



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΚΑΤΕΡΙΝΑΣ Γ. ΛΟΥΚΑΪΔΟΥ

Θέμα

Συμβολή πνευμόνων πρασίνου στην αστική ηχοπροστασία:

Το «Πεδίον του Άρεως» στην Αθήνα



Επιβλέπουσα καθηγήτρια
κ. Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου

Αθήνα, Νοέμβριος 2011

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

Μέσω της διπλωματικής εργασίας, μου δίνεται η ευκαιρία να ευχαριστήσω θερμά όλους εκείνους που με βοήθησαν στην εκπόνηση της. Θα ήθελα, λοιπόν, να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα επικ. καθηγήτρια, κυρία Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου, για την ανάθεση και καθοδήγηση, κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής. Συγχρόνως, επιθυμώ να ευχαριστήσω τον καθηγητή και διευθυντή του εργαστηρίου ηχοτεχνίας, κύριο Γεώργιο Πουλάκο για το ενδιαφέρον και την άμεση βοήθεια του. Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον υποψήφιο διδάκτορα του ΕΜΠ, Τηλέμαχο Καρατζά, για την αμέριστη βοήθεια που παρείχε στο πρακτικό σκέλος της εργασίας καθώς επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Ευτύχιο Σαββίδη για την υποστήριξη και βοήθεια του. Τέλος, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, για την ηθική στήριξη και συμπαράσταση καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Αφιερωμένη στους γονείς μου,

Γιάννη και Ελισάβετ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά	1
1.2 Τοποθέτηση του προβλήματος	3
1.3 Ο ρόλος του αστικού πρασίνου στην πόλη	5
1.3.1 Ο ρόλος του αστικού πρασίνου στον έλεγχο του θορύβου	6
1.3.2 Η Αθήνα και το αστικό πράσινο	7
1.4 Πεδίον του Άρεως – Γενικά χαρακτηριστικά	9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

2.1 Γενικά	11
2.2 Ήχος	11
2.2.1 Διάδοση του ήχου	12
2.2.2 Βασικά Μεγέθη	13
2.2.3 Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου	17
2.2.4 Κυματική φύση του ήχου	18
2.3 Θόρυβος	19
2.3.1 Ανάλυση θορύβου	19
2.3.2 Α-Στάθμη θορύβου (L_A)	22
2.3.3 Σταθμιστικές παράμετροι στάθμης θορύβου (L_N)	25
2.3.4 Ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου (L_{eq})	26
2.4 Οδικός κυκλοφοριακός θόρυβος	26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

3.1 Γενικά	28
3.2 Διεθνής Βιβλιογραφία	29
3.2.1 Absorption of Acoustic energy by plant leaves	29
3.2.2 Sound attenuation in forest	29
3.2.3 Road traffic noise attenuation by belts of trees	30
3.2.4 Reverberation and frequency attenuation in forests & implications for acoustic communication in animals	31
3.2.5 The absorption of sound by pine trees	32
3.2.6 Συμβολή του Εθνικού Κήπου της Αθήνας στην απόσβεση της αστικής ηχορύπανσης	33
3.3 Πρώτα συμπεράσματα	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

4.1 Γενικά	42
4.2 Παρουσίαση δεικτών θορύβου	42
4.3 Μετρητές στάθμης ήχου	45
4.3.1 Σταθμιστικά κυκλώματα (φίλτρα)	46
4.3.2 Πειραματικά Όργανα	47
4.4 Διαδικασία εκτέλεσης του πειράματος	50
4.4.1 Πρώτη φάση εκτέλεσης των μετρήσεων	51
4.4.2 Δεύτερη φάση εκτέλεσης των μετρήσεων	52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1 Γενικά	55
5.2 Α' Φάση μέτρησης _ Πέμπτη 07/07/2011	56
5.2.1 Περιγραφή αποτελεσμάτων	59
5.2.2 Νοητές πορείες	62

5.2.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων	63
5.3 Β' Φάση μέτρησης _ Σάββατο 16/07/2011	67
5.3.1 Περιγραφή αποτελεσμάτων	70
5.3.2 Νοητές πορείες	72
5.3.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων	73
5.4 Συγκριτική ανάλυση Α' & Β' Φάσης μέτρησης	73
5.5 Συγκριτική ανάλυση με αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας των Δ.Καστανιά & Π. Κριπούρη	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ.....	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	82
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	84
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΝΟΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ.....	89
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	94
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ.....	96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

