιούν πρόσθετους δείκτες θορύβου για ειδικές περιπτώσεις ή για τον ηχητικό σχεδιασμό και την ηχητική οριοθέτηση πέρα των L_{den} και L_{night} .

Άρθρο 6

Το άρθρο αναφέρεται στις μεθόδους αξιολόγησης σύμφωνα με τις οποίες προσδιορίζονται οι τιμές L_{den} και L_{night} και αναφέρονται παρακάτω στο παράρτημα II.

Άρθρο 7

Σύμφωνα με το άρθρο τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε να έχουν εκπονηθεί και εγκριθεί στρατηγικοί χάρτες θορύβου για την κατάσταση που επικρατούσε το προηγούμενο ημερολογιακό έτος στους μεγάλους οδικούς και σιδηροδρομικούς άξονες, τα μεγάλα αεροδρόμια και τα πολεοδομικά συγκροτήματα και τα γνωστοποιούν στην Επιτροπή μέχρι τις αναφερόμενες ημερομηνίες και έπειτα ανά πενταετία. Ακόμη, οι στρατηγικοί χάρτες θορύβου πρέπει να ικανοποιούν τις ελάχιστες απαιτήσεις του παραρτήματος IV, τα γειτνιάζοντα κράτη μέλη μπορούν να συνεργάζονται για την χαρτογράφηση θορύβων, ενώ οι στρατηγικοί χάρτες θορύβου επανεξετάζονται τουλάχιστον κάθε 5 χρόνια μετά την εκπόνησή τους.

Άρθρο 8

Σύμφωνα με το άρθρο τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε να έχουν εκπονηθεί σχέδια δράσης για τη διαχείριση των προβλημάτων και των επιδράσεων του θορύβου εντός των επικρατειών τους και αποσκοπούν κυρίως στην αντιμετώπιση προτεραιοτήτων από τις υπερβάσεις των οριακών τιμών που τίθεται, στη συνέχεια ενημερώνουν την Επιτροπή εφόσον πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις του Παραρτήματος V, έπειτα επανεξετάζονται, αν χρειαστεί αναθεωρούνται, τα γειτνιάζοντα κράτη μέλη συνεργάζονται για τα σχέδια δράσης κοντά στα σύνορα τους και τέλος δίνει την ευκαιρία στο κοινό να προτείνει σχέδια δράσης.

Άρθρο 9

Το άρθρο αναφέρεται στην ενημέρωση των πολιτών και στη δημιουργία σαφών, προσπελάσιμων και κατανοητών πληροφοριών.

Άρθρο 10

Στο άρθρο αναφέρεται πως τα κράτη μέλη είναι υποχρεωμένα να συλλέξουν και να δημοσιεύσουν τα αντίστοιχα δεδομένα με πληροφορίες που περιλαμβάνονται στους στρατηγικούς χάρτες θορύβου στην Επιτροπή και στη συνέχεια να δημιουργηθεί τράπεζα των δεδομένων.

Άρθρο 11

Αναφέρει το άρθρο πως η Επιτροπή υποβάλλει έκθεση σχετικά με την εφαρμογή της οδηγίας προτείνοντας στρατηγικές ενδεικτικά μείωσης των ατόμων που δέχονται επιβλαβείς επιδράσεις του θορύβου ή περιορισμό του θορύβου από τις πηγές είτε προστασία των ήσυχων περιοχών επανεξετάζοντας τα κατώτατα όρια των δεικτών L_{den} και L_{night} και περιλαμβάνει επισκόπηση της ποιότητας του ηχητικού περιβάλλοντος με βάση τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί στην τράπεζα δεδομένων.

Άρθρο 12

Στο σημείο αυτό αναφέρονται οι προσαρμογές που πρέπει να γίνουν από την Επιτροπή.

Άρθρο 13

Σύμφωνα με το άρθρο γίνεται η θέσπιση του εσωτερικού κανονισμού της Επιτροπής.

Άρθρο 14

Αναφέρεται στην μεταφορά στο εθνικό δίκαιο θέτοντας σε ισχύ νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις προς τη συμμόρφωση στην παρούσα οδηγία ενημερώνοντας την επιτροπή σχετικά ενώ ανακοινώνεται από τα κράτη μέλη στην Επιτροπή το κείμενο των διατάξεων εσωτερικού δικαίου που θεσπίζουν.

Άρθρο 15

Στο άρθρο αυτό γίνεται αναφορά στην έναρξη της οδηγίας από τη στιγμή της δημοσίευσης.

Άρθρο 16

Τέλος, σύμφωνα με το άρθρο, ορίζονται ως αποδέκτες τα κράτη μέλη.

Στη συνέχεια, παρατίθενται τα κυριότερα σημεία από τα παραρτήματα της οδηγίας 2002/49/EK:

Παράρτημα I – Ορισμός δεικτών θορύβου

Στο παράρτημα της οδηγίας ορίζονται οι δείκτες θορύβου ως εξής: L_{den} ορίζεται ο δείκτης θορύβου για την εκτίμηση της όχλησης και L_{night} ορίζεται ο δείκτης θορύβου για την εκτίμηση της διαταραχής του ύπνου. Οι οριακές τιμές των εναρμονισμένων δεικτών ορίζονται από τα κράτη μέλη με βάση την αρχή πρόληψης προκειμένου να προστατεύονται οι ήσυχες περιοχές των πόλεων και διαφέρουν αναλόγως τον τύπο του θορύβου, του περιβάλλοντος ή της διαφορετικής ευαισθησίας του πληθυσμού στο θόρυβο.

Δείκτης για την εκτίμηση της όχλησης ημέρας-νύχτας

Το επίπεδο της όχλησης ημέρας-βραδιού-νύχτας L_{den} , σε ντεσιμπέλ (dB), ορίζεται με τον ακόλουθο τύπο:

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$$

όπου:

- L_{day} είναι η Α-σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, όπως ορίζεται στο πρότυπο ISO 1996-2: 1987, όπως προσδιορίζεται στο σύνολο των περιόδων ημέρας ενός έτους,
- $L_{evening}$ είναι η Α-σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, όπως ορίζεται στο πρότυπο ISO 1996-2: 1987, όπως προσδιορίζεται στο σύνολο των βραδινών περιόδων ενός έτους,
- L_{night} είναι η Α-σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, όπως ορίζεται στο πρότυπο ISO 1996-2: 1987, όπως προσδιορίζεται στο σύνολο των νυχτερινών περιόδων ενός έτους,

με δεδομένο ότι:

- η ημέρα διαρκεί δώδεκα ώρες, το βράδυ τέσσερις ώρες και η νύχτα οκτώ ώρες. Τα κράτη μέλη έχουν τη δυνατότητα να περικόψουν τη βραδινή περίοδο κατά μία ή δύο ώρες και να αυξήσουν αναλόγως την περίοδο της ημέρας ή/και της νύχτας, υπό τον όρο ότι η επιλογή αυτή ισχύει για όλες τις πηγές, και ότι θα παράσχουν στην Επιτροπή πληροφορίες για τις συστηματικές διαφορές σε σχέση με τις βασικές επιλογές,
- η αρχή της ημέρας (και κατά συνέπεια η αρχή του βραδιού και της νύκτας) καθορίζεται από το κράτος μέλος. Οι τιμές αυτές στην Ελλάδα ορίζονται: 07.00 έως 19.00, 19.00 έως 23.00 και 23.00 έως 07.00,
- ένα έτος αντιστοιχεί στο υπόψιν έτος όσον αφορά την εκπομπή θορύβων και σε ένα μέσο έτος όσον αφορά τις καιρικές συνθήκες,
- λαμβάνεται υπόψη ο προσπίπτων θόρυβος, δηλαδή ο ήχος που ανακλάται στην πρόσοψη του συγκεκριμένου κτιρίου δεν λαμβάνεται υπόψη.

Το ύψος του σημείου αξιολόγησης του L_{den} εξαρτάται από την εκάστοτε περίπτωση:

- σε περίπτωση υπολογισμού για τους σκοπούς της στρατηγικής χαρτογράφησης θορύβων σε σχέση με την έκθεση στο θόρυβο μέσα και κοντά στα κτίρια, τα σημεία αξιολόγησης βρίσκονται σε ύψος $4,0 \pm 0,2$ m (3,8 — 4,2 m) πάνω από το έδαφος και στην πιο εκτεθειμένη πρόσοψη. Για το σκοπό αυτό, η πιο εκτεθειμένη πρόσοψη είναι ο εξωτερικός τοίχος που είναι απέναντι και πιο κοντά προς τη συγκεκριμένη πηγή θορύβου,
- σε περίπτωση μέτρησης για τους σκοπούς της στρατηγικής χαρτογράφησης θορύβου σε σχέση με την έκθεση στο θόρυβο μέσα και κοντά σε κτίρια, μπορούν να επιλέγονται άλλα ύψη αλλά δεν θα πρέπει ποτέ να είναι κάτω του 1,5 m από το έδαφος και τα αποτελέσματα πρέπει να διορθώνονται σύμφωνα με ισοδύναμο ύψος 4 m,

- για άλλους σκοπούς όπως ο ηχητικός σχεδιασμός και η ηχητική οριοθέτηση, μπορούν να επιλέγονται άλλα ύψη, όμως τα σημεία μέτρησης δεν πρέπει ποτέ να είναι κάτω του 1,5 m από το έδαφος.

Δείκτης νυχτερινού θορύβου L_{night}

Ο δείκτης νυχτερινού θορύβου L_{night} ορίζεται ως εξής:

η Ασταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, όπως ορίζεται στο πρότυπο ISO 1996-2: 1987, όπως προσδιορίζεται με βάση όλες τις νυχτερινές περιόδους επί ένα έτος, με δεδομένο ότι:

- το βράδυ διαρκεί οκτώ ώρες, όπως προσδιορίζεται και στον δείκτη L_{den} ,
- ένα έτος είναι το υπόψιν έτος όσον αφορά τις ηχητικές εκπομπές και ένα μέσο έτος όσον αφορά τις καιρικές συνθήκες, όπως αναφέρεται και στον δείκτη L_{den} ,
- λαμβάνεται υπόψιν ο προσπίπτων ήχος
- το σημείο αξιολόγησης είναι αυτό που προβλέπεται για τον δείκτη L_{den} .

Παράρτημα II – Μέθοδοι αξιολόγησης δεικτών θορύβου

Στο σημείο αυτό της οδηγίας δίνονται οι κατευθύνσεις για τις μεθόδους υπολογισμού είτε μέτρησης στο σημείο αξιολόγησης των δεικτών L_{den} και L_{night} . Είτε γίνεται προσαρμογή των εθνικών μεθόδων υπολογισμού που είναι ήδη σε ισχύ είτε δίνεται μια προτεινόμενη μέθοδος (π.χ. ECAC.CEAC Doc. 29 “Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports”, 1997 για τον θόρυβο από τα αεροπλάνα) και αντίστοιχα για τις μεθόδους μέτρησης είτε γίνεται προσαρμογή της ήδη υπάρχουσας είτε υιοθετεί κάποια που βασίζεται στο δημοσίευμα ISO 1996-2:1987 και ISO 1996-1:1982.

Παράρτημα III - Μέθοδοι αξιολόγησης των επιβλαβών επιδράσεων

Αναφέρονται ποιες σχέσεις δόσης και επίδρασης εισάγονται για την αξιολόγηση των επιβλαβών επιδράσεων στην υγεία του πληθυσμού.

Παράρτημα IV – Ελάχιστες απαιτήσεις για στρατηγική χαρτογράφηση θορύβου

Δίνεται μια σειρά από ελάχιστες απαιτήσεις, αναφέροντας ενδεικτικά:

- Παρουσίαση δεδομένων των στρατηγικών χαρτών θορύβου σχετικών με μια υπάρχουσα, προγενέστερη ή προβλεπόμενη ηχητική κατάσταση υπό μορφή δείκτη θορύβου, είτε μια υπέρβαση οριακής τιμής
- Παρουσίαση των στρατηγικών χαρτών θορύβου στο κοινό ως γραφικές παραστάσεις, είτε αριθμητικά δεδομένα σε πίνακες, ή αριθμητικά δεδομένα υπό ηλεκτρονική μορφή
- Οι στρατηγικοί χάρτες θορύβου για πολεοδομικά συγκροτήματα πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στο θόρυβο που εκπέμπεται από την οδική, τη σιδηροδρομική κυκλοφορία, τα αεροδρόμια και τους χώρους βιομηχανικών δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένων των λιμένων
- Η στρατηγική χαρτογράφηση του θορύβου χρησιμοποιείται για παροχή δεδομένων που αποστέλλονται στην Επιτροπή, πηγή πληροφοριών για τους πολίτες, ή βάση για σχέδια δράσης με καθένα από τους στόχους αυτούς να απαιτεί διαφορετικό τύπο στρατηγικών χαρτών θορύβου

- Για τα πολεοδομικά συγκροτήματα εκπονούνται ιδιαίτεροι στρατηγικοί χάρτες θορύβου για τους θορύβους οδικής, σιδηροδρομικής και αεροπορικής κυκλοφορίας και για τους βιομηχανικούς θορύβους αλλά και για άλλες πηγές θορύβου

Παράρτημα V – Στοιχειώδεις απαιτήσεις για σχέδια δράσης

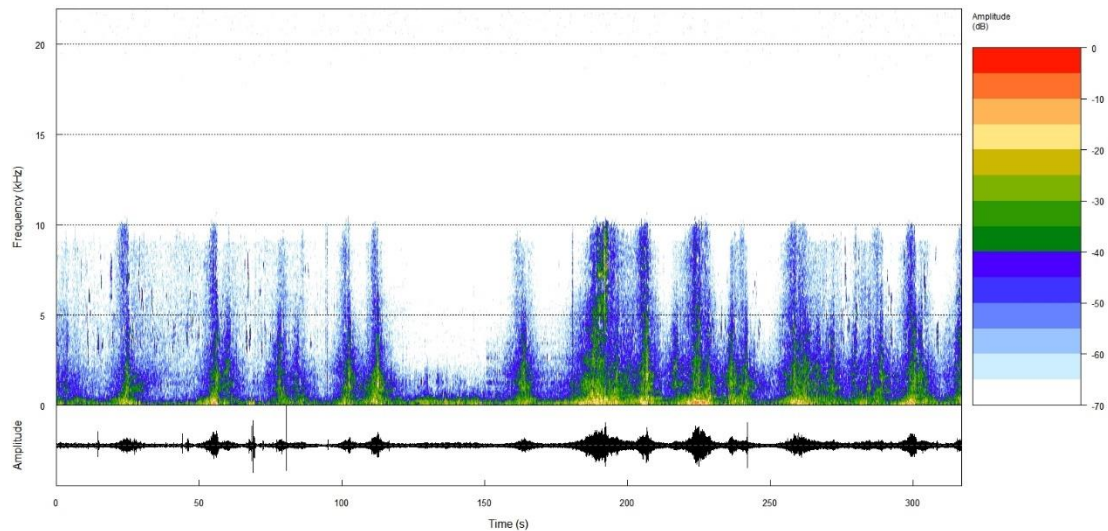
Προσδιορίζονται οι στοιχειώδεις απαιτήσεις για τα σχέδια δράσης όπως είναι η περιγραφή του πολεοδομικού συγκροτήματος, των μεγάλων οδικών και σιδηροδρομικών αξόνων και των μεγάλων αεροδρομίων ή άλλων πηγών που λαμβάνονται υπόψη, η περιγραφή του νομικού πλαισίου που λαμβάνεται υπόψη, οι ισχύουσες οριακές τιμές, μια περίληψη των αποτελεσμάτων της χαρτογράφησης του θορύβου, εκτίμηση του αριθμού των ατόμων που εκτίθενται στο θόρυβο, ένα ιστορικό των διαβουλεύσεων και αναφορά στα μέτρα που ήδη εφαρμόζονται αλλά και σε αυτά που αναμένεται να εφαρμοστούν.

Παράρτημα VI – Δεδομένα που διαβιβάζονται στην επιτροπή

Είναι τα δεδομένα για τα πολεοδομικά συγκροτήματα, τα μεγάλα αεροδρόμια, οδικούς και σιδηροδρομικούς άξονες όπως είναι η γενική περιγραφή αναφορικά με την γεωγραφική θέση, το μέγεθος, δεδομένα περί της κυκλοφορίας, περιγραφή με τα χαρακτηριστικά των περιχώρων, τα προγράμματα ελέγχου θορύβου που έχουν ήδη εφαρμοστεί, ο εκτιμώμενος συνολικός αριθμός ατόμων εκτός πολεοδομικών συγκροτημάτων που ζουν σε κατοικίες που εκτίθενται στις ζώνες τιμών του L_{den} σε ύψος τεσσάρων μέτρων από το έδαφος στην πιο εκτιθέμενη πρόσοψη σε dB 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, 75 και άνω ενώ αντίστοιχα για L_{night} οι ζώνες τιμών είναι 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, 70 και άνω. Παράλληλα, εφόσον κρίνεται σκόπιμο και υπάρχουν τα κατάλληλα στοιχεία πρέπει να αναφέρονται πόσα άτομα από τις προηγούμενες κατηγορίες, ζουν σε κτίρια με ειδική μόνωση κατά του συγκεκριμένου θορύβου ή διαθέτουν ήσυχη πρόσοψη, δηλαδή πρόσοψη κατοικίας στην οποία η τιμή L_{den} σε ύψος τεσσάρων μέτρων από το έδαφος και σε απόσταση δύο μέτρων από την πρόσοψη, όσον αφορά το θόρυβο που εκπέμπεται από μια συγκεκριμένη πηγή, είναι κατά 20 dB τουλάχιστον κατώτερη από ότι στην πρόσοψη με την υψηλότερη τιμή L_{den} και τέλος να φαίνονται οι ισοθρουβικές καμπύλες 55 και 65 dB σε έναν ή περισσότερους χάρτες που περιλαμβάνονται πληροφορίες για τη γεωγραφική θέση των χωριών, πόλεων και πολεοδομικών συγκροτημάτων εντός των καμπυλών αυτών συμπληρωματικά με κατευθυντήριες γραμμές που μπορεί να εκπονηθούν από την Επιτροπή.

