



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**«ΗΧΗΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΑ
ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΕ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ»**

**ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ:
ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ ΜΑΡΙΑ**

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΜΑΤΣΟΥΚΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**

ΜΥΤΙΛΗΝΗ, 2016

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η προέλευση του ήχου μπορεί να οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες, σε ηχητικές δραστηριότητες ζώων, αλλά και σε ήχους γεωφυσικά προερχόμενους, χωρίς δηλαδή την παρέμβαση ζώων και ανθρώπου. Ο άνθρωπος αντιδρά ποικιλοτρόπως στο άκουσμα των ήχων. Μια συνηθισμένη απόκριση του ανθρώπου στα ηχητικά ερεθίσματα αποτελεί η περίπτωση όπου ο ήχος δεν προσφέρει καμία χρήσιμη πληροφορία και ευχαρίστηση και συνεπώς θεωρείται θόρυβος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ευχάριστου ήχου για τον άνθρωπο αποτελεί αυτός της μουσικής και οι βιολογικά παραγόμενοι ήχοι όπως το κελάιδισμα των πουλιών. Αντιθέτως, οι ήχοι προερχόμενοι από την οδική κυκλοφορία θεωρούνται ως ένα από τα αντιπροσωπευτικότερα παραδείγματα θορύβου που αποτελούν συχνό πρόβλημα των μεγάλων πόλεων.

Επιπλέον, η μέτρηση του ηχητικού επιπέδου με βάση την ανθρώπινη αντοχή σε αυτό, αποτελεί υποκειμενικό μέσο μέτρησης, ενώ η εύρεση της ακριβούς τιμής του παραπάνω επιπέδου, δύναται να εντοπισθεί με ένα όργανο μέτρησης ήχου, το ηχώμετρο. Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται μετρήσεις οι οποίες λήφθηκαν με ηχώμετρο και καταλήγει στο γεγονός ότι, αν και, η πόλη της Μυτιλήνης είναι μία μικρή πόλη, παρ' όλα αυτά χαρακτηρίζεται από έντονους ήχους οι οποίοι προκαλούν δυσφορία.

Τέλος, προκειμένου τα επίπεδα θορύβου να περικλείονται εντός φυσιολογικών και ανεκτών από τους πολίτες επίπεδα, τόσο ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, όσο και η Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και αντίστοιχοι εγχώριοι φορείς, έχουν θεσπίσει νομοθετικά πλαίσια τα οποία καλό είναι να ακολουθούνται από τους πολίτες. Στην παρούσα εργασία, θα παρουσιαστούν αποτελέσματα τα οποία προκύπτουν από ηχητικές μετρήσεις. Η πλειοψηφία των καταγεγραμμένων μετρήσεων δεν υπερβαίνει τα θεσπισμένα όρια, αλλά τα πλησιάζει σε μεγάλο βαθμό.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Ηχώμετρο, Θόρυβος, Μετρήσεις

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 Ήχος και άνθρωπος	5
1.2 Ήχος	5
1.2.1 Συχνότητα και μήκος κύματος	6
1.2.2 Τύποι ήχου	6
1.3 Ηχοτοπίο.....	7
1.3.1 Προέλευση ήχων.....	8
1.4 Ντεσιμπέλ (dB)	10
1.5 Πώς ακούει ο άνθρωπος.....	11
1.6 Τύποι θορύβου	11
1.6.1 Συνεχής θόρυβος (Continuous Noise)	11
1.6.2 Διαλείπων θόρυβος (Intermittent Noise).....	12
1.6.3 Παλμικός θόρυβος (Impulsive Noise).....	12
1.6.4 Θόρυβος χαμηλής συχνότητας (Low Frequency Noise)	12
1.7 Διάδοση περιβαλλοντικού θορύβου	13
1.7.1 Τύπος πηγής.....	13
1.7.2 Εμπόδια και φραγμοί	13
1.7.3 Ατμοσφαιρική απορροφητικότητα	14
1.7.4 Άνεμος και θερμοκρασία.....	14
1.7.5 Έδαφος.....	15
1.8 Νομοθεσία για τον Περιβαλλοντικό θόρυβο	16
1.9 Επιπτώσεις περιβαλλοντικού θορύβου στην ανθρώπινη υγεία και τρόποι αντιμετώπισης	17
1.9.1 Επιπτώσεις.....	17
1.9.2 Τρόποι αντιμετώπισης.....	18
2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ	20
2.1 Ηχόμετρο	20
2.1.1 Μικρόφωνο	20
2.1.2 Τμήμα επεξεργασίας	20
2.1.3 Μονάδα ανάγνωσης	21
2.2 Μέσος όρος μέτρησης.....	22
2.3 Χρόνος μέτρησης.....	22
3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	23
3.1 Καταγραφή δεδομένων	23
3.2 Ανάγνωση δεδομένων	25
3.3 Δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν	25
4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	28

4.1	Ομαδοποίηση μετρήσεων με βάση το χρονικό διάστημα καταγραφής και το δείκτη $L_{d,e}$	31
4.2	Ομαδοποίηση μετρήσεων με βάση το χρονικό διάστημα καταγραφής και το δείκτη L_{Cpeak}	34
4.3	Ομαδοποίηση μετρήσεων με βάση το χρονικό διάστημα καταγραφής και τους δείκτες L_{AFmax} , L_{AFmin}	37
4.4	Ομαδοποίηση μετρήσεων με βάση το χρονικό διάστημα καταγραφής και τους δείκτες L_{A10} και L_{A90}	45
4.5	Ομαδοποίηση μετρήσεων με βάση το χρονικό διάστημα καταγραφής και τον δείκτη TNI	51
4.6	Συγκρίσεις μεταξύ των δεικτών	55
4.7	Ηχητικές μετρήσεις από ηχοπερίπατο.....	58
5	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	60
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ.....	62
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	64
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΠΙΝΑΚΕΣ	65
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΕΙΚΟΝΕΣ	66

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ήχος και άνθρωπος

Ο ήχος αποτελεί συνηθισμένο και αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής ζωής. Επιδρά και επηρεάζει την ανθρώπινη ζωή με διάφορους τρόπους, ενδεικτικά:

- με το άκουσμα της μουσικής και το κελήδισμα των πουλιών προσφέρει ευχάριστες εμπειρίες, διασκέδαση και χαλάρωση,
- μέσω της ομιλίας, η οποία αποτελεί το χαρακτηριστικότερο παράδειγμα επικοινωνίας,
- με το κουδούνισμα του τηλεφώνου το οποίο, προμηνύει την ανάγκη πληροφόρησης και επικοινωνίας,
- ακόμα και με τον ήχο της σειρήνας ο οποίος προειδοποιεί για κίνδυνο.

Σε κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις, ο ήχος, έχει θετική επίδραση στην ανθρώπινη καθημερινότητα, υπάρχει όμως και η αρνητική επίδραση του ήχου, ο θόρυβος. Θόρυβος καλείται κάθε ήχος ο οποίος είναι μη αρεστός ή ανεπιθύμητος στον άνθρωπο. Είναι υποκειμενικό χαρακτηριστικό, καθ' ότι δεν εξαρτάται αποκλειστικά από το εάν ο ήχος είναι έντονος ή όχι, αλλά σχετίζεται άμεσα με την ποιότητα του ήχου καθώς και τα φυσιολογικά και ψυχολογικά χαρακτηριστικά του ατόμου, όπως είναι η ανεκτικότητα όσον αφορά τον ήχο (Everest & Pohlmann, 2009). Για παράδειγμα, μία βρύση που στάζει μπορεί να αποτελέσει για κάποιον τον ίδιο ανεπιθύμητο ήχο όσο ένας ισχυρός κραδασμός. Επιπλέον, η υψηλής έντασης μουσική δύναται να προσφέρει σε κάποιον διασκέδαση και χαλάρωση, για κάποιον άλλον όμως μπορεί να είναι ενοχλητική και να θεωρηθεί θόρυβος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα θορύβου, αποτελεί επίσης και ο ήχος των αυτοκινούμενων οχημάτων.

Το άκουσμα του ήχου εκτός από ενοχλητικό, μπορεί να αποβεί και μοιραίο για την ανθρώπινη υγεία (WHO, 2008c). Για παράδειγμα, η χρόνια έκθεση σε δυνατούς ήχους μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα ακοής ή ακόμα και στην έλλειψη της. Επιπλέον, ακόμα και ένας στιγμιαίος αλλά πολύ δυνατός ήχος δύναται να επιφέρει τα ίδια αποτελέσματα.

1.2 Ήχος

Στην ουσία, ήχος είναι μία μηχανική διαταραχή η οποία διαδίδεται μέσω ενός ελαστικού μέσου (π.χ. αέρας, νερό ή οποιοδήποτε άλλο ελαστικό μέσο), με συγκεκριμένη ταχύτητα ώστε να διεγείρει το ανθρώπινο αισθητήριο της ακοής, δηλαδή το αυτί, και να προκαλέσει ακουστικό ερέθισμα. Πιο απλά, είναι οτιδήποτε αντιλαμβάνεται ο αισθητήρας ακοής. Γενικά, ως ήχος ορίζεται η μεταβολή της πίεσης σε κάποιο ελαστικό μέσο, την οποία μπορεί να ανιχνεύσει το ανθρώπινο αυτί. Ειδικά όμως, ο ήχος είναι διάμηκες κύμα και διαδίδεται σε υλικά σώματα (στερεά, υγρά, αέρια), με ταχύτητα διάδοσης στον αέρα περίπου 344 m/sec, αλλά δεν διαδίδεται στο κενό σε αντίθεση με το φως. (Everest & Pohlmann, 2009).

Αναλυτικότερα ο ήχος αποτελεί ένα διάμηκες κύμα και για να υφίσταται, θα πρέπει να υπάρξουν οι παρακάτω τρεις καταστάσεις:

- μία ηχητική πηγή, η οποία συνήθως αποτελεί κάποιο δονούμενο σώμα (π.χ. το διαπασών)

- ένα μέσο διάδοσης όπου διαδίδεται ο ήχος, το οποίο μπορεί να είναι υγρό, στερεό, αέριο ή συνδυασμός αυτών
- ένας τουλάχιστον δέκτης (π.χ. το ανθρώπινο αισθητήριο της ακοής) (Αγγελής, 2006)

Το πιο σύνηθες όργανο για τη μέτρηση της πίεσης του αέρα είναι το βαρόμετρο. Όμως σε αλλαγή καιρικών συνθηκών, η μεταβολή της πίεσης είναι πολύ αργή και δεν γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο αυτί, συνεπώς δεν πληροί τον ορισμό του ήχου. Στην περίπτωση όμως όπου η μεταβολή της πίεσης του αέρα κυμαίνονταν πιο γρήγορα (τουλάχιστον 20 διακυμάνσεις ανά δευτερόλεπτο), τότε οι διακυμάνσεις αυτές θα μπορούσαν να γίνουν αντιληπτές από το ανθρώπινο αυτί και ως εκ τούτου να θεωρηθούν ήχος. Παρ' όλα αυτά, το βαρόμετρο δεν μπορεί να ανταποκριθεί γρήγορα, συνεπώς δεν μπορεί να μετρήσει και τον ήχο. (Everest & Pohlmann, 2009)

1.2.1 Συχνότητα και μήκος κύματος

Ο αριθμός των διακυμάνσεων της πίεσης ανά δευτερόλεπτο καλείται συχνότητα και μετράται σε Hertz (Hz). Η συχνότητα παράγει το διακριτό τόνο του ήχου. Ένα υγιές νεαρό άτομο αντιλαμβάνεται συχνότητες από 20 Hz έως 20000 Hz (δηλαδή 20 kHz), ενώ το πιάνο διαθέτει φάσμα συχνοτήτων από τα 27,5 Hz έως τα 4186 Hz. Όπως προαναφέρθηκε, η μεταβολή της πίεσης διαδίδεται σε κάθε ελαστικό μέσο, από την πηγή στην οποία παράγεται ο ήχος έως το αισθητήριο όργανο της ακοής. Για παράδειγμα, ο ήχος που παράγεται από την αστραπή μέχρι την βροντή διαδίδεται με ταχύτητα 3 m/sec. (Everest & Pohlmann, 2009).

Γνωρίζοντας λοιπόν, την ταχύτητα καθώς και τη συχνότητα του ήχου, είναι δυνατό να υπολογιστεί ένα άλλο μέγεθος, το μήκος κύματος (λ), σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$\lambda = \frac{\text{ταχύτητα ήχου}}{\text{συχνότητα ήχου}}$$

Το μήκος κύματος μετράται σε μέτρα καθώς και πολλαπλάσιες ή υποπολλαπλάσιες μονάδες αυτού. Στην ουσία, το μήκος κύματος δηλώνει την απόσταση μιας κορυφής του κύματος από την αμέσως επόμενη (Everest & Pohlmann, 2009). Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω τύπο, το μήκος κύματος είναι αντιστρόφως ανάλογο της συχνότητας. Δηλαδή, μεγάλη συχνότητα ήχου, συνεπάγεται μικρό μήκος κύματος και το αντίστροφο.

1.2.2 Τύποι ήχου

Ο ήχος κατηγοριοποιείται ανάλογα με την κατανομή που καλύπτει η συχνότητα σε αυτόν. Υπάρχουν τέσσερις τύποι ήχου και είναι οι παρακάτω: (Truax, 1999)

- Απλός ήχος ή καθαρός τόνος: αποτελείται από μία μόνο συχνότητα και είναι σπάνιος έως και καθόλου ανιχνεύσιμος τόσο στο φυσικό όσο και στο αστικό περιβάλλον.
- Σύνθετος ήχος ή ήχος ευρέος φάσματος: ο συγκεκριμένος τύπος ήχου, αποτελείται από παραπάνω από μία συχνότητες, ή αλλιώς από ευρεία μίξη συχνοτήτων, ενώ μπορεί να αναλυθεί στις επιμέρους συχνότητες. Ο σύνθετος ήχος αποτελεί τον πιο ευρέως διαδεδομένο τύπο ήχου, ακόμα και μία νότα στο πιάνο αποτελεί ήχο ευρέος φάσματος.
- Ευρυζωνικός θόρυβος: αναφέρεται κυρίως στο βιομηχανικό θόρυβο, ενώ παράλληλα αποτελεί μέρος του σύνθετου ήχου. Ο ευρυζωνικός

θόρυβος είναι ιδιαίτερα σύνθετος και οι συνιστώσες του κατανέμονται σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων.

- Λευκός θόρυβος: σε αντίθεση με τον ευζωνικό θόρυβο, ο λευκός διαθέτει πλήθος συχνοτήτων το οποίο είναι κατανεμημένα ομοιόμορφα στο ηχητικό φάσμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα λευκού θορύβου αποτελεί ο στατικός θόρυβος του ραδιοφώνου.

1.2.2.1 Η Μουσική ως τύπος ήχου

Η μουσική, δεν είναι τίποτα περισσότερο και τίποτα λιγότερο από ήχος με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Οι ιδιαιτερότητες του μουσικού ήχου τις οποίες αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος και του επιτρέπουν να τον διαχωρίζει από τους υπόλοιπους ήχους είναι οι παρακάτω: (Μουρούλης, 2007)

- Τονικό ύψος: καθορίζει τη θέση του στη διατονική μουσική κλίμακα και τον χαρακτηρίζει σαν χαμηλό ή υψηλό μουσικό ήχο. Το τονικό ύψος συνδέεται άρρηκτα με την συχνότητα του ήχου.
- Ακουστότητα: κατηγοριοποιεί τον μουσικό ήχο σε ασθενή ή ισχυρό. Η ακουστότητα συνδέεται άρρηκτα με την ένταση του ήχου.
- Χροιά: Διαχωρίζει την ποιότητα των ήχων η οποία εξαρτάται από την αρμονική τους δομή.
- Διάρκεια: Αντικατοπτρίζει τον χρόνο που διαρκεί ένας μουσικός ήχος και απαρτίζει την χροιά και το τονικό ύψος.

Όπως προαναφέρθηκε, ο ήχος αποτελείται από παλμικά κύματα πίεσης. Πιο συγκεκριμένα, στο μουσικό ήχο η παραγωγή κυμάτων πίεσης πραγματοποιείται από τα διάφορα μουσικά όργανα και διαδίδεται στον αέρα, δηλαδή όταν κάποιο σώμα (π.χ. χορδή, πλήκτρο, στήλη αέρος, μεμβράνη) πάλλεται, συμπιέζει και αποσυμπιέζει τον αέρα στην περιοχή του. Επομένως, στο ανθρώπινο αυτί φτάνει ένας μεμονωμένος ήχος που εκφράζεται διαφορετικά για κάθε όργανο, ακόμα και αν είναι η ίδια νότα (Χρυσάνθου, 2006). Στην μουσική, Νότα είναι το ύψος ενός ήχου καθώς και οι ήχοι που χαρακτηρίζονται από ευκόλως αντιληπτό τονικό ύψος. Τέλος, ο μουσικός ήχος χαρακτηρίζεται από τονικό ύψος, ακουστότητα, χροιά και διάρκεια και εκφράζεται με τις νότες.

1.3 Ηχοτοπίο

Ως ηχοτοπίο, σύμφωνα με τους *Pijanowski et al. (2011)*, ορίζεται 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. Ενώ, σύμφωνα με έναν πιο πρόσφατο ορισμό του *ISO 2014, (Committee ISO/TC 043, 2008)* ως ηχοτοπίο ορίζεται το περιεχόμενο του ακουστικού περιβάλλοντος όπως το αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος.

Δηλαδή, πιο απλοϊκά, η λέξη «ηχοτοπίο», περιγράφει το σύνολο των ήχων που επικρατούν σε διαφορετικά χωρικά και χρονικά τμήματα και εντοπίζονται από τους οργανισμούς που διαμένουν εκεί. Δεν είναι απαραίτητο να αναφέρεται σε συγκεκριμένο τόπο και χρόνο, εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο οι οργανισμοί εντοπίζουν και κατηγοριοποιούν τους ήχους.

Επιπλέον, η ακουστική οικολογία (acoustic ecology), έχει ως κύριο υπόβαθρο τη συσχέτιση και προσέγγιση του ηχητικού περιβάλλοντος ως μουσική σύνθεση καθώς και τη μελέτη ηχητικών δεδομένων τα οποία καλούνται ηχώσημα (soundmarks). Τα ηχώσημα, όπως και τα τοπόσημα, (landmarks), αναφέρονται σε ήχους οι οποίοι σχετίζονται άμεσα με σαφείς και ακριβείς τοποθεσίες. Παράλληλα, σύμφωνα με την ακουστική οικολογία, το ηχοτοπίο αποτελείται από ήχους παρασκήνιου (background sounds) και προσκήνιου (foreground sounds). Εν κατακλείδι, η ακουστική οικολογία, έχει ως στόχο να αναδείξει τις συνέπειες του ακουστικού ή ηχητικού περιβάλλοντος στην υποκειμενική αντίληψη των ατόμων καθώς και τη συμπεριφορά τους, όταν αυτά υπόκεινται σε αυτό (ηχοτοπίο). (Schafer, 1977)

Από την άλλη πλευρά, η οικολογία ηχοτοπίου (soundscape ecology), μελετά τη συσχέτιση μεταξύ οικολογίας και ηχοτοπίου. Στην ουσία, αποτελεί κλάδο της οικολογίας τοπίου και μαζί με την ακουστική οικολογία εντείνει τη σημασία της βιοποικιλότητας. Η οικολογία ηχοτοπίου, αφορά στο διαχωρισμό, τη μελέτη και συλλογή βασικών τύπων ήχου προερχόμενοι από τρεις διαφορετικές κατηγορίες πηγών. Η προέλευση του ήχου μπορεί να ανήκει σε ανθρωπογενείς, γεωφυσικές ή βιολογικές πηγές, οι οποίες εκπέμπονται και διαδίδονται στο ηχοτοπίο και μετασχηματίζονται σε πληθώρα χώρο-χρονικών κλιμάκων. (Pijanowski et al., 2011)

1.3.1 Προέλευση ήχων

Καθημερινά, τα ηχητικά ερεθίσματα που λαμβάνει ο άνθρωπος ποικίλουν σε διάφορους τομείς, όπως για παράδειγμα, η προέλευση ήχου, η διάρκεια του, η ένταση κλπ. Για το λόγο αυτό, η ηχητική προέλευση έχει κατηγοριοποιηθεί σε τρεις κύριες κατηγορίες, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω.

1.3.1.1 Ανθρωποφωνία

Στην ανθρωποφωνία, εντάσσονται ήχοι οι οποίοι προέρχονται από αντικείμενα που είναι κατασκευασμένα από τον άνθρωπο. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα τέτοιων αντικειμένων αποτελεί ο ήχος που προέρχεται από την οδική κυκλοφορία. Δηλαδή, τα αυτοκίνητα και τα δίτροχα οχήματα καθώς και τα εξαρτήματα τους που παράγουν ήχο, όπως είναι η μηχανή και η κόρνα. Επιπλέον, οι καμπάνες, οι σειρήνες και οι συναγερμοί, εξάγουν εξίσου ήχους οι οποίοι εντάσσονται στο γενικότερο πλαίσιο της ανθρωποφωνίας. (Pijanowski et al., 2011)

1.3.1.2 Γεωφωνία

Όπως προμηνύει και ο τίτλος, η γεωφωνία αποτελεί ακόμα μία κύρια κατηγορία η οποία χαρακτηρίζει την προέλευση ήχου από γεωφυσικές διεργασίες. Σε αντίθεση με την ανθρωποφωνία, η γεωφωνία εμπερικλείει ήχους οι οποίοι ουδεμία σχέση έχουν με τον άνθρωπο, αλλά η πηγή τους είναι κυρίως κλιματικές διεργασίες οι οποίες διαδραματίζονται στη φύση χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων ήχων αποτελούν το θρόισμα των φύλλων, το τρεχούμενο νερό, η βροχή, ο άνεμος κλπ. (Pijanowski et al., 2011)

1.3.1.3 Βιοφωνία

Στο πλαίσιο της βιοφωνίας, εντάσσονται ήχοι οι οποίοι προέρχονται από βιολογικούς οργανισμούς όπως έντομα, αμφίβια, πτηνά και θηλαστικά. Οι ήχοι τέτοιου τύπου, αποτελούν συχνά «ομιλίες» ή «συνομιλίες» μεταξύ των οργανισμών, οι οποίοι με τον τρόπο αυτό, μεταφέρουν σήματα και πληροφορίες και επικοινωνούν μεταξύ τους. Συνεπώς, οι ήχοι που εντάσσονται στην βιοφωνία αποτελούν ήχους σημαίνουσας προσοχής για την ομαλή διατήρηση της πανίδας (Pijanowski et al., 2011).

1.3.1.3.1 Ο ήχος ως μέσο επικοινωνίας στη θάλασσα

Ο ήχος μέσα στην θάλασσα έχει μικρότερη ικανότητα απορρόφησης για αυτό και δίνει την ικανότητα στους οργανισμούς να επικοινωνούν ευκολότερα μεταξύ τους είτε λειτουργώντας σαν πομποί, δηλαδή εκπέμποντας ήχους είτε σαν δέκτες, λαμβάνοντας πληροφορίες μέσω ήχων. Λόγω της έντονης θαλάσσιας ζωής, οι περισσότεροι ήχοι οι οποίοι γίνονται αντιληπτοί στο βυθό είναι βιοήχοι (ή βιολογικοί ήχοι) και υπόκεινται στις παρακάτω κατηγορίες: [27]

- **Οστρακόδερμα:** (κατά κύριο λόγο γαρίδες) τα οποία εκπέμπουν ένα οξύ ήχο συχνότητας 1-10 KHz ο οποίος προέρχεται από την τριβή μεταξύ τους. [27]
- **Τελεόστεοι:** οι οποίοι με τη μυϊκή τους δύναμη ταλαντώνουν την νηκτική τους κύστη και εκπέμπουν ήχο συχνότητας 350 - 1500 Hz. Συγκεντρώνονται σε σμήνη και φτιάχνουν «χορωδίες» που ξεκινούν τις περισσότερες φορές κάθε απόγευμα σε ένα είδος παράδοσης. [27]
- **Ψάρια:** τα ψάρια σε γενικές γραμμές εκπέμπουν ήχους και πιο συγκεκριμένα στην προσπάθεια τους να τεμαχίσουν την τροφή τους ιδιαίτερα όταν αυτή αποτελείται από σκληρά κελύφη(π.χ. οστρακόδερμα). [27]
- **Τα μεγάλα ψάρια:** (π.χ. τονοειδή) όταν κινούνται με υψηλή ταχύτητα και μετατρέπουν την κίνηση του νερού σε τυρβώδη προκαλούν επίσης ήχους. [27]
- **Θαλάσσια θηλαστικά:** εξάγουν ήχους οι οποίοι εντάσσονται στη βιοφωνία, για να επικοινωνούν μεταξύ τους με περίπλοκους και πρωτότυπους τρόπους. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αποτελούν τα δελφίνια, οι φώκιες και οι φάλαινες. Αρχικά, τα δελφίνια επικοινωνούν με ήχους κυρίως για να συντονίσουν το κυνήγι της λείας τους, ενώ τα αρσενικά χρησιμοποιούν το τραγούδι για να προσελκύσουν τα θηλυκά. Επιπλέον, οι φώκιες μπορούν να αναγνωρίσουν τα μικρά τους ανάμεσα σε εκατοντάδες άλλες φώκιες από τις "φωνές" τους, που στα ανθρώπινα αυτιά ηχούν όλες ίδιες. Τέλος, οι φάλαινες εκπέμπουν χαμηλής συχνότητας ήχους (~ 20 Hz) για την επικοινωνία μεταξύ τους οι οποίοι διαδίδονται από 2000 km έως 10000 km. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το τραγούδι της καμπουρωτής φάλαινας όπου οι αρσενικές φάλαινες Humpback (*Megaptera novaeangliae*), τραγουδούν επί μισή ώρα τουλάχιστον επαναλαμβάνοντας συγκεκριμένες φράσεις καθώς και στροφές για να προσελκύσουν τις θηλυκές φάλαινες. (Helmepa, 2009) [27]

1.4 Ντεσιμπέλ (dB)

Μέχρι τώρα, αναφέρθηκε ότι η συχνότητα αποτελεί το κύριο μέγεθος περιγραφής του ήχου. Στο σημείο αυτό, έρχεται να προστεθεί και το μέγεθος ή πλάτος των διακυμάνσεων της πίεσης, ποσότητα που αποτελεί το δεύτερο κύριο μέγεθος περιγραφής του ήχου. Ο πιο αδύναμος ήχος που μπορεί να ανιχνεύσει ένα υγιές ανθρώπινο αυτί ισούται με 20 μPa ενώ η υψηλότερη πίεση που μπορεί να ανεχτεί το ανθρώπινο αυτί υπερβαίνει κατά τουλάχιστον 10^6 φορές τα 20 μPa . Συνεπώς, η μέτρηση του ήχου σε Pa οδηγεί σε πολύ μεγάλους αριθμούς και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η κλίμακα ντεσιμπέλ (dB). (Everest & Pohlmann, 2009)

Το ντεσιμπέλ, όμως, δεν είναι μονάδα μέτρησης του ήχου, αλλά μονάδα σύγκρισης της ψυχοακουστικής αντίληψης του ανθρώπου, όσον αφορά την ηχηρότητα. Επίσης, αποτελεί μία λογαριθμική κλίμακα, μία αναλογία μεταξύ μίας καλώς καθορισμένης ποσότητας και ενός επιπέδου αναφοράς. Ως επίπεδο αναφοράς, χρησιμοποιούνται τα 20 μPa , 0 dB, ορίζονται και ως κατώφλι ακοής. Για να μετατραπεί η ηχητική πίεση σε ντεσιμπέλ, όταν πολλαπλασιάζεται η ποσότητα Pa επί 10 στο αποτέλεσμα προστίθενται 20 dB. Έτσι, εφόσον τα 20 μPa αντιστοιχούν σε 0 dB, με τους κατάλληλους υπολογισμούς, τα 200 μPa θα αντιστοιχούν σε 20 dB, τα 2000 μPa σε 40 dB κλπ. Μία αύξηση όμως κατά 3 dB στην ηχητική κλίμακα, αντιστοιχεί στον διπλασιασμό της ηχητικής ενέργειας, ενώ μία αύξηση κατά 6 dB στον διπλασιασμό της ηχητικής πίεσης. Καταληκτικά, η κλίμακα ντεσιμπέλ, συμπιέζει τάξεις μεγέθους πίεσης σε 120 dB, όπου τα 20.000.000 μPa που θεωρούνται ανώτερο όριο αντιστοιχούν σε 120 dB. Ο ηχητικός πόνος δε, εμφανίζεται από τα 140 dB και έπειτα. (Everest & Pohlmann, 2009)

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ενδεικτικά μερικοί τύποι ήχου και η αντιστοιχία σε dB. (Καρατζούνης & Σοφιανού, 2014)

Πίνακας 1: Σχέση κοινών ήχων και ηχητικών σταθμών εκφρασμένων σε dB

ΗΧΟΣ	ΗΧΗΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ (dB)
Ο πιο ασθενής ήχος που μπορεί να ακουστεί	0
Θρόισμα φύλλων	20
Ήσυχο σπίτι	40
Θορυβώδες κατάστημα	60
Κινητήρας αυτοκινήτου μεγάλης ισχύος	80
Κεραυνός κοντά	100
Επώδυνος ήχος	120

Ενώ, στον επόμενο, παρουσιάζονται οι ζώνες χαρακτηρισμού του ήχου με βάση την ψυχολογία των ατόμων που δέχονται το ηχητικό ερέθισμα. (Μπίκας, 2010)

Πίνακας 2: Σχέση ηχητικής στάθμης εκφρασμένης σε dB και υποκειμενικού χαρακτηρισμού έντασης ήχου

ΗΧΗΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ (dB)	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
>81	Απαράδεκτη κατάσταση
81	
80	Πολύ θορυβώδης κατάσταση
79	
78	
77	
76	Θορυβώδης κατάσταση
75	
74	
73	Σχεδόν ανεκτή κατάσταση
72	
71	
70	Καλή κατάσταση
69	
68	Άνετη κατάσταση
<68	

1.5 Πώς ακούει ο άνθρωπος

Ο παράγοντας ο οποίος καθορίζει την ένταση του ήχου που μπορεί να ακούσει και να ανεχτεί ο άνθρωπος, δεν είναι άλλος από το ανθρώπινο αυτί. Το συγκεκριμένο ανθρώπινο όργανο, είναι πιο ευαίσθητο μεταξύ ήχων με συχνότητες 2 kHz-5 kHz, ενώ παρουσιάζει πολύ μικρότερη ευαισθησία σε υψηλότερες και χαμηλότερες συχνότητες. Η διαφορά αυτή στην ευαισθησία ως προς τους ήχους που διαθέτει το ανθρώπινο αυτί, είναι πιο έντονη σε χαμηλά επίπεδα ηχητικής πίεσης απ' ό,τι σε υψηλά. (Everest & Pohlmann, 2009), (Δαμασιώτης, 2011)

Στην περίπτωση όπου δύο ήχοι είναι ίσης έντασης αλλά διαφορετικών συχνοτήτων, γίνεται λόγος για ακουστότητα. Η ακουστότητα αποτελεί υποκειμενικό μέγεθος και περιγράφει την υποκειμενική ένταση του ήχου που λαμβάνει ο ακροατής. (Everest & Pohlmann, 2009), (Δαμασιώτης, 2011)

1.6 Τύποι θορύβου

Όλοι οι ήχοι που απαρτίζουν ένα τοπίο είναι μέρος ενός ηχοτοπίου. Παράλληλα, όλοι οι ήχοι που ακούγονται είναι μέρος, δηλαδή νότες, της συνολικής συμφωνίας του ηχοτοπίου. Καταληκτικά ο θόρυβος στην ουσία δεν είναι τίποτα περισσότερο από μια «φάλτση νότα» στο συνολικό φάσμα του ήχου.