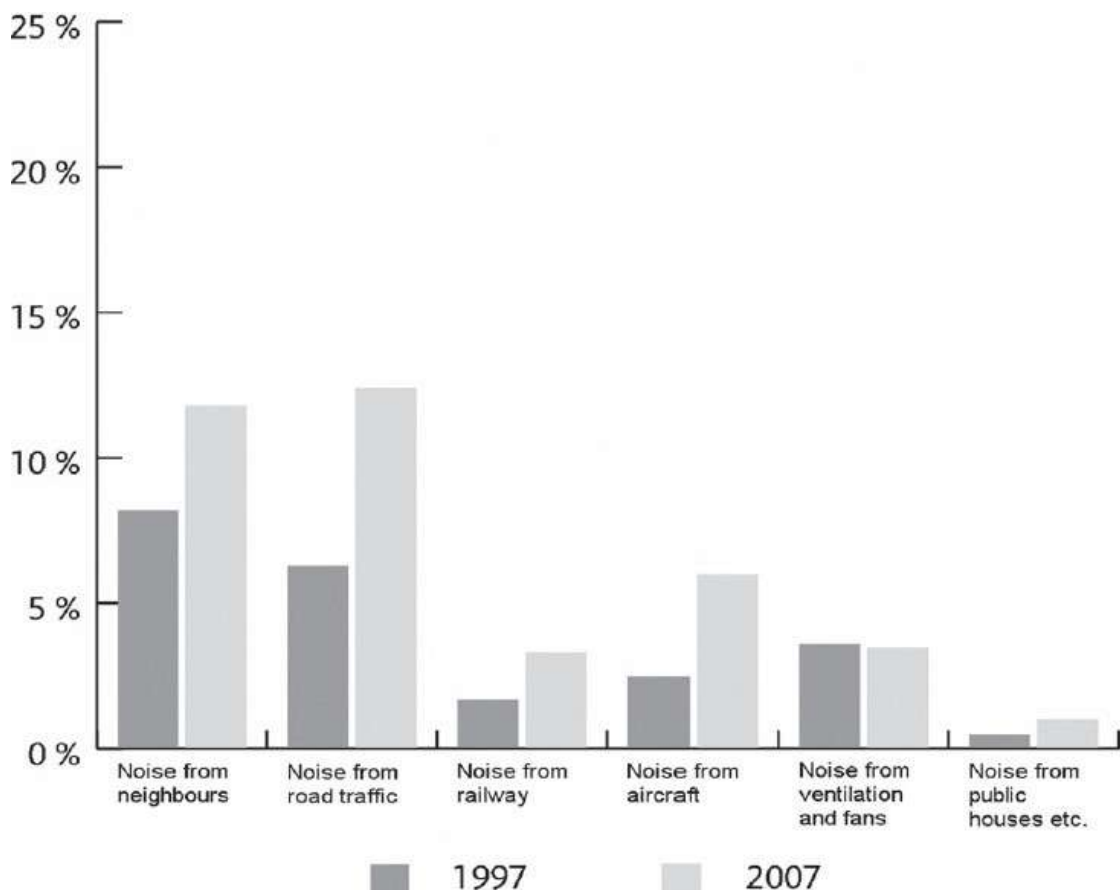
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σήμερα η ηχορύπανση αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες περιβαλλοντικής υποβάθμισης των αστικών περιοχών και προέρχεται από την ύπαρξη του περιβαλλοντικού θορύβου. Ο θόρυβος είναι ένας δυσάρεστος και ενοχλητικός ήχος που δημιουργείται από τον άνθρωπο ή κάποιο μηχάνημα και διαχέεται στο περιβάλλον.

Το γεγονός ότι η ηχορύπανση αποτελεί ένα πρόσφατα ανακαλυφθέντα ατμοσφαιρικό ρύπο, την χρήζει ιδιαίτερα σημαντική. Σημαντικές μελέτες έδειξαν ότι οι επιπτώσεις του θορύβου και κατ' επέκταση της ηχορύπανσης στον άνθρωπο, διακρίνονται σε φυσιολογικές και ψυχολογικές, με σοβαρές διαταραχές στην υγεία. Αποτέλεσμα αυτών των διαταραχών είναι ακουστικές βλάβες (παροδικές ή μόνιμες), διαταραχές ύπνου, κόπωση και στρες. Για να το θέσω διαφορετικά, ο θόρυβος δεν σκοτώνει άμεσα, όμως ενεργοποιεί τους μηχανισμούς άγχους στον ανθρώπινο οργανισμό, συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση καρδιαγγειακών και εγκεφαλικών περιστατικών. Σημαντικές είναι επίσης, οι δυσμενείς επιπτώσεις στην μαθησιακή προσπάθεια των μαθητών και στη παραγωγικότητα της εργασίας με συνεπακόλουθες επιπτώσεις στην Εθνική Οικονομία.