2.2 Οι οικονομικές Προεκτάσεις του Ήχου

Σύμφωνα με την οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου 2002/49/EK σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου, οι ανεπιθύμητοι ή επιβλαβείς ήχοι στο ύπαιθρο που δημιουργούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες, ορίζονται ως «περιβάλλον θόρυβος». Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) έχει αναδείξει τα προβλήματα υγείας που σχετίζονται με την ποιότητα της ζωής σε «αφιλόξενα» ακουστικά περιβάλλοντα. Ο θόρυβος μπορεί να διαταράξει τον ύπνο, να προκαλέσει και όχι απλά να επιβαρύνει καρδιαγγειακά νοσήματα, να ενοχλήσει και να τροποποιήσει κοινωνικές συμπεριφορές. Η αξιολόγηση και η κοστολόγηση του θορύβου είναι ένα πεδίο έρευνας συνεχώς μεταβαλλόμενο, άξιο μελέτης σε βάθος χρόνου, που αφορά τόσο στην ευημερία των κατοίκων αστικών συγκροτημάτων όσο και στην ποιότητα του συνολικού περιβάλλοντος.

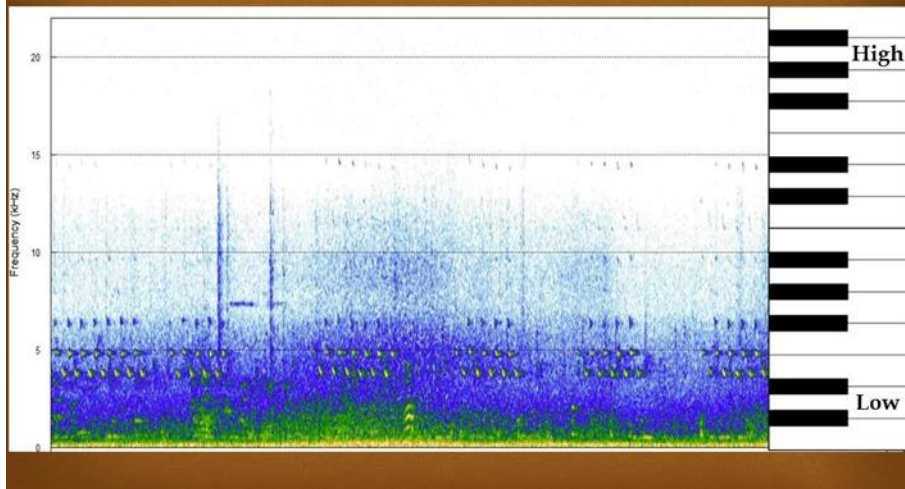


Διάγραμμα 1

Το παραπάνω διάγραμμα (Διάγραμμα 1) είναι ένας τρόπος οπτικοποίησης του ηχοτοπίου, που ονομάζεται φασματογράφημα. Είναι ένας τρόπος ανάδειξης των διακυμάνσεων συχνοτήτων (άξονας x) στο χρόνο (άξονας y), με το χρώμα να συμβολίζει την ηχηρότητα. Τα τρία βασικά χαρακτηριστικά του ηχοτοπίου, 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 ανθρωπογενείς ήχους που προέρχονται από τις κατασκευές του ανθρώπου. Οι ανθρωποήχοι κυμαίνονται κυρίως μεταξύ του εύρους συχνοτήτων 1 - 2 kHz (1000-2000 Hz), ενώ οι βιοήχοι μεταξύ 2 - 8 kHz (2000-8000Hz).

Τα ηχητικά κύματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τη συχνότητα τους. Πρόκειται για τα ηχητικά κύματα που εμφανίζουν συχνότητα από 20Hz έως 20.000Hz που είναι το εύρος της ακοής του ανθρώπου, τους υπερήχους που εμφανίζουν συχνότητες μεγαλύτερες από 20.000Hz και τους υποήχους με συχνότητες μικρότερες των 20Hz. Από τη σκοπιά της φύσεως, ο θόρυβος υποβάθρου (background noise) μπορεί να καλύψει το ηχητικό σήμα και συνεπώς να εμποδίσει την επικοινωνία. Το εύρος των συχνοτήτων ενός φασματογραφήματος θα μπορούσε να γίνει περισσότερο κατανοητό αν συγκριθεί με τα πλήκτρα ενός πιάνου και την αυξητική σχέση των συχνοτήτων από χαμηλές προς τις υψηλές (Διαγραμμα 2).

Φασματογράφημα



Διάγραμμα 2

Οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες του ανθρώπου αποτυπώνονται και στο ηχοτοπίο, έχοντας άμεσο αντίκτυπο τόσο στην ποιότητα του περιβάλλοντος, όσο και στην αγορά. Οι αποφάσεις που αφορούν τα πιο απαιτητικά περιβαλλοντικά προβλήματα της κοινωνίας, παίρνονται με τη χρήση τόσο επιστημονικών, όσο και οικονομικών επιχειρημάτων, με τα οικονομικά κριτήρια να διεκδικούν ένα διαρκώς μεγαλύτερο ρόλο. Οικονομικοί όροι και έννοιες, αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι περιβαλλοντικών πολιτικών συζητήσεων πάνω στο μετριασμό της περιβαλλοντικών πιέσεων, ενώ ανησυχίες περί κοινωνικής δικαιοσύνης, είναι μέρος κάθε συζήτησης για την αειφορία. Η ρύπανση του περιβάλλοντος έχει αντιμετωπιστεί ως εξωτερικότητα, που συμβαίνει όταν η παραγωγή ή κατανάλωση μιας κατάστασης (πχ εταιρείας, ή καταναλωτών), επηρεάζει άμεσα την ευημερία μιας άλλης.

Το περιβάλλον, είναι αποδέκτης των καταναλωτικών συμπεριφορών της κοινωνίας ενώ οι αγορές, κινούνται προς το βέλτιστο κατά Pareto, εφόσον κανένας ιδιώτης δεν θα ήταν διατεθειμένος να ενεργήσει ενάντια στην προσωπική του ευημερία. Οι κοινότητες που δέχονται μεγάλο βαθμό περιβαλλοντικών πιέσεων, είναι επιρρεπείς στην εμφάνιση αρνητικών “εξωτερικότητων”. Η μη αποζημιωμένη ζημιά που επιβάλλεται από την δραστηριότητα σε μια “αγορά”, σε άτομα που δεν μετέχουν στην κατανάλωση ή παραγωγή του συγκεκριμένου αγαθού, αποτελούν “αρνητικές εξωτερικότητες”. Ο θόρυβος οδικής κυκλοφορίας ή ο αεροπορικός θόρυβος, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως μια αρνητική εξωτερικότητα, καθώς η λειτουργία της συγκεκριμένης αγοράς δημιουργεί “παρενέργειες” σε άτομα που λειτουργούν έξω από αυτήν. Η τιμή ενός στοιχείου, όπως για παράδειγμα οι τιμές των σπιτιών σε κοινότητες πλησίον αυτοκινητοδρόμων, αερολιμένων ή ακόμη και καταστημάτων, μπορούν να εξεταστούν χρησιμοποιώντας μεθόδους “ηδονικής τιμολόγησης” (hedonic pricing method). Η τιμή ενός ακινήτου εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του σπιτιού, της γειτονιάς και της κοινότητας, καθώς και από τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Εφόσον οι μη περιβαλλοντικοί παράγοντες είναι ελεγχόμενοι, οι αυξομειώσεις στην τιμή μπορεί να αποδοθούν σε διαφορές περιβαλλοντικής ποιότητας. Για παράδειγμα εφόσον τα χαρακτηριστικά των σπιτιών και των γειτνιαζόντων με αυτά περιοχών είναι τα ίδια

με μοναδική διαφωνία τα επίπεδα του περιβαλλοντικού θορύβου, τότε σπίτια με χαμηλά επίπεδα θορύβου κοστίζουν περισσότερο.

Για την εφαρμογή της μεθόδου Ηδονικής Τιμολόγησης, απαραίτητη είναι η συλλογή δεδομένων σχετικά με τις τιμές των ακινήτων προς πώληση σε μια δεδομένη περιοχή για συγκεκριμένη χρονική διάρκεια. Οι χρονοσειρές δεδομένων σχετικά με τις αξίες μιας συγκεκριμένης περιοχής θα συμπεριλαμβάνουν ακίνητα με διαφορετικά επίπεδα ποιότητας περιβάλλοντος. Τα απαραίτητα δεδομένα είναι:

- Τιμές και τοποθεσία ακινήτων προς πώληση
- Χαρακτηριστικά ακινήτου που επηρεάζουν τις τιμές πώλησης, όπως ο αριθμός των δωματίων και το μέγεθος του σπιτιού
- Χαρακτηριστικά της γειτονιάς που επηρεάζουν τις τιμές πώλησης
- Χαρακτηριστικά προσβασιμότητας που επηρεάζουν τις τιμές, όπως οι αποστάσεις προς εμπορικά κέντρα, καθώς και η διαθεσιμότητα των μέσων μαζικής μεταφοράς
- Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τις τιμές των ακινήτων

Η ποιότητα ζωής, όπως ορίζεται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας είναι η αντίληψη ενός ατόμου σχετικά με την θέση του στη ζωή στα πλαίσια του πολιτισμού και του συστήματος αξιών στο οποίο ζει σε σχέση με τους ατομικούς στόχους, πρότυπα, προσδοκίες και ανησυχίες του (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, 2017). Ένας από τους παράγοντες που συμβάλλει στο ευ ζην ενός ατόμου είναι οι συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο διαβιεί, οπότε ένα περιβάλλον το οποίο εκτίθενται στον αεροπορικό θόρυβο, συνδέεται με ενόχληση η οποία έχει αυξητική τάση τα τελευταία χρόνια (Wolfgang et. al, 2009). Μέχρι πρόσφατα, η μέτρηση του βιοτικού επιπέδου των ατόμων μιας χώρας γινόταν αποκλειστικά από δείκτες όπως το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ). Παρόλα αυτά, ο ΑΕΠ δεν αποτυπώνει αν ο καταμερισμός των αγαθών γίνεται με δίκαιο ή άνισο τρόπο. Παράλληλα, οι εξωτερικότητες, όπως η ύπαρξη θορύβου, δεν μπορούν να μετρηθούν άμεσα, οπότε τα τελευταία χρόνια έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται εναλλακτικά κριτήρια, όπως είναι οι δείκτες υποκειμενικής ευημερίας (Fujiwara, et.al, 2017). Το ενδιαφέρον πολλών κρατών έχει στραφεί προς την υιοθέτηση παρόμοιων κριτηρίων στην αξιολόγηση των πολιτικών τους, λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνο την οικονομική ανάπτυξη αλλά και την ποιότητα ζωής, της υγείας, της εκπαίδευσης και της οικολογικής ισορροπίας με στόχο την επιλογή της πιο κατάλληλης και επιτυχημένης πολιτικής για την ευημερία των πολιτών (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, 2017). Τα κράτη επιδιώκουν με τις πολιτικές τους να μειώσουν τις αρνητικές επιπτώσεις του θορύβου είτε από τη μια πλευρά με επιβολή μέτρων για την ελάττωση του θορύβου στα αεροδρόμια, όπως είναι οι περιορισμοί λειτουργίας είτε με διαχείριση χρήσεων γης και προγράμματα ηχομόνωσης ή με μελέτες κόστους – οφέλους οι οποίες βασίζονται σε οικονομικές μελέτες και αναλύσεις (Wolfe, et.al, 2016).

Στα περιβαλλοντικά οικονομικά, η ησυχία μπορεί να θεωρηθεί ως δημόσιο αγαθό, δηλαδή δεν είναι ανταγωνιστικό στην κατανάλωση, καθώς η πρόσθετη κατανάλωση από κάποιον δε μειώνει τη διαθεσιμότητα σε όλους τους άλλους χρήστες καθώς επίσης δεν υπάρχει η δυνατότητα αποκλεισμού γιατί είναι διαθέσιμο για όλους χωρίς να μπορεί να αποκλειστεί κάποιος χρήστης από το να το καταναλώσει. Παρόλα αυτά, τα οφέλη μπορεί να τα απολαύσουν ακόμα και αυτοί που δεν πληρώνουν για αυτό το

αγαθό, οπότε έχει μια σχετική οικονομική αξία η οποία προκειμένου να αποτιμηθεί η αξία της ησυχίας, ή διαφορετικά του κόστους του θορύβου, χρειάζεται να εφαρμοστούν μη-αγοραίοι μέθοδοι αποτίμησης (He, et.al, 2014). Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις για την αποτίμηση του θορύβου ή της ησυχίας και αποτελούνται από μεθόδους δηλωθείσας προτίμησης (stated preference), όπως είναι η μέθοδος προθυμίας πληρωμής και από μεθόδους αποκαλυφθείσας προτίμησης (revealed preference), όπως είναι η μέθοδος της ηδονικής τιμολόγησης (Mahashabde, et.al, 2011).

2.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Έχει εκπονηθεί πλήθος ερευνών σχετικά με την αποτίμηση των επιπτώσεων του αεροπορικού θορύβου μέσω της μεθόδου της ηδονικής τιμολόγησης ή της προθυμίας πληρωμής αλλά και με συνδυασμό αυτών των μοντέλων, ώστε να δημιουργηθούν εργαλεία για την εκτίμηση σε νομισματικούς όρους και μετέπειτα την χάραξη της πολιτικής των κρατών για την αντιμετώπιση της ηχορύπανσης από τα αεροδρόμια. Στη συνέχεια, γίνεται μια ανάλυση από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ευρώπη, την Αμερική και την Ασία για μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση μέσα από τις δημοσιεύσεις που έχουν γίνει σε μεγάλα επιστημονικά περιοδικά και εκδοτικούς οίκους στη συγκεκριμένη θεματική περιοχή.

Αναφορικά με τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για τα αεροδρόμια της Αμερικής και του Καναδά αξίζει να αναφερθεί η έρευνα των Wolfe, et.al, 2016, όπου παρουσιάζεται μια μελέτη κόστους - οφέλους για την εφαρμογή πολιτικών μείωσης του αεροπορικού θορύβου. Εξετάζονται οι πολιτικές για τις χρήσεις γης σε δεκαέξι αεροδρόμια της Αμερικής συνδυάζοντας τα κόστη στην υγεία των ατόμων με τη μέθοδο προθυμίας πληρωμής για τη μείωση του θορύβου από παλιότερες έρευνες ηδονικής τιμολόγησης που έχουν γίνει και αποτιμώνται τα οφέλη στην αύξηση των τιμών των σπιτιών. Τα δεδομένα για τα κόστη όπως αποτυπώνονται σε έξοδα αντιμετώπισης των ασθενειών που σχετίζονται με τον αεροπορικό θόρυβο στα άτομα και τον αριθμό των ατόμων που επηρεάζονται από τον θόρυβο έχουν βρεθεί από τον οργανισμό των Ηνωμένων Πολιτειών FAA Airport Improvement Program ενώ η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για τα οφέλη της μείωσης του αεροπορικού θορύβου στην αύξηση των εσόδων από τις τιμές των σπιτιών βασίζονται σε προηγούμενες έρευνες όπως αυτή των He, et.al, 2014. Σε αυτή την έρευνα των He, et.al, 2014 βασίζεται επίσης η εκτίμηση της αβεβαιότητας από τα κόστη ενώ για την ανάλυση της αβεβαιότητας του οφέλους εφαρμόζεται μοντέλο που έχει αναπτυχθεί σε έρευνα των Mahashabde, et.al, 2011. Στα οφέλη προστίθενται επίσης και η μείωση κόστους από την κάλυψη των περιστατικών που σχετίζονται με την επίδραση του αεροπορικού θορύβου στην υγεία των ατόμων, όπως είναι άμεσα κόστη από ασθένειες, υπέρταση και καρδιακά νοσήματα αλλά και έμμεσα κόστη από μείωση της παραγωγικότητας των εργαζομένων. Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της έρευνας, το μεγαλύτερο όφελος από την εφαρμογή της πολιτικής στη διαχείριση των χρήσεων γης εμφανίζεται στις περιοχές με υψηλά επίπεδα θορύβου αλλά και με υψηλότερα εισοδήματα χωρίς αυτό να συνεπάγεται πως δεν μπορεί να έχει εφαρμογή σε διαφορετικό συνδυασμό επιπέδων θορύβου και εισοδήματος. Επίσης, σύμφωνα με τα αποτελέσματα τα προγράμματα μόνωσης του θορύβου είναι αποδοτικότερα οικονομικά σε σχέση με προγράμματα υποχρεωτικής απόσυρσης αεροπορικού στόλου.