1.6.1 Συνεχής θόρυβος (Continuous Noise)

Ο συνεχόμενος θόρυβος, παράγεται συνήθως από μηχανήματα τα οποία λειτουργούν με συγκεκριμένο μοτίβο και ήχο επ' αόριστο, χωρίς διακοπή. Ο συνεχόμενος θόρυβος για αρκετούς αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της

καθημερινότητας και της εργασίας τους σε σημείο ώστε να μην τον αναγνωρίζουν ως θόρυβο, αλλά ως συνεχόμενο ήχο. (Μπιμπιλής, 2015)

Μία ολιγόλεπτη μέτρηση με φορητό όργανο (π.χ. ηχώμετρο), είναι αρκετή για να καταγράψει και να καθορίσει το επίπεδο θορύβου.

1.6.2 Διαλείπων θόρυβος (Intermittent Noise)

Διαλείπων είναι ο θόρυβος, ο οποίος διαδραματίζεται είτε στιγμιαία είτε σε καθορισμένα και σύντομα χρονικά διαστήματα. Ο συγκεκριμένος τύπος θορύβου, διαθέτει την ικανότητα να αυξομειώνει ραγδαία τα επίπεδα του ήχου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η λειτουργία μηχανημάτων σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα και η μεμονωμένη διέλευση οχημάτων και αεροπλάνων. (Μπιμπιλής, 2015)

Κατά την πρώτη περίπτωση, επικρατεί μία σύγχυση διότι η περίοδος λειτουργίας του μηχανήματος δύναται να μετρηθεί και ως συνεχόμενος θόρυβος, αρκεί να καθοριστεί η χρονική περίοδος. (Μπιμπιλής, 2015)

Ενώ, η στιγμιαία διέλευση οχημάτων και αεροπλάνων καλείται συμβάν και μετράται το επίπεδο ηχητικής έκθεσης συνδυάζοντας επίπεδο και διάρκεια σε έναν ενιαίο τύπο. Μπορεί επιπλέον να χρησιμοποιηθεί και το μέγιστο επίπεδο ηχητικής πίεσης. Προκειμένου να δημιουργηθεί ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα των μέσων όρων των στιγμιαίων συμβάντων, συστήνεται η μέτρηση αρκετών γεγονότων που αποφέρουν παρόμοιο αποτέλεσμα. (Μπιμπιλής, 2015)

1.6.3 Παλμικός θόρυβος (Impulsive Noise)

Ο παλμικός θόρυβος προκαλείται από εκρήξεις ή προσκρούσεις (π.χ. πυροβολισμοί, πυροτεχνήματα κλπ.) και είναι αιφνίδιος, απροσδόκητος και σύντομης διάρκειας. Για το λόγο αυτό, προκαλεί μεγαλύτερη ενόχληση απ' ό,τι θα αναμενόταν από μία απλή μέτρηση επιπέδου ηχητικής πίεσης. Για να προσδιοριστεί η ποσότητα του παλμικού θορύβου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η διαφορά μεταξύ παραμέτρου άμεσης ανταπόκρισης και παραμέτρου αργής ανταπόκρισης στο συμβάν. Τέλος θα πρέπει να καταγράφεται ο ρυθμός επανάληψης, δηλαδή ο αριθμός των παλμών ανά δευτερόλεπτο, λεπτό, ημέρα ή ώρα, προκειμένου να είναι πιο αξιόπιστη και αποτελεσματική η μέτρηση. (Μπιμπιλής, 2015)

1.6.4 Θόρυβος χαμηλής συχνότητας (Low Frequency Noise)

Ο θόρυβος χαμηλής συχνότητας αποτελεί άλλη μία κατηγορία θορύβου και έχει ιδιαίτερα σημαντική ακουστική ενέργεια στο φάσμα συχνοτήτων 8 Hz έως 100 Hz. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του τύπου θορύβου, αποτελούν οι μεγάλοι κινητήρες ντίζελ σε τραίνα, πλοία και σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς ο ήχος είναι αρκετά δύσκολο να καλυφτεί και διαδίδεται προς κάθε κατεύθυνση για αρκετά μεγάλη απόσταση (Μπιμπιλής, 2015). Ο θόρυβος χαμηλής συχνότητας είναι πιο ενοχλητικός από θορύβους της ίδιας έντασης αλλά υψηλότερης συχνότητας.

Μερικοί θόρυβοι τέτοιου τύπου μπορούν να χαρακτηριστούν και ως «υπόηχοι» χάρη στις μικρές συχνότητες που τους χαρακτηρίζουν. Οι υπόηχοι έχουν εύρος συχνοτήτων, χαμηλότερο από αυτό που μπορούν να ακούσουν οι δηλαδή μικρότερο από 20 Hz. (Μπιμπιλής, 2015)

1.7 Διάδοση περιβαλλοντικού θορύβου

Η διάδοση του περιβαλλοντικού θορύβου, όπως και του θορύβου γενικότερα, εξαρτάται από μία πληθώρα παραγόντων. Πρέπει, λοιπόν, να ληφθούν υπόψη ορισμένες παράμετροι, προκειμένου να μετρηθεί, υπολογιστεί, μελετηθεί και αξιολογηθεί η διαδικασία με την οποία ο περιβαλλοντικός θόρυβος εκπέμπεται από την πηγή, διαδίδεται μέσω του αέρα και καταλήγει στον αποδέκτη, είτε αυτός είναι το ανθρώπινο αυτί είτε κάποιο όργανο μέτρησης. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάδοση του περιβαλλοντικού θορύβου, παρουσιάζονται παρακάτω.

1.7.1 Τύπος πηγής

1.7.1.1 Σημειακή πηγή

Σημειακή πηγή παρατηρείται όταν οι διαστάσεις της πηγής είναι πολύ μικρές σε σχέση με την απόσταση που έχει από τον ακροατή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο θόρυβος ενός κλιματιστικού σε μία αίθουσα διδασκαλίας. Η ηχητική ενέργεια εξαπλώνεται σφαιρικά, έτσι ώστε το επίπεδο ηχητικής πίεσης να είναι το ίδιο για όλα τα σημεία τα οποία ισαπέχουν από την πηγή, ενώ παράλληλα μειώνεται κατά 6 dB για κάθε διπλασιασμό της απόστασης. Το φαινόμενο αυτό ισχύει έως ότου το έδαφος και η εξασθένηση του αέρα επηρεάσουν αισθητά το επίπεδο ηχητικής πίεσης. (Τζεκάκης & Τσινίκας, 1986) (Truax, 1999)

1.7.1.2 Γραμμική πηγή

Από την άλλη πλευρά, γραμμική πηγή παρατηρείται όταν η πηγή είναι περιορισμένη από τη μία κατεύθυνση και μακροσκελής από την άλλη σε σύγκριση με την απόσταση μεταξύ αυτής και του ακροατή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα γραμμικής πηγής αποτελεί η ροή αυτοκινήτων σε ώρα αιχμής σε πολυσύχναστο δρόμο. Στο συγκεκριμένο τύπο πηγής, το επίπεδο του ήχου εξαπλώνεται κυλινδρικά, έτσι ώστε να είναι ίδιο για κάθε σημείο το οποίο ισαπέχει από την πηγή, ενώ παρατηρείται μείωση του επιπέδου ηχητικής πίεσης κατά 3 dB για κάθε διπλασιασμό από την πηγή. Όπως και στη σημειακή πηγή, το φαινόμενο του διπλασιασμού ισχύει μέχρι το έδαφος και η εξασθένηση του αέρα να επηρεάσουν σημαντικά το επίπεδο ηχητικής πίεσης. (Τζεκάκης & Τσινίκας, 1986) (Truax, 1999)

1.7.2 Εμπόδια και φραγμοί

Ως κύμα, ο ήχος διαδίδεται, όπως προαναφέρθηκε σε στερεά, υγρά και αέρια σώματα. Κατά την πορεία της διάδοσης του είναι πολύ πιθανό να διαδοθεί σε διαφορετικά μέσα. Για παράδειγμα, σε έναν κατοικήσιμο δρόμο μίας τυπικής πόλης, ο ήχος ενός αυτοκινήτου εν κινήσει, διαδίδεται στο δρόμο από τον οποίο διέρχεται, αλλά και στις κατοικίες οι οποίες πλαισιώνουν το δρόμο. Ο ήχος όμως, είναι πιο έντονος ακριβώς έξω από το αυτοκίνητο παρά εντός των κατοικιών. Το γεγονός αυτό συμβαίνει διότι έξω από το αυτοκίνητο, ο ήχος βρίσκεται πλησιέστερα στην πηγή και διαδίδεται σε ένα μόνο μέσο, τον αέρα. Ενώ, εντός των κατοικιών βρίσκεται πιο μακριά από την πηγή και διαδίδεται σε αέρα και στερεό. (Cowan, 1993)

Πιο ειδικά, για ένα οίκημα με κλειστά παράθυρα, ο θόρυβος εξασθενεί και η διαφορά του θορύβου μεταξύ περιβάλλοντος χώρου και εσωτερικού του οικήματος μπορεί να είναι έως και 20-30 dB. Σε ειδικές περιπτώσεις, τα παράθυρα δεν προσφέρουν και μεγάλη μείωση του ήχου, αλλά το γεγονός αυτό μπορεί να βελτιωθεί

με ειδικό σχεδιασμό και προσθήκη ηχομονωτικού υλικού στα παράθυρα. (*Quiet places in cities, QSIDE*)

Αντιθέτως, εάν τα παράθυρα είναι ανοιχτά, οι άνθρωποι βιώνουν πλήρως το φαινόμενο του περιβαλλοντικού θορύβου. Συνεπώς, οι κανονισμοί περί περιβαλλοντικού θορύβου πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τόσο την κατασκευή όσο και τη χρήση (οικιακή, εργασιακή κλπ) των οικημάτων.

Συνεπώς, η μείωση του θορύβου η οποία οφείλεται σε εμπόδια ή φράγματα, εξαρτάται από τους παρακάτω δύο παράγοντες:

- Τη διαφορά της διαδρομής του ηχητικού κύματος: καθώς αυτό διαδίδεται πάνω από το εμπόδιο, συγκρίνεται με την άμεση μετάδοση στο δέκτη. (*Cowan, 1993*)
- Το περιεχόμενο της συχνότητας σε θόρυβο: όπως προαναφέρθηκε, οι ήχοι χαμηλής συχνότητας συχνά κατηγοριοποιούνται ως θόρυβος και είναι περισσότερο ενοχλητικοί από θόρυβο με μέση συχνότητα. Δεδομένου του γεγονότος ότι ο συγκεκριμένος θόρυβος είναι χαμηλής συχνότητας συνεπάγεται ότι διαθέτει μεγάλο μήκος κύματος. Ως αποτέλεσμα, σε τέτοιου τύπου θόρυβο, δύσκολα ελαττώνεται η συχνότητα του με τη χρήση εμποδίων. (*Cowan, 1993*)

1.7.3 Ατμοσφαιρική απορροφητικότητα

Ο αέρας, μεταξύ των άλλων, διαθέτει την ικανότητα εξασθένησης του θορύβου. Δηλαδή, καθώς το ηχητικό κύμα ταξιδεύει με μέσο τον αέρα, αυτός απορροφά ένα μέρος του θορύβου και το επίπεδο ηχητικής πίεσης μειώνεται. Οι παράγοντες οι οποίοι συντελούν στην απορρόφηση του θορύβου από τον αέρα και εν τέλει στην εξασθένηση και μείωση του επιπέδου ηχητικής πίεσης παρουσιάζονται παρακάτω.

- Απόσταση από την πηγή
- Το περιεχόμενο της συχνότητας σε θόρυβο
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Σχετική υγρασία
- Πίεση περιβάλλοντος

Η απόσταση από την πηγή καθώς και το περιεχόμενο της συχνότητας σε θόρυβο αποτελούν τις κύριες παραμέτρους της ατμοσφαιρικής απορροφητικότητας. Αλλά, όπως και στην ύπαρξη εμποδίων, ο θόρυβος χαμηλής συχνότητας δεν εξασθενεί εύκολα με την ατμοσφαιρική απορροφητικότητα. (*Truax, 1999*)

1.7.4 Άνεμος και θερμοκρασία

Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το υψόμετρο, ενώ η θερμοκρασία μεταβάλλεται ως προς το υψόμετρο ανάλογα με την εποχή, την ώρα της ημέρας, την ύπαρξη ανέμου κλπ. Οι μεταβολές αυτές, προκαλούν κύρτωση στην πορεία του ήχου ενώ στη συνέχεια αυτή στρέφεται και ο ήχος συγκεντρώνεται σε υπήνεμο μέρος όπου και προφυλάσσεται από τον άνεμο. Με τον τρόπο αυτό, ο ήχος δημιουργεί μία πλασματική σκιά στο σημείο της πηγής του το οποίο είναι εκτεθειμένο στον άνεμο, το προσήνεμο. (*Truax, 1999*)

1.7.4.1 Άνεμος

Σε απόσταση μέχρι 50 m, ο άνεμος έχει μικρή έως και αμελητέα επίδραση στο μετρούμενο επίπεδο ήχου. Αντιθέτως, για μεγαλύτερες αποστάσεις, η επιρροή που ασκεί στο επίπεδο ήχου ο άνεμος είναι εμφανώς σημαντική. (*Truax, 1999*)

Γενικά, το επίπεδο του ήχου μπορεί να μετρηθεί στο υπήνεμο, στο προσήνεμο αλλά και πλευρικά του ανέμου. Στο υπήνεμο, υπάρχει πιθανότητα το επίπεδο του ήχου να αυξηθεί ελάχιστα, αλλά η πιθανότητα αυτή συνδέεται άρρηκτα με την ταχύτητα του ανέμου. Από την άλλη πλευρά, στο προσήνεμο όπως και πλευρικά του ανέμου, το επίπεδο του ήχου μπορεί να μειωθεί περισσότερο από 20 dB. Η μείωση αυτή, όπως και προηγουμένως, εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου για το προσήνεμο, ενώ για μέτρηση πλευρικά του ανέμου και από την μετρούμενη απόσταση. Καταληκτικά, για τους παραπάνω λόγους, είναι προτιμότερη η μέτρηση του ήχου κατά το υπήνεμο. (Truax, 1999)

1.7.4.2 Θερμοκρασία

Οι διαβαθμίσεις τις θερμοκρασίας αποφέρουν αποτελέσματα στον ήχο παρόμοια με αυτά του ανέμου, με μόνη διαφορά ότι οι απόρροιες τις θερμοκρασίας ως προς τον ήχο είναι ομοιόμορφα κατανομημένες σε όλες τις κατευθύνσεις οι οποίες άρχονται από μία κοινή πηγή. Παρ' όλα αυτά, η θερμοκρασία δεν έχει σταθερή μεταβολή ως προς το υψόμετρο, αλλά εξαρτάται από άλλους παράγοντες. Για παράδειγμα, σε μία ημέρα που επικρατεί ηλιοφάνεια και νηνεμία, η θερμοκρασία τείνει να μειώνεται με το υψόμετρο επισκιάζοντας έτσι τον ήχο. Αντίθετα, σε μία νύχτα χωρίς σύννεφα ή ανέμους, η θερμοκρασία μπορεί να αυξηθεί με το υψόμετρο και να συγκεντρώσει τον ήχο στην επιφάνεια του εδάφους. (Truax, 1999)

1.7.5 Έδαφος

Το έδαφος αποτελεί άλλον έναν σημαντικό παράγοντα ο οποίος επηρεάζει σημαντικά τη διάδοση του ήχου. Οι ικανότητες του εδάφους να απορροφά και να ανακλά τον ήχο καθώς και η εναπόθεση κατακρημνισμάτων σε αυτό, αποτελούν ίσως τις σημαντικότερες ιδιότητες του ως προς τη διαστρέβλωση της διάδοσης του ήχου.

1.7.5.1 Απορρόφηση ήχου

Η απορρόφηση δεν εξαρτάται μόνο από τον ήχο αλλά και από το ίδιο το έδαφος. Για παράδειγμα, το έδαφος απορροφά τον ήχο ευκολότερα εάν είναι κατασκευασμένο (ή περιέχει μέρος) από σκυρόδεμα ή νερό, πιο δύσκολα εάν υπάρχει φυσική βλάστηση, ενώ εάν υπάρχουν επιφάνειες, η απορρόφηση του ήχου από το έδαφος αποτελεί συνδυασμό των δύο προηγούμενων περιπτώσεων, εξαρτώμενος από τον τύπο της επιφάνειας. Συχνά, η απορρόφηση του ήχου από το έδαφος και ως συνέπεια η εξασθένιση του ήχου, υπολογίζεται σε μπάντες συχνότητας προκειμένου να ληφθεί υπόψη η περιεκτικότητα της συχνότητας σε θόρυβο που προέρχεται από την πηγή και ο τύπος του εδάφους μεταξύ πηγής και αποδέκτη. (Truax, 1999)

1.7.5.2 Κατακρημνίσματα

Με τον όρο αυτό, εννοούνται τα σωματίδια τα οποία καταλήγουν από την ατμόσφαιρα στο έδαφος σε αέρια (π.χ. υδρατμοί), υγρή (π.χ. βροχή) και στερεή (π.χ. χιόνι) φάση. Τα κατακρημνίσματα, αποτελούν τμήμα της απορρόφησης του ήχου από το έδαφος και ως απόρροια διαθέτουν την ικανότητα εξασθένισης του ήχου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το χιόνι, το οποίο δύναται να εξασθενεί σημαντικά το επίπεδο του ήχου, ενώ παράλληλα και να προκαλέσει υψηλή θετική θερμοβαθμίδα. Για τους λόγους αυτούς, είναι φρόνιμο να μην πραγματοποιούνται μετρήσεις υπό συνθήκες χιονιού. (Truax, 1999)

1.7.5.3 Ανάκλαση ήχου

Όταν ο ήχος καταφθάνει στο έδαφος, ένα μέρος του απορροφάται από το έδαφος, ένα άλλο ποσοστό μεταφέρεται εντός του εδάφους και ένα ακόμα τμήμα του ήχου αντανακλάται προς την πηγή. Στην ανάκλαση, το ηχητικό κύμα έρχεται σε επαφή με τον αρχικό ήχο ο οποίος διαδίδεται απευθείας από την πηγή. Ως αποτέλεσμα, η ανάκλαση του ήχου από το έδαφος διαστρεβλώνει κατά πολύ τη διάδοση του. (Truax, 1999)

Γενικά, ανάκλαση του ήχου υπάρχει και στις επιφάνειες, στα κτήρια κλπ και όχι μόνο στο έδαφος. Για παράδειγμα, όσον αφορά τα κτήρια, εφ' όσον η απορρόφηση του ήχου και η μεταφορά του εντός του κτηρίου υπάρχουν σε μικρή ποσότητα (σύνηθες φαινόμενο στα κτήρια), τότε το μεγαλύτερο μέρος του ήχου ανακλάται. Το επίπεδο ηχητικής πίεσης, λοιπόν κοντά στην επιφάνεια οφείλεται στην άμεση ακτινοβολία από την πηγή και ο ήχος καταφθάνει στην επιφάνεια από μία ή περισσότερες ανακλάσεις. Ενδεικτικά, το επίπεδο ήχου για έναν τοίχο 0,5 m είναι 3 dB περισσότερα, απ' ότι αν δεν υπήρχε καθόλου τοίχος. Για την ευκολία των μετρήσεων και υπολογισμών, συχνά αποκλείεται η ανάκλαση από την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. (Truax, 1999)

1.8 Νομοθεσία για τον Περιβαλλοντικό θόρυβο

Σύμφωνα με το Άρθρο 3 της οδηγίας 2002/49/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 25ης Ιουνίου 2002, σχετικά με την αξιολόγηση και διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου), «περιβάλλον θόρυβος» είναι οι ανεπιθύμητοι ή επιβλαβείς θόρυβοι στο ύπαιθρο που δημιουργούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένων των θορύβων που εκπέμπονται από μεταφορικά μέσα, από οδικές, σιδηροδρομικές και αεροπορικές μεταφορές και από χώρους βιομηχανικής δραστηριότητας.

Ενώ, σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ, με ΦΕΚ 1367/Β/24-4-2012) από τα Υπουργεία Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, και Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, καθορίστηκαν νέα όρια για τους δείκτες αξιολόγησης του συγκοινωνιακού περιβαλλοντικού θορύβου. Σύμφωνα με το ΦΕΚ 1367/Β/24-4-2012, νοούνται ως «περιβαλλοντικός συγκοινωνιακός θόρυβος» όλοι οι ανεπιθύμητοι ή επιβλαβείς θόρυβοι στις αστικές, περιαστικές περιοχές και στο ύπαιθρο, που δημιουργούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες, στον τομέα των συγκοινωνιακών υποδομών και πιο συγκεκριμένα από την λειτουργία των οδικών, σιδηροδρομικών και αεροπορικών μεταφορών. [23]

Για τον βέλτιστο καθορισμό των ορίων, η χρονική περίοδος των 24 ωρών, ο διαχωρισμός των δεικτών μέτρησης ήχου καθώς και τα ανώτατα όρια που αντιστοιχούν σε καθένα από αυτούς ορίζονται ως εξής με βάση την Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ, με ΦΕΚ 1367/Β/24-4-2012) από τα Υπουργεία Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, και Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων: [23]

- Χρονική περίοδος ημέρας: από 07:00 έως 19:00
- Χρονική περίοδος απογεύματος: από 19:00 έως 23:00
- Χρονική περίοδος ημέρας – απογεύματος: από 07:00 έως 23:00
- Χρονική περίοδος νύκτας: από 23:00 έως 07:00

Ο κύριος δείκτης που έχει θεσπιστεί είναι η Ισοδύναμη Συνεχής Στάθμη θορύβου L_{eq} με Α-ζυγοστάθμιση θορύβου οπότε προκύπτει ο δείκτης L_{Aeq} που μετράται σε dB(A).

Για την βέλτιστη θέσπιση των ορίων, η συγκεκριμένη παράμετρος κατηγοριοποιήθηκε ανάλογα με τη χρονική περίοδο ως ακολούθως:

- L_{den} : Ισοδύναμη Συνεχής Στάθμη Θορύβου 24ώρου ($L_{\text{ημέρας-απογεύματος-νύκτας}}$), αντιστοιχεί σε χρονική περίοδο 24 ωρών.
- $L_{eqnight}$: εκφράζεται και ως $L_{\text{νύκτας}}$, L_{night} ή L_n και ορίζεται ως η Ισοδύναμη Συνεχής Στάθμη Θορύβου Νύκτας και αντιπροσωπεύει τη χρονική περίοδο νυκτός.
- $L_{d,e}$: Ισοδύναμη Συνεχής Στάθμη Θορύβου για τη χρονική περίοδο ημέρας-απογεύματος ($L_{\text{ημέρας-απογεύματος}}$) και για χρονικό διάστημα 8-20 ώρες.

Ενώ, τα νέα όρια των δεικτών είναι:

- L_{den} : 70 dB(A)
- L_{night} : 60 dB(A)
- $L_{d,e}$: 67 dB(A)

Όπου A, νοείται ο συντελεστής στάθμισης ήχου A που θα αναλυθεί στο κεφάλαιο 2.1.2.

1.9 Επιπτώσεις περιβαλλοντικού θορύβου στην ανθρώπινη υγεία και τρόποι αντιμετώπισης

Την πιο κοινή πηγή περιβαλλοντικού θορύβου, αποτελεί αδιαμφισβήτητα ο περιβαλλοντικός συγκοινωνιακός θόρυβος και πιο συγκεκριμένα ο περιβαλλοντικός θόρυβος οδικού δικτύου. Επιπλέον, θόρυβος που πηγάζει από σιδηροδρομικές και αεροπορικές μετακινήσεις, τείνει να αποτελεί πρόβλημα περιβαλλοντικού θορύβου αλλά όχι τόσο γενικό παρά τοπικό. Προκαλεί, δηλαδή, περισσότερη δυσφορία σε άτομα τα οποία κατοικούν ή τυγχάνει να παρευρίσκονται κοντά στο σημείο από όπου διέρχεται το τραίνο ή το αεροσκάφος.

1.9.1 Επιπτώσεις

Όπως είναι αναμενόμενο, ο θόρυβος έχει αντίκτυπο στην ανθρώπινη υγεία. Πιο ειδικά, η επιρροή του θορύβου ως προς την ακεραιότητα της ανθρώπινης υγείας είναι αρνητική και αρκετά συχνά προκαλεί ανεπανόρθωτες βλάβες στην ανθρώπινη ακοή. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO ή Π.Ο.Υ.), οι επιπτώσεις του θορύβου στην ανθρώπινη υγεία είναι οι εξής: (WHO, 2008c)

- Πόνος και ακροαστική κόπωση
- Ενόχληση
- Επιρροή στην κοινωνική συμπεριφορά (επιθετικότητα)
- Παρεμπόδιση της επικοινωνίας μέσω ομιλίας
- Διαταραχή του ύπνου με όλες τις επιβλαβείς συνέπειες σε βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βάση
- Καρδιαγγειακές επιπτώσεις
- Ορμονικές αντιδράσεις και τις πιθανές τους συνέπειες στον ανθρώπινο μεταβολισμό και το ανοσοποιητικό σύστημα
- Μειωμένη απόδοση στη δουλειά και το σχολείο

1.9.2 Τρόποι αντιμετώπισης

Γενικότερα, το επίπεδο του θορύβου συνήθως μειώνεται με την απομάκρυνση από την πηγή. Το φαινόμενο αυτό, κατά κύριο λόγο οφείλεται στη γεωμετρική εξάπλωση της ενέργειας του θορύβου πάνω από μία μεγαλύτερη επιφάνεια. Επιπρόσθετα, μέρος της ενέργειας του θορύβου απορροφάται από την ατμόσφαιρα και από το έδαφος, ενώ τα φράγματα και τα εμπόδια (π.χ. τα κτήρια) μπορούν να επιτύχουν επιπλέον μείωση του επιπέδου του θορύβου. Η ειδική περίπτωση της ηχομόνωσης των κτηρίων, αποτελεί ένα ακόμα εμπόδιο το οποίο εν τέλει μειώνει και αυτό με τη σειρά του το επίπεδο του θορύβου.

Για την αποφυγή ή την ελάττωση της δυσαρέσκειας των ανθρώπων ως προς τον περιβαλλοντικό συγκοινωνιακό θόρυβο, σώφρον είναι να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω παράγοντες απορρόφησης της ενέργειας του θορύβου ξεχωριστά.

1.9.2.1 Η πηγή του θορύβου

Η κύρια πηγή περιβαλλοντικού θορύβου είναι ο συγκοινωνιακός θόρυβος, ο θόρυβος δηλαδή προερχόμενος από αυτοκίνητα, δίκτροχα και MMM, ο οποίος ιδιαίτερα σε μεγάλα αστικά κέντρα είναι αρκετά έντονος. Με σκοπό τη μείωση του, μπορούν να πραγματοποιηθούν έλεγχοι για ελαττωματικούς σιγαστήρες ή φθαρμένα ελαστικά, τα οποία κατά την επαφή τους με το οδόστρωμα τείνουν να παράγουν αυξημένα επίπεδα θορύβου. Επιπλέον, οι περισσότερες χώρες προτείνουν στις βιομηχανίες αυτοκινήτων, φορτηγών και δίκτροχων να κατασκευάζουν και να θέτουν σε αγορά οχήματα τα οποία να παράγουν μειωμένο περιβαλλοντικό θόρυβο και ως εκ τούτου, να συνεισφέρουν στη μείωση του συγκοινωνιακού θορύβου. (Μπίκας, 2010)

Τα οχήματα, όμως δεν αποτελούν το μόνο τρόπο μείωσης του συγκοινωνιακού θορύβου. Το οδόστρωμα δύναται με την κατάλληλη κατασκευή και μέσα να μειώσει εξίσου τα επίπεδα του θορύβου. Το οδόστρωμα μπορεί να αποφέρει μικρότερο αντίκτυπο στον περιβαλλοντικό θόρυβο, εάν μετασχηματιστεί σε πορώδη άσφαλτο και σε ένα λεπτό στρώμα επιφάνειας μείωσης του θορύβου. (Μπίκας, 2010)

1.9.2.2 Διαδρομή μετάδοσης θορύβου

Αν και το πιο απλό και προφανές σενάριο μείωσης του περιβαλλοντικού θορύβου είναι η μετακίνηση των ανθρώπων σε περιοχές πολύ απομακρυσμένες από την πηγή, παρ' όλα αυτά καθίσταται αρκετά δύσκολο έως και ακατόρθωτο να υλοποιηθεί, ειδικά όσον αφορά τον συγκοινωνιακό θόρυβο. Η χρήση όμως επιπλέον ηχοπετασμάτων αποτελεί υλοποιήσιμη πρακτική.