Όσον αφορά έρευνες που έχουν γίνει στις ασιατικές χώρες που αντιμετωπίζουν προβλήματα με τον αεροπορικό θόρυβο, έχει παρατηρηθεί σε έρευνα των Xie, et al, 2014 πως τα τελευταία πέντε χρόνια στην Κίνα η ζήτηση των αεροπορικών υπηρεσιών αυξάνεται κατά 10% ετησίως. Παράλληλα, παρατηρούνται παράπονα λόγω του αυξημένου αριθμού πτήσεων, όπως η ύπαρξη βραδινών πτήσεων, το χαμηλό ύψος των πτήσεων και η ακαταλληλότητα της πορείας των διαδρομών που έχουν επιλεγεί με κυριότερο ζήτημα την έλλειψη νομικού συστήματος για την πρόληψη και την αντιμετώπιση του θορύβου. Αξίζει να σημειωθεί πως σε μελέτη του Wadud, 2013 προστίθενται ένας δείκτης που βοηθά να υπολογιστεί το κόστος που συνεπάγεται η ενόχληση από τον θόρυβο και είναι ο δείκτης απόσβεσης θορύβου NDI (Noise Depreciation Index) ο οποίος συνοψίζει τον αντίκτυπο του αεροπορικού θορύβου στις τιμές των ακινήτων. Ορίζεται ως η ποσοστιαία μείωση της αξίας της ιδιοκτησίας που αντιστοιχεί σε αύξηση του επιπέδου του θορύβου κατά 1 decibel σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Ορίζεται από τον τύπο:

$$NDI = \partial \ln(\text{Price}) / \partial \text{Noise}$$

Κατόπιν, στη μελέτη αυτή του Wadud, 2013 γίνεται μια προσπάθεια να συγκεντρωθούν οι τιμές των δεικτών NDI από προηγούμενες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σε διάφορα μέρη του κόσμου, να μελετηθούν οι λόγοι για τους οποίους υπάρχουν οι διαφοροποιήσεις και ακολουθεί μετα-ανάλυση με στόχο να προταθεί μια εξίσωση που να μετατρέπει τις διαφορές που ισχύουν σε κάθε χώρα βγάζοντας ένα ενιαίο αποτέλεσμα. Κάποιοι από τους παράγοντες που παίζουν ρόλο στις διαφορετικές εκτιμήσεις των δεικτών NDI είναι οι εξής:

- Ύπαρξη διαφορετικών μεθόδων μέτρησης του θορύβου (υποδηλώνει μια υποκειμενική μέτρηση του θορύβου και σε πολλές περιπτώσεις μετρά την αντίληψη της ενόχλησης των κατοίκων)
- Τοπικές διαφορές στις αγορές ακινήτων μεταξύ των χωρών και των πόλεων (αναφορικά με το επίπεδο εισοδήματος, την αντίληψη του θορύβου και της έντασης του θορύβου υποβάθρου)
- Επιλογή κοινών χαρακτηριστικών στη σχέση των τιμών ακινήτων και των μεταβλητών της (πρακτικά οποιοδήποτε μοντέλο χρησιμοποιείται εκτός του ημιλογαριθμικού με συνεχή τη μεταβλητή του θορύβου συνεπάγεται ένα δείκτη NDI εξαρτώμενο από τα επίπεδα του θορύβου)
- Η συνδιακύμανση (δηλαδή στην ανάλυση να παραληφθεί μια μεταβλητής που επιδρά στην τάση της ανεξάρτητης μεταβλητής της τιμής)
- Χωρική αυτοσυσχέτιση (όταν υπάρχει απόκλιση από την υπόθεση των ανεξάρτητων παρατηρήσεων και σχετίζεται με την μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων που χρησιμοποιείται στην μέθοδο ηδονικής τιμολόγησης)
- Άλλα προβλήματα των στατιστικών μοντέλων, όπως οι ποικίλες πηγές δεδομένων καθώς σε κάποιες περιπτώσεις εισάγονται δεδομένα από μεμονωμένα νοικοκυριά ενώ σε άλλες πιο σωρευτικά δεδομένα ή ένα ακόμα πρόβλημα αποτελεί το μέγεθος του δείγματος διότι σε μεγαλύτερο δείγμα θα είναι μικρότερη η διακύμανση και ακριβέστερα αποτελέσματα.

Σε ένα μέρος των μελετών γίνεται σύγκριση μεταξύ του μοντέλου προθυμίας πληρωμής και του μοντέλου ηδονικής τιμολόγησης τονίζοντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της καθεμιάς, όπως ενδεικτικά γίνεται στη μελέτη των Matos, et.al, 2013. Ένα μειονέκτημα που εμφανίζεται στη μεθόδο δηλωθείσας προτίμησης είναι πως τα συμπεράσματα που εξάγονται βασίζονται σε απαντήσεις υποθετικών ερωτήσεων και σε πολλές περιπτώσεις οι απαντήσεις είναι υποκειμενικές. Από την άλλη πλευρά, το βασικότερο μειονέκτημα της μεθόδου αποκαλυφθείσας προτίμησης είναι πως έχει σημαντικές στατιστικές και μεθοδολογικές αδυναμίες αλλά και αβεβαιότητες οι οποίες σε αρκετές μελέτες δεν λαμβάνονται υπόψη κατά την εξαγωγή συμπερασμάτων. Από την άλλη πλευρά, όπως τονίζεται και στα ευρήματα της έρευνας αλλά και σε μελέτες προηγούμενων ερευνών, η ηδονική τιμολόγηση βασίζεται σε πραγματικές τιμές σπιτιών και στη συμπεριφορά των ατόμων οπότε αποτελεί τη βάση για έγκυρα συμπεράσματα. Παράλληλα, το πλεονέκτημα της μεθόδου προθυμίας πληρωμής είναι ότι πρόκειται για μέθοδο στατιστικά πιο αντιπροσωπευτική για τον γενικό πληθυσμό.

Σε πολλές περιπτώσεις γίνεται συνδυασμός των διαφορετικών μεθόδων, όπως σε ανάλυση των He, et.al, 2014, όπου συνδέεται η προθυμία πληρωμής για την ελάττωση του αεροπορικού θορύβου με το επίπεδο εισοδήματος, την αξία ακινήτων, το μέγεθος των κατοικιών και τον δείκτη NDI, εκφράζοντας την προθυμία πληρωμής για κάθε ένα decibel λιγότερου θορύβου ανά νοικοκυριό για κάθε άτομο. Συγκεκριμένα, η σχέση δίνεται από την εξίσωση:

$$WTP = \frac{NDI \times \text{Property value}}{\text{Household size}}$$

όπου στη συνέχεια γίνεται ανάλυση παλινδρόμησης με τη χρήση σταθμισμένων ελαχίστων τετραγώνων από τις αξίες των ακινήτων όπως έχουν υπολογιστεί από έρευνες που έχουν ήδη πραγματοποιηθεί και συνάγεται η συνάρτηση με το μέσο επίπεδο εισοδήματος της περιοχής, ενώ τελικά με χρήση αλγορίθμων του μοντέλου APMT-Impacts Noise Module υπολογίζεται σε παγκόσμιο επίπεδο η οικονομική επίπτωση του αεροπορικού θορύβου. Τα πλεονεκτήματα του μοντέλου που έχει σαν βάση το εισόδημα είναι, πως είναι πιο εύκολο να βρεθούν αξιόπιστα δεδομένα σε παγκόσμια κλίμακα που αφορούν το επίπεδο εισοδήματος μιας πόλης σε σχέση με το να εντοπιστούν λεπτομερή χαρακτηριστικά των ακινήτων γύρω από ένα αεροδρόμιο. Όπως επίσης, σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός πως δεν κάνει διαχωρισμό στις νομισματικές επιπτώσεις αφενός της μείωσης της αξίας των ακινήτων λόγω του αεροπορικού θορύβου και αφετέρου στη μείωση από τα μισθώματα όπως γίνεται στα μοντέλα ηδονικής τιμολόγησης, ενώ η μέθοδος αυτή με βάση το εισόδημα συμπεριλαμβάνει και τις δύο αυτές επιδράσεις. Ο περιορισμός της μεθόδου είναι η ευαισθησία στην ακρίβεια των δεδομένων και η πιθανότητα το μέσο κατά κεφαλήν εισόδημα της πόλης να διαφέρει από το μέσο εισόδημα στα περίχωρα του αεροδρομίου με αποτέλεσμα να υποεκτιμάται ή να υπερεκτιμάται η νομισματική επίδραση.

Σε μια άλλη έρευνα των Püschel, et.al, 2012, εξετάζεται το κόστος από τον αεροπορικό θόρυβο όπως φαίνεται από την πτώση των ενοικίων σε μια περιοχή κοντά στο αεροδρόμιο Dusseldorf της Γερμανίας. Συνδυάζει την οικονομετρική προσέγγιση της ηδονικής τιμολόγησης που προσδιορίζει την επίδραση του θορύβου στην τιμή των κατοικιών, με τον δείκτη NDI που δείχνει την πτώση του ενοικίου για κάθε decibel που

αυξάνεται. Η συλλογή των δεδομένων για τις τιμές των σπιτιών και των χαρακτηριστικών τους έγινε από μεγάλη μεσιτική διαδικτυακή ιστοσελίδα της Γερμανίας, τα δεδομένα θορύβου από τους στρατηγικούς χάρτες θορύβου του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος, ενώ τα δεδομένα της γειτονίας και της προσβασιμότητας από τα στατιστικά που παρείχε ο δήμος της περιοχής και από χάρτες όπως ο OpenStreetMap που διατίθεται στο ίντερνετ. Μέσω μοντέλων που λαμβάνουν υπόψη τη χωρική παλινδρόμηση και αυτοσυσχέτιση των μεταβλητών αλλά και τη χωρική προσαρμογή του σφάλματος προκύπτει ότι για κάθε επιπρόσθετο decibel υπάρχει πτώση στις τιμές των ενοικίων κατά 1,04 % με συνολικό κόστος 7,5 εκατομμύρια το χρόνο.

Σε ανάλυση που έχει γίνει στις περιοχές γύρω από το αεροδρόμιο του Amsterdam από τους Dekkers, et.al, 2009, εκτιμάται σε νομισματικούς όρους το κοινωνικό κόστος από την ενόχληση λόγω του αεροπορικού θορύβου όμως διαφοροποιείται από άλλες έρευνες καθώς λαμβάνει υπόψη και τον θόρυβο υποβάθρου (background noise). Λαμβάνουν υπόψη και τον θόρυβο από τους σιδηροδρόμους και τους μεγάλους δρόμους καθώς η ύπαρξη του θορύβου αυτού αλλάζει την αντίληψη των κατοίκων για τον θόρυβο από τα αεροπλάνα.

Στο συγκεκριμένο μοντέλο που χρησιμοποιείται η ανεξάρτητη μεταβλητή p που εκφράζει την τιμή των κατοικιών δίνεται από την συνάρτηση:

$$P = \alpha + \beta S + \gamma L + \tau G + \varepsilon$$

όπου β, γ, τ οι παράμετροι αντίστοιχα των εξαρτημένων μεταβλητών S τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις συναλλαγές (όπως η χρονιά την οποία έγινε η πώληση ενός ακινήτου), L τα δομικά χαρακτηριστικά (όπως ο αριθμός των δωματίων μιας κατοικίας), G τα χωρικά χαρακτηριστικά (όπως οι υποδομές της περιοχής και η προσβασιμότητα), α είναι παράμετρος της εξίσωσης και όπου ε το τυχαίο σφάλμα. Μέσω του γραμμικού λογαριθμικού μοντέλου ανάλυσης παλινδρόμησης το οποίο χρησιμοποιείται σε παρόμοιες έρευνες ηδονικής τιμολόγησης, γίνεται η σύνδεση των μεταβλητών, πραγματοποιείται γίνεται έλεγχος της χωρικής εξάρτησης στα δεδομένα για την ορθότερη εξαγωγή αποτελεσμάτων και αφού τεθούν κάποια κατώφλια τιμών από τις τρεις κύριες πηγές θορύβου, καταλήγει στο συμπέρασμα πως οι τιμές των κατοικιών μειώνονται όταν αυξάνονται τα επίπεδα θορύβου με την προϋπόθεση ότι όλα τα υπόλοιπα στοιχεία μένουν αμετάβλητα, ceteris paribus. Τελικά για κάθε decibel που μειώνεται στο επίπεδο θορύβου υπάρχει ένα καθαρό όφελος 1459 ευρώ ανά κατοικία και ένα συνολικό όφελος της τάξης των 574 εκατομμυρίων ευρώ. Ένα στοιχείο που αξίζει να σημειωθεί είναι πως ο προσδιορισμός του κατωφλιού παίζει σημαντικό ρόλο στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων καθώς ακόμα και μια μικρή αλλαγή στο οριακό επίπεδο θορύβου επιφέρει στατιστικά σημαντικές αποκλίσεις στα αποτελέσματα. Ένας περιορισμός της συγκεκριμένης ανάλυσης είναι ότι λαμβάνονται υπόψη μόνο τα οφέλη των κατοίκων της περιοχής και όχι των ατόμων που εργάζονται στις περιοχές ή σε ανθρώπους που επισκέπτονται την περιοχή για τουριστικούς λόγους. Επίσης, σε μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση θα μπορούσαν επίσης να ληφθούν

υπόψη τα οφέλη στην υγεία των κατοίκων όπως αποτυπώνονται σε νομισματικούς όρους.

Η έρευνα των Lijesen, et.al, 2010 διαδέχεται την ανάλυση των Dekkers, et.al, 2009 η οποία εκτός από την μελέτη του οφέλους της μείωσης του αεροπορικού θορύβου προσθέτει ανάλυση του αντίστοιχου κόστους προτείνοντας έτσι μια ολιστική προσέγγιση κόστους-οφέλους για μια επιτυχημένη κρατική παρέμβαση. Με την εξίσωση του οριακού κόστους και του οριακού οφέλους, υπολογίζεται το βέλτιστο σημείο του επιπέδου μείωσης του θορύβου για την επίτευξη της ευημερίας. Η ανάλυση κόστους περιλαμβάνει διαχωρισμό μεταξύ μακροπρόθεσμων και βραχυπρόθεσμων μέτρων και με τη σειρά τους διακρίνονται σε σενάρια υψηλής και χαμηλής ανάπτυξης.

Τα σενάρια υψηλής και χαμηλής ανάπτυξης βασίζονται σε:

- μέτρα μείωσης του αριθμού των πτήσεων από το αεροδρόμιο του Άμστερνταμ
- επιλογή πιο ήσυχων αεροπλάνων που προσγειώνονται στους χώρους του αεροδρομίου
- επιλογή εναλλακτικών διαδρομών προσγείωσης των αεροπλάνων, όπως είναι η πρόταση να ξεκινά η διαδικασία προσγείωσης πιο κοντά στο αεροδρόμιο διατηρώντας ένα μεγάλο ύψος για περισσότερο χρονικό διάστημα μειώνοντας τα επίπεδα θορύβου στις κατοικημένες περιοχές.

Μέτρα που θα μπορούσαν να ληφθούν τα οποία θα αυξάνουν την ευημερία της κοινωνίας, είναι η αντικατάσταση στα θορυβώδη αεροπλάνα, χωρίς τη μείωση του αριθμού των δρομολογίων που πραγματοποιούνται στο αεροδρόμιο του Άμστερνταμ.

Σε άλλη έρευνα που διεξήχθη από τους Postorino, et.al, 2016, διαφαίνονται τα αντικρουόμενα συμφέροντα, αφενός της ανάγκης για αύξηση της εναέριας κυκλοφορίας και αφετέρου της διατήρησης της ευημερίας των τοπικών περιοχών γύρω από το αεροδρόμιο και τονίζεται η ανάγκη για επιλογή κατάλληλων πολιτικών που θα λαμβάνουν υπόψη και τις δύο πλευρές και εφαρμόζεται σε μια μελέτη περίπτωσης στο αεροδρόμιο της Μπολόνιας της Ιταλίας. Οι αντικρουόμενες απαιτήσεις πρέπει να αναλύονται σε περιπτώσεις χωροθέτησης ή επέκτασης ενός αεροδρομίου, δηλαδή να είναι όσο πιο κοντά γίνεται σε μια πόλη για να υπάρχει πιο εύκολη προσβασιμότητα από και προς αυτό και ταυτόχρονα να είναι τόσο μακριά από τις κατοικημένες περιοχές ώστε να μειώνονται οι επιδράσεις από τον θόρυβο. Με την εφαρμογή των υπαρχουσών νομοθεσιών από τον Διεθνή Οργανισμό Πολιτικής Αεροπορίας και των οδηγιών της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας έχουν ληφθεί μέτρα μείωσης του θορύβου οπότε με την μελέτη δύο σεναρίων, πριν την εφαρμογή των διαδικασιών από το 1996 ως το 2013 και ένα από το 2013 και μετά. Με την ανάλυση φαίνεται πως οι καμπύλες θορύβου στις κατοικημένες περιοχές έχουν όντως μειωθεί σημαντικά μετά την επιβολή μέτρων και ενθαρρύνει έτσι την συνέχιση επιβολής της επικείμενης νομοθεσίας στην περιοχή αυτή.

Σε άρθρο των Le Boennec, et.al, 2017 γίνεται ανάλυση εάν και σε ποιο βαθμό επηρεάζονται οι τιμές των σπιτιών της περιοχής Νάντες της Γαλλίας από την ύπαρξη θορύβου αλλά και η ποιότητα της ατμόσφαιρας. Η περιοχή αυτή είναι αναγνωρισμένη για τα περιβαλλοντικά πρότυπα και έχει βραβευτεί με τον τίτλο της «Πράσινης Πρωτεύουσας της Ευρώπης» το 2013 έχοντας υιοθετήσει πολιτικές βιώσιμης μετακίνησης. Με έρευνες που έχουν γίνει στην περιοχή έχουν διεξαχθεί κάποια

αντιφατικά αποτελέσματα οπότε γίνεται μια προσπάθεια να ληφθούν υπόψη οι παράγοντες εκείνοι που επηρεάζουν τελικά τα πορίσματα και γίνεται μια ηδονική ανάλυση με τις εξής υποθέσεις:

- Τα ενδογενή χαρακτηριστικά⁽¹⁾ των σπιτιών που πωλούνται ή αγοράζονται έχουν άμεσο αντίκτυπο στο ύψος της τιμής τους
- Τα επίπεδα θορύβου αλλά και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς επίσης και συγκεκριμένα τοπικά χαρακτηριστικά⁽²⁾ επηρεάζουν τις τιμές των κατοικιών
- Ο θόρυβος και η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζουν την τιμή αλλά επηρεάζονται και από τα τοπικά χαρακτηριστικά των σπιτιών

(1)έτος κατασκευής, αριθμός δωματίων, αριθμός ορόφων και συνολική επιφάνεια κατοικίας

(2)απόσταση από κέντρο περιοχής, σούπερ μάρκετ, λεωφορεία, χώροι πρασίνου, περιφερειακοί δρόμοι, αεροδρόμιο

Στη συνέχεια γίνεται ο έλεγχος χωρικής εξάρτησης στα δεδομένα και εξάγονται τα συμπεράσματα πως η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν παίζει κάποιο ιδιαίτερο ρόλο, πιθανότατα λόγω χαμηλών επιπέδων αέριας ρύπανσης στην περιοχή αλλά και για το γεγονός ότι δεν γίνεται άμεσα αντιληπτή αλλά έμμεσα με τις μακροχρόνιες επιπτώσεις στην υγεία, ενώ καταλήγει πως τα επίπεδα θορύβου είναι εμφανή και επηρεάζουν τις τιμές των σπιτιών.