Το ύψος του φράγματος, η θέση της πηγής καθώς και η θέση του αποδέκτη, σχετίζονται με το ποσό μείωσης του περιβαλλοντικού θορύβου που επιθυμείται να επιτευχθεί. Το φάσμα συχνοτήτων της πηγής του θορύβου κατέχει σημαντικό ρόλο στη μείωση του. Σε μερικές περιπτώσεις μάλιστα, οι επιδόσεις των φραγμάτων απέναντι στο θόρυβο μπορούν να βελτιωθούν με τη χρήση επιπλέον απορροφητικών υλικών ήχου, αποφεύγοντας τις παράλληλες ανακλαστικές επιφάνειες και σχηματίζοντας διαχωρισμένα φράγματα τα οποία θα μπορούν να ανακλούν περισσότερο θόρυβο. (Μπίκας, 2010)

Επιπλέον, φράγμα για τη διάδοση του ήχου μπορούν να αποτελέσουν και τα φυτά. Πιο συγκεκριμένα, η πυκνή και ανομοιόμορφη βλάστηση λειτουργεί ως ένα καλό μέσο ηχομόνωσης, ενώ για να διαρκέσει όλο το χρόνο, προτιμώνται τα αειθαλή φυτά.

Το παρόν μέσο δύναται να μειώσει τον περιβαλλοντικό θόρυβο έως και 10 dB, ενώ παράλληλα ενισχύει την αισθητική του αστικού περιβάλλοντος. (Μπίκας, 2010)

1.9.2.3 Μόνωση θορύβου των κτηρίων

Ο συγκεκριμένος τρόπος μείωσης του περιβαλλοντικού συγκοινωνιακού θορύβου ίσως αποτελεί τον πιο απλό. Οι κάτοχοι των κτηρίων, έχουν τη δυνατότητα να επωφεληθούν από την προσθήκη επιπλέον ηχομονωτικού υλικού στα κτήρια τους, μειώνοντας έτσι το επίπεδο του θορύβου το οποίο αντιλαμβάνονται. Σε κάποιες χώρες η προσθήκη ηχομονωτικού υλικού είναι απαραίτητη και επιβάλλεται, ενώ σε άλλες είναι προαιρετική αλλά απαραίτητη για πολύ υψηλά επίπεδα θορύβου. (Μπίκας, 2010)

2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ

Σε κάθε μελέτη, έρευνα ακόμα και νόμο περί ήχου, αναπόσπαστο κομμάτι αποτελεί η μέτρηση των ηχητικών επιπέδων. Τα επίπεδα ήχου ποικίλουν αρκετά και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες κάποιιοι εκ των οποίων ενδεικτικά είναι η περιοχή της μέτρησης (π.χ. οικιστική, βιομηχανική κλπ), η ώρα (ημέρα, νύχτα), οι μετεωρολογικές συνθήκες, το είδος του θορύβου (κυκλοφοριακός, βιομηχανικός κλπ) και η απόσταση από την πηγή. Προκειμένου να είναι ακριβής η μέτρηση του θορύβου, σώφρον είναι να τεκμηριωθεί ο λόγος για τον οποίο πραγματοποιείται η μέτρηση, έπειτα να οριοθετηθεί ο χώρος, και να καταγραφεί ο χρόνος κατά τη διάρκεια της μέτρησης. (*Brüel & Kjaer, 1984*)

2.1 Ηχώμετρο

Η μέτρηση του ήχου, εκτός από τον εμπειρικό υποκειμενικό τρόπο δηλαδή με το άκουσμα από το ανθρώπινο αυτί, πραγματοποιείται και αντικειμενικά με το ηχώμετρο. Το ηχώμετρο, αποτελεί ένα όργανο, το οποίο έχει σχεδιαστεί για να ανταποκρίνεται περίπου στον ίδιο ήχο με αυτόν που αντιλαμβάνεται ο ανθρώπινος αισθητήρας ακοής και πραγματοποιεί αντικειμενικές και επαναλήψιμες μετρήσεις. Υπάρχουν πολλά και διαφορετικά ήδη ηχομέτρου, αλλά όλα αποτελούνται από τρία συγκεκριμένα τμήματα, μικρόφωνο, τμήμα επεξεργασίας και μονάδα ανάγνωσης.

2.1.1 Μικρόφωνο

Το μικρόφωνο μετατρέπει το ηχητικό σήμα σε ισοδύναμο ηλεκτρικό σήμα. Ο πιο κατάλληλος τύπος μικροφώνου για το ηχώμετρο είναι το πυκνωτικό μικρόφωνο (*Δαμασιώτης, 2011*), (*Brüel & Kjaer, 1984*). Συχνά, προς αποφυγή διαστρέβλωσης των μετρήσεων από τον αέρα, χρησιμοποιείται ένα εξάρτημα το οποίο ονομάζεται μπουμ. Το συγκεκριμένο εξάρτημα, αποτελεί ένα «σφουγγάρι» για τον ήχο. Είναι κυκλικού σχήματος με μία εγκοπή ειδική για να ενσωματώνεται στο μικρόφωνο και προσδίδει την ικανότητα στο ηχώμετρο να αποδίδει βέλτιστες μετρήσεις, χωρίς να λαμβάνει υπόψη του τον ήχο που προκαλεί ο αέρας.

2.1.2 Τμήμα επεξεργασίας

Το ηχητικό σήμα υπόκειται σε διάφορους τύπους επεξεργασίας, αλλά συνήθως διέρχεται από ένα δίκτυο στάθμισης. Γενικά, είναι σχετικά εύκολο να κατασκευαστεί ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα του οποίου η ευαισθησία να ποικίλει με τη συχνότητα f , όπως ακριβώς συμβαίνει και στο ανθρώπινο αυτί, προσομοιώνοντας δηλαδή τις ισοακουστικές καμπύλες. Έτσι, κατασκευάστηκαν τρία διεθνώς τυποποιημένα χαρακτηριστικά, τα οποία ονομάζονται συντελεστές στάθμισης A, B, C (*Brüel & Kjaer, 1984*).

Ο A συντελεστής στάθμισης, σταθμίζει το σήμα με τέτοιο τρόπο που προσεγγίζει την ανεστραμμένη ισοακουστική καμπύλη σε χαμηλά επίπεδα ηχητικής πίεσης. Ο συγκεκριμένος συντελεστής στάθμισης, δρα δηλαδή ως φίλτρο επιλογής μετρούμενων συχνοτήτων και με τον τρόπο αυτό, καθιστά το όργανο λιγότερο ευαίσθητο σε ιδιαίτερα υψηλές και ιδιαίτερα χαμηλές συχνότητες σε σχέση με τις μεσαίες συχνότητες. Λειτουργώντας έτσι το ηχώμετρο, μετράει επίπεδα θορύβου τα οποία είναι πιο πιθανό να αποβούν επιβλαβή για την ανθρώπινη ακοή. Ο συντελεστής

στάθμισης A, εκτός του ότι λαμβάνει μετρήσεις οι οποίες πλησιάζουν τις μετρήσεις που λαμβάνει ο ανθρώπινος αισθητήρας ακοής, χρησιμοποιείται και σε βιομηχανικούς χώρους εργασίας. Τέλος, αποτελεί τον πιο συχνό συντελεστή στάθμισης και οι μετρήσεις ηχητικής έντασης που πραγματοποιούνται με αυτόν, παρέχονται ως A-ηχοστάθμη και η μονάδα μέτρησης τους είναι το ντεσιμπέλ(A), (dB(A)). (Brüel & Kjaer, 1984)

Από την άλλη πλευρά, ο συντελεστής στάθμισης B αντιστοιχεί σε ισοακουστική καμπύλη με μέσα επίπεδα ηχητικής πίεσης, ενώ ο C σε ισοακουστική καμπύλη με υψηλά επίπεδα ηχητικής πίεσης. Οι δύο αυτοί συντελεστές δεν χρησιμοποιούνται ευρέως, κυρίως λόγω της έλλειψης ισχυρής συσχέτισης με υποκειμενικές μετρήσεις, μετρήσεις δηλαδή που πραγματοποιεί το ανθρώπινο αυτί. Ένας κύριος λόγος που εξηγεί την έλλειψη αυτή, αποτελεί το γεγονός, ότι οι ισοακουστικές καμπύλες βασίζονται κατά κύριο λόγο σε πειράματα όπου χρησιμοποιούνται καθαροί τόνοι, ενώ οι πιο συνηθισμένοι ήχοι δεν είναι καθαροί τόνοι, αλλά πολύ σύνθετα σήματα αποτελούμενα από πολλούς διαφορετικούς τόνους. Τέλος, ο συντελεστής στάθμισης B χρησιμοποιείται σπάνια έως και καθόλου, ενώ ο C χρησιμοποιείται ενίοτε, διότι παρέχει μία σχεδόν σταθερή απόκριση σε συνάρτηση με τη συχνότητα. Για το λόγο αυτό, η αντίστοιχη μονάδα μέτρησης dB(C), χρησιμοποιείται αντί της συνολικής ηχητικής πίεσης. (Brüel & Kjaer, 1984)

Εκτός από τους τρεις παραπάνω συντελεστές στάθμισης, υπάρχουν ακόμα δύο ο D συντελεστής στάθμισης και ο Lin ή Linear συντελεστής. Ο πρώτος, αποτελεί ένα εξειδικευμένο χαρακτηριστικό και έχει τυποποιηθεί για μετρήσεις θορύβου των αεροσκαφών. Ο Lin ή Linear συντελεστής, λειτουργεί διαφορετικά από τους τέσσερις προηγούμενους. Πιο ειδικά, ο Lin δεν σταθμίζει το σήμα αλλά επιτρέπει στο σήμα να περάσει μη τροποποιημένο. Ο Linear, αντιστοιχεί σταθερή απόκριση συναρτήσει της συχνότητας. (Brüel & Kjaer, 1984)

Τέλος, όταν απαιτούνται περισσότερες πληροφορίες για ένα σύνθετο ήχο, το ηχητικό φάσμα (20 Hz-20 kHz), δύναται να χωριστεί σε επιμέρους τμήματα ή αλλιώς μπάντες. Η διαδικασία αυτή, πραγματοποιείται με ηλεκτρονικά φίλτρα τα οποία απορρίπτουν κάθε ήχο με συχνότητα εκτός της επιλεγμένης μπάντας. Αυτές οι μπάντες, έχουν συνήθως ένα εύρος είτε μίας οκτάβας είτε 1/3 της οκτάβας. (Brüel & Kjaer, 1984)

2.1.3 Μονάδα ανάγνωσης

Το τελευταίο τμήμα του ηχομέτρου, είναι η μονάδα ανάγνωσης. Η μονάδα ανάγνωσης βρίσκεται στο εξωτερικό μέρος του ηχομέτρου και αποτελείται από μία οθόνη (συνήθως αφής), η οποία επιτρέπει την ανάγνωση κάθε μεγέθους που έχει ληφθεί κατά τη μέτρηση. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να μετονομάσει το προεπιλεγμένο όνομα της μέτρησης καθώς και να ρυθμίσει την ώρα και την ημερομηνία με βάση την περιοχή που βρίσκεται. Τέλος, η μονάδα ανάγνωσης δεν παρέχει μόνο τα επίπεδα των διαφόρων μεγεθών κατά τη μέτρηση, αλλά εξάγει και ένα γράφημα το οποίο μεταβάλλεται κάθε δευτερόλεπτο και παρέχει δεδομένα των μετρούμενων συχνοτήτων του ήχου εκφρασμένα σε Hz συναρτήσει του επιπέδου του ήχου εκφρασμένο σε dB. (Brüel & Kjaer, 1984)

Τέλος, το ηχώμετρο εκτός των άλλων πλεονεκτημάτων που προσφέρει, αποτελεί αναμφίβολα ένα εργαλείο για τη βελτίωση της ανθρώπινης ζωής. Οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται με αυτό, παρέχουν στον άνθρωπο δεδομένες ποσότητες, οι οποίες περιγράφουν και κατατάσσουν τον ήχο. Παρέχουν ακριβή και επιστημονική ανάλυση

των ενοχλητικών ήχων (θορύβων), οι οποίοι όπως προαναφέρθηκε αντιστοιχούν σε υποκειμενικό χαρακτηριστικό εξαρτώμενο από τα φυσιολογικά και ψυχολογικά των ατόμων. Παρ' όλα αυτά, η μέτρηση του ηχομέτρου, παρέχει αντικειμενικά αποτελέσματα, συγκρίνοντας ενοχλητικούς ήχους υπό διαφορετικές συνθήκες. Επιπλέον, προσφέρει μία σαφή ένδειξη για το εάν ένας ήχος μπορεί να βλάψει την ανθρώπινη ακοή και τότε πρέπει να ληφθούν επιδιορθωτικά μέτρα. (Brüel & Kjær, 1984)

2.2 Μέσος όρος μέτρησης

Έπειτα από μία μέτρηση ή ένα πλήθος μετρήσεων, πραγματοποιείται εξαγωγή του μέσου όρου. Στο παρελθόν, ως δείκτης εξαγωγής μέσου όρου ήταν το L_{A50} , το οποίο υπολόγιζε το επίπεδο υπέρβασης κατά 50% στο μετρούμενο χρόνο. Πλέον, ο συγκεκριμένος δείκτης έχει αντικατασταθεί με το «συνεχές ισοδύναμο επίπεδο ήχου, L_{eq} (equivalent continuous sound level)», το οποίο αποτελεί την πιο ουσιώδη και σύγχρονη παράμετρο υπολογισμού του μέσου όρου. Ειδικά για μετρήσεις με στάθμιση A ο δείκτης μετατρέπεται σε L_{Aeq} . Το L_{Aeq} μετράται απευθείας από το ηχόμετρο και είναι το επίπεδο, η τιμή του οποίου αντιπροσωπεύει το μέσο ποσό της ισχύος που υπάρχει σε όλη τη διάρκεια της μέτρησης επιπέδου ηχητικής πίεσης. Παρ' όλα αυτά το L_{Aeq} δεν αποτελεί μέτρο των ενοχλητικών ήχων, τουλάχιστον όχι άμεσα. Έμμεσα όμως παρουσιάζοντας την εξαγωγή των αποτελεσμάτων δύναται να αναλυθούν προκειμένου να γίνει εμφανές εάν οι μετρήσεις βρίσκονται εντός ή εκτός των ορίων που θεσπίζει η εκάστοτε νομοθεσία. (Brüel & Kjær, 1984)

2.3 Χρόνος μέτρησης

Ο χρόνος μέτρησης, είναι δυνατό να ποικίλει εξαρτώμενος από την αιτία για την οποία πραγματοποιείται η μέτρηση, τις μετεωρολογικές συνθήκες, τις ανάγκες του ερευνητή κ.α. Συνήθως μετρήσεις σχετικά μεγάλων χρονικών διαστημάτων, όπως για παράδειγμα μήνας ή ακόμα και χρόνιας μετρήσεις, επιφέρουν βέλτιστα αποτελέσματα είναι όμως περισσότερο χρονοβόρες, δαπανηρές και δύσκολες στη διαχείριση και για τους λόγους αυτούς δεν προτιμώνται από τους ερευνητές. Από την άλλη πλευρά, οι μετρήσεις σύντομων χρονικών διαστημάτων, για παράδειγμα ώρες ή μέρες, πραγματοποιούνται με επιμέρους αντιπροσωπευτικές μετρήσεις και στο τέλος συνθέτονται για μία περισσότερο ολοκληρωμένη εικόνα. (Brüel & Kjær, 1984)

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, πραγματοποιείται μεταξύ άλλων, και μετρήσεις ήχου που λήφθηκαν για ένα συγκεκριμένο σημείο στην πόλη της Μυτιλήνης. Το όργανο μέτρησης ήχου που χρησιμοποιήθηκε είναι το ηχόμετρο με μοντέλο 2250 Light της εταιρίας Brüel & Kjær. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν ανά τακτά χρονικά διαστήματα σε κεντρικό σημείο επί της οδού Ηλία Βενέζη, στην πόλη της Μυτιλήνης. Μετά το πέρας των μετρήσεων, τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, αναγνώστηκαν και επεξεργάστηκαν με το σύστημα λογισμικού “BZ-5503 Measurement Partner Suite” της ίδιας εταιρίας. Το συγκεκριμένο λογισμικό πρόγραμμα, δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να «διαβάσει» τις καταγεγραμμένες μετρήσεις που έχουν ληφθεί με ηχόμετρα τύπου 2250 Light και 2270 Light της εταιρίας Brüel & Kjær.

Συνοπτικά, η μεθοδολογία που τηρήθηκε είναι η ακόλουθη:

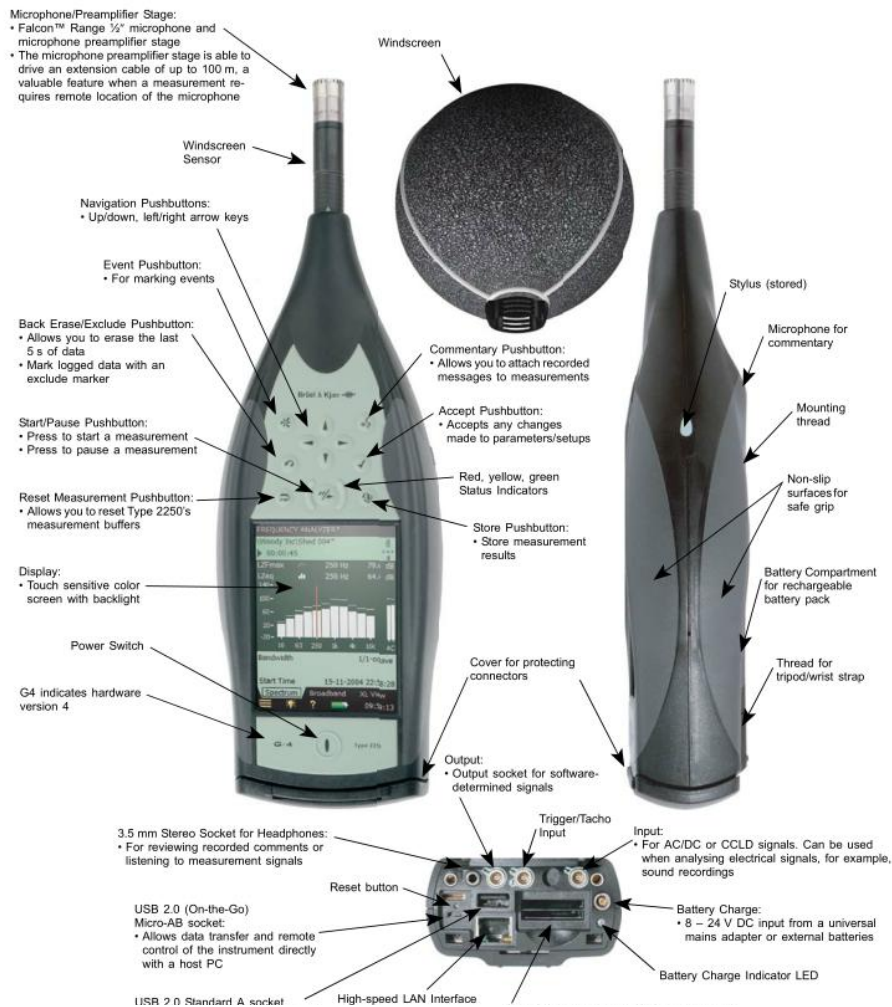
1. Καταγραφή δεδομένων με όργανο μέτρησης ήχου 2250 Light
2. Εισαγωγή δεδομένων από εσωτερική κάρτα μνήμης του ηχομέτρου σε φορητό υπολογιστή για ανάγνωση και επεξεργασία δεδομένων με το λογισμικό BZ-5503 Measurement Partner Suite
3. Ανάγνωση και ανάλυση των δεδομένων μέσω του παραπάνω λογισμικού και εξαγωγή τους σε αρχείο Excel για περαιτέρω ανάλυση.
4. Κατάλληλοι υπολογισμοί στο αρχείο Excel και συμφωνία/ασυμφωνία με τα όρια L_{Aeq} που έχουν θεσπιστεί.

3.1 Καταγραφή δεδομένων

Με σκοπό τη συγκεκριμένη εργασία, πραγματοποιήθηκαν 34 μετρήσεις ήχου κατά το χρονικό διάστημα Νοέμβριος 2015 – Μάρτιος 2016, περιλαμβάνοντας και 3 δοκιμαστικές μετρήσεις με διάρκεια περίπου 20 δευτερόλεπτα. Οι 31 μετρήσεις λαμβάνονταν σε ήπιες καιρικές και μετεωρολογικές συνθήκες, ανά τακτά αλλά όχι καθορισμένα χρονικά διαστήματα και με χρήση ηχομέτρου 2250 Light. Στο όργανο ηχητικών μετρήσεων προσαρμόστηκε κατάλληλα πλαστική σακούλα (για προστασία από τη βροχή) και μπουμ στο μικρόφωνο. Ο λόγος για τον οποίο οι καταγραφές ποικίλουν τόσο σε χρονική περίοδο της ημέρας όσο και σε διάρκεια, οφείλεται στο γεγονός ότι η τυχαία δειγματοληψία θα προσέφερε ένα πιο γενικό πλάνο της έντασης ήχου που επικρατεί στο συγκεκριμένο σημείο της πόλης. Ενώ, οι 3 πρώτες δοκιμαστικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με στόχο την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του ηχομέτρου.

Τέλος, οι μετρήσεις λήφθηκαν από σταθερό σημείο σε ύψος περίπου 9 m από την επιφάνεια του δρόμου. Η αιτία της ηχομέτρησης από σταθερό σημείο, οφείλεται στο γεγονός της ανάδειξης του περιβαλλοντικού θορύβου που επικρατεί στη συγκεκριμένη περιοχή. Στην περίπτωση που το ηχόμετρο αποτελούσε κινητό δέκτη ηχητικών κυμάτων, οι μετρήσεις δεν θα ήταν δυνατό να επιφέρουν συγκρίσιμα αποτελέσματα για το συγκεκριμένο επιθυμητό σημείο, αλλά θα αφορούσαν ένα γενικό πλάνο ηχητικών μετρήσεων της περιοχής.

Το ηχόμετρο 2250 Light, διαθέτει μικρόφωνο, τμήμα επεξεργασίας και μονάδα ανάγνωσης. Επιπλέον, μεταξύ των άλλων, αποτελεί ένα φορητό μέσο μέτρησης ήχου με ευρυζωνικό φάσμα γραμμικής συχνότητας 4,2 Hz έως 22,4 kHz με μικρόφωνο τύπου 4189. Με τον ίδιο τύπο μικροφώνου, δύναται να λαμβάνει ήχο από 16,6 dB(A) έως 140 dB(A). Επίσης, διαθέτει υποδοχή USB για σύνδεση με εκτυπωτή, GPS, μόντεμ και μετεωρολογικό σταθμό καθώς και την ικανότητα να δέχεται εξωτερική κάρτα αποθήκευσης δεδομένων. Τέλος, το παρόν ηχόμετρο λειτουργεί με επαναφορτιζόμενη μπαταρία Li-ion, με χρόνο λειτουργίας μεγαλύτερο των οκτώ ωρών, ενώ διαθέτει και το εξωτερικό εξάρτημα μπουμ με ειδική εγκοπή για τοποθέτηση του μικροφώνου μέσα σε αυτό ώστε να μειώνεται ο ήχος της τριβής μεταξύ αέρα και άλλων σωμάτων, για αποτελεσματικότερες και λιγότερο εσφαλμένες μετρήσεις. [25]



Εικόνα 1: Το ηχόμετρο 2250 Light (Πηγή: <http://www.gracey.co.uk/images/bk-2250-04.png>)

3.2 Ανάγνωση δεδομένων

Τα ηχητικά δεδομένα είναι δυνατόν να αναγνωσθούν είτε στην οθόνη του ηχομέτρου είτε με τη χρήση ειδικών λογισμικών προγραμμάτων, τα οποία έχουν εγκατασταθεί σε υπολογιστή. Το BZ-5503 Measurement Partner Suite, αποτελεί ένα τέτοιο βασικό εργαλείο για την ανάγνωση των μετρήσεων που έχουν ληφθεί. Πιο ειδικά, τα καταγεγραμμένα δεδομένα, αποθηκεύτηκαν σε εξωτερική κάρτα μνήμης η οποία είχε εισαχθεί στο ηχομέτρο. Έπειτα με την εισαγωγή της ίδιας κάρτας σε υπολογιστή, τα αρχεία μετρήσεων μεταφέρθηκαν σε αυτόν και αναγνώστηκαν με τη χρήση του ειδικού λογισμικού προγράμματος.

Το BZ-5503 Measurement Partner Suite, προσφέρει στο χρήστη την ανάγνωση και ανάλυση των ηχητικών δεδομένων που έχει συλλέξει, όχι μόνο συλλογικά, αλλά και κάθε παράμετρο μεμονωμένα. Πιο συγκεκριμένα, οπτικοποιεί τις καταγραφές και τις αποδίδει ως γραφήματα και διαγράμματα, προσφέροντας στο χρήστη μία πιο ευκρινή εικόνα των όσων έχει συλλέξει.

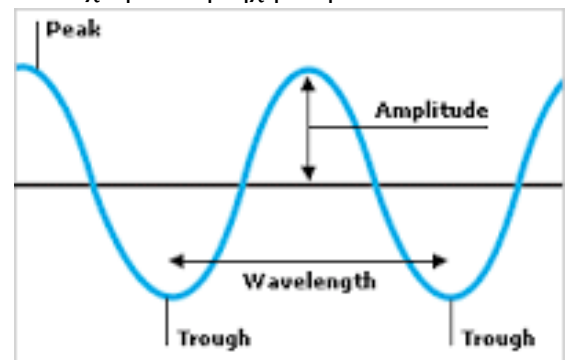
3.3 Δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν

Πέραν του δείκτη της Ισοδύναμης Στάθμης Συνεχούς Θορύβου, L_{eq} , που έχει ήδη προσδιορισθεί, καταμετρήθηκαν με το ειδικό όργανο μέτρησης ήχου και οι δείκτες L_{peak} , L_{Fmax} , και L_{Fmin} . Οι τρεις από τους τέσσερις παραπάνω μετρούμενους δείκτες προσδιορίστηκαν με βάση την Α-ζυγοστάθμιση ήχου, οπότε προκύπτουν οι δείκτες L_{Aeq} , L_{AFmax} και L_{AFmin} μετρούμενοι σε dB(A). Αντίθετα, ο δείκτης L_{peak} προσδιορίστηκε με ηχητική στάθμη C, επομένως προκύπτει ο δείκτης L_{Cpeak} με μονάδα μέτρησης dB(C).

Η κορυφή (peak) δεν είναι το ίδιο με το μέγιστο ηχητικό επίπεδο. Αλλά, αναφέρεται συχνά ως L_{peak} και αφορά τη μέγιστη τιμή που επιτεύχθηκε στην ηχητική πίεση. Για παράδειγμα, για έναν καθαρό τόνο, το L_{peak} θα είναι 3 dB πάνω από το μέγιστο ηχητικό επίπεδο. Για πληθώρα σημάτων, δύναται να υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των δύο μεγεθών, ενώ δεν υπάρχει τρόπος να υπολογιστεί το L_{peak} με βάση μέγιστο ηχητικό επίπεδο ή κάποιο άλλο μέγεθος. Όπως προαναφέρθηκε, σε αντίθεση με τα άλλα μεγέθη, το L_{peak} μετράται με ζυγοστάθμιση ήχου C και εκφράζεται ως L_{Cpeak} με μονάδα μέτρησης dB(C). Πλέον, το L_{Cpeak} έχει αντικαταστήσει παλαιότερες μονάδες έκφρασης όπως το Linear και έχει υιοθετηθεί από τα περισσότερα πρότυπα, συμπεριλαμβανομένου και το Ευρωπαϊκό πρότυπο κανονισμού για το θόρυβο σε χώρους εργασίας.^[26]

Επιπλέον, το αντίθετο της κορυφής σε ένα κύμα ονομάζεται «κοίλο μέρος» του κύματος ή «κοιλιά». Επίσης το πλάτος κύματος είναι κάτι που το χαρακτηρίζει, και αφορά την απόσταση από το σημείο ισορροπίας του κύματος έως την κορυφή ή κοιλιά αυτού. Τα χαρακτηριστικά αυτά, απεικονίζονται στη διπλανή εικόνα.