Σε έρευνα των Calleja, et.al, 2017 γίνεται υπολογισμός της προθυμίας πληρωμής για πρόγραμμα μείωσης του θορύβου στο πάρκο Retiro της Μαδρίτης. Έχει αναγνωρισθεί η αξία του ήσυχου ηχοτοπίου καθώς επίσης και οι αρνητικές επιπτώσεις του θορύβου στην υγεία των ατόμων και τις λειτουργίες των οικοσυστημάτων ενώ παράλληλα τα αστικά πάρκα και οι χώροι πρασίνου παρέχουν πολλαπλά οφέλη τόσο στην σωματική όσο και την ψυχική υγεία των ατόμων που ζουν στις μεγάλες πόλεις αντισταθμίζοντας τις αρνητικές επιδράσεις λόγω της μείωσης της αντίληψης του θορύβου από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η ύπαρξη χώρων πρασίνου αποδεικνύεται πως επηρεάζει την αξία των ακινήτων στις γύρω περιοχές με αυξητική τάση, καθώς όσο μειώνεται ο θόρυβος, τόσο αυξάνεται το ποσό που είναι διατεθειμένος κάποιος να πληρώσει για την δυνατότητα αγοράς ή ενοικίασης ακινήτων κοντά στους χώρους αυτούς. Γίνεται έρευνα στους επισκέπτες του πάρκου αναφορικά με την αντίληψη των ήχων και των θορύβων εντός του πάρκου και στη συνέχεια της προθυμίας ή μη καταβολής ποσού για την είσοδο στο πάρκο ή για συνδρομή σε πρόγραμμα για τη μείωση του θορύβου εξάγοντας το συμπέρασμα πως το 39,3% των ατόμων δηλώνουν πρόθυμοι για την καταβολή κάποιου ποσού για πρόγραμμα μείωσης του θορύβου.

Τέλος, σε άρθρο των Barber, et.al, 2011 αναφέρεται η επίδραση του θορύβου από τις πτήσεις των αεροπλάνων και άλλων θορύβων υποβάθρου στους οργανισμούς που ζουν στις φυσικές προστατευόμενες περιοχές ενώ παράλληλα σε άρθρο των Iglesias-Merchan, et.al, 2014 τονίζεται η σημασία της μείωσης του θορύβου στις φυσικές περιοχές με τους επισκέπτες του εθνικού πάρκου Penalara στην Ισπανία να δηλώνουν πρόθυμοι να πληρώσουν για την είσοδο στο χώρο προκειμένου να μειωθεί ο θόρυβος. Η έρευνα δείχνει πως εκείνοι που επισκέφτηκαν για πρώτη φορά το πάρκο ήταν λιγότερο πρόθυμοι να πληρώσουν για την είσοδο τους, ενώ τα άτομα εκείνα που

έδειξαν μεγαλύτερη ενόχληση στους θορύβους ήταν περισσότερο πρόθυμα για πληρωμή. Επίσης, τα άτομα με μεγαλύτερο εισόδημα ήταν πιο πιθανό να συμβάλλουν σε προγράμματα μείωσης του θορύβου ενώ τέλος να σημειωθεί πως το 51% του θορύβου του πάρκου όπως καταγράφηκε από τους επισκέπτες προερχόταν από φωνές των ανθρώπων και ο αεροπορικός θόρυβος ήταν της τάξης του 42% από το σύνολο των θορύβων που έγιναν αντιληπτοί από τους επισκέπτες του πάρκου.

3. Αστικό τοπίο

3.1 Θόρυβος στα αστικά κέντρα

Ο θόρυβος αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες υποβάθμισης της ποιότητας του περιβάλλοντος στην Ελλάδα και στην Ευρώπη. Επηρεάζει δυσμενών τόσο την ζωή των πολιτών όσο και την υγεία τους.

Η νομοθεσία και οι τεχνικές ηχομόνωσης αποτελούν σήμερα δύο από τις ουσιαστικότερες πρακτικές αντιμετώπισης της ηχητικής ρύπανσης τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρώπη. Ωστόσο η νομοθεσία και οι τεχνικοί κανονισμοί βρίσκονται αρκετά μακριά από τον τρόπο που βιώνουν οι πολίτες τον θόρυβο. Πολλές φορές όμως, τόσο η ενημέρωση όσο και η πρόληψη, μπορούν να προκαλέσουν μια αύξηση της ευαισθησίας των πολιτών στον θόρυβο, χωρίς αυτή να είναι ρεαλιστική. Με τον παραμικρό θόρυβο δίνεται η αφορμή για παράπονα, απλά και μόνο γιατί υπάρχει μία νομοθεσία που τους ενθαρρύνει, προκαλώντας έτσι περισσότερες θορυβώδεις καταστάσεις.

Η ακουστική φυσική καταφέρνει να μειώσει τον θόρυβο στην πηγή του, έχοντας ως βασική προϋπόθεση την προστασία του ανθρώπινου οργανισμού από την έκθεση του σε διάφορους θορύβους επιβλαβείς για την υγεία. Αυτό συνεπάγεται την ανάλυση άλλων επιπτώσεων του θορύβου στην ψυχική και σωματική υγεία, όπως την παρενόχληση κατά τη διάρκεια του ύπνου και τα καρδιαγγειακά προβλήματα, θέματα τα οποία θα αναλυθούν εκτενώς σε επόμενο κεφάλαιο. Παράλληλα, μια καινούργια έννοια κάνει την εμφάνιση της, η έννοια της «ηχητικής άνεσης», σύμφωνα με την οποία νέα αντικείμενα έρευνας αποκτούν σημαντικές διαστάσεις. Λόγω της πολυπλοκότητας της καθημερινής ζωής στην πόλη, ο άνθρωπος εκτίθεται κάθε στιγμή σε πολλούς και διάφορους θορύβους στη δουλειά του, στους αστικούς χώρους (θόρυβοι των μέσων μεταφοράς) και στο σπίτι του (θόρυβοι των γειτόνων). Το γεγονός ότι διάφοροι θόρυβοι στη μελέτη ποικίλων πηγών θορύβου ευρείας κλίμακας, όπως ο αεροπορικός θόρυβος, ο θόρυβος από τα μέσα επίγειων μεταφορών, αλλά και πιο περιορισμένης/τοπικής κλίμακας όπως τα εργοτάξια, κλιματιστικά κ.α.

Ωστόσο, όλες οι μελέτες που έχουν εκπονηθεί, επικεντρώνονται στα προβλήματα του θορύβου στην ανθρώπινη υγεία, παραμελώντας ένα σημαντικό παράγοντα. Ερευνούν τον ανθρώπινο οργανισμό εντός του εργαστηρίου, εκτός του φυσικού χώρου όπου ζει και κινείται ο άνθρωπος, με αποτέλεσμα να καταλήγουν σε ένα μοντέλο ανθρώπου καλά απομονωμένου από τους θορύβους του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο υπάρχει. Αυτό συνεπάγεται την ανάγκη διερεύνησης και αξιολόγησης των προβλημάτων του, τα οποία πηγάζουν από τον θόρυβο, όχι μόνον από φυσικής και υγιεινής πλευράς αλλά και από κοινωνικο-ψυχολογικής. Επιβάλλονται επιτόπιες έρευνες, οι οποίες θα επιδιώξουν να κατανοήσουν καλύτερα τους καθαρά ανθρώπινους παράγοντες και τον ρόλο κοινωνικο-πολιτιστικού περιεχομένου, μέσα στο οποίο ο κάθε άνθρωπος αντιλαμβάνεται την ενόχληση από τον θόρυβο. Εάν αντιλαμβάνεται κάποιος έναν ήχο ως θόρυβο, αυτό εξαρτάται από το σύνολο των αισθητηρίων παραμέτρων του. Είναι λοιπόν απαραίτητο να προσεγγισθούν πέρα από την ανάλυση των ακουστικών μετρήσεων οι υποκειμενικοί παράγοντες όπως η «αντίληψη και η αισθητή εμπειρία» αυτού του φαινομένου της ηχητικής ενόχλησης. Στο πλαίσιο αυτό, αναγκαίος όρος είναι η ισορροπία ανάμεσα στο συναίσθημα της δυσχέρειας, (ως υποκειμενική αντίληψη) και την αντικειμενικότητα (ως φυσικό φαινόμενο που μπορεί να μετρηθεί), όπως η ένταση του θορύβου. Η επιτόπια έρευνα, επιτρέπει τη μελέτη των κοινωνικών σχέσεων και των ηχητικών πρακτικών των χρηστών ενός χώρου, συμβάλλοντας στην κατανόηση τόσο του τύπου του θορύβου, όσο και της ψυχολογίας των ανθρώπων που

ενοχλούνται από αυτόν ή προκαλούν την ηχητική ρύπανση με τις ηχητικές του πρακτικές.

Η νέα αυτή διάσταση που εισάγει την ανάλυση του θορύβου μέσα στο «φυσικό περιεχόμενο του», απαιτεί την ανάπτυξη εργασιών με την βάση τον ρόλο των ανθρωπίνων παραγόντων. Οι εργασίες αυτές βασίζονται στις κοινωνικές επιστήμες. Ήδη στη Γαλλία έχουν ξεκινήσει από το 1970, αφενός, στο ερευνητικό εργαστήριο CRESSON (Centre de Recherche sur l'Espace sonore et l'Environnement Urbain), εργασίες πάνω στη μάχη εναντίον του θορύβου με κοινωνιολογικό χαρακτήρα, με θέμα την ηχητική αντίληψη και δράση στην καθημερινή ζωή και στο Επιστημονικό και Τεχνικό Κέντρο του Θορύβου, με θέμα τις αναπαραστάσεις του ηχητικού περιβάλλοντος.

Οι πρώτες μελέτες στο CRESSON σχετικά με τις κοινωνικές επιπτώσεις του θορύβου, έδειξαν πως δεν πρέπει να αγνοούνται στην ανάλυση αυτό προβλήματα τριών ειδών κανόνες: τεχνικοί, νομικοί και κοινωνικοί, οι οποίοι δεν ταυτίζονται πάντα.

Κάθε κοινωνική δραστηριότητα πραγματοποιείται μέσα σε ένα περιβάλλον το οποίο αποτελείται από τους κοινωνικούς και πολιτιστικούς κανόνες (κουλτούρα), τις διαπροσωπικές σχέσεις και το τεχνητό- φυσικό περιβάλλον. Ανάλογα με την κουλτούρα του κάθε χρήστη ενός χώρου, τα προσλαμβάνοντα ερεθίσματα και οι συμπεριφορές του που επιδρούν στο ακουστικό περιβάλλον, επηρεάζουν το αντίστοιχο ηχητικό αυτού του χώρου διαμορφώνοντας την ηχητική του κουλτούρα.

Οι κοινωνικές δραστηριότητες με τη σειρά τους διαδραματίζονται και εξελίσσονται μέσα στο οικιστικό περιβάλλον, το οποίο επηρεάζει την ηχητική ταυτότητα ενός τόπου. Ειδικά στην Ελλάδα οι στενοί και περιορισμένοι δημόσιοι αστικοί χώροι ανάμεσα στα αναλογικά ψηλά κτίρια με τους προβόλους και τις αντανάκλαστικές επιφάνειες προκαλούν την αντανάκλαση των ήχων ευνοώντας ακόμη πιο θορυβώδεις καταστάσεις. Το ηχητικό περιβάλλον με τη σειρά του επηρεάζει τη λειτουργία και την εξέλιξη των κοινωνικών δραστηριοτήτων μέσα σε αυτό.

Διαφαίνεται η αλληλεπίδραση και σύνδεση που υπάρχει ανάμεσα στο ηχητικό περιβάλλον, την κουλτούρα και την κοινωνική δομή, τις αρχιτεκτονικές και πολεοδομικές φόρμες ενός χώρου. Συνεπώς η μάχη ενάντια στον θόρυβο, επιβάλλει μια διαφορετική προσέγγιση από αυτή που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια στη Βόρεια Ευρώπη. Δεν είναι δυνατόν να μιλάμε για ηχητική ρύπανση χωρίς να αναλύσουμε την ακουστική ποιότητα και ηχητική άνεση και ευχαρίστηση του χρήστη ενός χώρου.

Η έννοια της ακουστικής ρύπανσης, εξαρτάται από τις πηγές θορύβου και τα χαρακτηριστικά τους, τις κοινωνικές σχέσεις και την υποκειμενική αντίληψη των ανθρώπων που αντιλαμβάνονται την ενόχληση. Πέρα από τις ουτοπίες της απόλυτης ησυχίας τίθεται το ερώτημα αν νοείται η πόλη δίχως έναν «ελάχιστο θόρυβο». Μέσα σε αυτόν τον κόσμο ο άνθρωπος της καθημερινής ζωής είναι πολύ πιο περίπλοκος από το «δείγμα» του εργαστηρίου στις έρευνες που έχουν εκπονηθεί, καθώς έχει την ελευθερία όχι μόνο να αντιληφθεί έναν ήχο, αλλά και να τον αναπαραστήσει και να αντιδράσει.

Η ανάλυση μια περίπλοκης έννοιας όπως αυτή της ηχητικής ποιότητας, επιβάλλει τη συνδρομή και συνεργασία πολλών επιστημονικών τομέων και ειδικοτήτων, όπως η φυσική, η γεωγραφία, η πολεοδομία, η αρχιτεκτονική, η νομική, η ιατρική, η κοινωνιολογία κ.κ. (διαεπιστημονικότητα).

- Συμπερασματικά, για την πρόληψη της ηχητικής ρύπανσης δεν μπορεί ο άνθρωπος να βασιστεί μόνο σε κανονισμούς και τεχνικές, αλλά απαιτείται μια ευρύτερη κατανόηση της πολυπλοκότητας του φαινομένου αυτού, των αλληλεπιδράσεων που παρουσιάζει το ηχητικό περιβάλλον με την κοινωνία και το δομημένο περιβάλλον και της σημασίας των συλλογικών παραστάσεων και σχέσεων των πολιτών αναφορικά με τον ήχο, την αξία και την αισθητική του ηχητικού τοπίου.
- Κλείνοντας, η εφαρμοσμένη ακουστική πρέπει να εισάγει νέες παραμέτρους οι οποίες να συνδέονται με την ακρόαση και την πολιτισμική σημασία των ήχων, ενώ είναι απαραίτητο η κοινωνιολογία του ήχου να λαμβάνει υπόψη της και τους διάφορους φυσικούς παράγοντες για την κατανόηση διαφόρων περιπτώσεων.

3.2 Πηγές αστικού θορύβου

Οι πιο σημαντικές πηγές θορύβου, που ευθύνονται για την υποβάθμιση του ακουστικού περιβάλλοντος, είναι οι ακόλουθες:

- Η κυκλοφορία των μέσων μεταφοράς κάθε είδους
- Οι βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις
- Οι εγκαταστάσεις αναψυχής και διασκέδασης

Οι περιοχές με ιδιαίτερο πρόβλημα υποβάθμισης του ακουστικού περιβάλλοντος, όπως προκύπτει από τα στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος, είναι σχεδόν όλες οι αστικές περιοχές της χώρας. Βέβαια, το πρόβλημα είναι σαφώς εντονότερο στα μεγάλα αστικά κέντρα, όπως στην Αθήνα (που συγκεντρώνει το 40% του πληθυσμού, το 50% της βιομηχανικής και βιοτεχνικής δραστηριότητας, το 55% των οχημάτων και το 70% των Υπηρεσιών) και στην Θεσσαλονίκη κτλ.

Εκτός από τις μεγάλες αστικές περιοχές, εντονότατο πρόβλημα θορύβου αντιμετωπίζουν και σχεδόν όλες οι τουριστικές περιοχές της χώρας. Οι συνέπειες φαίνεται ότι επηρεάζουν τόσο την ποιότητα τόσο την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών, με αποτέλεσμα τη μείωση του τουριστικού ρευμάτων, όσο και την ποιότητα ζωής των μόνιμων κατοίκων αυτών των περιοχών. Το Υπουργείο Περιβάλλοντος έχει εντάξει, στο Β' ΚΠΣ, ένα ειδικό έργο αντιμετώπισης του θορύβου στις τουριστικές περιοχές, με στόχο την διαμόρφωση στρατηγικής για την εφαρμογή δέσμης ειδικών μέτρων και παρεμβάσεων.