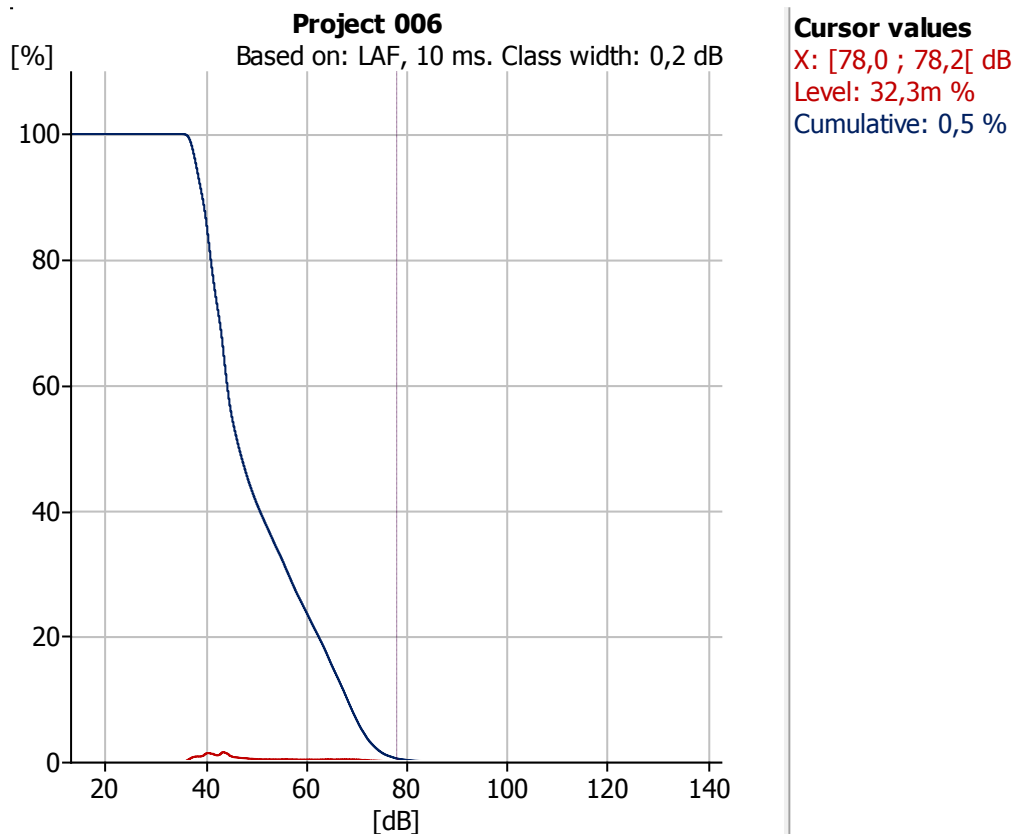
Οι δείκτες L_{AFmax} , L_{AFmin} αντιστοιχούν σε μεγέθη που έχουν καταμετρηθεί σε γρήγορο συνεχή χρόνο με Α ζυγοστάθμιση και μονάδα μέτρησης το dB(A).^[26]



Εικόνα 2: Βασικά χαρακτηριστικά ενός κύματος (Πηγή: <http://www.factmonster.com/dk/science/encyclopedia/energy-waves.html>)

Εκτός από τους παραπάνω δείκτες, προσδιορίστηκαν και οι δείκτες L_{A10} και L_{A90} . Οι L_{A10} και L_{A90} εκφράζουν το επίπεδο θορύβου το οποίο υπόκειται σε υπέρβαση κατά 10% ή 90% αντίστοιχα, κατά τη διάρκεια του χρόνου μέτρησης. [26]

Δηλαδή, αναφέρεται στο ποσοστό των τιμών, το οποίο είναι μεγαλύτερο από το επίπεδο θορύβου μίας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Οι δύο δείκτες προσδιορίστηκαν με βάση την Α-στάθμη ήχου. Επιπλέον, ενώ οι προηγούμενοι δείκτες μετρήθηκαν από το ηχώμετρο, οι παράμετροι L_{A10} και L_{A90} βρέθηκαν από διάγραμμα μέτρησης επιπέδου ήχου (dB)-ποσοστού υπέρβασης (%), το οποίο εξάχθηκε από το πρόγραμμα BZ-5503 Measurement Partner Suite με βάση τις ηχητικές μετρήσεις που λήφθηκαν, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 3: Γράφημα εξαγωγή από το λογισμικό BZ-5503 Measurement Partner Suite. Η μαύρη γραμμή δείχνει στον κατακόρυφο άξονα το ποσοστό υπέρβασης των μετρήσεων από την αντίστοιχη τιμή του επιπέδου έντασης στον οριζόντιο άξονα

Στην περίπτωση όπου οι τιμές των L_{A10} και L_{A90} δεν ήταν δυνατόν να εντοπιστούν, υπολογίζονταν από αριθμητικούς τύπους. Για παράδειγμα, αν για την τιμή L_{A10} , τα πλησιέστερα ποσοστά στο 10%, είναι 11% με 68 dB(A), 10,3% με 69 dB(A) και 9,7% με 71 dB(A), το L_{A10} , θα βρεθεί σύμφωνα με τους παρακάτω υπολογισμούς:

$$L_{A10} = 69 + \frac{69-71}{10,3\pm 9,7} * (10 - 10,3) \Rightarrow L_{A10} = 70 \text{ dB(A)}$$

Αντίστοιχα, για το L_{A90} έστω ότι τα πλησιέστερα στο 90% ποσοστά που εντοπίστηκαν είναι 93% με 36 dB(A), 91% με 37 dB(A) και 89,5% με 39 dB(A), τότε η τιμή του L_{A90} , υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$L_{A90} = 37 + \frac{37 - 39}{91 - 89,5} * (90 - 91) \Rightarrow L_{A90} = 38,33 \text{ dB(A)}$$

Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκε και ο δείκτης θορύβου οδικής κυκλοφορίας, Traffic Noise Index (TNI). Ο θόρυβος οδικής κυκλοφορίας, αποτελεί μία εκ των σημαντικότερων πηγών θορύβου. Για παράδειγμα, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ.), εκτιμά ότι το 40% του πληθυσμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης εκτίθεται σε θόρυβο οδικής κυκλοφορίας ο οποίος ξεπερνά τα 55 dB(A) και ότι το 30% του ίδιου πληθυσμού εκτίθεται σε ίδιο επίπεδο θορύβου κατά τη διάρκεια την νύχτας [16]. Με τη μέτρηση του TNI, είναι δυνατόν να μειωθούν έως και να αποφευχθούν τέτοιου τύπου παραβάσεις. Ο TNI υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο: [6]

$$\text{TNI} = 4 * (\text{L}_{\text{A}10,\text{T}} - \text{L}_{\text{A}90,\text{T}}) + \text{L}_{\text{A}90,\text{T}} - 30$$

Όπου ως T, ορίζεται η χρονική περίοδος μέτρησης.

Τέλος, ο τύπος από τον οποίο ορίζεται η Ισοδύναμη Στάθμη Συνεχούς θορύβου είναι ο ακόλουθος: [19][21]

$$\text{L}_{\text{eq}} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p(t)}{p_0(t)} \right)^2 dt$$

Όπου:

- L_{eq} : η Ισοδύναμη Στάθμη Συνεχούς Θορύβου (dB)
- p : η υπό εξέταση πίεση (Pa)
- p_0 : η πίεση αναφοράς (Pa)
- T : η χρονική περίοδος μέτρησης

4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Όπως προαναφέρθηκε, πραγματοποιήθηκαν 34 μετρήσεις ήχου οι οποίες ποικίλουν τόσο σε διάρκεια όσο και στα ηχητικά επίπεδα που καταμετρήθηκαν. Επιπλέον, εντός των 34 μετρήσεων περιλαμβάνονται και 3 δοκιμαστικές μετρήσεις διάρκειας περίπου 20 δευτερολέπτων με επαναλαμβανόμενο ήχο μηχανής καφέ και με απόσταση από αυτή περίπου 30 εκατοστά, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση λειτουργίας του ηχομέτρου 2250 Light. Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε μόνο με τη χρήση του μικροφώνου, η δεύτερη με τη χρήση μπουμ ενσωματωμένο στο μικρόφωνο και η τρίτη με τη χρήση πλαστικής σακούλας η οποία περιείχε το μπουμ, για βέλτιστη ηχομόνωση προερχόμενη από την τριβή του αέρα με άλλα σώματα. Τα αποτελέσματα των δοκιμαστικών αυτών μετρήσεων παραθέτονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3: Στοιχεία δοκιμαστικών μετρήσεων ήχου

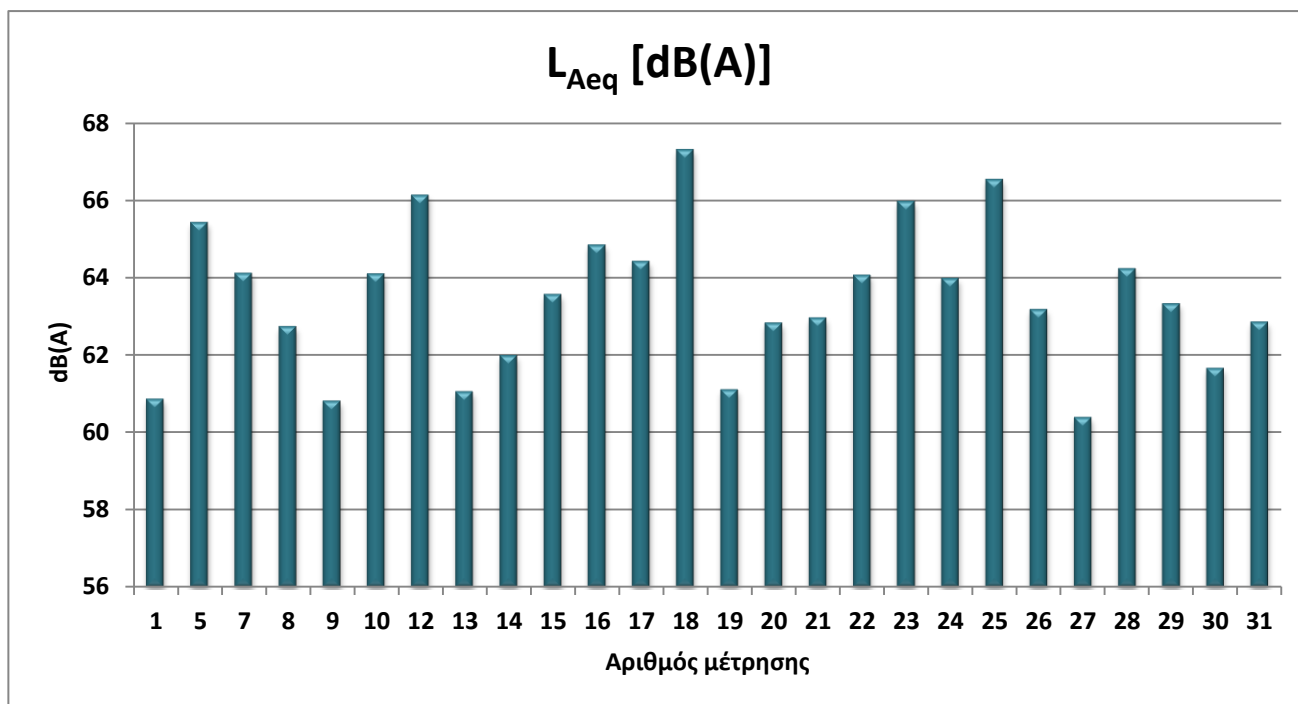
ΑΡ. ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L_{Aeq} [dB(A)]	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
1	0:00:23	78,2	μόνο μικροφώνου
2	0:00:21	77,4	μπουμ στο μικρόφωνο
3	0:00:22	77,6	μπουμ και πλαστική σακούλα στο μικρόφωνο

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3, παρ' όλο που ο χρόνος μέτρησης και στις τρεις περιπτώσεις είναι σχεδόν ίδιος, η ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου με A-ζυγιστάθμιση ήχου L_{Aeq} διαφέρει ανάλογα με τον τρόπο δειγματοληψίας. Πιο αναλυτικά, ενώ με ηχομέτρηση μόνο με χρήση μικροφώνου το L_{Aeq} ισούται με 78,2 dB(A) και φαίνεται να είναι το μεγαλύτερο από τις τρεις μετρήσεις, μόνο με τη χρήση μπουμ το L_{Aeq} αντιστοιχεί σε 77,4 dB(A), το μικρότερο L_{Aeq} που παρουσιάζεται στις τρεις δοκιμαστικές ηχομετρήσεις. Η απόκλιση των δύο «ακραίων» μετρήσεων φαίνεται να αντιστοιχεί σε 0,8 dB(A) και είναι σημαντική εφόσον οι μετρήσεις διαφέρουν μόνο κατά 2 δευτερόλεπτα. Συνεπώς, η χρήση ή όχι μπουμ στο μικρόφωνο παίζει σημαντικό ρόλο στην ορθότερη καταγραφή ηχομετρήσεων.

Τέλος, η τρίτη μέτρηση διάρκειας 22 δευτερολέπτων με ταυτόχρονη χρήση πλαστικής σακούλας και μπουμ, παρουσιάζει L_{Aeq} ίσο με 77,6 dB(A). Η τιμή αυτή είναι αρκετά κοντά με την τιμή των 77,4 dB(A), ενώ είναι μικρότερη κατά 0,6 dB(A) από τη μέγιστη τιμή L_{Aeq} που ηχομετρήθηκε. Καταληκτικά, η χρήση σακούλας δεν φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά τις μετρήσεις και τελικά προτιμήθηκε ώστε το όργανο να προστατεύεται στις μετρήσεις εξωτερικού χώρου από τη βροχή. Μετά το πέρας των τριών δοκιμαστικών μετρήσεων και αφού έγινε επιλογή της πιο κατάλληλης μεθόδου ηχομετρήσεων, ακολούθησαν 31 μετρήσεις ήχου κατά το χρονικό διάστημα Νοέμβριος 2015 έως Φεβρουάριος 2016, με τον επιλεγμένο τρόπο. Στον παρακάτω πίνακα, απεικονίζονται αναλυτικά οι μετρήσεις με τα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα ηχομέτρησης και τις αντίστοιχες τιμές L_{Aeq} , L_{AFmax} , L_{AFmin} και L_{Cpeak} όπως εξάχθηκαν σε αρχείο excel από το λογισμικό BZ-5503 Measurement Partner Suite. Τέλος, από τις 31 μετρήσεις οι 5 απορρίφθηκαν, διότι είχαν χρόνο μέτρησης μικρότερο από 10 λεπτά.

Πίνακας 4: Βασικά στοιχεία καταγεγραμμένων μετρήσεων ήχου

ΑΡ. ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L _{Aeq} [dB(A)]	L _{Cpeak} [dB(C)]	L _{AFmax} [dB(A)]	L _{AFmin} [dB(A)]
1	12:02	12:44	0:42:55	60,87	99,84	80,07	38,49
5	23:01	7:20	8:19:09	65,43	113,52	103,36	34,9
7	12:57	0:03	11:05:50	64,12	111,8	95,16	36,22
8	11:37	19:46	8:09:22	62,74	113,4	97,17	42,45
9	19:47	20:54	1:07:21	60,82	101,8	82,72	41,59
10	12:23	21:36	9:12:53	64,1	110,03	93,34	36,78
12	13:56	16:14	2:17:59	66,13	123,39	101,78	41,6
13	17:33	2:29	8:56:28	61,06	106,53	87,43	30,27
14	14:42	1:39	10:57:28	61,99	120,48	94,67	31,77
15	14:09	1:27	11:18:37	63,57	113,57	98,48	32,63
16	13:51	0:34	10:42:42	64,85	109,7	92,23	27,13
17	15:10	22:39	7:28:24	64,42	119,69	103,96	33,18
18	12:35	21:37	9:01:06	67,31	121,18	106,76	37,8
19	16:50	4:44	11:53:52	61,11	113,5	94,34	31,89
20	4:44	16:09	11:25:00	62,83	116,75	98,67	35,18
21	15:00	1:13	10:13:25	62,96	113,67	94,94	33,71
22	10:39	20:43	2:10:02:11	64,07	118,92	100,58	32,11
23	8:37	14:37	6:00:33	65,97	111,7	96,31	42,99
24	13:56	23:21	9:24:49	63,98	112,64	91,27	40,39
25	12:09	21:56	9:47:15	66,54	115,53	100,12	38,72
26	13:05	21:26	8:20:29	63,18	113,76	93,87	43,36
27	23:22	8:05	2:08:42:32	60,39	117,14	99,79	31,54
28	13:38	0:06	10:27:49	64,23	111,16	101,14	38,06
29	13:07	22:27	9:19:47	63,33	110,24	93,7	39,22
30	14:17	22:10	3:07:53:00	61,66	113,37	98,71	30,01
31	12:58	17:31	7:04:33:03	62,86	126,56	114,34	26,91
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ				26			



Γραφική παράσταση 1: Καταγεγραμμένες μετρήσεις ήχου

Όπως φαίνεται στην παραπάνω γραφική παράσταση, οι καταγεγραμμένες τιμές για τον δείκτη L_{Aeq} εμφανίζουν διακυμάνσεις, οι οποίες οφείλονται στο χρονικό διάστημα μέτρησης. Δηλαδή, οι τιμές που δέχεται ο συγκεκριμένος δείκτης, εξαρτώνται τόσο από το χρόνο δειγματοληψίας όσο και από το χρονικό διάστημα ημέρας που πραγματοποιούνται οι μετρήσεις. Συνεπώς, οι παραπάνω παράγοντες διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο όσον αφορά την ορθότερη λήψη ηχομετρήσεων. Όσο μεγαλύτερος χρόνος μέτρησης, τόσο μεγαλύτερο όγκο ηχητικών δεδομένων περιέχει και μπορεί να επιφέρει έναν καλύτερο μέσο όρο αυτών.

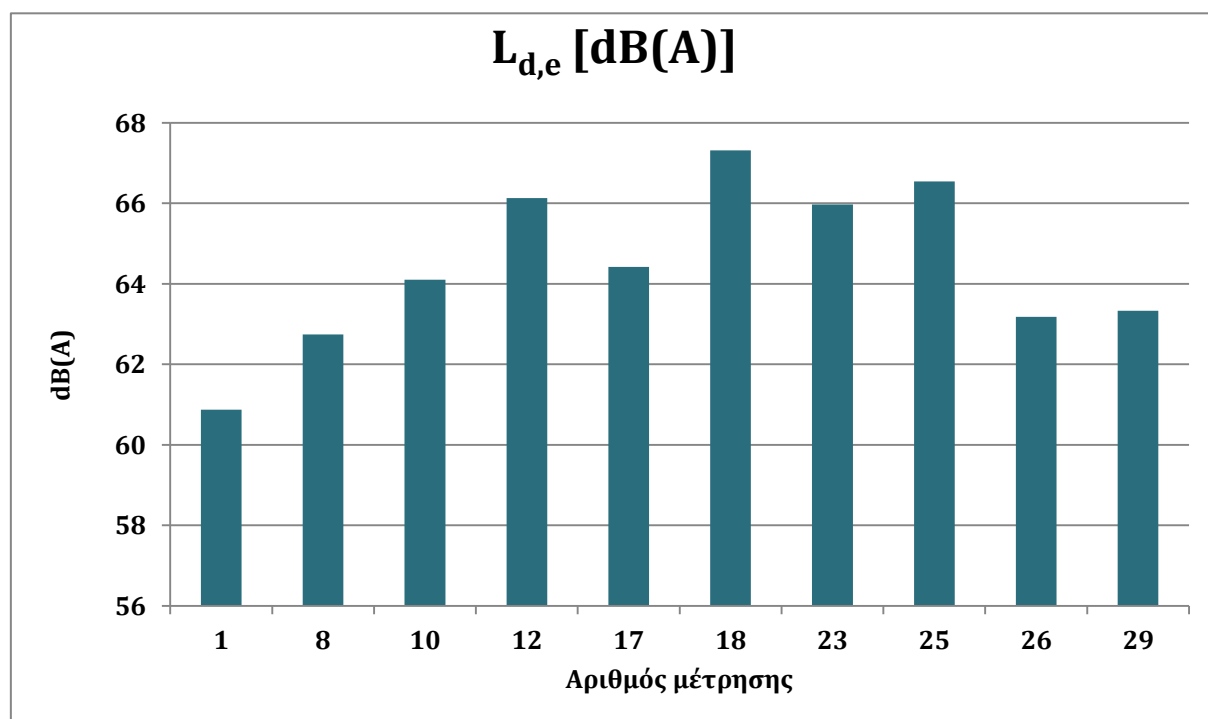
Παρ' όλα αυτά, οι παραπάνω τιμές δεν είναι απόλυτα συγκρίσιμες μεταξύ τους, καθότι έχουν καταμετρηθεί σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Για την καλύτερη τοποθέτηση όμως, των τιμών L_{Aeq} εντός ή εκτός ορίου που έχει θεσπιστεί από το νομοθετικό πλαίσιο, σάφρον είναι να διατυπωθούν και η χρονική στιγμή αρχής της μέτρησης καθώς και η χρονική στιγμή λήξης αυτής. Με τον τρόπο αυτό, ο δείκτης L_{Aeq} είναι δυνατόν να αντικατασταθεί από άλλους δείκτες ανάλογα με τη χρονική περίοδο μέτρησης.

4.1 Ομαδοποίηση μετρήσεων με βάση το χρονικό διάστημα καταγραφής και το δείκτη $L_{d,e}$

Στους παρακάτω πίνακες, παρουσιάζονται οι ηχομετρήσεις ανάλογα με το χρονικό διάστημα καταγραφής τους, ενώ στην τελευταία στήλη αναφέρεται εάν η τιμή της εκάστοτε μέτρησης υπερβαίνει ή όχι το ανώτατο όριο που έχει θεσπιστεί. Όπως προαναφέρθηκε, τα ανώτατα όρια για τους συγκεκριμένους δείκτες είναι: L_{den} : 70dB(A), L_{night} : 60dB(A), $L_{d,e}$: 67dB(A)

Πίνακας 5: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη $L_{d,e}$

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	$L_{d,e}$ [dB(A)]	ΟΡΙΟ
1	12:02	12:44	0:42:55	60,87	ΕΝΤΟΣ
8	11:37	19:46	8:09:22	62,74	ΕΝΤΟΣ
10	12:23	21:36	9:12:53	64,1	ΕΝΤΟΣ
12	13:56	16:14	2:17:59	66,13	ΕΝΤΟΣ
17	15:10	22:39	7:28:24	64,42	ΕΝΤΟΣ
18	12:35	21:37	9:01:06	67,31	ΕΚΤΟΣ
23	8:37	14:37	6:00:33	65,97	ΕΝΤΟΣ
25	12:09	21:56	9:47:15	66,54	ΕΝΤΟΣ
26	13:05	21:26	8:20:29	63,18	ΕΝΤΟΣ
29	13:07	22:27	9:19:47	63,33	ΕΝΤΟΣ
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			10		



Γραφική παράσταση 2: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη $L_{d,e}$

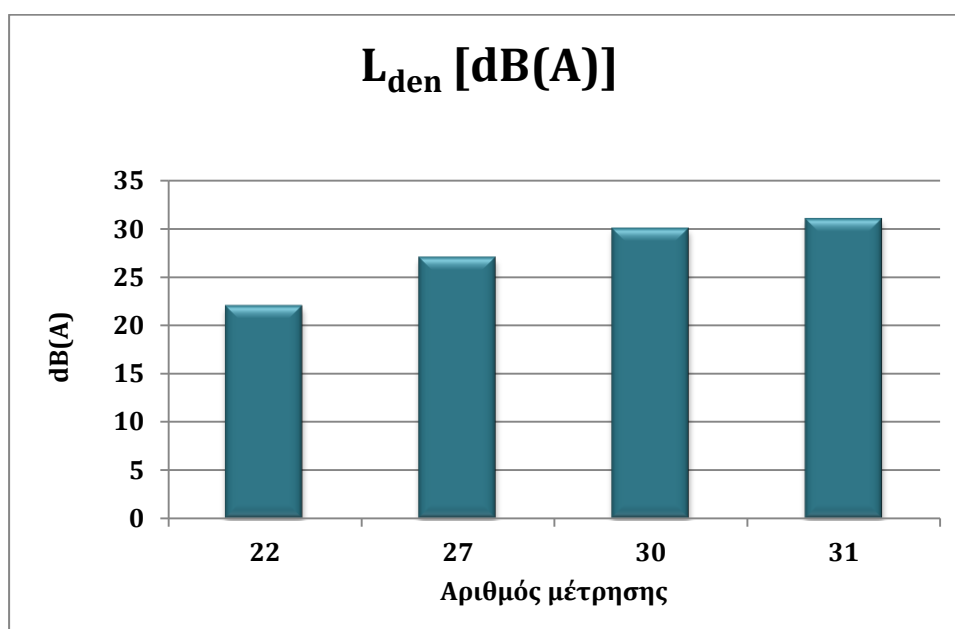
Όπως φαίνεται στη Γραφική παράσταση 2 αλλά και πιο αναλυτικά στον Πίνακα 5, οι περισσότερες μετρήσεις για την περίοδο ημέρας-απογεύματος κυμαίνονται εντός ορίων και ο μέσος όρος των τιμών αντιστοιχεί σε 64,4 dB(A). Σημειώθηκε μόνο μία υπέρβαση στο όριο των 67 dB(A) και αυτή αφορά τη μέτρηση με καταγεγραμμένη τιμή 67,31 dB(A) και χρόνο μέτρησης 9 ώρες. Συμπερασματικά, όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος καταγραφής των ηχητικών μετρήσεων, τόσο πιο αξιόπιστες είναι οι τιμές αυτών και καλύπτουν μεγαλύτερο φάσμα στιγμιαίων ηχομετρήσεων.

Σε ένα πιο γενικό πλαίσιο, οι παραπάνω τιμές, θα έλεγε κανείς πως είναι φυσιολογικές σχετικά με τις ώρες μέτρησης (07:00-23:00) και την έντονη κυκλοφοριακή κίνηση της οδού Ηλία Βενέζη, καθώς η συγκεκριμένη οδός αποτελεί έναν κεντρικό δρόμο της πόλης της Μυτιλήνης και σε ώρες αιχμής χαρακτηρίζεται από έντονη οδική κυκλοφορία.

Στον επόμενο Πίνακα, παρουσιάζονται οι τιμές από καταγεγραμμένες μετρήσεις για χρονικά διαστήματα μεγαλύτερα των 24 ωρών.

Πίνακας 6: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{den}

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L_{den} [dB(A)]	ΟΡΙΟ
22	10:39	20:43	2.10:02:11	64,07	ΕΝΤΟΣ
27	23:22	8:05	2.08:42:32	60,39	ΕΝΤΟΣ
30	14:17	22:10	3.07:53:00	61,66	ΕΝΤΟΣ
31	12:58	17:31	7.04:33:03	62,86	ΕΝΤΟΣ
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			4		



Γραφική Παράσταση 3: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{den}

Οι μετρήσεις για το χρονικό διάστημα των 24 ωρών, κυμαίνονται από 60,39 dB(A) έως και 64,07 dB(A), ελάχιστη και μέγιστη αντίστοιχα καταγεγραμμένη τιμή ηχομετρήσεων. Όπως προαναφέρθηκε, όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος μέτρησης, τόσο πιο αξιόπιστες αποτελούν οι μετρήσεις. Καμία από τις 4 μετρήσεις μεγαλύτερες των 24 ωρών δεν πλησιάζει το όριο των 70 dB(A), αλλά ακόμα και η μέγιστη εξ αυτών, απέχει 6 dB(A) από το θεσπισμένο όριο.

Ο επόμενος πίνακας, απεικονίζει μέτρηση που λήφθηκε κατά τη διάρκεια της νύχτας (23:00 – 07:00). Η μέτρηση καταχρηστικά περιλαμβάνει και 20 λεπτά μετά τις 07:00, τα οποία υποθέτουμε αυθαίρετα ότι δεν αλλοίωσαν το αποτέλεσμα.

Πίνακας 7: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο νυκτός (23:00 - 0:700) για τον δείκτη L_{night}

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L_{night} [dB(A)]	ΟΡΙΟ
5	23:01	7:20	8:19:09	65,43	ΕΚΤΟΣ

Όπως φαίνεται, υπάρχει υπέρβαση του θεσπισμένου ορίου των 60 dB(A), γεγονός που οφείλεται κυρίως στην έντονη οδική κυκλοφορία που παρουσιάζεται κατά τις νυχτερινές ώρες στο συγκεκριμένο σημείο δειγματοληψίας.

Στον επόμενο πίνακα, παρουσιάζονται 11 καταγεγραμμένες ηχομετρήσεις οι οποίες δεν ανήκουν σε κάποιο από τα οριοθετημένα χρονικά διαστήματα που προαναφέρθηκαν, συνεπώς δεν μπορεί να οριστεί εάν η τιμή βρίσκεται εντός ή εκτός των θεσπισμένων ορίων.

Πίνακας 8: Μετρήσεις ήχου εκτός οριοθετημένων χρονικών πλαισίων για τον δείκτη L_{Aeq}

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L_{Aeq} [dB(A)]
7	12:57	0:03	11:05:50	64,12
9	19:47	20:54	1:07:21	60,82
13	17:33	2:29	8:56:28	61,06
14	14:42	1:39	10:57:28	61,99
15	14:09	1:27	11:18:37	63,57
16	13:51	0:34	10:42:42	64,85
19	16:50	4:44	11:53:52	61,11
20	4:44	16:09	11:25:00	62,83
21	15:00	1:13	10:13:25	62,96
24	13:56	23:21	9:24:49	63,98
28	13:38	0:06	10:27:49	64,23
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			11	

Παρ' όλο που οι συγκεκριμένες ηχομετρήσεις δεν είναι δυνατόν να συγκριθούν, μπορεί να ειπωθεί ότι καμία από αυτές δεν ξεπερνά τα θεσπισμένα όρια των L_{den} : 70 dB(A), και $L_{d,e}$: 67 dB(A). Υπερβαίνουν όμως, όλες το όριο του L_{night} : 60 dB(A).

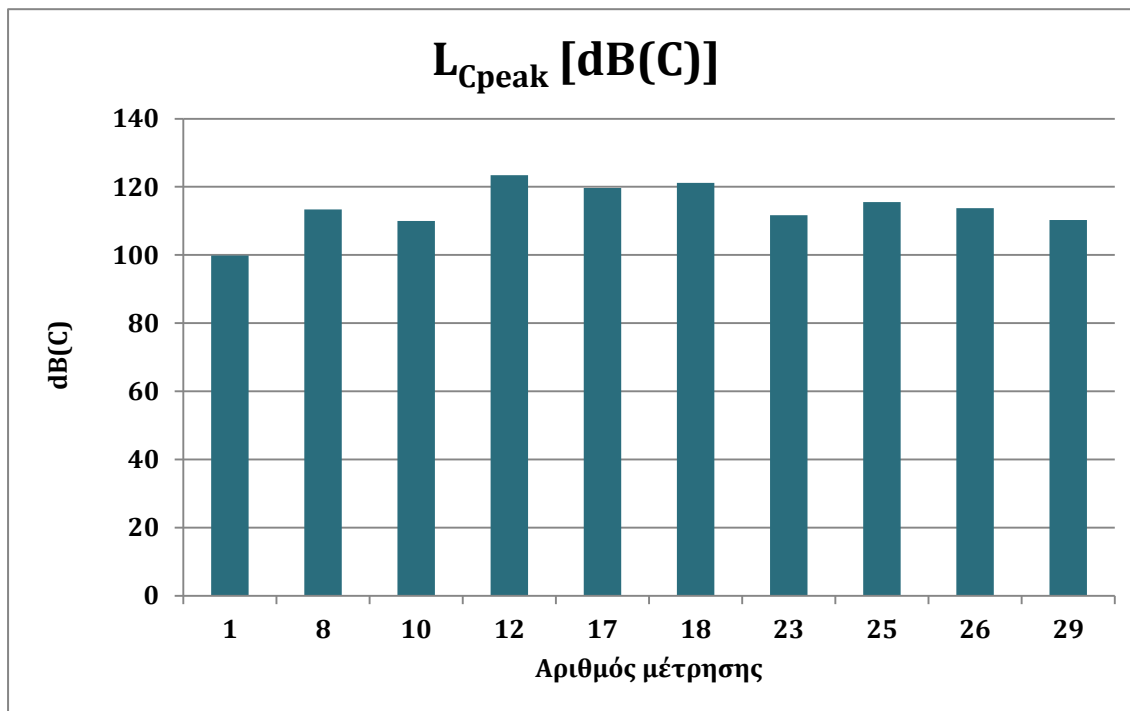
4.2 Ομαδοποίηση μετρήσεων με βάση το χρονικό διάστημα καταγραφής και το δείκτη L_{Cpeak}

Έχει ήδη αναφερθεί, ότι ο όρος L_{Cpeak} , αφορά τη μέγιστη τιμή που επιτεύχθηκε στην ηχητική πίεση σε μία δεδομένη χρονική διάρκεια ηχομέτρησης, μετράται σε dB(C). και έχει υψηλότερη τιμή από το δείκτη L_{Aeq} κάθε μέτρησης. Παρ' όλα αυτά, οι δύο αυτές παράμετροι δεν είναι δυνατόν να συγκριθούν μεταξύ τους καθότι χαρακτηρίζονται από διαφορετική ζυγοστάθμιση ήχου. Οι τιμές L_{Cpeak} δύναται μόνο να συγκριθούν μεταξύ τους.

Στους παρακάτω πίνακες, παραθέτονται ομαδοποιημένες με βάση το χρονικό διάστημα δειγματοληψίας οι καταγεγραμμένες μετρήσεις με αριθμό μέτρησης, αρχή και λήξη της εκάστοτε μέτρησης, χρονική διάρκεια ηχομέτρησης, καθώς και την τιμή L_{Cpeak} .

Πίνακας 9: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη L_{Cpeak}

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L_{Cpeak} [dB(C)]
1	12:02	12:44	0:42:55	99,84
8	11:37	19:46	8:09:22	113,4
10	12:23	21:36	9:12:53	110,03
12	13:56	16:14	2:17:59	123,39
17	15:10	22:39	7:28:24	119,69
18	12:35	21:37	9:01:06	121,18
23	8:37	14:37	6:00:33	111,7
25	12:09	21:56	9:47:15	115,53
26	13:05	21:26	8:20:29	113,76
29	13:07	22:27	9:19:47	110,24
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			10	



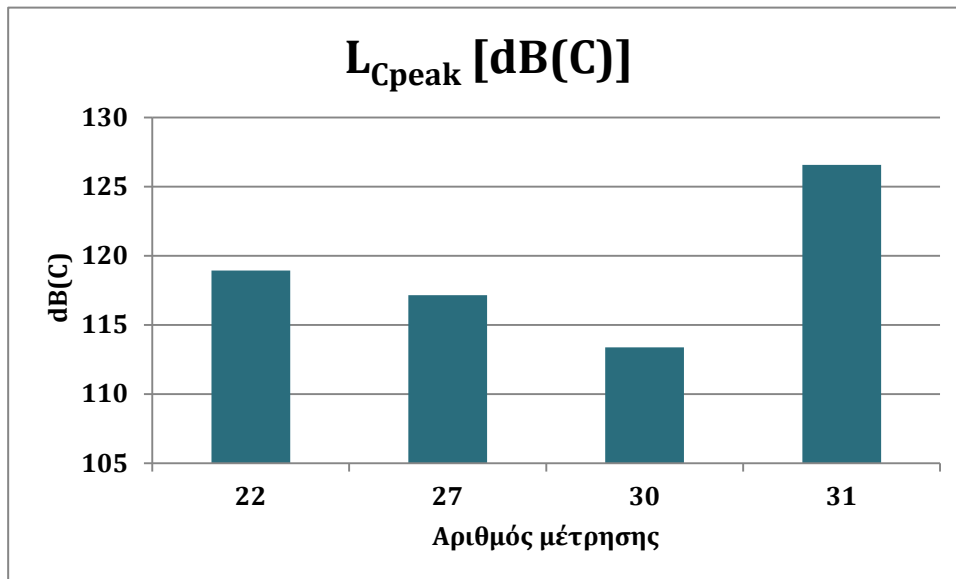
Γραφική Παράσταση 4: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη L_{Cpeak}

Όπως ειπώθηκε παραπάνω, δεν είναι εφικτό να συγκριθούν οι παράμετροι L_{Cpeak} και L_{d,e}. Μπορεί να γίνει όμως αναφορά και σύγκριση στις τιμές της πρώτης παραμέτρου. Πιο αναλυτικά, σύμφωνα με τον Πίνακα 9 και τη Γραφική Παράσταση 4, οι τιμές της παραμέτρου L_{Cpeak} είναι αρκετά υψηλές, με την ελάχιστη να αντιστοιχεί σε 99,84 dB(C) ενώ η μέγιστη σε 123,39 dB(C). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η ελάχιστη τιμή τυγχάνει να αντικατοπτρίζει την ίδια μέτρηση (#1) στην οποία η παράμετρος L_{d,e} έχει την ελάχιστη τιμή (60,87 dB(A)) για το συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο δειγματοληψιών.

Έπειτα παρουσιάζονται οι ηχητικές μετρήσεις με χρονικό διάστημα καταγραφής μεγαλύτερο των 24 ωρών.

Πίνακας 10: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{Cpeak}

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L _{Cpeak} [dB(C)]
22	10:39	20:43	2.10:02:11	118,92
27	23:22	8:05	2.08:42:32	117,14
30	14:17	22:10	3.07:53:00	113,37
31	12:58	17:31	7.04:33:03	126,56
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			4	



Γραφική Παράσταση 5: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{Cpeak}

Οι τιμές για την παράμετρο L_{Cpeak}, δεν εμφανίζουν ιδιαίτερη απόκλιση, αλλά η διαφορά μεταξύ μεγίστου και ελαχίστου είναι μόλις 13,19 dB(C). Επιπλέον, λόγω του μεγάλου χρόνου καταγραφής, οι τιμές του δείκτη παρουσιάζονται σχεδόν ισόποσες για κάθε μέτρηση, με τη μεγαλύτερη να αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο διάστημα ηχομέτρησης,

Στον επόμενο πίνακα, παρουσιάζεται η μέτρηση με νυχτερινό πλαίσιο δειγματοληψίας.

Πίνακας 11: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο νυκτός (23:00 - 0:700) για τον δείκτη L_{Cpeak}

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L _{Cpeak} [dB(C)]
5	23:01	7:20	8:19:09	113.52

Σε σχέση με τις μετρήσεις για χρονικά διαστήματα ημέρας – απογεύματος και μεγαλύτερα των 24 ωρών, η παραπάνω τιμή για τον δείκτη L_{Cpeak}, δεν εμφανίζει διαφορά, αλλά φαίνεται να αποτελεί μία φυσιολογική τιμή, η οποία βέβαια λόγω του δειγματοληπτικού πλαισίου, θα μπορούσε να είναι και μικρότερη. Παρ' όλα αυτά, διαμορφώθηκε λόγω ποικίλων παραγόντων και όχι μόνο του χρόνου μέτρησης.

Τέλος, παρακάτω παρουσιάζονται οι μετρήσεις οι οποίες βρίσκονται εκτός οριοθετημένου χρονικού δειγματοληπτικού πλαισίου.

Πίνακας 12: Μετρήσεις ήχου εκτός οριοθετημένων χρονικών πλαισίων για τον δείκτη L_{Cpeak}

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L_{Cpeak} [dB(C)]
7	12:57	0:03	11:05:50	111,8
9	19:47	20:54	1:07:21	101,8
13	17:33	2:29	8:56:28	106,53
14	14:42	1:39	10:57:28	120,48
15	14:09	1:27	11:18:37	113,57
16	13:51	0:34	10:42:42	109,70
19	16:50	4:44	11:53:52	113,5
20	4:44	16:09	11:25:00	116,75
21	15:00	1:13	10:13:25	113,67
24	13:56	23:21	9:24:49	112,64
28	13:38	0:06	10:27:49	111,16
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			11	

Αν και οι παραπάνω μετρήσεις δεν υπάγονται σε συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο καταγραφής, παρ' όλα αυτά, έχουν τιμές σχετικά παρόμοιες με τις υπόλοιπες του δείκτη L_{Cpeak} που εμφανίζονται σε προηγούμενους πίνακες.

4.3 Ομαδοποίηση μετρήσεων με βάση το χρονικό διάστημα καταγραφής και τους δείκτες L_{AFmax} , L_{AFmin}

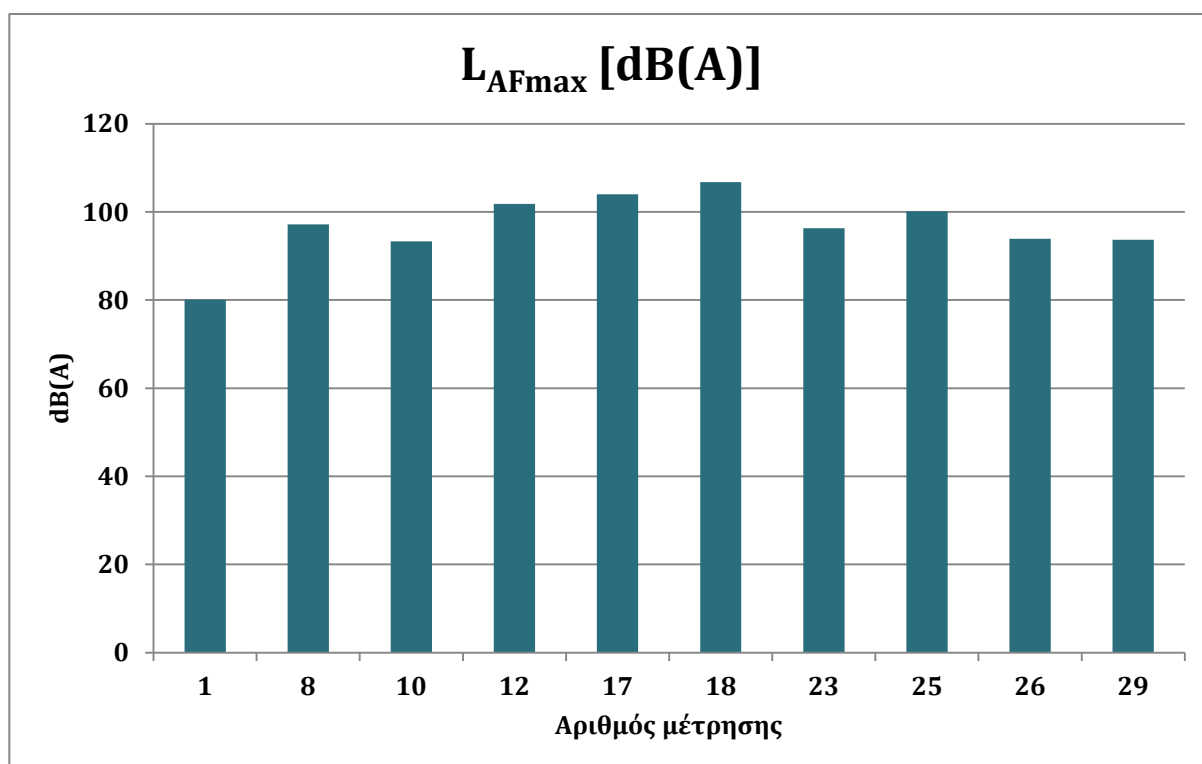
Οι δείκτες L_{AFmax} , L_{AFmin} χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανάδειξη του περιβαλλοντικού θορύβου σε γρήγορο συνεχή χρόνο μέτρησης. Όπως προΐδεάζει και η ονομασία των δεικτών, ο πρώτος αφορά το μέγιστο επίπεδο περιβαλλοντικού θορύβου κατά τη διάρκεια της μέτρησης, ενώ ο δεύτερος το ελάχιστο.^[26] Και οι δύο δείκτες έχουν ως μονάδα μέτρησης το dB(A) και είναι συγκρίσιμοι με δείκτες οι οποίοι μετρώνται επίσης σε dB(A).

Πιο ειδικά, ο δείκτης L_{AFmax} αναφέρεται στο μέγιστο επίπεδο περιβαλλοντικού θορύβου, που λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Ενώ, συχνά χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλους δείκτες μέτρησης, όπως είναι το L_{Aeq} , με στόχο τη διασφάλιση ότι ένα μεμονωμένο γεγονός δεν υπερβαίνει το όριο. Παράλληλα ο δεύτερος δείκτης L_{AFmin} αφορά ακριβώς το αντίθετο. Δηλαδή, αναφέρεται στο ελάχιστο επίπεδο περιβαλλοντικού θορύβου κατά τη διάρκεια της μέτρησης.

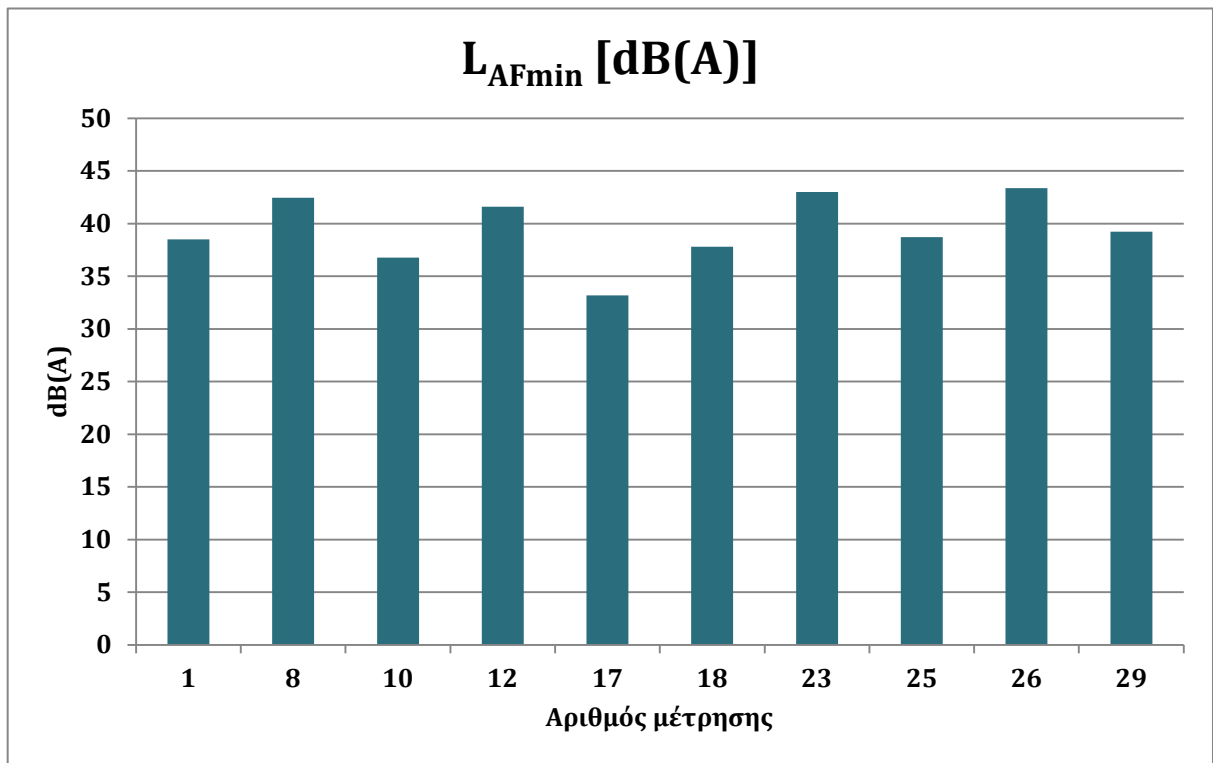
Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν πίνακες και γραφικές παραστάσεις, όπως προηγουμένως, ομαδοποιημένοι με βάση το χρονικό πλαίσιο καταγραφής των ηχητικών μετρήσεων, όπου θα απεικονίζονται τα παρακάτω χαρακτηριστικά των μετρήσεων: ο αριθμός, η έναρξη και λήξη, η χρονική διάρκεια, και οι δείκτες L_{AFmax} , L_{AFmin} και $L_{d,e}$.

Πίνακας 13: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τους δείκτες L_{AFmax} , L_{AFmin} και $L_{d,e}$

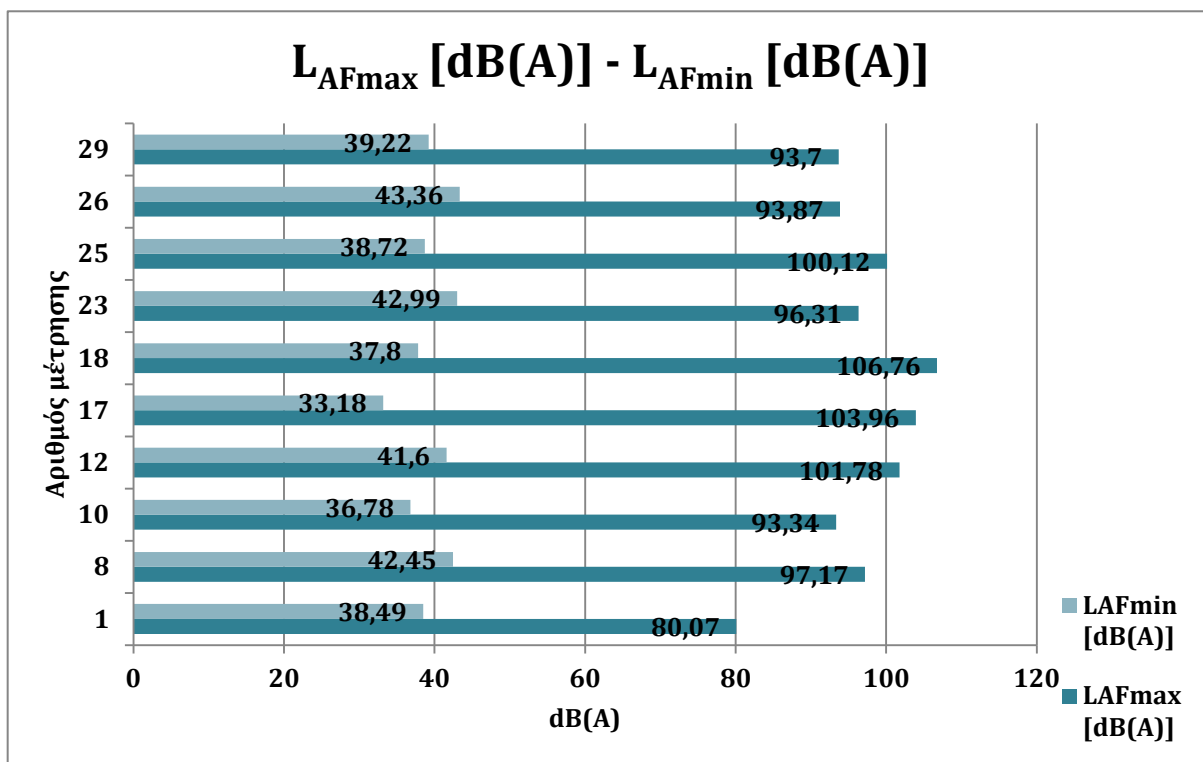
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L_{AFmax} [dB(A)]	L_{AFmin} [dB(A)]	$L_{d,e}$ [dB(A)]
1	12:02	12:44	0:42:55	80,07	38,49	60,87
8	11:37	19:46	8:09:22	97,17	42,45	62,74
10	12:23	21:36	9:12:53	93,34	36,78	64,1
12	13:56	16:14	2:17:59	101,78	41,6	66,13
17	15:10	22:39	7:28:24	103,96	33,18	64,42
18	12:35	21:37	9:01:06	106,76	37,8	67,31
23	8:37	14:37	6:00:33	96,31	42,99	65,97
25	12:09	21:56	9:47:15	100,12	38,72	66,54
26	13:05	21:26	8:20:29	93,87	43,36	63,18
29	13:07	22:27	9:19:47	93,7	39,22	63,33
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ				10		



Γραφική παράσταση 6: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη L_{AFmax}



Γραφική Παράσταση 7: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη L_{AFmin}



Γραφική παράσταση 8: Σύγκριση τιμών L_{AFmax} και L_{AFmin} για μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00)

Σύμφωνα με το πίνακα 13 και τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις, οι τιμές του δείκτη L_{AFmax} παρουσιάζουν διαφορά μεγίστου - ελαχίστου περίπου 26,7 dB(A), ενώ του L_{AFmin} περίπου 10,2 dB(A). Δηλαδή, το μέγιστο επίπεδο περιβαλλοντικού θορύβου, εμφανίζει μεγαλύτερο εύρος τιμών για τις μετρήσεις ημέρας - απογεύματος, σε σχέση με το αντίστοιχο ελάχιστο επίπεδο περιβαλλοντικού θορύβου. Τέλος, το γεγονός αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερες διακυμάνσεις όσον αφορά μέγιστα επίπεδα μεμονωμένων γεγονότων που έχουν καταγραφεί.

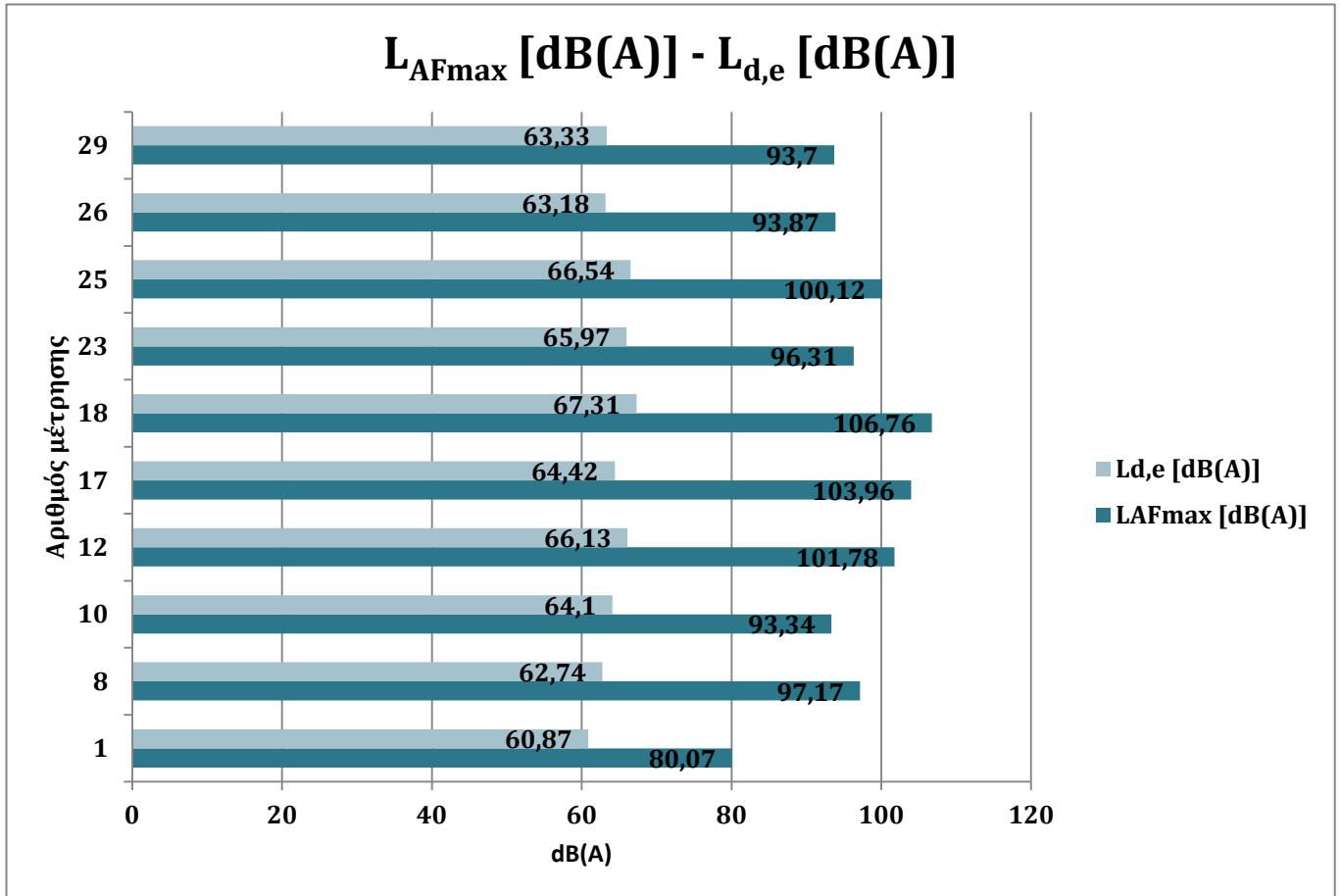
Σύμφωνα με τη γραφική παράσταση 8, οι μέγιστες τιμές του δείκτη μέτρησης ήχου για γρήγορη μέτρηση, L_{AFmax} , είναι πολύ μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες για τον δείκτη L_{AFmin} . Στις περισσότερες περιπτώσεις ο L_{AFmax} είναι τουλάχιστον διπλάσιος από τον L_{AFmin} , όπως για παράδειγμα στη μέτρηση 1 όπου οι τιμές για τους δείκτες είναι 80,07 dB(A) και 38,49 dB(A) αντίστοιχα.

Επιπλέον, η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των δεικτών L_{AFmax} και L_{AFmin} ορίζεται στα 70,78 dB(A) και αφορά τη μέτρηση με αριθμό 17 και χρονική διάρκεια καταγραφής 7 ώρες και περίπου 30 λεπτά. Αντιθέτως, η ελάχιστη απόκλιση εμφανίζεται στα 41,58 dB(A) και αντιστοιχεί στη μέτρηση 1 με χρόνο 43 λεπτά περίπου. Παράλληλα, ο μέσος χρόνος δειγματοληψίας των παραπάνω μετρήσεων κυμαίνεται σε περίπου 7 ώρες. Συνεπώς, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι εφόσον η ελάχιστη απόκλιση εντοπίζεται στο μικρότερο χρονικό διάστημα μέτρησης αναμένεται και η μέγιστη να αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο. Παρ' όλα αυτά, εμφανίζεται σε έναν μέσο χρόνο καταγραφής.

Τέλος, οι υψηλές τιμές μέτρησης του παρόντος δείκτη αντικατοπτρίζουν την έντονη κυκλοφοριακή κίνηση που διαδραματίζεται καθημερινά στο χρονικό πλαίσιο 07:00 έως 23:00, στο χώρο δειγματοληψίας. Αντίθετα, οι χαμηλές τιμές μέτρησης του παράγοντα L_{AFmin} , πιθανότατα δεν αντιστοιχούν σε ώρες κυκλοφοριακής αιχμής, αλλά

σε μεσημεριανές ώρες (3μ.μ. – 5μ.μ.), ημέρες και ώρες όπου τα εμπορικά καταστήματα παραμένουν κλειστά καθώς και Σάββατο/Κυριακή όπου για τον ίδιο λόγο η οδική κυκλοφορία είναι σημαντικά μειωμένη.

Ακολουθεί αντίστοιχη γραφική παράσταση με σύγκριση των δεικτών L_{AFmax} και $L_{d,e}$.



Γραφική Παράσταση 9: Σύγκριση τιμών L_{AFmax} και $L_{d,e}$ για μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00)

Όπως προαναφέρθηκε, ο δείκτης L_{AFmax} αντικατοπτρίζει τον περιβαλλοντικό θόρυβο και είναι εύκολα συγκρίσιμος με άλλους δείκτες που μετρώνται σε dB με ηχοστάθμη A. Η Γραφική Παράσταση 9, αναπαριστά μία τέτοια σύγκριση μεταξύ των δεικτών L_{AFmax} και $L_{d,e}$ με μονάδα μέτρησης των τιμών τους το dB(A). Σε όλες τις μετρήσεις ο πρώτος δείκτης (L_{AFmax}), είναι εμφανώς υψηλότερος από το δεύτερο ($L_{d,e}$).