4. Μεθοδολογία

4.1 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή ενδιαφέροντος στην οποία έλαβαν χώρα οι μετρήσεις βρίσκεται στην **τοποθεσία Κιόσκι**, ανατολικά της πόλης της Μυτιλήνης. Συγκεκριμένα οι ηχογραφήσεις και η καταμέτρηση των οχημάτων έγιναν **ακριβώς μπροστά στο Αρχαιολογικό Μουσείο της Μυτιλήνης**. Η Μυτιλήνη είναι κτισμένη στο νοτιοανατολικό άκρο της νήσου Λέσβου. Είναι πρωτεύουσα του νησιού, έδρα της Π.Ε. Λέσβου και της περιφέρειας Βορείου Αιγαίου, διοικητικό, εμπορικό και πνευματικό κέντρο με πληθυσμό 37.890 κατοίκους (απογραφή 2011). Η έκταση της πόλης είναι σχετικά μεγάλη, περιλαμβάνοντας και τα προάστια της Βαρειάς και της Νεάπολης. Στο νότιο και το νοτιοδυτικό τμήμα της πόλης, λόγω πυκνής δόμησης - κατασκευής πολυκατοικιών, συγκεντρώνεται το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού ενώ το υπόλοιπο και μεγαλύτερο τμήμα της πόλης είναι αραιοκατοικημένο και αντιπροσωπεύεται σχεδόν ακόμη από χαμηλά, παλαιά κυρίως κτίρια, μεταξύ των οποίων πολλά διατηρητέα νεοκλασικά (αρχοντικά) και κάποια δυτικής ευρωπαϊκής αρχιτεκτονικής κτίρια. Η πόλη της Μυτιλήνης έχει αναπτυχθεί με κέντρο την προκυμαία του λιμανιού και την παλαιότερη συνοικία Κιόσκι. Αποτελείται από τις παλιές συνοικίες με κύριο χαρακτηριστικό τους στενούς δρόμους και τα χαμηλά παλαιά κτίρια και τις νεότερες δυτικές συνοικίες με τις πολύωροφες οικοδομές. Η **ανάπτυξη της πόλης δεν συνοδεύτηκε από τα απαραίτητα έργα υποδομής με αποτέλεσμα να υπάρχει αντίστοιχα υποβάθμιση του περιβάλλοντος αφού τα υπάρχοντα έργα δεν ήταν ικανά να ανταπεξέλθουν στη νέα διαμορφούμενη κατάσταση, λόγω παλαιότητας και του απαρχαιωμένου σχεδιασμού τους, αφού τα έργα αυτά χρονολογούνται την δεκαετία του 1920, συνεχίστηκαν την δεκαετία του '50 και ολοκληρώθηκαν την δεκαετία του '70 με την άναρχη επέκταση της πόλης. Το κυρίως πρόβλημα της Μυτιλήνης είναι η υπερσυγκέντρωση λειτουργιών στο κέντρο της πόλης και η ανεπάρκεια των κοινόχρηστων χώρων για την εξυπηρέτηση όλων αυτών των λειτουργιών, συχνά ασυμβίβαστων μεταξύ τους. Μέσα σε έκταση λίγων οικοδομικών τετραγώνων και δύο δρόμων γύρω από το λιμάνι, εκ των οποίων ο ένας πεζόδρομος, συγκεντρώνονται όλες οι κεντρικές λειτουργίες της πόλης (διοίκηση, αναψυχή, εμπόριο, τράπεζες κλπ) και επιπλέον λειτουργίες των δύο λιμένων – επιβατικού και εμπορικού - και τη διέλευση όλης της επιβατικής και εμπορευματικής κίνησης των λιμανιών αλλά και του αεροδρομίου. **Συνέπεια του απηρχαιωμένου, ρυμοτομικού σχεδίου της παλαιάς πόλης είναι η εμπλοκή στην ανάπτυξη των σύγχρονων κεντρικών λειτουργιών αλλά και του εκσυγχρονισμού του οικιστικού αποθέματος στις ίδιες περιοχές εφόσον δεν γίνουν δραστικές πολεοδομικές παρεμβάσεις.****

4.1.2 Κλιματολογικά δεδομένα

Από κλιματολογική άποψη η Λέσβος έχει ήπιο, μεσογειακό κλίμα δηλαδή με χειμώνα ήπιο και σπάνια φαινόμενα παγετού και ξηρό και θερμό καλοκαίρι, με πολλή μεγάλη ηλιοφάνεια καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η μέση ετήσια θερμοκρασία ανέρχεται στους 17,6ο C, ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος, με μέση θερμοκρασία 9,4ο C και θερμότερος ο Ιούλιος, με μέση θερμοκρασία 26,5ο C. Η μέση μέγιστη κυμαίνεται από 12,1ο C το μήνα Ιανουάριο έως 30,4ο C το μήνα Ιούλιο, ενώ η μέση ελάχιστη κυμαίνεται από 6,7ο C τον Ιανουάριο έως 21,6ο C τον Ιούλιο. Η απολύτως ελάχιστη που παρατηρήθηκε τα τελευταία 27 χρόνια είναι -4.4ο C (Ιανουάριος), ενώ η απολύτως μέγιστη είναι 40ο C (Ιούλιος). Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ανέρχεται σε 649,8 mm. Ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος με ύψος βροχής 2,3 mm και βροχερότερος ο Δεκέμβριος με ύψος βροχής 141,3 mm. Η σχετική υγρασία

κυμαίνεται από 71,7% το μήνα Δεκέμβριο έως 55,8% το μήνα Ιούλιο. Σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, οι κύριοι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή είναι οι βόρειοι με ποσοστό εμφάνισης 25,2%, ενώ ακολουθούν, με μικρότερα ποσοστά εμφάνισης, οι νοτιοδυτικοί (13,9%) και οι νότιοι (11,6%). Οι κύριες εντάσεις των ανέμων που πνέουν στην περιοχή κυμαίνονται από 1 έως 6 Beaufort, ενώ σπανίζουν οι άνεμοι έντασης 8 Beaufort και άνω. Τους μήνες Νοέμβριο έως και Φεβρουάριο πνέουν άνεμοι νότιοι με ποσοστό εμφάνισης από 19,5% έως και 22,5%. Η πτώση χιονιού είναι σπάνιο φαινόμενο. Επίσης σπάνιο είναι και το φαινόμενο του χαλαζιού. Στην περίοδο των 27 χρόνων εμφανίστηκε πτώση χαλαζιού κατά μέσο όρο 1,3 ημέρες του χρόνου και κυρίως τους χειμερινούς μήνες. Σπάνια έως ανύπαρκτα είναι επίσης τα φαινόμενα παγετού.

4.1.3 Χλωρίδα και πανίδα

Κύριο χαρακτηριστικό της δασικής χλωρίδας της Λέσβου είναι η στενή συσχέτιση των διαφόρων τύπων βλάστησης με τη γεωλογική δομή του νησιού. Η γεωλογική σύσταση της Λέσβου διαιρεί το νησί στις παρακάτω περιοχές με την αντίστοιχη βλάστηση: α) Ασβεστολιθικό τμήμα (ανατολική Λέσβος, Χαμάλη, Πηγή, Ίππειος, Καρήνη), όπου κυριαρχεί η ελιά (*Olea europaea*), β) Σχιστολιθικό τμήμα (νοτιοανατολική Λέσβος, Αγιάσος, Γέρα, Πλωμάρι), όπου κυριαρχούν η βελανιδιά (*Quercus* sp.) και η καστανιά (*Castanea sativa*), γ) Οφειολιθικό τμήμα (κεντρική Λέσβος, δυτικά του Ολύμπου «Τσαμλίκ»), με κυρίαρχη την τραχεία πεύκη (*Pinus brutia*), και δ) Ηφαιστειακό τμήμα (κεντρική, βόρεια και δυτική Λέσβος), όπου κυριαρχούν η βελανιδιά (*Quercus pubescens*, *Quercus aegilops*), το ροδόδενδρο (*Rhododendron luteum*), η μαύρη πεύκη (*Pinus nigra*) και από τα φρύγανα η αστοιβή (*Sarcopoterium spinosum*) και η κενταύρια (*Centaurea spinosa*). Εντυπωσιακή είναι και η ποώδης βλάστηση του νησιού. Τα δύο είδη ανεμώνας (*Anemone coronaria* & *A. ranonina*) και μαργαρίτας (*Anthemis chia* & *A. arvensis*), η κόκκινη (*Papaver rhoeas*) αλλά και η πορτοκαλόχρωμη παπαρούνα (*P. Levigatum*), καθώς και το φυτό των Ηλυσιών Πεδίων των αρχαίων Ελλήνων, ο ασφόδελος ή ασπρόδουλας (*Asphodelus microcarpus*), ανθοφορούν σε μεγάλες εκτάσεις και δημιουργούν ένα πολύχρωμο θέαμα. Το λεσβιακό Άλυσσο (*Alyssum lesbiacum*) είναι το μοναδικό, ενδημικό είδος του νησιού, ενώ τα *Rhododendron luteum* και *Haplophyllum megalanthum* είναι φυτά της Ανατολής που στον ελληνικό χώρο έχουν ως αποκλειστικό σημείο εμφάνισής τους τη Λέσβο. Άλλα πάλι, όπως τα *Osmunda regalis*, *Datisca cannabina*, *Comperia comperiana*, *Dianthus anatolicus*, *Elatine alsinastrium*, *Corydalis integra*, *Ranunculus isthmicus* και *Silene urvillei*, είναι πολύ σπάνια στην υπόλοιπη Ελλάδα. Αξίζει να σημειωθεί ακόμη, ότι στο νησί συναντάται το κολχικό, βολβώδες φυτό που ανθίζει με τα πρώτα κρύα του φθινοπώρου. Τέλος, συναρπαστικό κομμάτι της χλωρίδας της Λέσβου αποτελούν τα δεκάδες είδη σπάνιων και ακριβοθώρητων ορχιδέων, ενώ υπάρχει και τεράστια ποικιλία μανιταριών, κυρίως στην περιοχή της Αχλαδεράς. Η πανίδα του νησιού είναι εξίσου πλούσια με τη χλωρίδα, συνδυάζοντας ζώα της Ανατολής και της Δύσης. Τα σαρκοφάγα που συναντώνται στους ελαιώνες είναι η αλεπού (*Vulpes vulpes*), το κουνάβι ή ατσίδι (*Martes foina*) και η νυφίτσα ή ποντικονύφη (*Mustela nivalis*). Το πιο σημαντικό θηλαστικό της Λέσβου είναι ο περσικός σκίουρος (*Sciurus anomalus*) ή γαλιά όπως το ονομάζουν οι ντόπιοι, που ζει στα παράλια της Μικράς Ασίας και δεν συναντάται πουθενά αλλού στην Ευρώπη εκτός της Λέσβου. Άλλα είδη που υπάρχουν στο νησί είναι η βίδρα, ο σκαντζόχοιρος (*Erinaceus concolor*) και ο λαγός (*Lepus capensis*). Στη Λέσβο υπάρχουν επίσης τα αμφίβια λιμνοβάτραχος, δένδροβάτραχος, πηλοβάτης και πρασινόφρυνος, ενώ το νησί είναι πλούσιο και σε ερπετά (γραιοκελώνα, ποταμοκελώνα, βαλτοκελώνα,

κροκοδειλάκι, τρανόσαυρα, οφίσιος, ταυρική γουστέρα, φιδόσαυρα, μολυντήρι, μαύρος ζαμενής, δενδρογαλιά, σαΐτα, οθωμανική οχιά, ψηφιδόφιδο, σπιτόφιδο, λαφιάτης, αγιόφιδο, ερημόφιδο, τυφλίνος, σαπίτης). Η Λέσβος είναι το νησί με την πλουσιότερη ορνιθοπανίδα στο Αιγαίο. Η μεγάλη ποικιλία των βιοτόπων της, αλλά και η θέση της, ακριβώς στη μέση των διαδρομών αποδημίας των πουλιών στην Ανατολική Μεσόγειο, δίνουν την ευκαιρία σε περισσότερα από 300 είδη πουλιών να περνούν, να ξεχειμωνιάζουν ή να φωλιάζουν στο νησί. Σημαντικές περιοχές για παρατήρηση πουλιών είναι η περιοχή του Ολύμπου, η Καλλονή, ο Κόλπος της Γέρας, το Πρινοβούνι, η περιοχή Ακρασίου, η περιοχή γύρω από τα Βατερά, περιοχή Λεπέτυμνου, η Αγιάσος, το Σίγρι, η Ερεσσός, η Πέτρα, η Σκάλα Πολυχνίτου, η Άγρα, η Ποταμιά κ.ά. Ο τουρκοτσοπανάκος (*Sitta Krueri*) είναι ένα από τα πιο σπάνια είδη, το οποίο, από όλη την Ευρώπη, επέλεξε να ζήσει μόνο στους πευκώνες, στην περιοχή του Ολύμπου, της Αχλαδεράς και του Ακρασίου. Το σμυρνοτσίχλονο (*Emberiza cineracea*) μπορεί να το παρατηρήσει κανείς στην Ερεσσό, στον Όλυμπο και στην Άγρα. Άλλα σπάνια είδη που φωλιάζουν στο νησί είναι ο μουστακοτσιροβάκος, η λιοστριτίδα, η ωχροστριτίδα, ο παρδαλοπετροκλής, το κουφαηδόνι, ο παρδαλοκεφαλός, ο κλειδωνάς, ο βραχοτσοπανάκος, ο σκουρόβλαχος, η αετογερακίνα, το σαΐνι, η νησιωτοπέρδικα. Η καστανόχηνα (*Tadorna ferruginea*) είναι σπάνια στον ελληνικό χώρο και φωλιάζει στην περιοχή της Αχλαδεράς. Επίσης, στο νησί συναντά με και λίγα ζευγάρια μαυροπελαργού (*Ciconia nigra*). Στη Λέσβο υπάρχουν και λευκοπελαργοί (*Ciconia ciconia*). Στον κόλπο της Καλλονής φωλιάζουν σπάνια υδρόβια πουλιά, όπως ο καλαμοκανάς, η αβοκέτα, η πετροτριλίδα, ο μικροτσικνιάς, η αλκύνη, το νεροχελίδονο, ο καλαμόκιρκος, το ποταμογλάρονο, το νανογλάρονο κ.ά. Από τα πιο κοινά πουλιά είναι ο κοσυφάς, η τσίχλα και το τσιρόνι ή ψαρόνι, που κατοικούν στους ελαιώνες, καθώς και ο καλόγιαννος, ο σπίνος, τα δύο καραμπάσια ή παπαδίτσες, η σιταρίθρα, ο κορυδαλλός, ο τρωγλοδύτης, ο δρυοκολάπτης, ο μαυροσκούφος και το καλοκαίρι ο ασπρόκωλος. Πιο σπάνια απαντώνται η *Sylvia melanocephala* (αποκλειστικά στους ελαιώνες), η *Sylvia olivetorum* και εδώ και λίγα χρόνια ο μικρός τρυποκάρυδος. Στους ορεινούς ελαιώνες ακούγεται το κακάρισμα της νησιώτικης πέρδικας, η φωνή του κούκου και το κελήδισμα του αηδονιού στα σύδενδρα με τα πλατάνια. Ο τσαλαπετεινός φωλιάζει σε κουφάλες του ελαιώνα, ενώ στα ξερά κλαδιά τρυπώνει η μικρή *Prunellamodularis*. Χειμερινοί επισκέπτες είναι η μεκάτσα και δύο άλλα είδη τσίχλας, η γερακότσιχλα και η κοκκινότσιχλα, ενώ τη θέση του τεράστιου μπούφου παίρνει πλέον ο μικρός μπούφος. Μια εντυπωσιακή ομάδα εντόμων με μεγάλο πλούτο ειδών στην Λέσβο είναι οι λιβελούλες (Τάξη *Odonata*). Μέχρι σήμερα έχουν καταγραφεί στο νησί 45 διαφορετικά είδη. Οι λιβελούλες ανήκουν στην πιο αρχαία οικογένεια εντόμων που πέταξαν στον αέρα. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι στη Λέσβο έχουν καταγραφεί περισσότερα από 530 είδη μέλισσας. Ο κατάλογος μεγαλώνει διαρκώς όσο συνεχίζονται οι έρευνες. Η εντυπωσιακή αυτή μελισσοποικιλότητα σχετίζεται, φυσικά, με τη μεγάλη ποικιλία φυτών και ενδιαιτημάτων που διαθέτει το νησί.

4.2 Εργαλεία- Λογισμικά

Για την διεκπεραίωση της παρούσας έρευνας, χρησιμοποιήθηκαν λογισμικά πακέτα ώστε να επιτευχθεί η μελέτη, ανάλυση, επεξεργασία των δεδομένων και οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Η επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε από το κάθε λογισμικό, αναλύεται στην συνέχεια.

Η ηχογράφηση της κυκλοφοριακής κίνησης πραγματοποιήθηκε με το ηχόμετρο Tascam DR-05X. Αυτός ο καταγραφές ήχων είναι ακριβής και το προϊόν της ηχογράφησης είναι αρχείο

σε μορφή WAV, η οποία είναι συμβατή με το λογισμικό της επεξεργασίας του ήχου AudaCity.

4.2.1 AudaCity

Το AudaCity είναι ένα λογισμικό που επεξεργάζεται κομμάτια ήχου σε μορφή WAV. Οι μετρήσεις ήταν ωριαίες κάτι το οποίο δεν βοηθάει στην επεξεργασία τους. Οπότε με το λογισμικό AudaCity, κάθε ηχογράφιση κόπηκε σε πέντε κομμάτια.

4.2.2 R Statistics Manual

Για την επεξεργασία των αρχείων ήχου wave και τη εξαγωγή των δεικτών, καθώς επίσης και των φασματογραφήματων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό “R Statistics”. Συγκεκριμένα, τα πακέτα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία είναι τα εξής :

- TuneR: Εισαγωγή των αρχείων ήχου στο λογισμικό της R (Weihs, 2009)
- Seawave: Για την εξαγωγή φασματογραφήματος βάση του αρχείου ήχου, και τον υπολογισμό του δείκτη εντροπίας H (Simonis et al., 2018)
- Sound ecology: Εξάγει τον δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας ADI, τον βιοακουστικό δείκτη BI, τον δείκτη ακουστικής ποικιλότητας ACI, τον δείκτη ακουστικής περιεκτικότητας AEI και την πολλαπλή επεξεργασία αρχείων ήχου (Villanueva-Rivera et al, 2015)
- Ineq: Συμβάλει στον μαθηματικό υπολογισμό των ακουστικών δεικτών (Zeileis & Kleiber, 2015)

4.2.3 SPSS

Σε αυτό το λογισμικό εισήχθησαν οι τιμές των μετρήσεων σε μορφή πινάκων του Excel και υπολογίστηκαν με στατιστική ανάλυση οι κανονικότητες και οι συσχετίσεις των δεδομένων. Έπειτα εξήχθησαν τα διαγράμματα κανονικότητας και οι πίνακες περιγραφικής στατιστικής και κανονικότητας.

4.2.4 ArcGIS

Το λογισμικό του ArcGIS χρησιμοποιήθηκε για την ψηφιοποίηση της περιοχής μελέτης. Το Shape file που εξήχθη, είναι το αρχείο που χρησιμοποιήθηκε στο CadnaA ώστε να οπτικοποιηθεί ο τελικός χάρτης θορύβου.

4.2.5 CadnaA

Για τη χαρτογράφηση της διάχυσης του θορύβου οδικής κυκλοφορίας είναι απαραίτητη η συλλογή δεδομένων που σχετίζονται τόσο με την πηγή του θορύβου, όσο και με το δέκτη. Το ακριβές σημείο και το ύψος των κτιρίων, της βλάστησης και των δεκτών, αποτέλεσαν απαραίτητες πληροφορίες, για τη σωστή απεικόνιση της διάχυσης του θορύβου. Αναντίρρητα σημαντική ήταν η συλλογή ποσοτικών δεδομένων σχετικά με την υπό ανάλυση πηγή θορύβου. Οι πληροφορίες για την περίπτωση του θορύβου οδικής κυκλοφορίας, μπορεί να αφορούν δεδομένα κυκλοφοριακής ροής, ταχύτητας οχημάτων και ποιότητας οδοστρώματος. Εξαιτίας πιθανής έλλειψης δεδομένων, που μπορεί να οδηγήσει σε λάθος αποτελέσματα, μπορεί να επιτευχθεί η απευθείας αποτύπωση του θορύβου οδικής κυκλοφορίας με μονόμετρες δειγματοληψίες, χρησιμοποιώντας το. Τα δεδομένα, εισάγονται σε λογισμικά χαρτογράφησης θορύβου όπως το πρόγραμμα πρόβλεψης θορύβου CadnaA (Computer Aided Noise Abatement, version 4.3) και με τη συνδυαστική χρήση ψηφιοποιημένου χάρτη (QGis), παράγονται οι χάρτες θορύβου. Οι ακουστικοί δείκτες που μπορούν να “εξορυχτούν” από αυτή τη διαδικασία, είναι το επίπεδο του ενεργειακού ισοδύναμου θορύβου (L_{eq}) και ο δείκτης της ηχητικής πίεσης SPL (Sound Pressure Level). Πιο συγκεκριμένα, τα αξιοποιήσιμα δεδομένα για τη χαρτογράφηση θορύβου είναι:

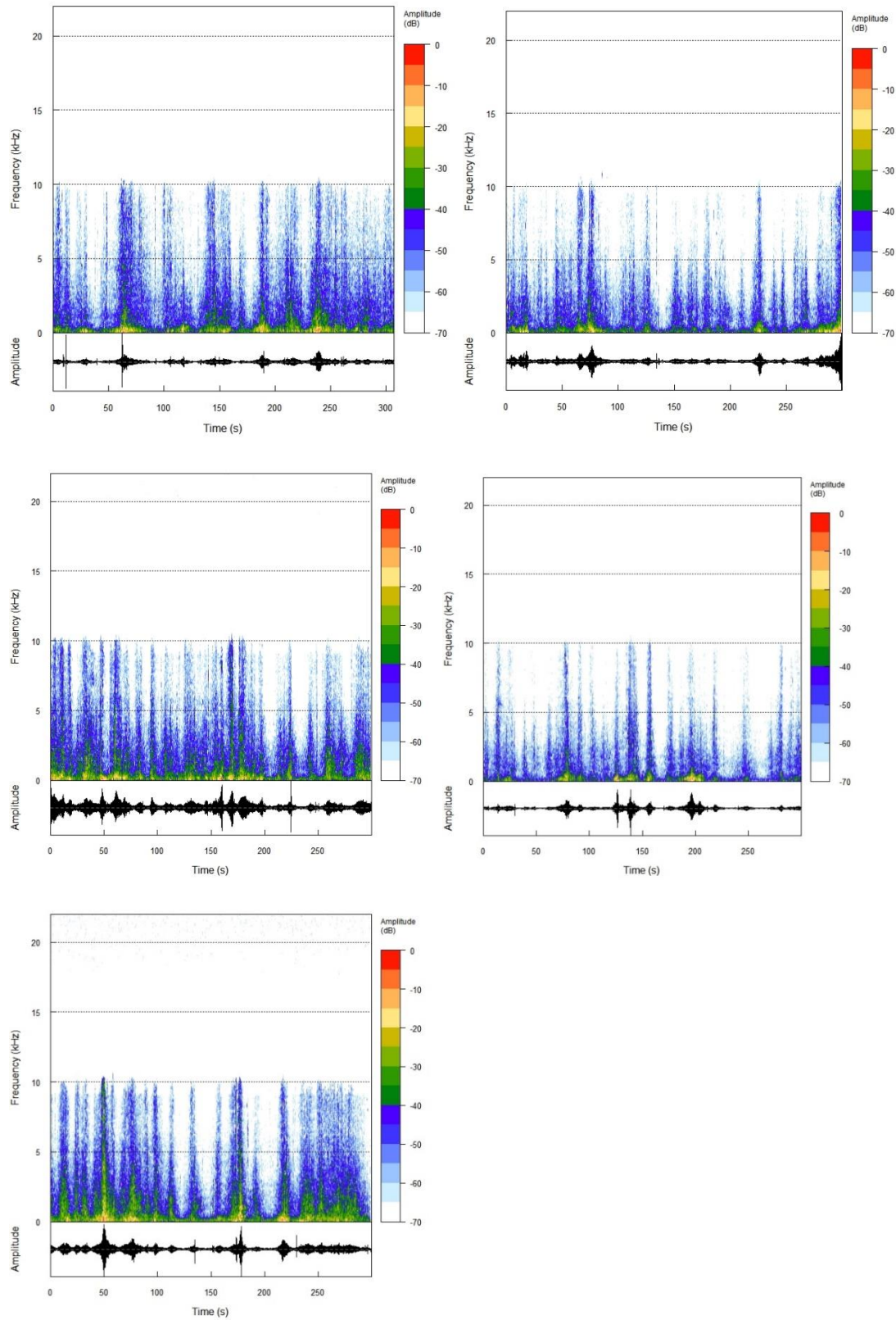
- Ύψος Πολυκατοικιών

- Κατηγορία Δρόμου (Motorway, Ordinary Road, Local)
- Τύπος Οδοστρώματος (smooth/rough)
- Κλίση Δρόμου
- Όρια Ταχύτητας
- Σηματοδότες (περιοχή, ώρες λειτουργίας)

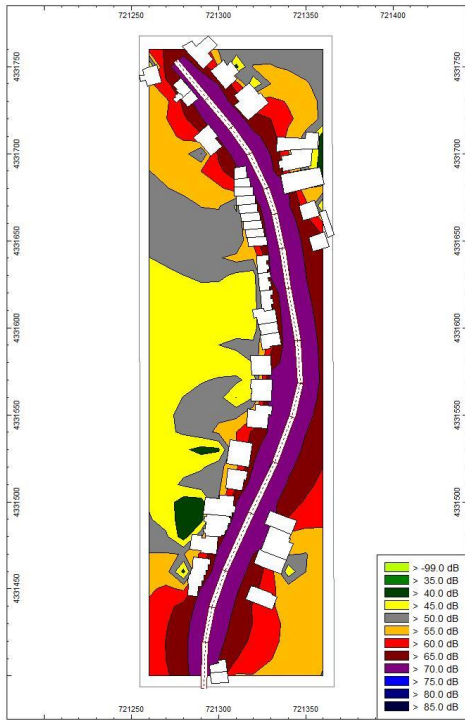
4.3 Συλλογή δεδομένων κυκλοφορίας

Η καταμέτρηση της κυκλοφοριακής κίνησης έγινε με παρατήρηση στη περιοχή μελέτης. Καθώς η ηχογραφήσεις ήταν ωριαίες, καταμετρήθηκαν τα οχήματα για διάρκεια δέκα λεπτών και παύσεις των δύο λεπτών. Τελικό αποτέλεσμα είναι πέντε ολοκληρωμένες καταμετρήσεις των δέκα λεπτών σε κάθε μέτρηση πεδίου. Τα οχήματα χωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες: δίκυκλα, επιβατικά και βαρέα οχήματα- φορτηγά.

5. Αποτελέσματα



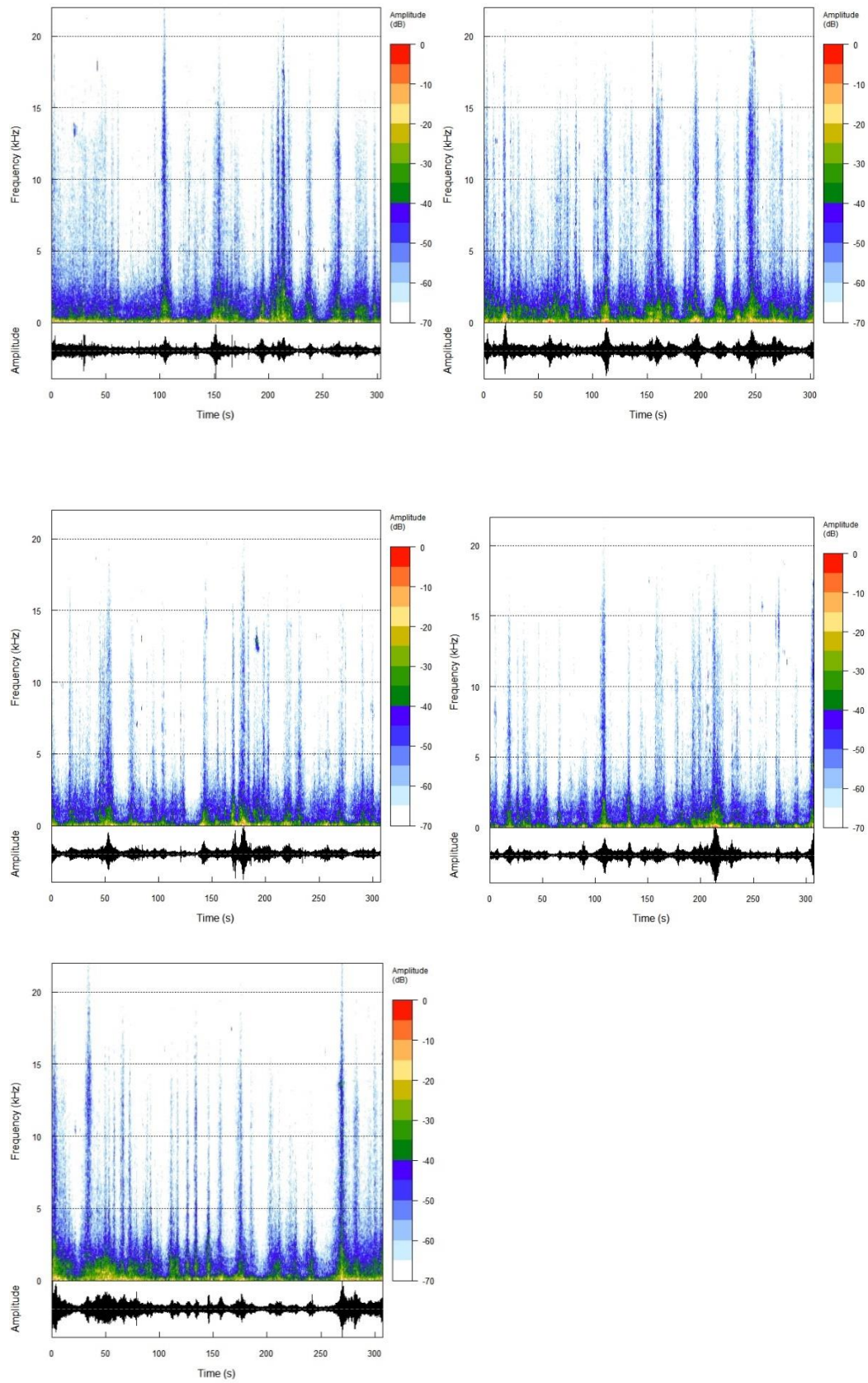
Διαγράμματα φασματοφραγήματος της πρώτης μέτρησης



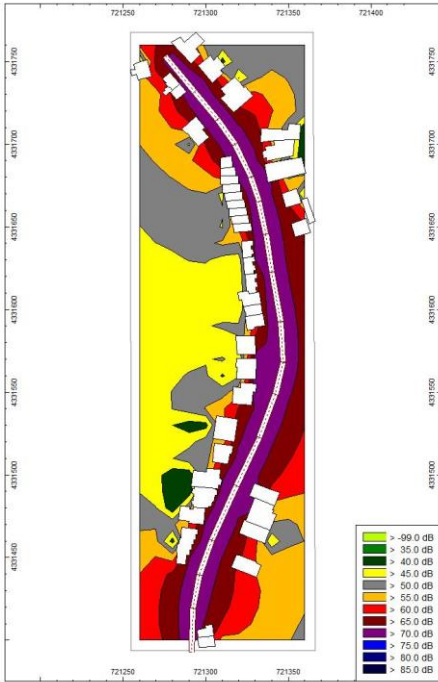
Χάρτης θορύβου 1^α: βάση των δεδομένων της κυκλοφορίας από παρατήρηση.



Χάρτης θορύβου 1^β: βάση της μέτρησης των Decibel και τους υπολογισμούς του λογισμικού CadnaA.



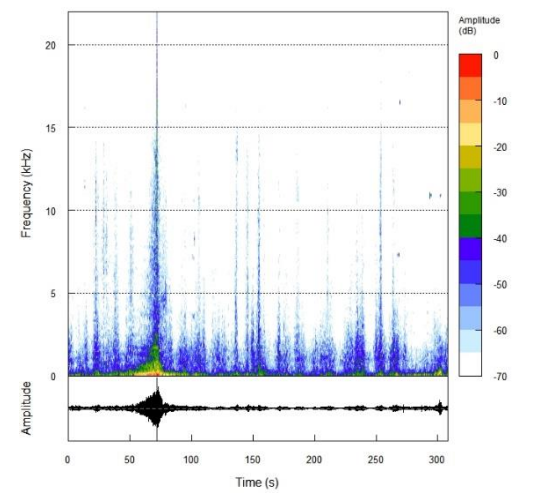
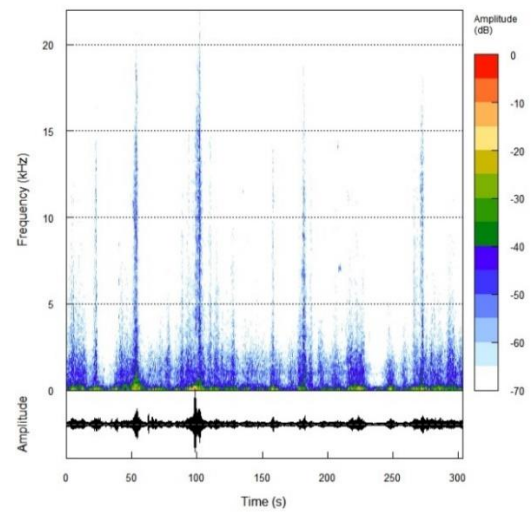
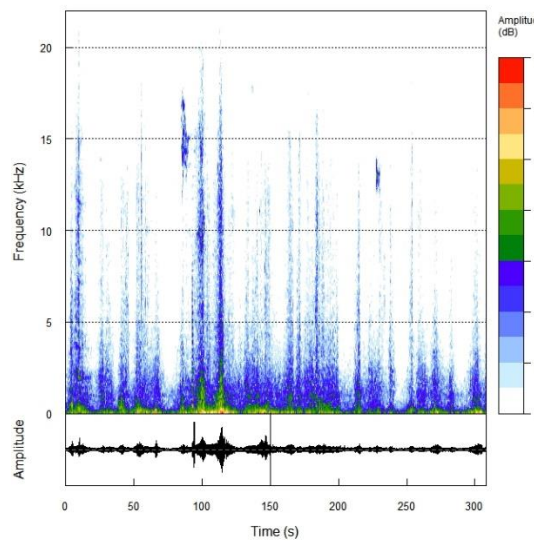
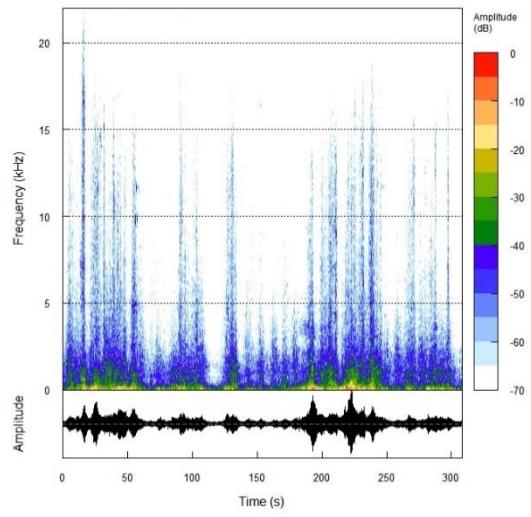
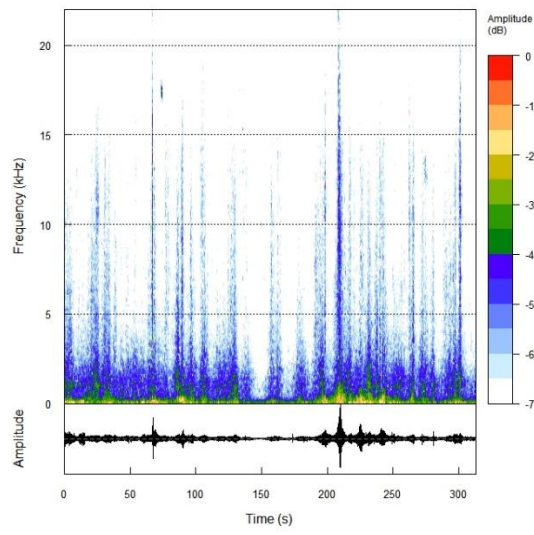
Διαγράμματα φασματογραφήματος της δεύτερης μέτρησης.