Επιπλέον, ενώ ο μέσος όρος των μετρήσεων της ισοδύναμης στάθμης συνεχούς ήχου για το χρονικό διάστημα ημέρας απογεύματος αντιστοιχεί σε 64,46 dB(A), για την ίδια χρονική διάρκεια καταγραφών ο μέσος όρος του δείκτη L_{AFmax} είναι 96,7 dB(A). Η μεταξύ τους διαφορά αντιστοιχεί σε 32,24 dB(A), τιμή σημαντική για την ανθρώπινη υγεία.

Παράλληλα, η μέγιστη τιμή L_{AFmax} η οποία ισούται με 106,76dB(A), αντιστοιχεί στη μέτρηση 18 όπου οι $L_{d,e}$ και L_{Cpeak} λαμβάνουν επίσης τις υψηλότερες τιμές τους, 67,31 και 121 dB(A) αντίστοιχα. Παρ' όλα αυτά, η συγκεκριμένη συσχέτιση, δεν

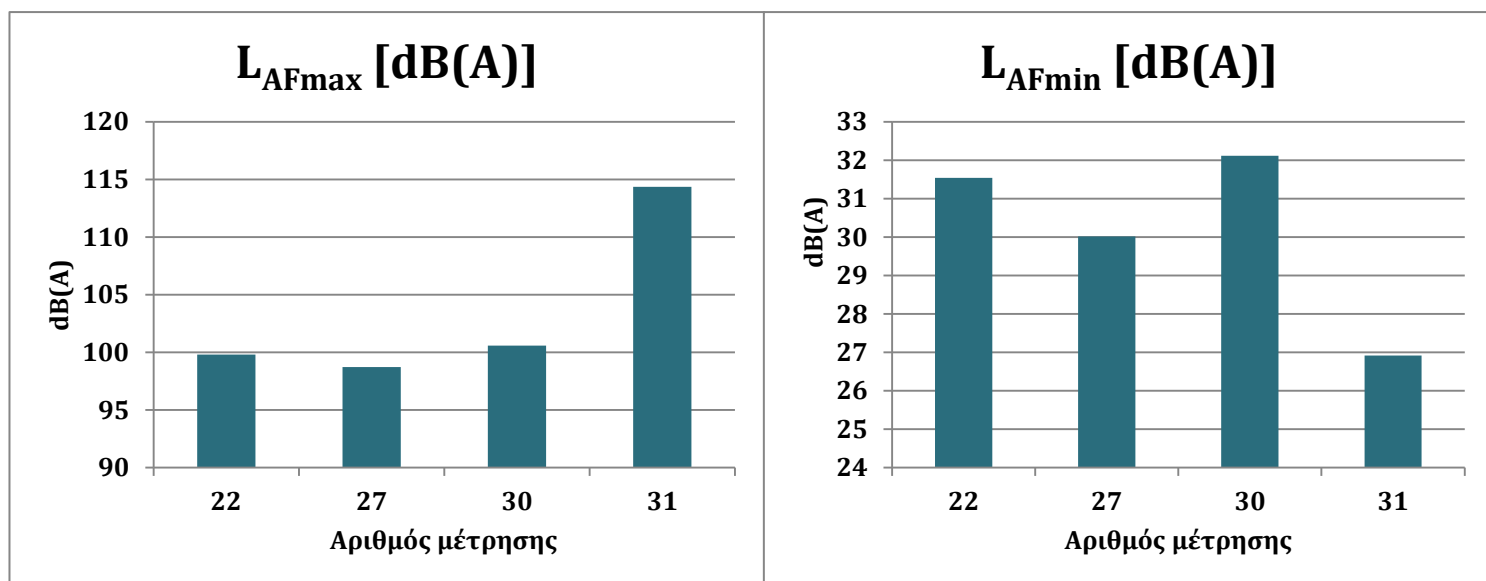
αποδεικνύει απαραίτητα πως οι δύο δείκτες δέχονται ελάχιστες και μέγιστες τιμές στις ίδιες μετρήσεις, αλλά το γεγονός αυτό εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, όπως η διάρκεια μέτρησης, η ώρα ηχομέτρησης κλπ.

Καταληκτικά, σε ένα γενικότερο πλαίσιο, οι τιμές και για τους δύο δείκτες δεν είναι ούτε ιδιαίτερα υψηλές αλλά ούτε και χαμηλές, κυμαίνονται σε φυσιολογικά όρια σχετικά με τον τόπο και χρόνο δειγματοληψίας.

Έπειτα, παρουσιάζονται αντίστοιχοι πίνακες και γραφικές παραστάσεις που περιγράφουν τις τιμές των δεικτών L_{den} , L_{AFmax} , L_{AFmin} για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 24 ωρών.

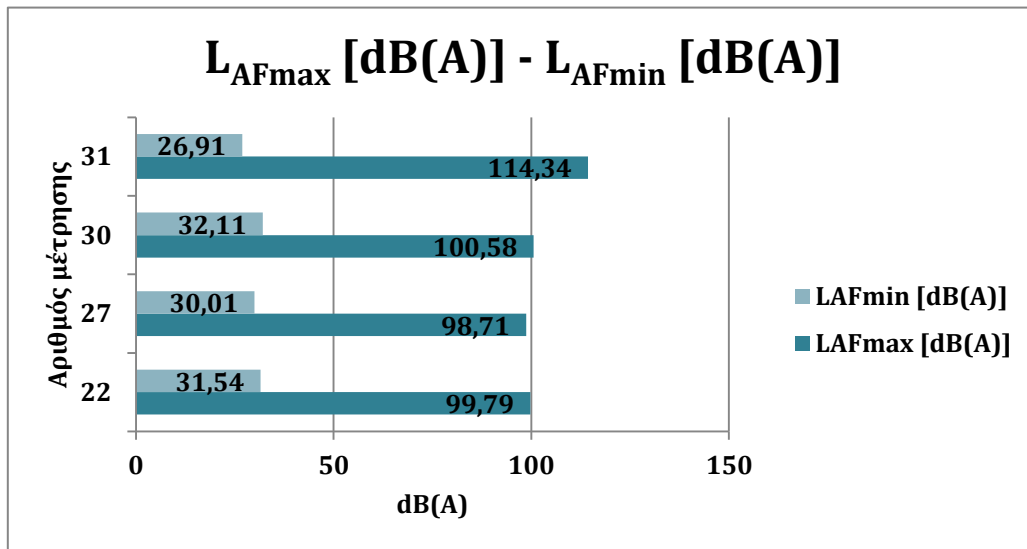
Πίνακας 14: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τους δείκτες L_{AFmax} , L_{AFmin} και L_{den}

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L_{AFmax} [dB(A)]	L_{AFmin} [dB(A)]	L_{den} [dB(A)]
22	10:39	20:43	2.10:02:11	100,58	32,11	64,07
27	23:22	8:05	2.08:42:32	99,79	31,54	60,39
30	14:17	22:10	3.07:53:00	98,71	30,01	61,66
31	12:58	17:31	7.04:33:03	114,34	26,91	62,86
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			4			



Γραφική Παράσταση 11: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{AFmax}

Γραφική Παράσταση 10: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{AFmin}



Γραφική Παράσταση 12: Σύγκριση τιμών L_{AFmax} και L_{AFmin} για μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου

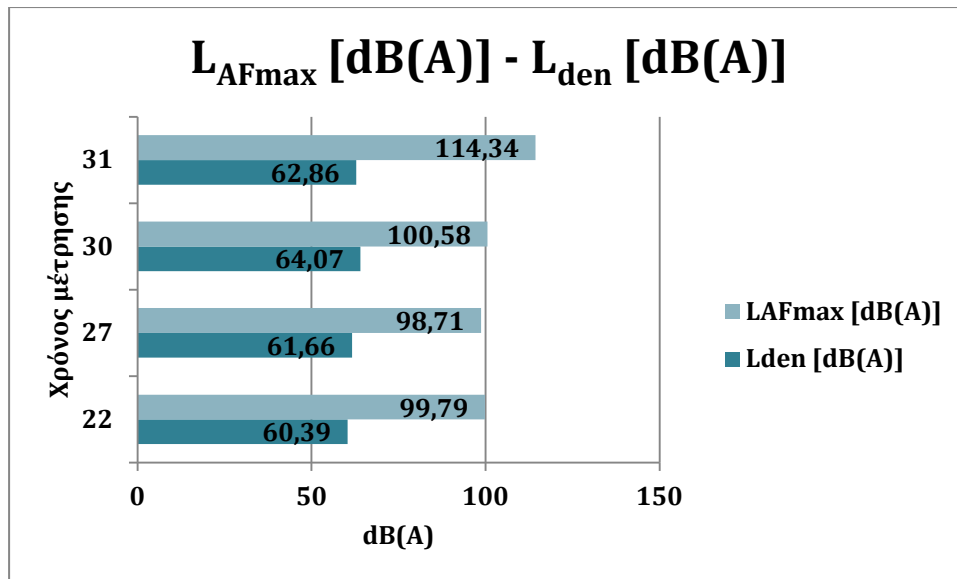
Τα παραπάνω γραφήματα και ο Πίνακας 14, απεικονίζουν 4 μετρήσεις οι οποίες κατέγραψαν ηχητικά δεδομένα για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 24 ωρών καθώς και τους δείκτες L_{AFmax} και L_{AFmin} για κάθε μέτρηση.

Αρχικά, για τις συγκεκριμένες μετρήσεις, ο δείκτης L_{AFmin}, διαθέτει απόκλιση μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης τιμής του της τάξης των 5,2 dB(A). Φάσμα αρκετά μικρού μεγέθους και ήπιων τόνων. Από την άλλη πλευρά, εάν αναλογιστεί κανείς ότι οι τιμές αυτές αντικατοπτρίζουν μετρήσεις 24 ωρών, όπου τα ηχητικά ερεθίσματα ποικίλουν αρκετά, είναι φυσιολογικό σε τέτοιο χρονικό διάστημα να υπάρχουν τόσο χαμηλές τιμές.

Παράλληλα, η αντίστοιχη απόκλιση τιμών για το L_{AFmax} υπολογίστηκε στα 15,63 dB(A). Οι τιμές του συγκεκριμένου παράγοντα είναι αρκετά υψηλές με μικρό εύρος τιμών, γεγονός που οφείλεται επίσης στο μεγάλο χρονικό διάστημα καταγραφής ηχητικών δεδομένων.

Στη Γραφική Παράσταση 12, παρατηρείται ότι η μέγιστη απόκλιση μεταξύ των δεικτών L_{AFmax} και L_{AFmin} αντιστοιχεί σε 87,43 dB(A) και στη μέγιστη καταγραφή με χρόνο 7 ημέρες. Επιπλέον, η ελάχιστη απόκλιση υπολογίζεται στα 68,28 dB(A) και αφορά μία από τις ελάχιστες καταγραφές με χρόνο 2 ημέρες. Συνεπώς, ο μεγάλος όγκος ηχητικών δεδομένων από τις παραπάνω δειγματοληψίες επιφέρει ένα πιο ευρύ φάσμα αποκλίσεων και ενισχύεται το γεγονός ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος καταγραφής τόσο μεγαλύτερη είναι και η διαφορά των τιμών των δεικτών.

Τέλος, ο μέσος όρος των τιμών του L_{AFmax} υπολογίζεται στα 103,35 dB(A), ενώ του L_{AFmin} στα 30,14dB(A). Ο πρώτος μέσος όρος είναι αρκετά υψηλά στην ηχητική κλίμακα και στην περίπτωση που ήταν συνεχόμενος θα απόβαινε ενοχλητικός για το άτομο που θα υπόκειντο σε αυτόν, ο δεύτερος όμως είναι αρκετά ήπιος, θα έλεγε κανείς.



Γραφική Παράσταση 13: Σύγκριση τιμών L_{Fmax} και L_{den} για μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου

Όπως απεικονίζεται στην γραφική παράσταση 13 και προαναφέρθηκε, η ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου για μέτρηση με χρονικό διάστημα 24 ωρών, διαθέτει εύρος τιμών από 64,07 dB(A) έως 60,39 dB(A), αντίστοιχα το εύρος τιμών του δείκτη L_{AFmax} κυμαίνεται από 114,34 dB(A) έως και 98,71 dB(A). Δηλαδή, η απόκλιση του πρώτου δείκτη μεταξύ μεγίστου και ελαχίστου είναι μόλις 3,68dB(A), ενώ του δεύτερου 15,63dB(A).

Επιπλέον, παρατηρείται συσχέτιση μεταξύ των μέγιστων τιμών και των δύο δεικτών. Δηλαδή, στην καταγραφή όπου ο L_{AFmax} δέχεται τη μέγιστη τιμή του, ο L_{den} εμφανίζει τη δεύτερη μέγιστη και το αντίστροφο. Με λίγα λόγια, οι τιμές των παραπάνω δεικτών, εναλλάσσονται κατά κάποιον τρόπο.

Στη συνέχεια, ακολουθεί πίνακας και γραφική παράσταση για την καταγραφή κατά τη διάρκεια νυκτός.

Πίνακας 15: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο νυκτός (23:00 - 0:700) για τους δείκτες L_{Fmax}, L_{Fmin} και L_{night}

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L _{AFmax} [dB(A)]	L _{AFmin} [dB(A)]	L _{night} [dB(A)]
5	23:01	7:20	8:19:09	103,36	34,9	65,43

Σύμφωνα με τον πίνακα 15, η νυχτερινή μέτρηση παρουσιάζει μία μέση τιμή τόσο για τον δείκτη L_{AFmax} όσο και για τον L_{AFmin}. Όμως, εφόσον η καταγραφή πραγματοποιήθηκε κατά τις βραδινές ώρες, θα ήταν αναμενόμενες χαμηλότερες τιμές.

Ακολουθεί πίνακας με ηχητικά δεδομένα τα οποία δεν εντάσσονται σε κάποιο ηχητικό δειγματοληπτικό πλαίσιο, επιπλέον συμπεριλαμβάνονται και οι τιμές των δεικτών L_{AFmin} και L_{AFmax}.

Πίνακας 16: Μετρήσεις ήχου εκτός οριοθετημένων χρονικών πλαισίων για τους δείκτες L_{AFmax} , L_{AFmin} και L_{Aeq}

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L_{AFmax} [dB(A)]	L_{AFmin} [dB(A)]	L_{Aeq} [dB(A)]
9	19:47	0:54	5:07:21	82,72	41,59	60,82
13	17:33	2:29	8:56:28	87,43	30,27	61,06
14	14:42	1:39	10:57:28	94,67	31,77	61,99
15	14:09	1:27	11:18:37	98,48	32,63	63,57
16	13:51	0:34	10:42:42	92,23	27,13	64,85
19	16:50	4:44	11:53:52	94,34	31,89	61,11
20	4:44	16:09	11:25:00	98,67	35,18	62,83
21	15:00	1:13	10:13:25	94,94	33,71	62,96
24	13:56	23:21	9:24:49	91,27	40,39	63,98
28	13:38	0:06	10:27:49	101,14	38,06	64,23
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ				10		

Σύμφωνα με τις παραπάνω τιμές, οι αποκλίσεις μεταξύ των μετρήσεων ισούνται με μόλις 4,03 dB(A) για την ισοδύναμη στάθμη συνεχούς θορύβου, με 18,42 dB(A) για τον δείκτη L_{AFmax} και τέλος, με 14,46 dB(A) για τον L_{AFmin} . Ενώ, ο μέσος όρος αυτών είναι 62,74 dB(A), 93,59 dB(A) και 34,26dB(A) αντίστοιχα για κάθε δείκτη όπως αναγράφονται παραπάνω.

Καταληκτικά, οι παραπάνω τιμές, αν και δεν υπόκεινται σε προκαθορισμένο χρονικό πλαίσιο ηχομετρήσεων, εντάσσονται σε φυσιολογικά όρια τιμών, όσον αφορά τις επιμέρους καταγραφές και τον τόπο αυτών.

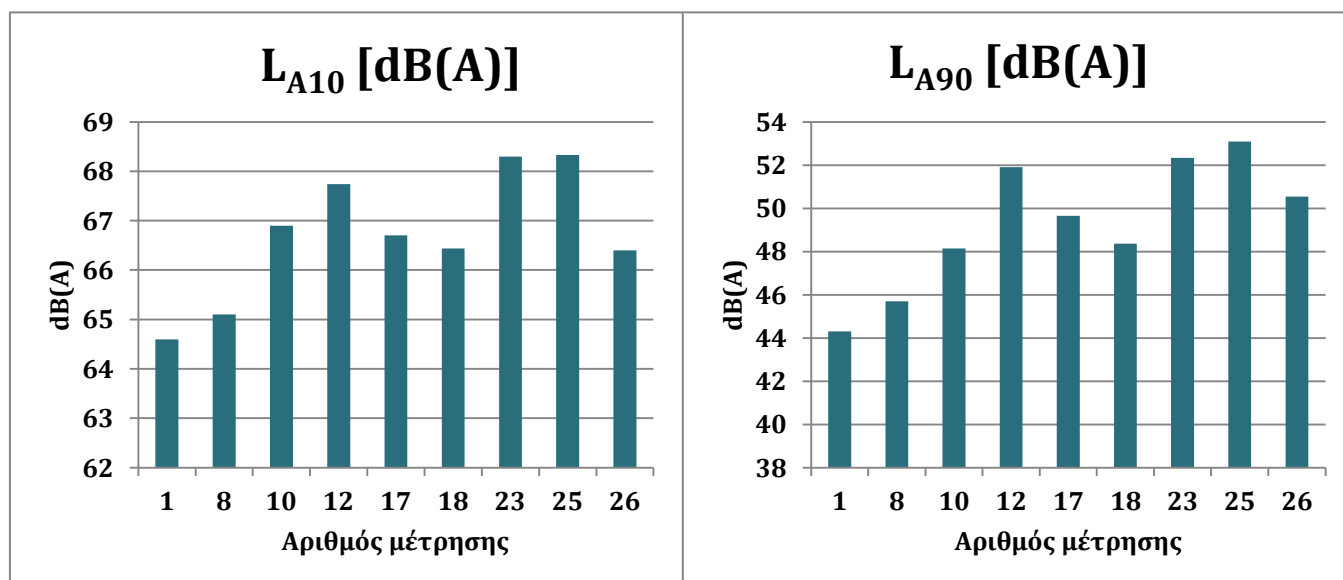
4.4 Ομαδοποίηση μετρήσεων με βάση το χρονικό διάστημα καταγραφής και τους δείκτες L_{A10} και L_{A90}

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο δείκτης L_{A10} αφορά το επίπεδο θορύβου το οποίο υπέρβη κατά 10% στη χρονική διάρκεια καταγραφής του ήχου, ενώ αντίστοιχα ο δείκτης L_{A90} περιγράφει το ίδιο φαινόμενο με υπέρβη 90%. Τόσο ο L_{A10} όσο και ο L_{A90} έχουν ως μονάδα μέτρησης το dB(A). Επιπλέον, οι δύο αυτοί παράγοντες δεν εξάχθηκαν απευθείας από το ηχόμετρο, αλλά από γραφική παράσταση απ' όπου έπειτα εντοπίστηκαν οι τιμές τους. Στην περίπτωση που δεν δύναται να εντοπιστούν οι τιμές των δεικτών μέσω του γραφήματος, υπολογίστηκαν με βάση τους μαθηματικούς τύπους που έχουν παρουσιαστεί προηγουμένως.

Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν πίνακες και γραφικές παραστάσεις, που θα εξαρτώνται από το χρονικό πλαίσιο δειγματοληψίας, όπως και προηγουμένως. Οι πίνακες θα περιέχουν δεδομένα των μετρήσεων καθώς και τις τιμές των δεικτών αναλυτικά, ενώ στις γραφικές παραστάσεις θα απεικονίζονται τα δεδομένα των δεικτών L_{A10} και L_{A90} καθώς και συγκρίσεις μεταξύ τους και με την εκάστοτε ισοδύναμη στάθμη συνεχούς θορύβου.

Πίνακας 17: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τους δείκτες L_{A10} , L_{A90} και $L_{d,e}$

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L_{A10} [dB(A)]	L_{A90} [dB(A)]	$L_{d,e}$ [dB(A)]
1	12:02	12:44	0:42:55	64,60	44,30	60,87
8	11:37	19:46	8:09:22	65,10	45,70	62,74
10	12:23	21:36	9:12:53	66,90	48,14	64,1
12	13:56	16:14	2:17:59	67,74	51,90	66,13
17	15:10	22:39	7:28:24	66,70	49,66	64,42
18	12:35	21:37	9:01:06	66,44	48,37	67,31
23	8:37	14:37	6:00:33	68,30	52,33	65,97
25	12:09	21:56	9:47:15	68,33	53,09	66,54
26	13:05	21:26	8:20:29	66,40	50,54	63,18
29	13:07	22:27	9:19:47	65,88	49,30	63,33
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ				10		



Γραφική Παράσταση 15: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη L_{A10}

Γραφική Παράσταση 14: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη L_{A90}

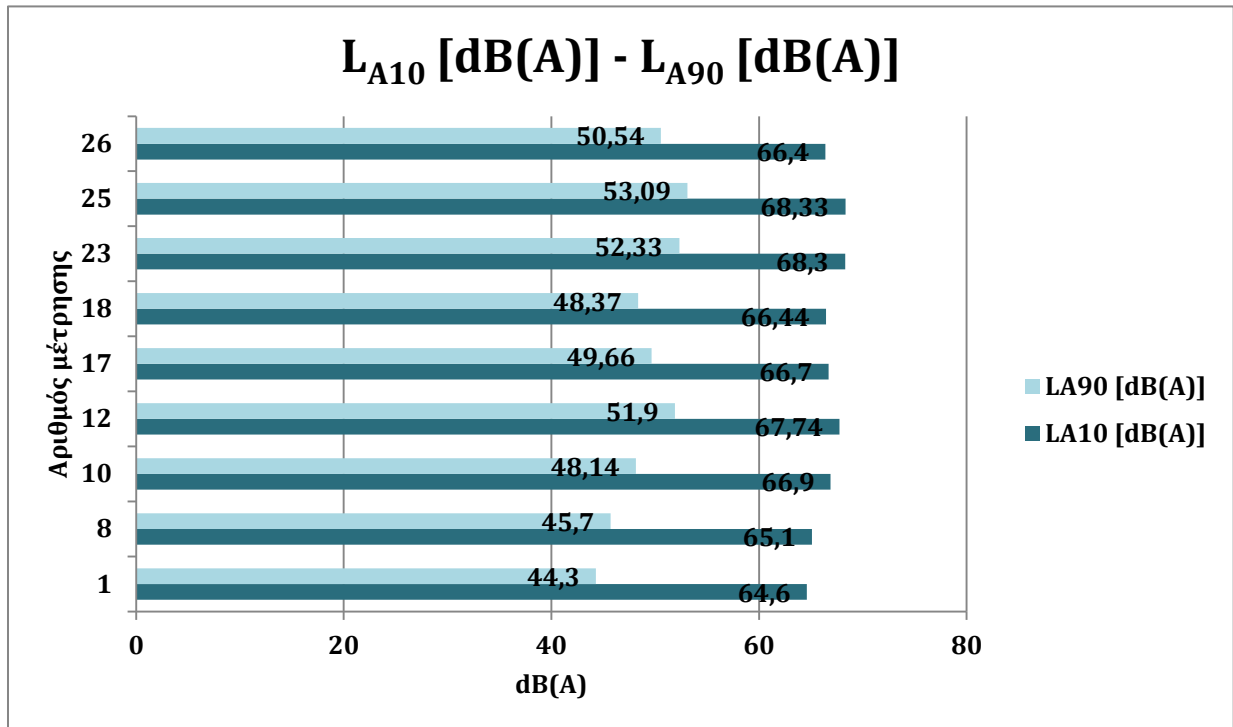
Τόσο η Γραφική Παράσταση 14, όσο και η 15, δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα έντονη διακύμανση στις τιμές των δεικτών, αλλά η εναλλαγή των τιμών εμφανίζεται με ίδιο μοτίβο και στους δύο δείκτες.

Πιο γενικά, παρατηρείται, ότι ο μέσος όρος των τιμών ως προς επίπεδο θορύβου το οποίο υπέστη υπέρβαση κατά 10% στη χρονική διάρκεια ηχομέτρησης, ισούται με 66,7 dB(A). Παράλληλα, η μέση τιμή των επιπέδων θορύβου τα οποία έχουν υποστεί υπέρβαση κατά 90% στο χρονικό διάστημα καταγραφής αντιστοιχεί σε 49,33 dB(A), δηλαδή σχεδόν 20 dB(A) κάτω από το μέσο όρο του πρώτου δείκτη.

Τέλος, σύμφωνα με τον πίνακα 17 και τις γραφικές παραστάσεις, φαίνεται πως η μέγιστη τιμή για τον δείκτη L_{A10} είναι υψηλότερη κατά 1,6 dB(A) από τον μέσο όρο

του ίδιου δείκτη. Αντίστοιχα, για τον L_{A90} , η απόκλιση της μέγιστης τιμής από τον μέσο όρο είναι 3,75 dB(A).

Στην επόμενη γραφική παράσταση, παρουσιάζονται συγκριτικά και ανά υμέτρηση οι τιμές των δύο δεικτών.



Γραφική Παράσταση 16: Σύγκριση τιμών L_{A10} και L_{A90} για μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00)

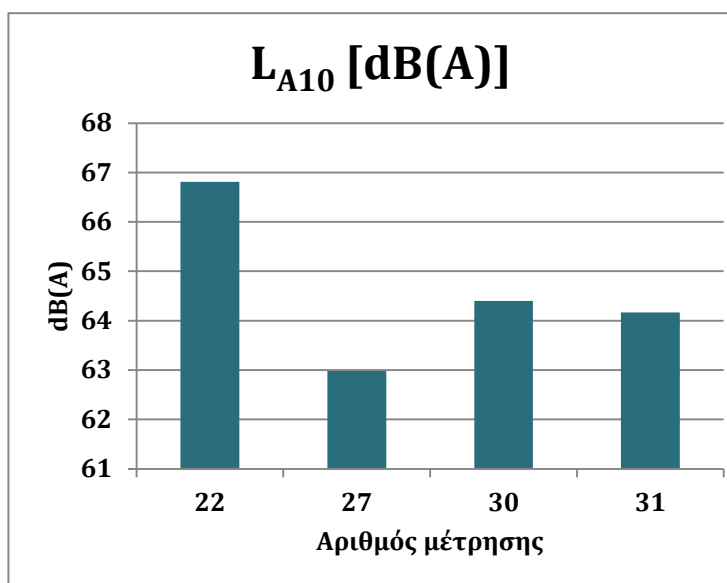
Στο παραπάνω γράφημα, παρουσιάζονται συγκριτικά οι τιμές και για τους δύο δείκτες. Όπως απεικονίζεται και ήταν αναμενόμενο, το επίπεδο του θορύβου που έχει υπερβεί το 90% στη διάρκεια μίας καταγραφής, είναι εμφανώς μικρότερο από το αντίστοιχο επίπεδο θορύβου το οποίο έχει υπερβεί το 10%. Για παράδειγμα, για τη μέτρηση με αριθμό 10, ο δείκτης $L_{d,e}$ ισούται με 64,1 dB(A), ενώ οι δείκτες L_{A10} και L_{A90} με 66,9 dB(A) και 48,14 dB(A) αντιστοίχως. Δηλαδή, εφόσον, ο πρώτος δείκτης αποτελεί το μέσο όρων των στιγμιαίων επιμέρους μετρήσεων για τη συγκεκριμένη καταγραφή, είναι λογικό το 90% των επιμέρους μετρήσεων να έχει υπερβεί το επίπεδο των 48,14 dB(A) και το 10% να έχει υπερβεί την τιμή των 66,9 dB(A).

Τέλος, για τις μετρήσεις κατά τη χρονική περίοδο ημέρας – απογεύματος, οι μέσοι όροι, όπως προαναφέρθηκε αντιστοιχούν σε 67,72 dB(A) για το δείκτη L_{A10} και 49,33 dB(A) για τον L_{A90} . Η μεταξύ τους διαφορά ισούται με 18,39 dB(A), τιμή φυσιολογική, εφ' όσον και οι επιμέρους μετρήσεις των δεικτών δεν αποκλίνουν ιδιαίτερα μεταξύ τους.

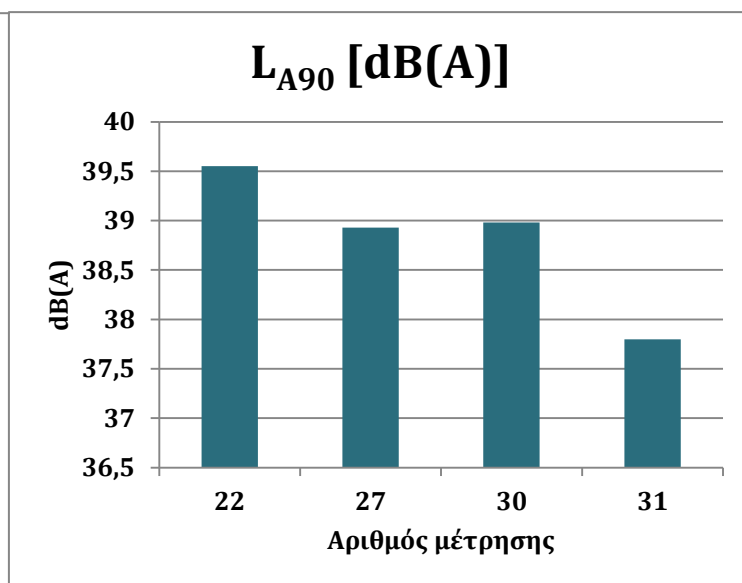
Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι 4 μετρήσεις με διάρκεια καταγραφής μεγαλύτερη από 24 ώρες καθώς και οι τιμές των δεικτών L_{A10} , L_{A90} και L_{den} .