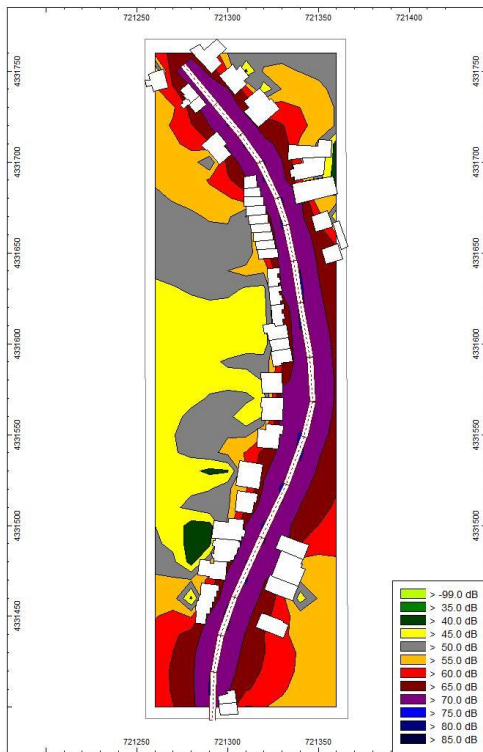
Χάρτης θορύβου 2^α: βάση των δεδομένων της κυκλοφορίας από παρατήρηση.



Χάρτης θορύβου 2^β: βάση της μέτρησης των Decibel και τους υπολογισμούς του λογισμικού CadnaA.



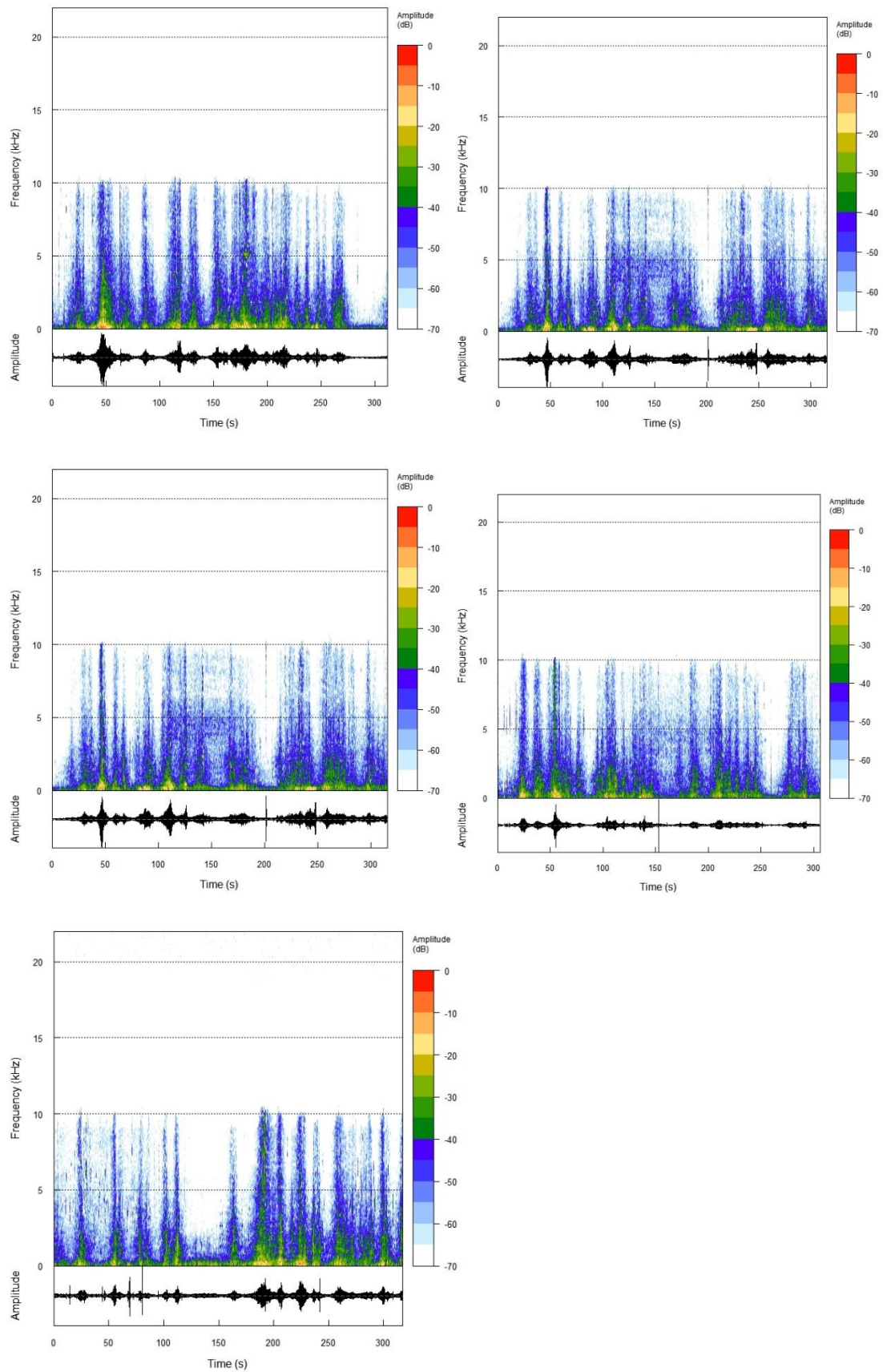
Διαγράμματα φασματογραφήματος της τρίτης μέτρησης.



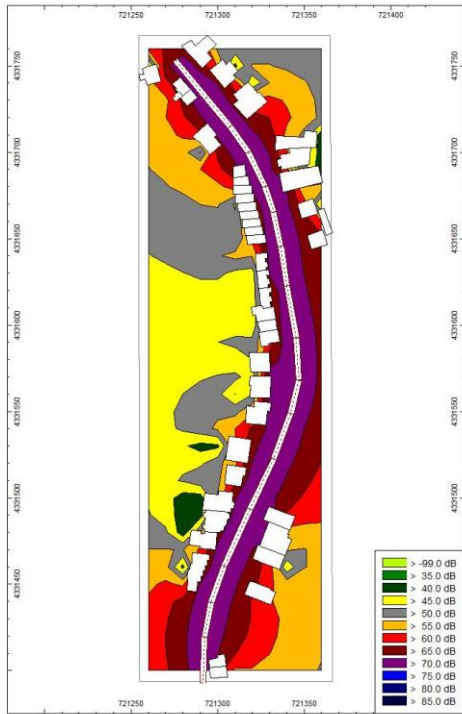
Χάρτης θορύβου 3^α: βάση των δεδομένων της κυκλοφορίας από παρατήρηση.



Χάρτης θορύβου 3^β: βάση της μέτρησης των Decibel και τους υπολογισμούς του λογισμικού CadnaA.



Διαγράμματα φασματογράφησης μέρας τέταρτης.



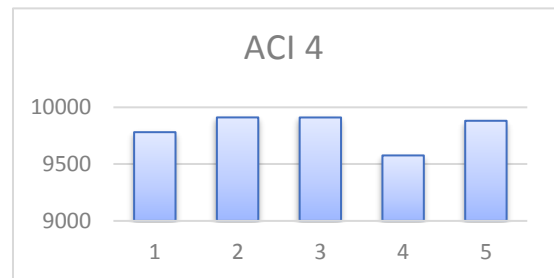
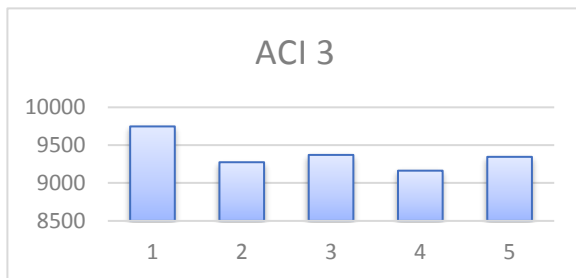
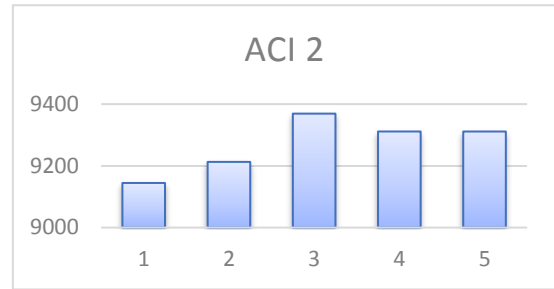
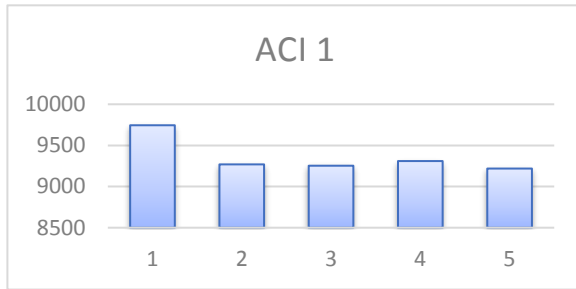
Χάρτης θορύβου 4^α: βάση των δεδομένων της κυκλοφορίας από παρατήρηση.



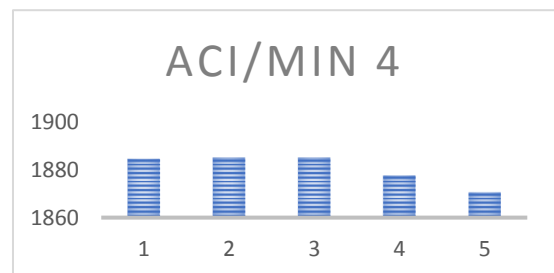
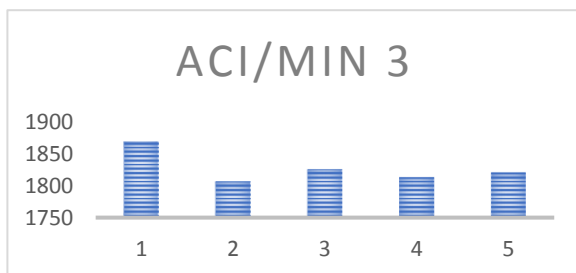
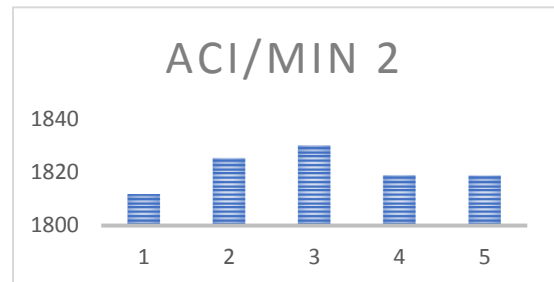
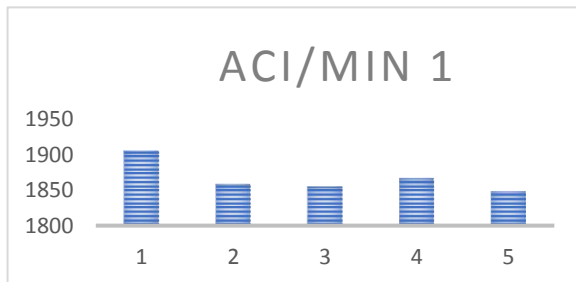
Χάρτης θορύβου 4^β: βάση της μέτρησης των Decibel και τους υπολογισμούς του λογισμικού CadnaA.

5.1 Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης

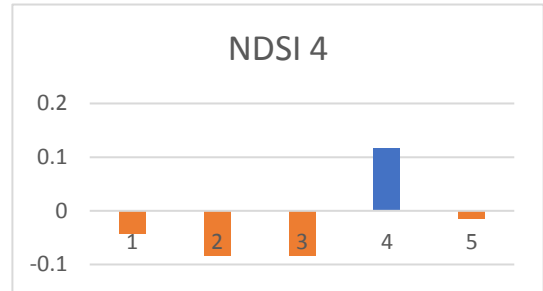
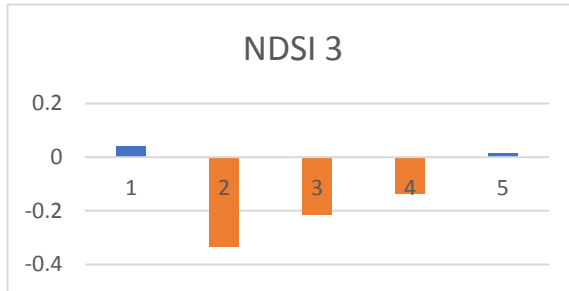
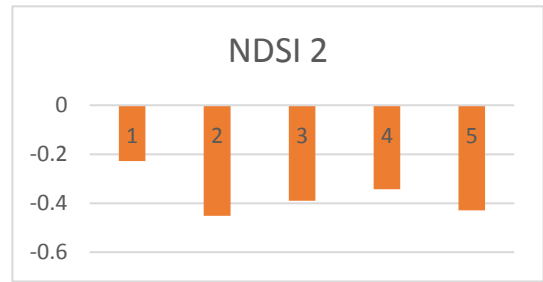
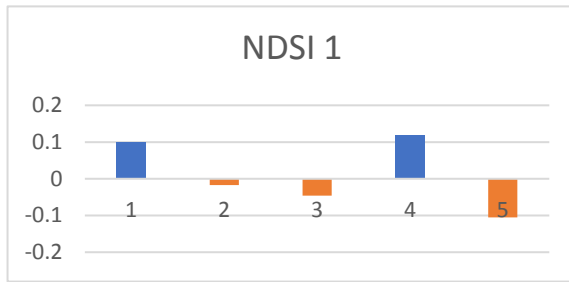
- Δείκτης ακουστικής πολυπλοκότητας για κάθε μέτρηση



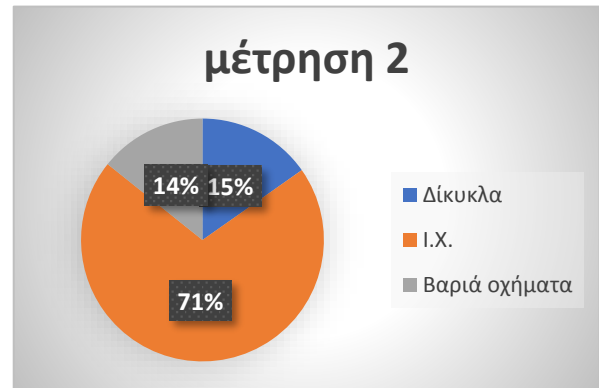
- Δείκτης ακουστικής πολυπλοκότητας ανά λεπτό για κάθε μέτρηση



- Δείκτης ηχοτοπίου NDSI



- Ποσοστά οχημάτων κυκλοφοριακής κίνησης



- Πίνακας περιγραφικής στατιστικής

Descriptive Statistics

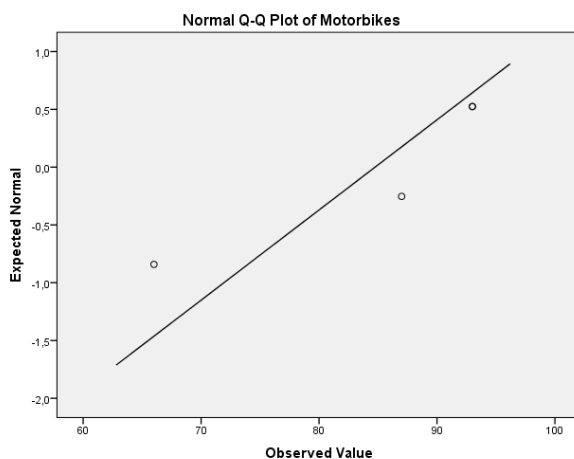
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Motorbikes	4	66,00	93,00	84,7500	12,81601
Vehicles	4	406,00	544,00	465,5000	61,19641
Heavy_Vehicles	4	87,00	118,00	100,5000	13,17826
Speed	4	43,60	47,20	45,7000	1,58745
Total_Count	4	610,00	785,00	705,2500	79,75118
Leq	4	69,30	75,60	72,8250	2,81588
ACI_Total	4	9269,90	9812,40	9455,6386	242,65042
ACI_Min	4	1821,04	1880,57	1848,9493	29,17515
NDSI	4	-,30	,01	-,1104	,14113
Valid N (listwise)	4				

- Πίνακας κανονικότητας

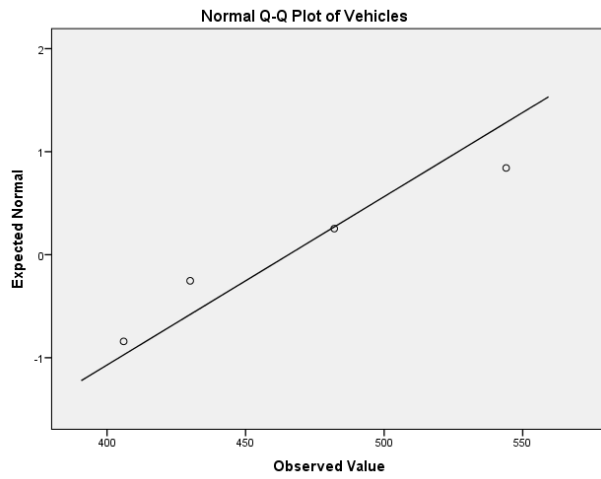
Tests of Normality

	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Motorbikes	,320	4	.	,776	4	,066
Vehicles	,219	4	.	,953	4	,737
Heavy_Vehicles	,205	4	.	,969	4	,836
Speed	,215	4	.	,946	4	,689
Total_Count	,234	4	.	,944	4	,682
Leq	,224	4	.	,953	4	,737
ACI_Total	,371	4	.	,802	4	,106
ACI_Min	,269	4	.	,881	4	,343
NDSI	,235	4	.	,904	4	,453

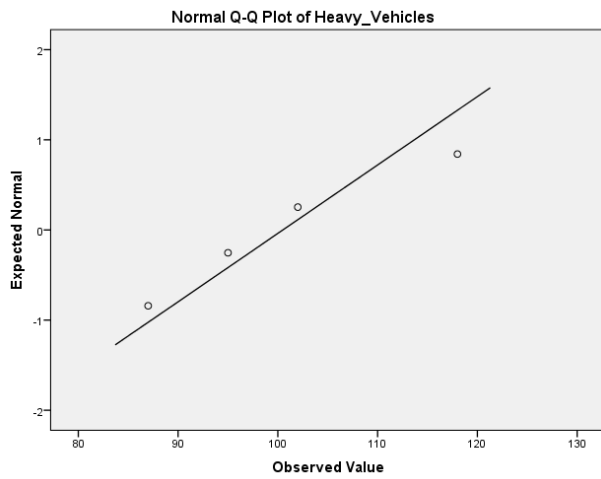
- Διάγραμμα κανονικότητας για τα δίκυκλα



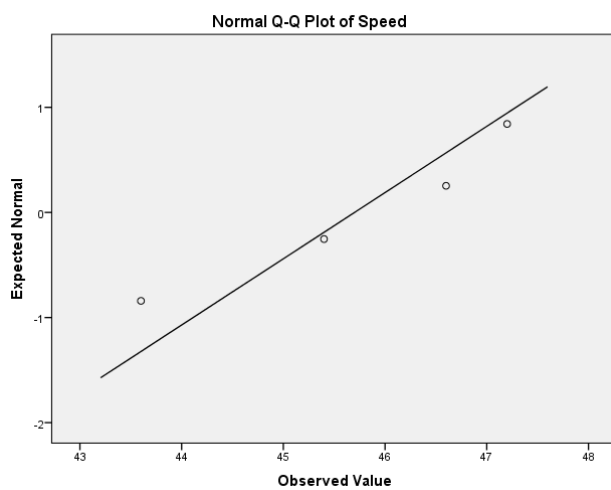
- Διάγραμμα κανονικότητας για τα επιβατικά αυτοκίνητα



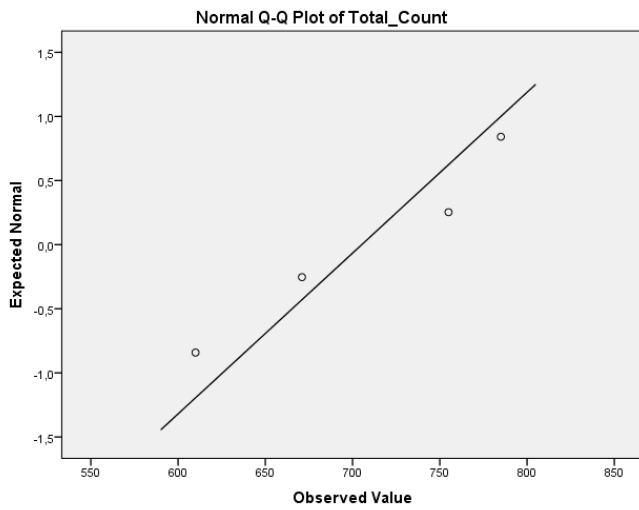
- Διάγραμμα κανονικότητας για τα βαριά οχήματα



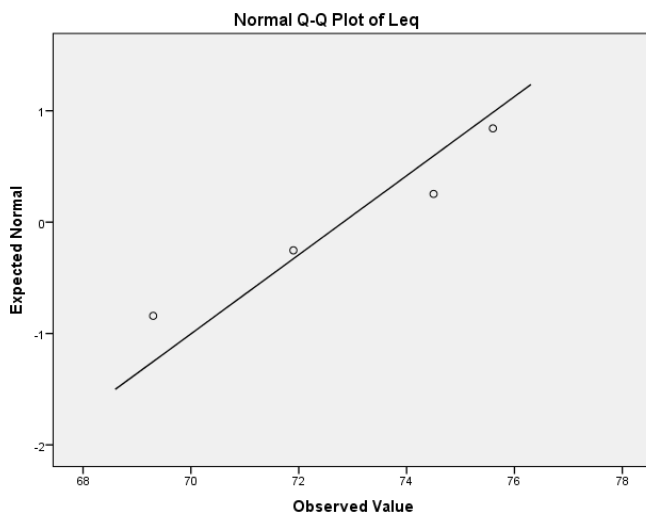
- Διάγραμμα κανονικότητας για την ταχύτητα των οχημάτων



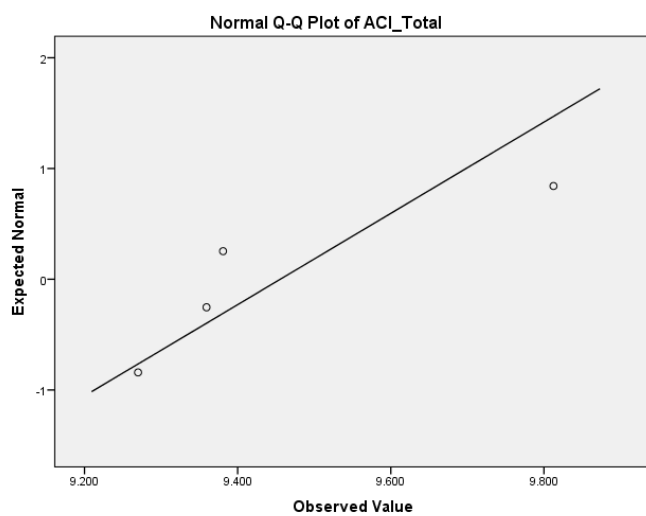
- Διάγραμμα κανονικότητας για το άθροισμα των συνολικών οχημάτων



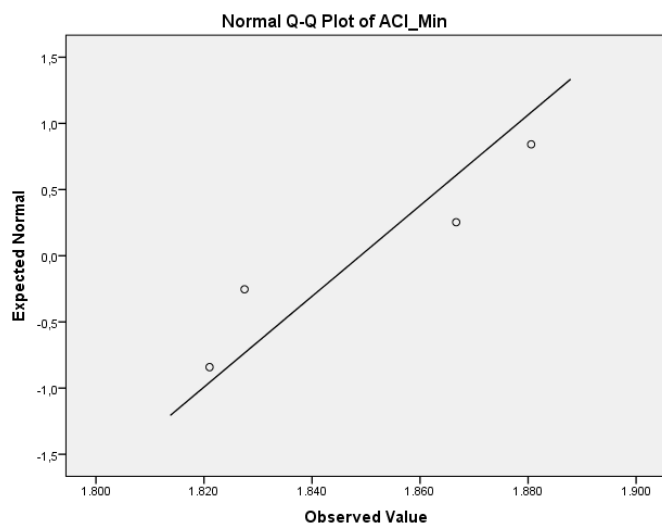
- Διάγραμμα κανονικότητας της έντασης του ήχου



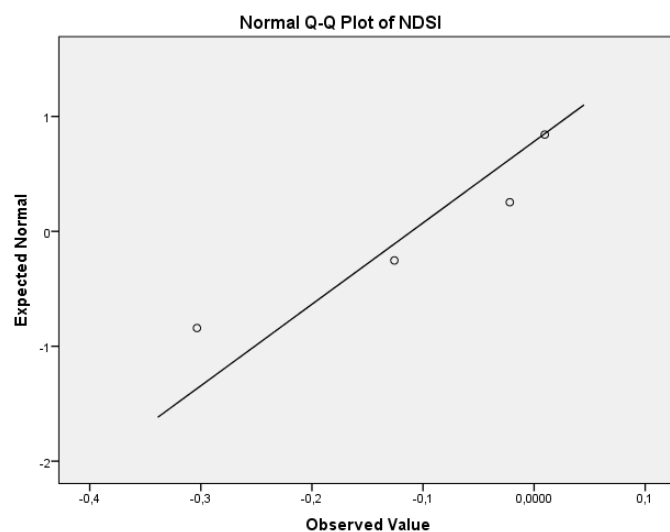
- Διάγραμμα κανονικότητας δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας



- Διάγραμμα κανονικότητας δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας ανά λεπτό



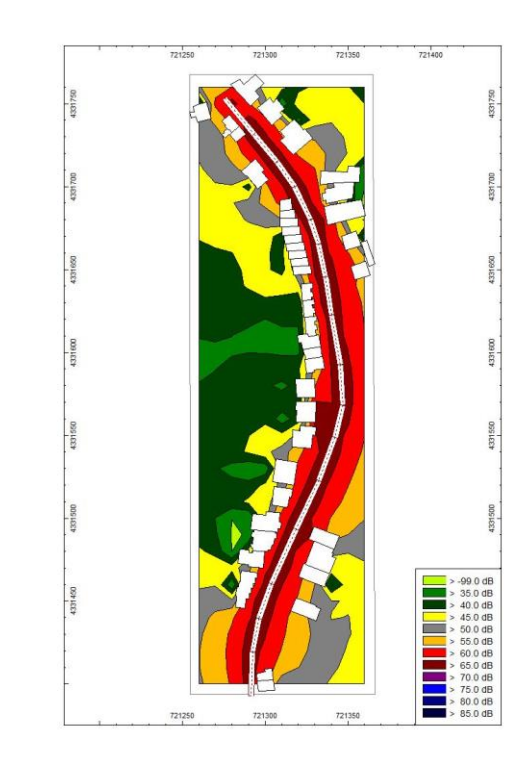
- Διάγραμμα κανονικότητας δείκτη ηχοτοπίου



6. Συμπεράσματα- Συζήτηση

Τα αποτελέσματα των στατιστικών συσχετίσεων έδειξαν ότι όσο περισσότερα είναι τα διερχόμενα οχήματα τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα τους, επομένως και η ένταση του ήχου που εκπέμπουν. Τα διαγράμματα με τα ποσοστά των οχημάτων μας δείχνουν πως περίπου το 15% των οχημάτων είναι βαριά οχήματα.

Μια πρόταση που θα μπορούσε να γίνει για την βελτίωση του ηχοτοπίου της περιοχής μελέτης, είναι να σταματήσει η διέλευση των βαριών οχημάτων. Σε αυτό το σενάριο, όπως βλέπουμε και στον χάρτη θορύβου παρακάτω, η ένταση μειώνεται κατά 10 dB. Αυτό ενδεχομένως να αποτελούσε μια λύση για την βελτιστοποίηση του ηχοτοπίου της περιοχής μελέτης.



Ίσως σε μια επόμενη έρευνα με περισσότερες μετρήσεις και διαφορετικές συνθήκες δειγματοληψίας να υπήρχε σαφέστερη συσχέτιση των οχημάτων με τους δείκτες ακουστικής πολυπλοκότητας και δείκτη ηχοτοπίου.

Βιβλιογραφία

Δέσποινα Βώκου. (2011). 10 Χρόνια Εφαρμογής Επιτροπή « Φύση 2000 » Δέσποινα Βώκου Πρόεδρος Σεπτέμβριος 2011. 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_79/409/EEC. (n.d.).

Directive on the conservation of wild birds. Retrieved from <https://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM%3A128046>

Bastián-Monarca, N. A., Suárez, E., & Arenas, J. P. (2016). Assessment of methods for simplified traffic noise mapping of small cities: Casework of the city of Valdivia, Chile. *Science of the Total Environment*, 550, 439–448. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.139>

Booi, H., & van den Berg, F. (2012). Quiet areas and the need for quietness in Amsterdam. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(4), 1030–1050. <https://doi.org/10.3390/ijerph9041030>

Brumm H., Slabbekoorn H. (2005). Acoustic Communication in Noise. *Advances in the Study of Behavior*, 35, 151–209.

Brumm, H. (2013). Animal signals and communication 2: animal communication and noise (Vol. 2). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41494-7>

Dooling, R. J., & Popper, A. N. (2016). Some lessons from the effects of highway noise on birds, (October 2007), 010004. <https://doi.org/10.1121/2.0000244>

Dudley, N. (2010). Guidelines for applying protected area management categories. *Guidelines for applying protected area management categories*. <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2008.paps.2.en>

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., & James, P. (2016). The acoustic communities: Definition, description and ecological role. *BioSystems*, 147, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2016.05.011>

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.imic.2012.04.002> Farina, A. S. H. G. (n.d.).

Feitelson, E.I., Hurd, R.E., Mudge R. (1996). The impact of airport noise on willingness to pay for residences, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 1 (1), 1-14.

Ecoacoustics. Fletcher NH. (2007). Animal bioacoustics. *Production*, 785–802. Heffner, H. E., & Heffner, R. S. (2007).

Hearing ranges of laboratory animals. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science : JAALAS*, 46(1), 20–22. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.autrev.2015.04.014> Krause, B. (1993).

Iglesias-Merchan, C., Diaz-Balteiro, L., Soliño, M. (2015). Transportation planning and quiet natural areas preservation: Aircraft overflights noise assessment in a National Park, *Transportation Research Part D*, 41, 1–12.

Liu, T. B., & Tang, J. (2013). Influence of noise on stability of the ecosystem. *Communications in Theoretical Physics*, 60(4), 510–514. <https://doi.org/10.1088/0253-6102/60/4/21>

- Matos, J.C.B., Flindell, I., Le Masurier, P., Pownall, C. (2013). A comparison of hedonic price and stated preference methods to derive monetary values for aircraft noise disturbance and annoyance, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 20, 40-47
- 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>
- Morton, E. S. (2010). The American Society of Naturalists Ecological Sources of Selection on Avian Sounds. *The American Naturalist*, 109(965), 17–34.
- Obrist, M. K., Pavan, G., Sueur, J., Riede, K., Llusia, D., & Márquez, R. (2010). Bioacoustics approaches in biodiversity inventories. In Volume 8 - Manual on Field Recording Techniques and Protocols for All Taxa Biodiversity Inventories (pp. 68–99). Retrieved from <http://www.abctaxa.be/volumes/>
- Ozga, A. (2017). Scientific ideas included in the concepts of bioacoustics, acoustic ecology, ecoacoustics, soundscape ecology, and vibroacoustics. *Archives of Acoustics*, 42(3), 415–421. <https://doi.org/10.1515/aoa-2017-0043>
- Patrick, B. (2014). Guidelines for undertaking Rapid Biodiversity Assessments in Terrestrial and Marine Environments in the Pacific. Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme. 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>
- Retamosa, M., Ramírez-alán, O., & Castro, J. D. O. (2018). Acoustic indices applied to biodiversity monitoring in a Costa Rica dry tropical forest. *Journal of Ecoacoustics*, 2, 1–21.
- Seddon, N. (2005). Ecological adaptation and species recognition drives vocal evolution in neotropical suboscine birds. *Evolution*, 59(1), 200–215. <https://doi.org/10.1111/j.00143820.2005.tb00906.x>
- Simonis, C., Lellouch, L., Brown, E. C., Depraetere, M., Desjonqueres, C., Fabianek, F., ... Zhivomirov, H. (2018). Package ' seewave .' Sueur, J., Aubin, T., & Simonis, C. (2008). Equipment review: Seewave, a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics*, 18(2), 213–226. <https://doi.org/10.1080/09524622.2008.9753600>

- Thompson et al_1994_Bioacoustics_A_system_for_describing_bird_song_units. (n.d.). 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>
- 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>
- WHO. (1999). Guideline for community noise WHO. Retrieved from <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/data-and-statistics>
- Williams, H. (2004). Birdsong and singing behavior. Annals of the New York Academy of Sciences, 1016(2004), 1–30. <https://doi.org/10.1196/annals.1298.029>
- Μπάρκας, Ν. (2014). Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή στη θεωρητική Ακουστική. Σημειώσεις περιβαλλοντικής ακουστικής. Ξάνθη: Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Πολυτεχνική σχολή, Τμήμα αρχιτεκτόνων μηχανικών. Retrieved from <http://docplayer.gr/34961289-Perivallontikiakoystiki.html> .
- ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας, <http://www.elinyae.gr/el/index.jsp>, Τελευταία Πρόσβαση 4/6/2019
- Ε.Τ., Εθνικό Τυπογραφείο, <http://www.et.gr/>, Τελευταία Πρόσβαση 4/6/2019
- ΦΕΚ 384/Β/28-3-2006, Υπουργική Απόφαση Αριθ. 13586/724, «Καθορισμός μέτρων, όρων και μεθόδων για την αξιολόγηση και τη διαχείριση του θορύβου στο περιβάλλον, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2002/49/ΕΚ «σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου» του Συμβουλίου της 25.6.2002»
- ΦΕΚ 293/Α/6-10-1981, Προεδρικό Διάταγμα ΥΠ' ΑΡΙΘ. 1180, Περί ρυθμίσεως θεμάτων αναγομένων εις τα της ιδρύσεως και λειτουργίας βιομηχανιών, βιοτεχνιών, πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκών και τη εκ τούτων διασφαλίσεως περιβάλλοντος εν γένει
- ΦΕΚ 1093/Β/28-10-1980, Υπουργική Απόφαση 32764/734/80, Περί καθορισμού επιτρεπόμενων ορίων θορύβου, προκαλούμενου υπό των αυτοκινήτων οχημάτων, μοτοσυκλετών και μοτοποδηλάτων και τρόπου μετρήσεως αυτού
- ΦΕΚ 291/Α/5-10-1981, Προεδρικό Διάταγμα 1178, Περί μετρήσεως και του ελέγχου του θορύβου των αεροσκαφών
- ΦΕΚ 46/Α/10-3-1979, Προεδρικό Διάταγμα υπ' αριθ. 180, Περί των όρων λειτουργίας καταστημάτων πωλήσεως οινοπνευματωδών ποτών και κέντρων διασκεδάσεως
- ΦΕΚ 174/α/28-11-1983, Προεδρικό Διάταγμα 457, Ίδρυση και λειτουργία ερασιτεχνικών σχολών χορού
- ΦΕΚ 395/Β/19-6-92, Υπουργική Απόφαση Αριθ. Οίκοθεν 17252/92, Καθορισμός δεικτών και ανωτάτων επιτρεπομένων ορίων θορύβου που προέρχεται από την κυκλοφορία σε οδικά και συγκοινωνιακά έργα.