Πίνακας 18: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τους δείκτες L_{A10} , L_{A90} και L_{den}

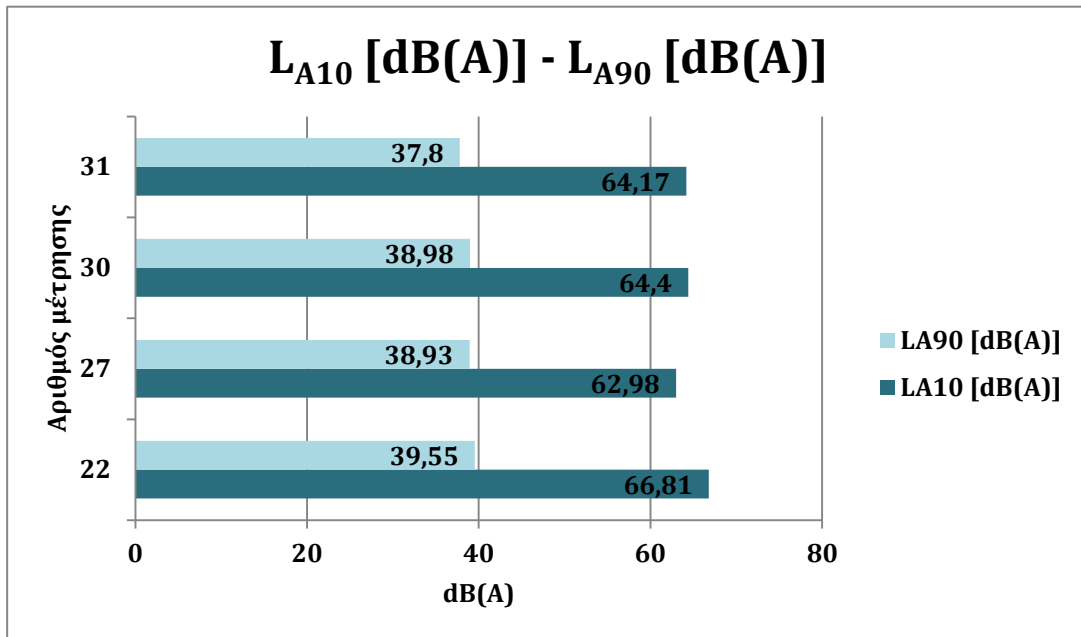
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L_{A10} [dB(A)]	L_{A90} [dB(A)]	L_{den} [dB(A)]
22	10:39	20:43	2.10:02:11	66,81	39,55	64,07
27	23:22	8:05	2.08:42:32	62,98	38,93	60,39
30	14:17	22:10	3.07:53:00	64,40	38,98	61,66
31	12:58	17:31	7.04:33:03	64,17	37,80	62,86
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			4			



Γραφική Παράσταση 18: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{A10}



Γραφική Παράσταση 17: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{A90}



Γραφική Παράσταση 19: Σύγκριση τιμών L_{A10} και L_{A90} για μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου

Σύμφωνα με τις γραφικές παραστάσεις και τον πίνακα, ο δείκτης L_{A10} , δεν παρουσιάζει τόσο έντονη διακύμανση καθώς η απόκλιση μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης τιμής του είναι 3,83 dB(A), ενώ το ίδιο μέγεθος για τον L_{A90} εμφανίζεται στα 1,75 dB(A), ο οποίος δεν εμφανίζει επίσης έντονες αυξομειώσεις τιμών. Επιπλέον ο μέσος όρος για κάθε δείκτη είναι 64,59 dB(A) και 38,81 dB(A) για τον L_{A10} και τον L_{A90} αντίστοιχα. Το γεγονός αυτό, ενισχύει την ομαλότητα των καταγεγραμμένων τιμών, αφού οι διαφορές μεγίστων και ελαχίστων για κάθε δείκτη δεν διαφέρουν σημαντικά από τους μέσους όρους αυτών. Τέλος, στη μέτρηση 22 για καταγραφή 2 ημερών όλοι οι δείκτες εμφανίζουν τη μέγιστη τιμή τους, η οποία ανέρχεται στα 66,81dB(A) για τον L_{A10} , στα 39,55dB(A) για τον L_{A90} και στα 64,07 για τον δείκτη L_{den} .

Παράλληλα, με βάση τη γραφική παράσταση 19, οι δείκτες L_{A10} και L_{A90} , δεν εμφανίζουν μόνο τη μέγιστη τιμή τους στην ίδια μέτρηση, αλλά και τη δεύτερη μέγιστη στη μέτρηση 30. Επιπλέον, η διαφορά μεταξύ των μεγίστων και των δύο δεικτών υπολογίζεται στα 27,26 dB(A), ενώ αυτή των ελαχίστων τους στα 25,18dB(A). Γίνεται λόγος, δηλαδή για σχεδόν ισόποση διαφορά μεταξύ των «ακραίων» τιμών των δεικτών. Τέλος, οι μικρές αποκλίσεις μεταξύ των τιμών για τους δείκτες οι οποίοι αναφέρονται σε υπέρβαση επίπεδου θορύβου κατά 10% και 90% συνεπάγονται σε μεγαλύτερο όγκο καταγεγραμμένων ηχητικών δεδομένων.

Στον ακόλουθο πίνακα θα παρουσιαστεί η μέτρηση κατά τη βραδινή ώρα και οι δείκτες L_{A10} , L_{A90} και L_{night} .

Πίνακας 19: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο νυκτός (23:00 - 0:700) για τους δείκτες L_{A10} , L_{A90} και L_{night}

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L_{A10} [dB(A)]	L_{A90} [dB(A)]	L_{night} [dB(A)]
5	23:01	7:20	8:19:09	68,2	39,32	65,43

Αν και η παραπάνω μέτρηση πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της νύχτας, παρουσιάζει μέσες έως υψηλές τιμές για τους δείκτες L_{A10} και L_{A90} . Πιο αναλυτικά, σύμφωνα με τον πίνακα, τα 68,2 dB(A) υπέστησαν υπέρβαση κατά 10% καθ' όλη τη διάρκεια της καταγραφής. Το γεγονός αυτό παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς η συγκεκριμένη στάθμη είναι υψηλή και η υπέρβαση της αξιοσημείωτη για μία πόλη με τον πληθυσμό της Μυτιλήνης. Καταληκτικά, το χρονικό διάστημα καταγραφής δεν είναι αυτό που καθορίζει απόλυτα τα επίπεδα ήχου σε μία πόλη, αλλά σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και ο πληθυσμός, ο τόπος και η ώρα δειγματοληψίας.

Στον επόμενο πίνακα, θα παρουσιαστούν οι μετρήσεις οι οποίες δεν εντάσσονται σε κάποιο χρονικό πλαίσιο δειγματοληψίας καθώς και οι δείκτες L_{A10} και L_{A90} με τις αντίστοιχες τιμές τους.

Πίνακας 20: Μετρήσεις ήχου εκτός οριοθετημένων χρονικών πλαισίων για τους δείκτες L_{A10} , L_{A90} και L_{Aeq}

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L_{A10} [dB(A)]	L_{A90} [dB(A)]	L_{Aeq} [dB(A)]
9	19:47	0:54	5:07:21	65,14	47,10	60,82
13	17:33	2:29	8:56:28	64,82	39,80	61,06
14	14:42	1:39	10:57:28	65,10	40,18	61,99
15	14:09	1:27	11:18:37	66,17	42,25	63,57
16	13:51	0:34	10:42:42	66,67	44,90	64,85
19	16:50	4:44	11:53:52	64,10	38,21	61,11
20	4:44	16:09	11:25:00	65,50	42,61	62,83
21	15:00	1:13	10:13:25	65,70	42,35	62,96
24	13:56	23:21	9:24:49	67,33	49,00	63,98
28	13:38	0:06	10:27:49	65,24	39,06	64,23
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			10			

Με βάση τον παραπάνω πίνακα, οι δείκτες L_{A10} και L_{A90} εμφανίζουν τη μέγιστη τιμή τους στη μέτρηση 24 και την ελάχιστη στη μέτρηση με αριθμό 19. Γενικότερα, ο μέσος όρων των δεικτών για το σύνολο των 10 μετρήσεων είναι 65,57 dB(A) για το δείκτη L_{A10} και 42,54 dB(A) για τον L_{A90} . Τέλος, οι παραπάνω τιμές κυμαίνονται σε φυσιολογικά πλαίσια και δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα έντονες διακυμάνσεις, παρ' όλο που δεν ανήκουν σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα καταγραφής. Τέλος ο μέσος όρων των δεικτών για το σύνολο των 11 μετρήσεων είναι 65,82dB(A) για το δείκτη L_{A10} και 42,25dB(A) για τον L_{A90} .

4.5 Ομαδοποίηση μετρήσεων με βάση το χρονικό διάστημα καταγραφής και τον δείκτη TNI

Ο δείκτης Traffic Noise Index (TNI), αφορά θόρυβο ο οποίος προέρχεται από οδική κυκλοφορία. Η έντονη αστικοποίηση που επικρατεί στην Ευρώπη, έχει οδηγήσει σε αυξημένα επίπεδα περιβαλλοντικού θορύβου και ιδιαίτερα θορύβου οδικής κυκλοφορίας.^[16] Επιπλέον, σύμφωνα με τον Π.Ο.Υ., ο θόρυβος οδικής κυκλοφορίας, χωρίς να συνδυάζεται με άλλους παράγοντες, είναι επιβλαβής σχεδόν για το 1/3 (33,3%) των κατοίκων της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ενώ, 1 στους 5 (20,0%) Ευρωπαίους εκτίθεται συστηματικά, κατά τη διάρκεια της νύχτας, σε επίπεδα θορύβου τα οποία είναι ικανά να βλάψουν σημαντικά την ανθρώπινη υγεία.^[16]

Επιπρόσθετα, με βάση δεδομένα που συλλέχθηκαν από τον Π.Ο.Υ., περίπου το 40% των πολιτών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εκτίθεται σε θόρυβο οδικής κυκλοφορίας με επίπεδο το οποίο υπερβαίνει τα 55 dB(A). Ενώ, το 20% εκτίθεται σε όριο θορύβου μεγαλύτερο των 65 dB(A) κατά τη διάρκεια της ημέρας και περισσότερο από το 30% σε επίπεδο θορύβου που υπερβαίνει τα 55 dB(A) κατά τη διάρκεια της νύχτας.^[16]

Γενικότερα, τα αυξημένα επίπεδα θορύβου και ιδίως αυτά του περιβαλλοντικού θορύβου έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία κυρίως σε άτομα που ανήκουν σε ευπαθείς κοινωνικές ομάδες, όπως παιδιά, ηλικιωμένοι καθώς και άτομα που υποφέρουν από χρόνια νοσήματα.

Τέλος, όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 3.3, ο δείκτης TNI υπολογίζεται με βάση τους δείκτες $L_{A10,T}$ και $L_{A90,T}$ από τον ακόλουθο μαθηματικό τύπο:

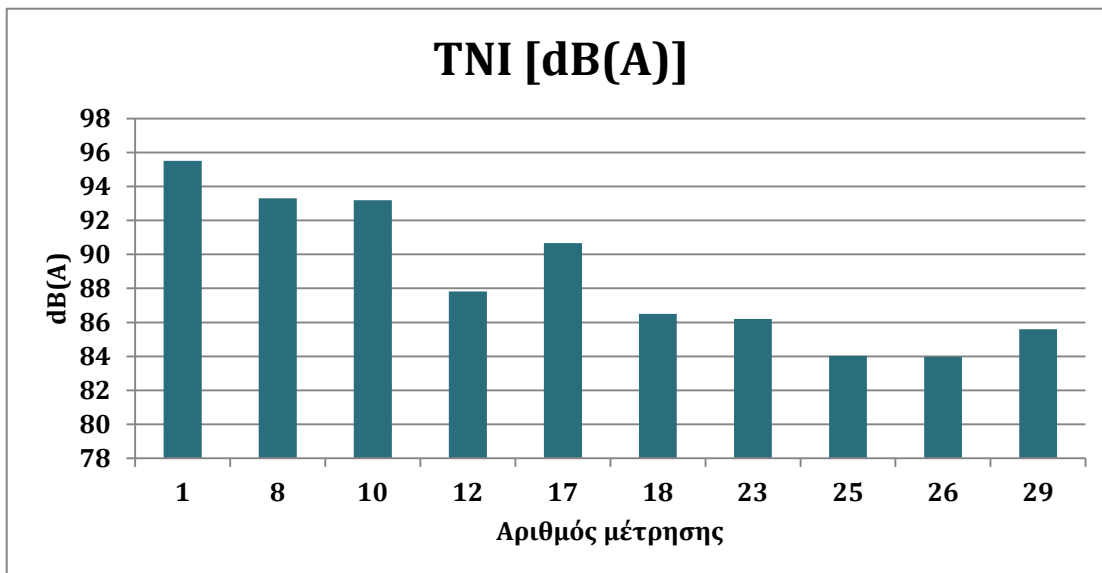
$$TNI = 4 * (L_{A10,T} - L_{A90,T}) + L_{A90,T} - 30$$

Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν πίνακες και γραφικές παραστάσεις, ανά χρονικό διάστημα καταγραφής, όπου θα περιγράφεται ο TNI, για συγκεκριμένο μέρος της πόλης της Μυτιλήνης.

Ο πρώτος πίνακας παρουσιάζει τιμές του δείκτη TNI για μετρήσεις χρονικού διαστήματος ημέρας – απογεύματος.

Πίνακας 21: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη TNI

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	TNI [dB(A)]
1	12:02	12:44	0:42:55	95,50
8	11:37	19:46	8:09:22	93,30
10	12:23	21:36	9:12:53	93,18
12	13:56	16:14	2:17:59	87,82
17	15:10	22:39	7:28:24	90,67
18	12:35	21:37	9:01:06	86,50
23	8:37	14:37	6:00:33	86,21
25	12:09	21:56	9:47:15	84,04
26	13:05	21:26	8:20:29	83,97
29	13:07	22:27	9:19:47	85,60
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			10	



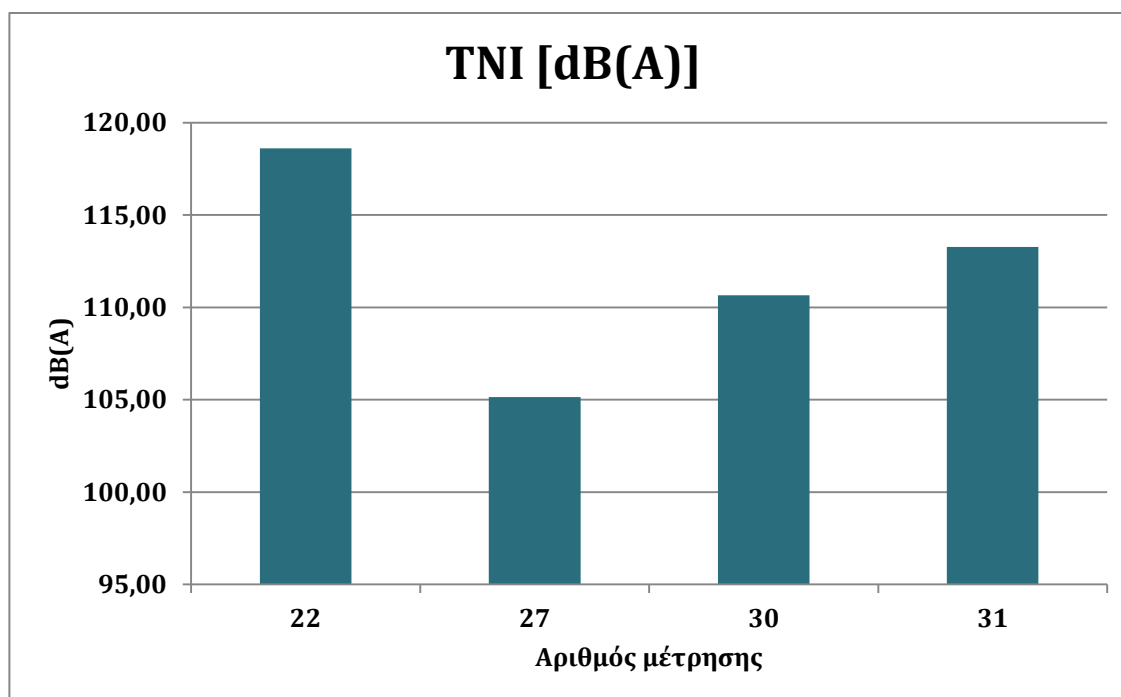
Γραφική Παράσταση 20: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη TNI

Όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 21 και στην Γραφική Παράσταση 20, οι τιμές που δέχεται ο δείκτης θορύβου από οδική κυκλοφορία, δεν εμφανίζουν έντονη διακύμανση. Πιο αναλυτικά, η μέγιστη τιμή του δείκτη, TNI, παρουσιάζεται στα 95,5 dB(A) και για μέτρηση περίπου 43 λεπτά σε ώρα αιχμής. Αντίθετα, η ελάχιστη καταγεγραμμένη τιμή για τον δείκτη TNI εμφανίζεται στα 83,97 dB(A) με χρονικό διάστημα μέτρησης περίπου 8 ώρες με επίσης έντονη κυκλοφορία οχημάτων. Τέλος, ο μέσος όρος των παραπάνω ηχητικών μετρήσεων, ορίζεται στα 88,68 dB(A), ενώ ο μέσος χρόνος ηχομετρήσεων σε 7 ώρες περίπου.

Στη συνέχεια, ακολουθεί πίνακας και γραφική παράσταση για χρονικό διάστημα καταγραφής ηχητικών μετρήσεων μεγαλύτερο από 24 ώρες, όπου αναφέρονται οι τιμές του δείκτη TNI.

Πίνακας 22: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη TNI

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	TNI [dB(A)]
22	10:39	20:43	2.10:02:11	118,61
27	23:22	8:05	2.08:42:32	105,13
30	14:17	22:10	3.07:53:00	110,66
31	12:58	17:31	7.04:33:03	113,27
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			4	



Γραφική παράσταση 21: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη TNI

Όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 22 και στην Γραφική Παράσταση 21, η μέγιστη τιμή για τον δείκτη TNI, ανέρχεται στα 118,61 dB(A), ενώ η ελάχιστη στα 105,13 dB(A), με χρόνους μέτρησης περίπου 2 ημέρες και για τις δύο τιμές. Υπάρχει, δηλαδή, απόκλιση μεταξύ των τιμών αυτών 13,48 dB(A), η οποία συγκριτικά με τα παραπάνω αποτελέσματα δεν θεωρείται μεγάλη και οι τιμές του δείκτη TNI κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα

Από την άλλη πλευρά, παρουσιάζει ενδιαφέρον το γεγονός ότι σε δύο ηχομετρήσεις με σχεδόν ίδιο χρόνο καταγραφής παρουσιάστηκαν οι «ακραίες» τιμές. Συμπερασματικά, η ενοχλητική διακύμανση της έντασης, η οποία ποσοτικοποιείται από τον TNI, εξαρτάται μεν από τον τόπο και το χρονικό διάστημα καταγραφής, αλλά σχετίζεται και με την ώρα που πραγματοποιείται η ηχομέτρηση και αν τη δεδομένη στιγμή υπάρχει έντονη οδική κυκλοφορία.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η τιμή του δείκτη TNI η οποία καταγράφηκε κατά τις νυχτερινές ώρες.

Πίνακας 23: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη TNI

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	TNI [dB(A)]
5	23:01	7:20	8:19:09	124,83

Εφόσον γίνεται αναφορά για βραδινές ώρες, όπου η οδική κυκλοφορία είναι μειωμένη, θα αναμενόταν η συγκεκριμένη τιμή του δείκτη να είναι μικρότερη κατά 20 dB(A) περίπου. Αντιθέτως, παρουσιάζεται μία μέση έως και υψηλή τιμή γεγονός το οποίο συνεπάγεται έντονες διακυμάνσεις της κυκλοφοριακής δραστηριότητα των κατοίκων της Μυτιλήνης κατά τις βραδινές ώρες.

Ακολουθεί ο τελευταίος πίνακας για τον δείκτη TNI με καταγραφές οι οποίες δεν έχουν ληφθεί σε συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο.

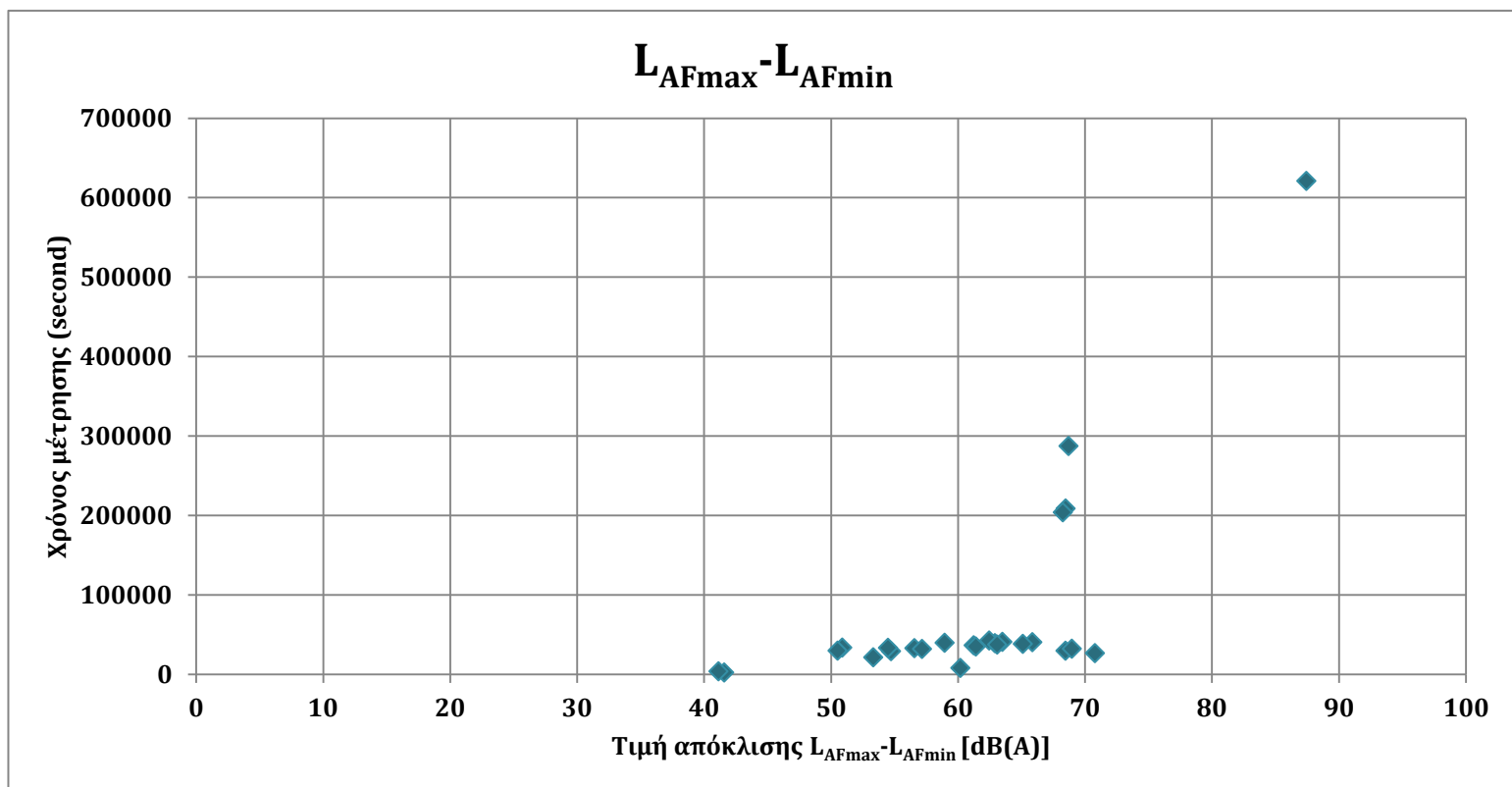
Πίνακας 24: Μετρήσεις ήχου εκτός οριοθετημένων χρονικών πλαισίων τον δείκτη TNI

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΛΗΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	TNI[dB(A)]
7	12:57	0:03	11:05:50	106,05
9	19:47	20:54	1:07:21	89,26
13	17:33	2:29	8:56:28	109,88
14	14:42	1:39	10:57:28	109,86
15	14:09	1:27	11:18:37	107,92
16	13:51	0:34	10:42:42	101,99
19	16:50	4:44	11:53:52	111,76
20	4:44	16:09	11:25:00	104,16
21	15:00	1:13	10:13:25	105,75
24	13:56	23:21	9:24:49	92,31
28	13:38	0:06	10:27:49	113,79
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			11	

Με βάση τον Πίνακα 24, η διαφορά μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης τιμής είναι 24,53 dB(A), ενώ ο μέσος όρος των αναγραφόμενων τιμών 104,79dB(A). Παράλληλα, η ελάχιστη μέτρηση αντιστοιχεί στο μικρότερο χρονικό διάστημα καταγραφής, ενώ η μέγιστη σε έναν μέσο χρονικό διάστημα ηχομέτρησης. Τέλος, σε κάθε περίπτωση και παρ' όλο που οι παραπάνω τιμές δεν αντιπροσωπεύουν οριοθετημένο χρονικό πλαίσιο ηχομετρήσεων, παρουσιάζονται σε ένα μέσο έως και χαμηλό εύρος τιμών.

4.6 Συγκρίσεις μεταξύ των δεικτών

Μετά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων των ηχητικών καταγραφών, παρουσιάζονται γραφήματα διασποράς για τις 26 ηχομετρήσεις που απεικονίζουν τη συσχέτιση μεταξύ των δεικτών. Η πρώτη γραφική παράσταση παρουσιάζει τη σύγκριση μεταξύ των τιμών L_{AFmax} και L_{AFmin} . Πιο ειδικά, στον οριζόντιο άξονα βρίσκεται η τιμή της απόκλισης μεταξύ των μεγεθών L_{AFmax} και L_{AFmin} για κάθε μέτρηση, ενώ στον κατακόρυφο άξονα ο χρόνος καταγραφής.

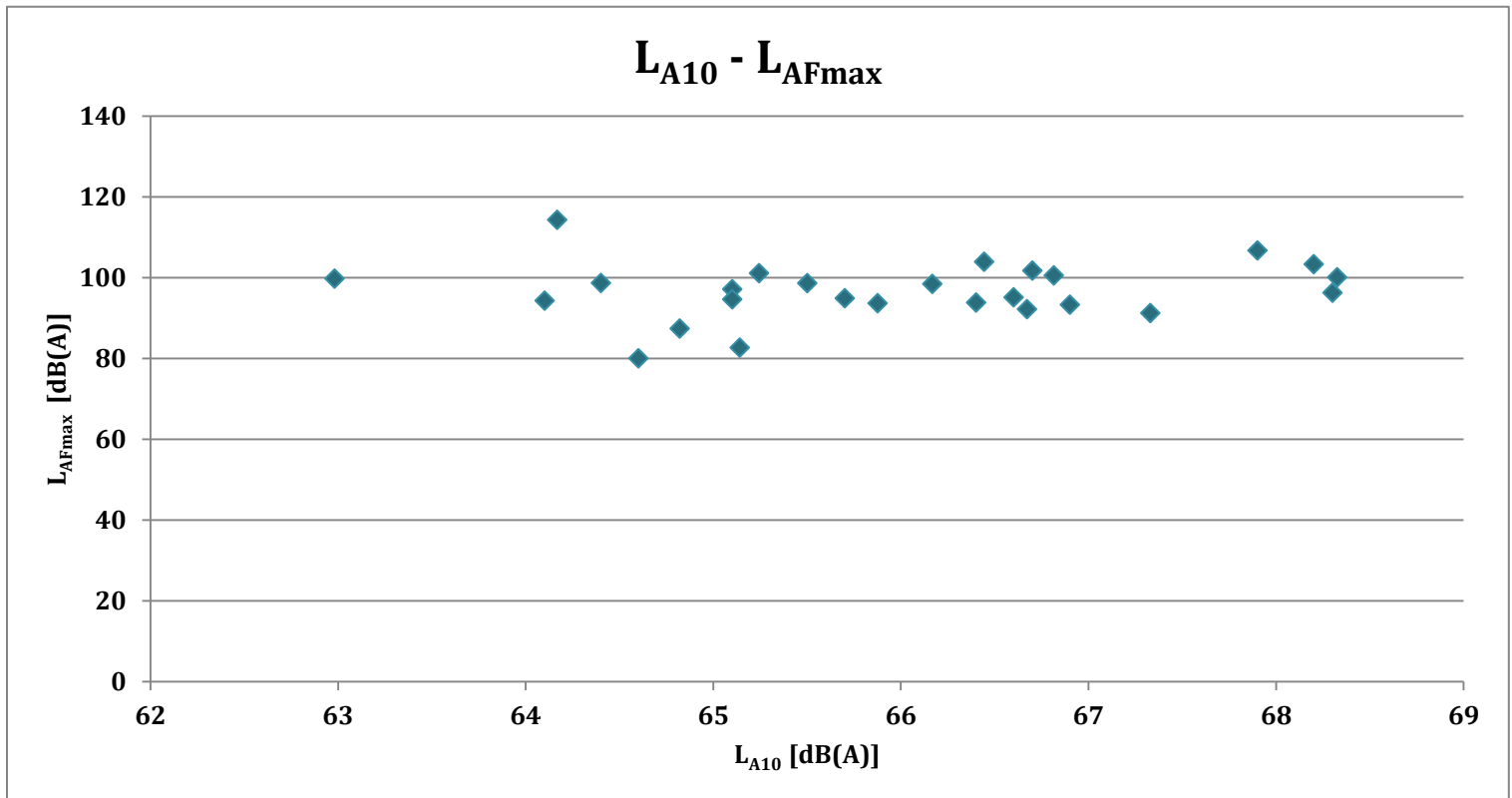


Γραφική παράσταση 22: Σύγκριση τιμών απόκλισης για τους δείκτες L_{AFmax} και L_{AFmin}

Σύμφωνα με τη γραφική παράσταση 22, παρατηρείται πως για μεγαλύτερο χρόνο καταγραφής, η απόκλιση μεταξύ των παραμέτρων L_{AFmax} και L_{AFmin} αυξάνει. Για παράδειγμα, η τελευταία ,μέτρηση (#31), χαρακτηρίζεται από μέγιστο χρόνο καταγραφής συγκριτικά με τις υπόλοιπες μετρήσεις (621183 δευτερόλεπτα) και τη μέγιστη απόκλιση τιμών (87,4 dB(A)). Αντίθετα, η πρώτη μέτρηση (#1), διαθέτει το μικρότερο χρόνο μέτρησης (2575 δευτερόλεπτα) από το σύνολο των 26 μετρήσεων καθώς και την ελάχιστη διαφορά μεταξύ των δεικτών L_{AFmax} και L_{AFmin} (41,13 dB(A)). Τέλος, ο μέσος όρος του χρονικού διαστήματος καταγραφής αντιστοιχεί σε 76624 δευτερόλεπτα, ενώ η μέση τιμή απόκλισης σε 61,0 dB(A).

Καταληκτικά, ο χρόνος μέτρησης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των τιμών των παραμέτρων L_{AFmax} και L_{AFmin} και ως συνέπεια και στην απόκλιση μεταξύ αυτών.

Το επόμενο γράφημα διασποράς, απεικονίζει τη συσχέτιση των δεικτών L_{A10} και L_{AFmax} για τις 26 καταγεγραμμένες μετρήσεις, αφού και οι δύο δείκτες αναφέρονται σε μέγιστες τιμές.

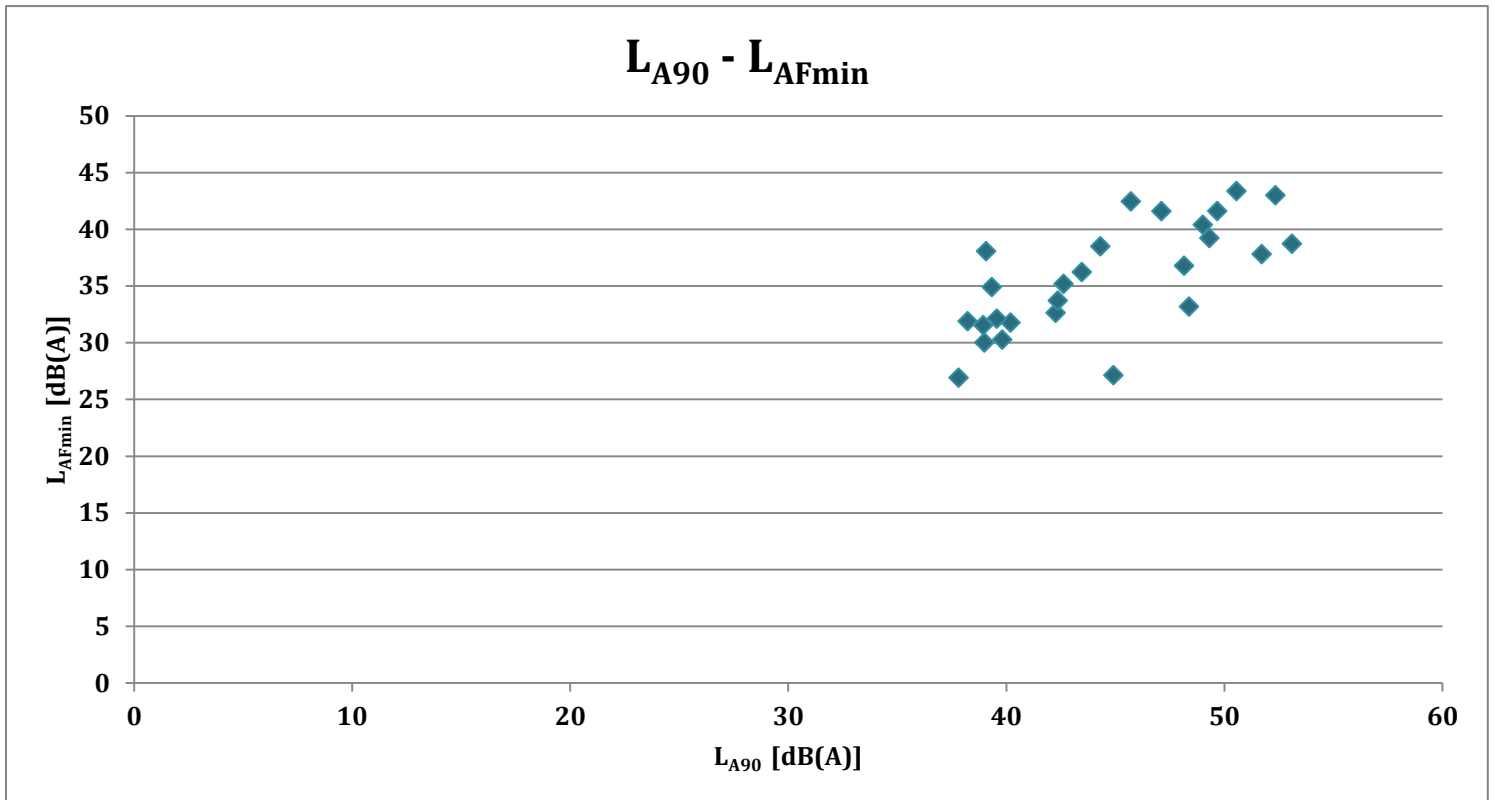


Γραφική παράσταση 23: Σύγκριση τιμών για τους δείκτες L_{A10} και L_{AFmax}

Με βάση τη γραφική παράσταση 23, δεν φαίνεται να υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των μεγεθών L_{AFmax} και L_{A10} . Μετρήσεις που χαρακτηρίζονται από μέγιστη τιμή σε έναν δείκτη δεν συνεπάγεται ότι και στον άλλον δείκτη θα δέχονται ισάξιες τιμές. Για παράδειγμα, η μέγιστη τιμή του δείκτη L_{A10} αντιστοιχεί σε 68,33 dB(A) και τη μέτρηση με αριθμό 25. Αντίθετα, η ελάχιστη τιμή για τον L_{A10} είναι 62,98 dB(A) και αφορά τη μέτρηση 27. Από την άλλη πλευρά, η μέγιστη τιμή για τον δείκτη L_{AFmax} αντιστοιχεί σε 114,34 dB(A) και τη μέτρηση 31, ενώ η ελάχιστη σε 80,07 και τη μέτρηση 1.

Καταληκτικά, αν και οι δύο δείκτες σχετίζονται με τις μέγιστες καταγεγραμμένες τιμές, δεν συνδέονται όμως μεταξύ τους.

Η επόμενη γραφική παράσταση, αναπαριστά τη συσχέτιση μεταξύ των μεγεθών με τις ελάχιστες τιμές, δηλαδή τους δείκτες L_{A90} και L_{AFmin} .



Γραφική παράσταση 24: Σύγκριση τιμών για τους δείκτες LA90 και LAFmin

Όπως και προηγουμένως, δεν παρουσιάζεται κάποια σημαντική συσχέτιση μεταξύ των δεικτών LA90 και LAFmin για τις 26 ηχομετρήσεις. Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης LA90 δέχεται τη μέγιστη τιμή του στα 43,36 dB(A) για τη μέτρηση 26, ενώ την ελάχιστη στα 26,91 dB(A) για τη μέτρηση με αριθμό 31. Παράλληλα, ο δείκτης LAFmin έχει μέγιστο τα 53,09 dB(A) και ελάχιστο τα 37,80 dB(A) για τις μετρήσεις με αριθμούς 25 και 31 αντίστοιχα. Τελικά, τη μόνη σύνδεση μεταξύ των δύο δεικτών αποτελεί η τελευταία καταγραφή ήχου, όπου το LA90 και το LAFmin παρουσιάζουν τις ελάχιστες τιμές τους.

4.7 Ηχητικές μετρήσεις από ηχοπερίπατο

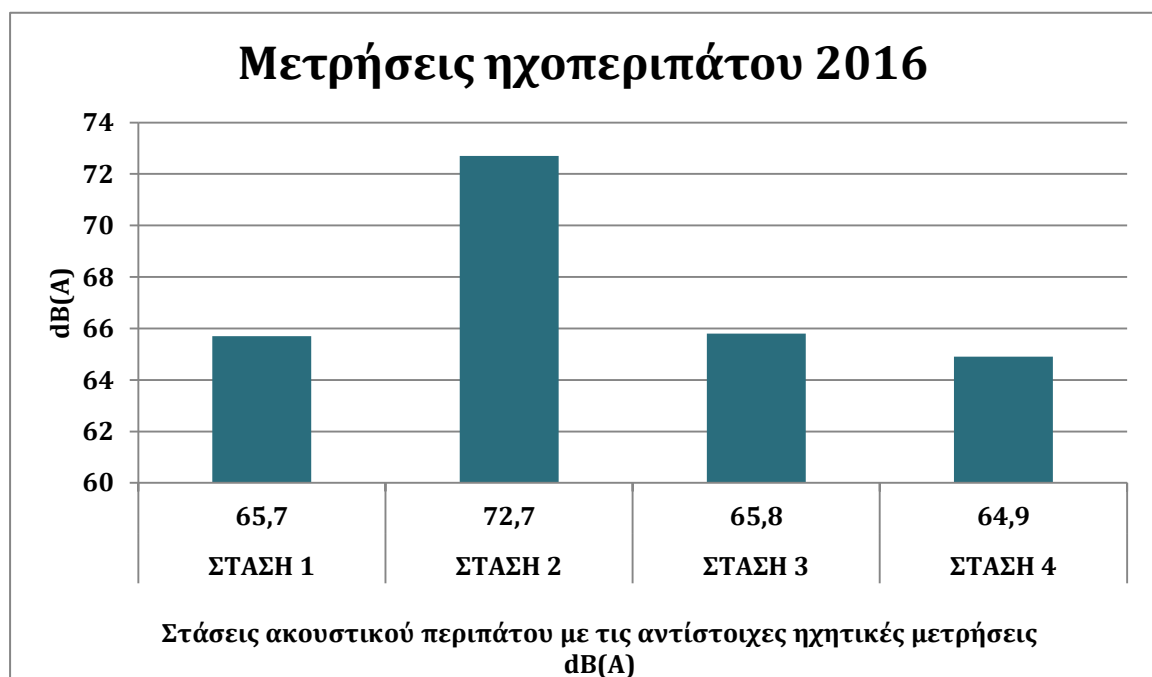
Παράλληλα, με σκοπό την εκπόνηση της πτυχιακή της Β. Καραλή, πραγματοποιήθηκε ένα ακουστικό περίπατος τον Ιούνιο του 2016 όπου λήφθηκαν ηχητικές μετρήσεις διάρκειας 1 λεπτού σε 4 στάσεις με το ηχόμετρο 2250 Light. Επιπλέον, ο περίπατος πραγματοποιήθηκε πρωινή ώρα.

Γενικά, ο ηχοπερίπατος, υλοποιείται από ερευνητική ομάδα η οποία ως κύριο στόχο να αφουγκραστεί το περιβάλλον και ιδιαίτερα το ηχητικό, καθώς και να συλλέξει πληροφορίες σχετικά με αυτό. (Economidou et al, 2014)

Οι στάσεις που πραγματοποιήθηκαν για τον συγκεκριμένο ακουστικό περίπατο ήταν οι εξής:

- Στάση 1: Πάρκο Αγίας Ειρήνης
- Στάση 2: Νησίδα οδικής κυκλοφορίας μεταξύ πάρκου Αγίας Ειρήνης και αρχή του πεζοδρόμου Ερμού
- Στάση 3: Πεζόδρομος Ερμού
- Στάση 4: Πλατεία Σαπφούς

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στην παρακάτω γραφική παράσταση:



Γραφική παράσταση 25: Μετρήσεις ακουστικού περιπάτου 2016

Εφόσον οι ώρες δειγματοληψίας ήταν πρωινές, ισχύει το νομοθετικό πλαίσιο όπου οι τιμές του δείκτη $L_{d,e}$ δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 67 dB(A). Όπως φαίνεται στην Γραφική Παράσταση 22, η στάση 2 (νησίδα οδικής κυκλοφορίας), σημειώνει τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη $L_{d,e}$ για το σύνολο των ηχομετρήσεων του ακουστικού περιπάτου, η οποία ορίζεται στα 72,7 dB(A) και υπερβαίνει το όριο κατά 5,7 dB(A). Το αποτέλεσμα αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς η συγκεκριμένη στάση περιβάλλεται εξ' ολοκλήρου από κυκλοφοριακό δίκτυο. Αντίθετα, η χαμηλότερη τιμή του δείκτη ανέρχεται στα 64,9 dB(A) και αντιστοιχεί στην στάση 4 (Πλατεία Σαπφούς). Η συγκεκριμένη στάση, διαθέτει έναν από τους κεντρικότερους δρόμους της πόλης της

Μυτιλήνης, παρ' όλα αυτά, η άλλη όψη της πλατείας περιστοιχίζεται από καφετέριες, γεγονός που μειώνει την ένταση του θορύβου ο οποίος προέρχεται κυρίως από το οδικό δίκτυο.

Παράλληλα, οι στάσεις 1 και 3 έχουν σχεδόν ίση τιμή $L_{d,e}$, που ανέρχεται σε 65,7 dB(A) και 65,8 dB(A) αντίστοιχα. Η στάση 1, περιστοιχίζεται μεν από οδικό δίκτυο, παρ' όλα αυτά, η έκταση του πάρκου και η φυσική ηχομόνωση του, διατηρεί το επίπεδο της ηχητικής στάθμης εντός των θεσμοθετημένων ηχητικών ορίων. Ενώ, τέλος, στη στάση 3 που αποτελεί τον πεζόδρομο της οδού Ερμού, τη δεδομένη στιγμή της δειγματοληψίας, δεν υπήρχε διέλευση αυτοκινήτων και δίτροχων, παρά μόνο πελάτες καταστημάτων, υπάλληλοι και ιδιοκτήτες αυτών καθώς και μικροπωλητές. Οπότε η τιμή των 65,8 dB(A), προέρχεται αποκλειστικά από ανθρώπινες φωνές.

5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η έντονη κυκλοφοριακή κίνηση στις μεγάλες πόλεις αποφέρει αρνητικά αποτελέσματα τόσο στην ομαλή ζωή των κατοίκων όσο και στο περιβάλλον. Πιο ειδικά, παρ' όλο που η Μυτιλήνη δεν θεωρείται μεγάλη πόλη χαρακτηρίζεται από έντονη οδική κυκλοφορία και υψηλά επίπεδα ισοδύναμης στάθμης συνεχούς θορύβου, κυρίως λόγω των λιγοστών και συγκεκριμένων κύριων οδικών αρτηριών που εμπερικλείονται εντός της πόλης. Επιπλέον, σε ώρες κυκλοφοριακής αιχμής, ο θόρυβος από την οδική κυκλοφορία είναι αρκετά έντονος, ώστε ακόμη και μία βόλτα στα πάρκα της πόλης δεν είναι χωρίς οχλήσεις.

Στο κεφάλαιο 4, παρουσιάζονται οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, επί της οδού Ηλία Βενέζη στη Μυτιλήνη όπου κυριαρχεί έντονη οδική κυκλοφορία, καθώς και τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν από αυτές. Πιο συγκεκριμένα, η ισοδύναμη στάθμη συνεχούς θορύβου στις περισσότερες περιπτώσεις, πλησιάζει κατά πολύ το θεσπισμένο νομοθετικό όριο, σύμφωνα πάντα με το χρονικό πλαίσιο ηχομέτρησης. Επίσης, σε ορισμένες περιπτώσεις υφίστανται υπερβάσεις αυτού του ορίου, ενώ σε κάποιες άλλες η ισοδύναμη στάθμη συνεχούς θορύβου εντοπίζεται πολύ κάτω από το όριο.

Επιπλέον, σημαντικός δείκτης της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτέλεσε και ο TNI, ο μέσος όρος του οποίου για τις 31 καταγραφές ήχου υπολογίστηκε στα 95,20 dB(A). Παράλληλα, η μέγιστη τιμή του δείκτη υπολογίστηκε στα 124,83 dB(A) και η ελάχιστη στα 32,20 dB(A). Παρατηρείται μεγάλη απόκλιση μεταξύ των δύο «ακραίων» τιμών, ενώ ο γενικός μέσος όρος αντιπροσωπεύει ένα καθημερινό επίπεδο του δείκτη TNI, για την συγκεκριμένη περιοχή.

Γενικότερα, η Μυτιλήνη χαρακτηρίζεται από έντονους θορύβους γεγονός που συνεπάγεται την διατάραξη της ψυχολογίας και της καθημερινότητας των πολιτών. Οι λόγοι για τους οποίους επικρατούν τόσο υψηλά επίπεδα θορύβου σε μία μικρή πόλη σαν τη Μυτιλήνη ποικίλουν και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες. Ενδεικτικά, οι κύριες αιτίες ηχορύπανσης παρουσιάζονται παρακάτω:

- Έλλειψη μεγαλύτερου οδικού δικτύου το οποίο θα εξυπηρετεί σε βέλτιστο βαθμό τους πολίτες – οδηγούς και θα μειώνει τα επίπεδα θορύβου προερχόμενα από την οδική κυκλοφορία
- Αδιαφορία και μη τήρηση καθορισμένων νομοθετικών πλαισίων, ιδίως όσον αφορά το θόρυβο ο οποίος προέρχεται από τις εξατμίσεις των δικύκλων
- Αδιαφορία και μη ευαισθητοποίηση των πολιτών σχετικά με τα υψηλά επίπεδα θορύβου, ακόμη και αν και οι ίδιοι υπόκεινται σε αυτά
- Έλλειψη επαρκούς βλάστησης με σκοπό να λειτουργήσει ως ηχομονωτικό υλικό

Παράλληλα, οι δράσεις που δύνανται να υλοποιηθούν προκειμένου να μειωθούν τα επίπεδα θορύβου στην πόλη απαιτούν τη συμμετοχή τόσο των πολιτών όσο και των αρμόδιων αρχών και φορέων της Μυτιλήνης, και γενικότερα της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου. Παρακάτω, παρουσιάζονται κάποιες ενδεικτικές λύσεις στο πρόβλημα της έντονης ηχορύπανσης που επικρατεί στην πόλη:

- Ενημέρωση των πολιτών σχετικά με το φυσικό περιβάλλον καθώς και τη σχέση αυτού με τον ήχο και το θόρυβο
- Ευαισθητοποίηση των πολιτών όσον αφορά τη μείωση των ανθρωπογενών θορύβων

- Εμφύτευση περισσότερων δένδρων, θάμνων κλπ, με στόχο να λειτουργήσουν ως ηχομονωτικά υλικά αλλά και να προσθέσουν «πράσινο» στην πόλη
- Ανάπτυξη επιπλέον νομοθετικών πλαισίων τα οποία θα αφορούν τη μείωση του θορύβου καθώς και αρμόδιες αρχές οι οποίες θα επιβάλλουν τα παραπάνω πλαίσια
- Συγκρότηση εξειδικευμένου ερευνητικού προσωπικού το οποίο θα ασχολείται με το θέμα των υψηλών επιπέδων θορύβου στην πόλη και θα εφαρμόσει καινοτόμες λύσεις ώστε να μειωθούν τα επίπεδα αυτά.

Τέλος, όλες οι παραπάνω λύσεις είναι δυνατόν να υλοποιηθούν αρκεί, πρώτα απ' όλα, να υπάρχει έντονο ενδιαφέρον από τους πολίτες, καθ' ότι αυτοί αποτελούν τους μόνιμους κατοίκους της πόλης και υπόκεινται σε υψηλά επίπεδα θορύβου. Εφόσον ευαισθητοποιηθούν οι πολίτες σειρά έχουν οι αρμόδιοι φορείς οι οποίοι πρέπει να πράξουν ανάλογα με σκοπό μία πιο ήσυχη και λιγότερο έντονη πόλη.

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ

- Brüel & Kjær, (1984), Measuring sound, Retrieved from <http://www.bksv.com/doc/br0047.pdf>
- Carson, R. (1962). Silent Spring. Houghton Mifflin Harcourt
- Committee ISO/TC 043 'Acoustics'. (2008). Retrieved from <http://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=8796219&objAction=browse&viewType=1>
- Cowan J. P., (1993), Handbook of Environmental Acoustics, John Wiley & Sons
- Economou C., Tsaligopoulos A., Matsinos Y., (2014). Soundwalk as a tool: Awareness, assessment, education, Conference of Acoustic Ecology "Acoustic Ecology and Education", 28 – 30 June 2014, Athens, Greece
- Everest F. A., Pohlmann K. C., (2009), Master Handbook of Acoustics, Fifth Edition, The McGraw-Hill Companies
- HELMEPA, Ναυτίλοι της HELMEPA, (2009), Θαλάσσιο Περιβάλλον, Πανίδα, <http://www.helmepacadets.gr/gr/marine-environment/fauna>
- Kuttruff H., (2007), Acoustics An Introduction, Taylor and Francis
- Pijanowski, B. C., Farina, A., Gage, S. H., Dumyahn, S. L., & Krause, B. L. (2011). What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science, Landscape Ecology, 26(9):1213–1232
- Quiet places in cities, <http://www.qside.eu/>
- Schafer, R. M. (1977), The Tuning of the World, Knopf
- Stocker M., (2013), Hear Where We Are Sound Ecology and Sense of Place, Springer
- Truax B., 1999, Handbook For Acoustic Ecology, Second Edition, Simon Fraser University, and ARC Publications, Retrieved from <http://www.sfu.ca/sonic-studio/handbook/>
- Westerkamp, H., 1974. Sound Heritage. Victoria B.C., 3(4)
- World Health Organization. WHO Noise, Retrieved from <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/data-and-statistics>
- Αγγελής Ε., (2007), Μέτρηση και χαρτογράφηση επιπέδου ήχου στην πόλη της Μυτιλήνης, Bachelor Thesis, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Retrieved From <http://hdl.handle.net/11610/10525>
- Δαμασιώτης Χ., (2011), Ηχορύπανση και τρόποι αντιμετώπισης σε υπό κατασκευή σχολείο, Διπλωματική Εργασία, http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/mta/2011/DamasiotisChristodoulos/attached-document-1329730926-49753-22574/Damasiotis_Christodoulos.pdf
- Καρατζούνης Α., Σοφιανού Χ., (2014), Μελέτη Θορύβου στο χώρο του Πολυτεχνείου, Διπλωματική Εργασία, http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/DT2014-0170/DT2014-0170.pdf
- Μουρούλης Δ., (2007), Αντικειμενικά – Υποκειμενικά – Αρμονικά/"Μουσικά" Χαρακτηριστικά των Ήχων, Εργασία, www.sciencetube.gr/attachments/211_Ypokeimenika_Xarakthristika_ixou.ppt

- Μπίκας Μ., (2010), Μελέτη Περιβαλλοντικού Θορύβου στην Πόλη του Ηρακλείου μέσω Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Διπλωματική Εργασία, <http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/sdfp/2010/MpikasManolis/attached-document-1266997249-74900-10143/2010bikas.pdf>
- Μπιμπιλής Σ., (2015), Μετρήσεις Θορύβου-Ήχου με χρήση Λογισμικού Προγράμματος Πραγματικού χρόνου αναλυτή (Real – Time analyser), Διπλωματική Εργασία, http://okeanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2635/cse_39103.pdf?sequence=1
- Τζεκάκης Μ., Τσινίκας Ν., (1986), Πολεοδομική Ηχοπροστασία Εργαστήριο Αρχιτεκτονικής Τεχνολογίας ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, University Studio PressA.E.
- ΦΕΚ 1367, 27/4/2012, Καθορισμός Δεικτών Αξιολόγησης και Ανωτάτων Επιτρεπομένων Ορίων Δεικτών Περιβαλλοντικού Θορύβου, http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/1367b_12.1337588317921.pdf
- Χρυσάνθου Μ., (2006), Διαδικασία Ψηφιοποίησης Ηχητικών Αρχείων και Τεχνολογίες Ψηφιοποιημένου Ήχου, Διπλωματική Εργασία, dlib.ionio.gr/dtheses/chrysanthou_sound.doc
- <http://www.bksv.com/Products/handheld-instruments/sound-level-meters/sound-level-meters/type-2250-l>
- <https://www.noisemeters.com/>
- http://www.physics.ntua.gr/~mmakro/index_files/Kef11_Akoi.pdf

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

Γραφική παράσταση 1: Καταγεγραμμένες μετρήσεις ήχου	30
Γραφική παράσταση 2: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη $L_{d,e}$	31
Γραφική Παράσταση 3: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{den}	32
Γραφική Παράσταση 4: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη L_{Cpeak}	35
Γραφική Παράσταση 5: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{Cpeak}	36
Γραφική παράσταση 6: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη L_{AFmax}	38
Γραφική Παράσταση 7: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη L_{AFmin}	39
Γραφική παράσταση 8: Σύγκριση τιμών L_{AFmax} και L_{AFmin} για μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00).....	40
Γραφική Παράσταση 9: Σύγκριση τιμών L_{AFmax} και $L_{d,e}$ για μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00).....	41
Γραφική Παράσταση 11: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{AFmin}	42
Γραφική Παράσταση 12: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{AFmax}	42
Γραφική Παράσταση 10: Σύγκριση τιμών L_{AFmax} και L_{AFmin} για μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου.....	43
Γραφική Παράσταση 13: Σύγκριση τιμών L_{Fmax} και L_{den} για μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου.....	44
Γραφική Παράσταση 15: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη L_{A90}	46
Γραφική Παράσταση 14: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη L_{A10}	46
Γραφική Παράσταση 16: Σύγκριση τιμών L_{A10} και L_{A90} για μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00).....	47
Γραφική Παράσταση 17: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{A90}	48
Γραφική Παράσταση 18: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{A10}	48
Γραφική Παράσταση 19: Σύγκριση τιμών L_{A10} και L_{A90} για μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου.....	49
Γραφική Παράσταση 20: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη TNI	52
Γραφική παράσταση 21: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη TNI	53

Γραφική παράσταση 22: Σύγκριση τιμών απόκλισης για τους δείκτες L_{AFmax} και L_{AFmin}	55
Γραφική παράσταση 23: Σύγκριση τιμών για τους δείκτες L_{A10} και L_{AFmax}	56
Γραφική παράσταση 24: Σύγκριση τιμών για τους δείκτες L_{A90} και L_{AFmin}	57
Γραφική παράσταση 25: Μετρήσεις ακουστικού περιπάτου 2016.....	58

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Σχέση κοινών ήχων και ηχητικών σταθμών εκφρασμένων σε dB....	10
Πίνακας 2: Σχέση ηχητικής στάθμης εκφρασμένης σε dB και υποκειμενικού χαρακτηρισμού έντασης ήχου	11
Πίνακας 3: Στοιχεία δοκιμαστικών μετρήσεων ήχου	28
Πίνακας 4: Βασικά στοιχεία καταγεγραμμένων μετρήσεων ήχου	29
Πίνακας 5: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη $L_{d,e}$	31
Πίνακας 6: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{den}	32
Πίνακας 7: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο νυκτός (23:00 - 0:700) για τον δείκτη L_{night}	33
Πίνακας 8: Μετρήσεις ήχου εκτός οριοθετημένων χρονικών πλαισίων για τον δείκτη L_{Aeq}	33
Πίνακας 9: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη L_{Cpeak}	34
Πίνακας 10: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη L_{Cpeak}	35
Πίνακας 11: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο νυκτός (23:00 - 0:700) για τον δείκτη L_{Cpeak}	36
Πίνακας 12: Μετρήσεις ήχου εκτός οριοθετημένων χρονικών πλαισίων για τον δείκτη L_{Cpeak}	37
Πίνακας 13: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τους δείκτες L_{AFmax} , L_{AFmin} και $L_{d,e}$	38
Πίνακας 14: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τους δείκτες L_{AFmax} , L_{AFmin} και L_{den}	42
Πίνακας 15: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο νυκτός (23:00 - 0:700) για τους δείκτες L_{Fmax} , L_{Fmin} και L_{night}	44
Πίνακας 16: Μετρήσεις ήχου εκτός οριοθετημένων χρονικών πλαισίων για τους δείκτες L_{AFmax} , L_{AFmin} και L_{Aeq}	45
Πίνακας 17: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τους δείκτες L_{A10} , L_{A90} και $L_{d,e}$	46
Πίνακας 18: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τους δείκτες L_{A10} , L_{A90} και L_{den}	48
Πίνακας 19: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο νυκτός (23:00 - 0:700) για τους δείκτες L_{A10} , L_{A90} και L_{night}	50

Πίνακας 20: Μετρήσεις ήχου εκτός οριοθετημένων χρονικών πλαισίων για τους δείκτες L_{A10} , L_{A90} και L_{Aeq}	50
Πίνακας 21: Μετρήσεις ήχου κατά τη χρονική περίοδο ημέρας απογεύματος (07:00-23:00) για τον δείκτη TNI	51
Πίνακας 22: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη TNI.....	52
Πίνακας 23: Μετρήσεις ήχου για χρονική περίοδο μεγαλύτερη του 24ώρου για τον δείκτη TNI.....	53
Πίνακας 24: Μετρήσεις ήχου εκτός οριοθετημένων χρονικών πλαισίων τον δείκτη TNI.....	54

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1: Το ηχόμετρο 2250 Light (Πηγή: http://www.gracey.co.uk/images/bk-2250-04.png).....	24
Εικόνα 2: Βασικά χαρακτηριστικά ενός κύματος (Πηγή: http://www.factmonster.com/dk/science/encyclopedia/energy-waves.html)	25
Εικόνα 3: Γράφημα εξαγωγής από το λογισμικό BZ-5503 Measurement Partner Suite.....	26