Επιπρόσθετα, οι διαστάσεις του προβλήματος της ηχορύπανσης και οι επιπτώσεις που έχει στην ζωή των πολιτών, αναδεικνύονται με έμφαση, σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας. Εκτιμάται ότι στις ανεπτυγμένες χώρες, 140 εκατομμύρια άνθρωποι ζουν με επίπεδα θορύβου πολύ μεγαλύτερα από τα γενικά παραδεκτά και 110 εκατομμύρια αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα στην εργασία και στον ύπνο τους. Ιδιαίτερα «θορυβώδεις» χαρακτηρίζεται και η Ευρωπαϊκή Ένωση αφού σύμφωνα με δικές της εκτιμήσεις, ένα ποσοστό της τάξεως του 19% βρίσκεται σε περιοχές με υψηλές στάθμες θορύβου, την ίδια στιγμή που το 20-25% του πληθυσμού των περισσότερων ανεπτυγμένων χωρών ενοχλείται από το θόρυβο της οδικής κυκλοφορίας.



Σχήμα 1.1 : Οι ακμάζουσες τάσεις της ηχητικής ρύπανσης στην Ευρώπη σε μια δεκαετία

1.2 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

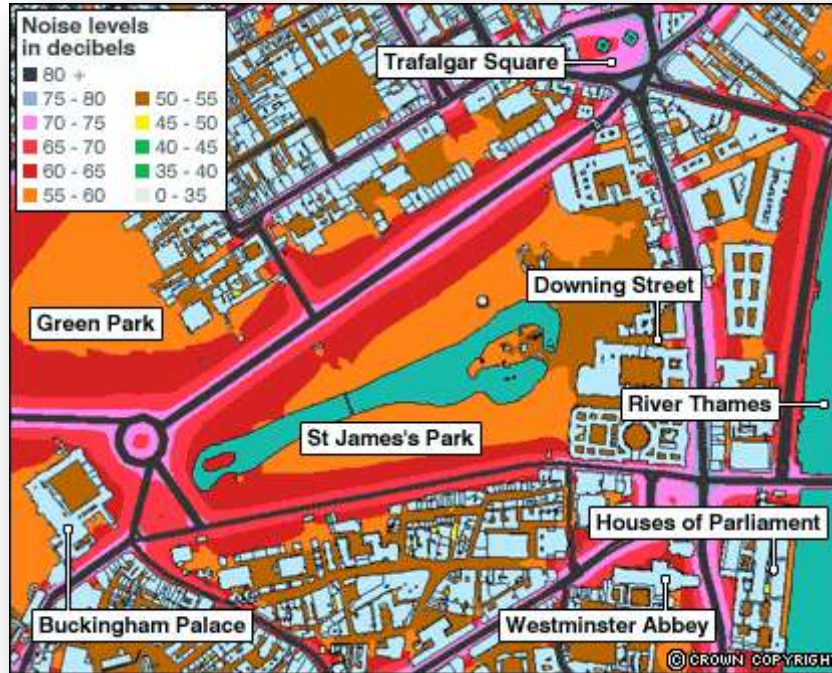
Ιδιαίτερα ανησυχητικές είναι η διαστάσεις της ηχορύπανσης στον Ελληνικό χώρο. Η Αθήνα, ο Πειραιάς, η Θεσσαλονίκη, η Πάτρα, το Ηράκλειο και η Λαμία κατατάσσονται σε ιδιαίτερα υψηλές θέσεις ανάμεσα στις Ευρωπαϊκές πόλεις με σημαντικά προβλήματα ηχορύπανσης. Συγκεκριμένα σε ημερίδα που διοργανώθηκε από τη Νομαρχία Πειραιά και το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας με θέμα "Επιπτώσεις της ηχορύπανσης στα αστικά κέντρα – αναγκαία μέτρα και παρεμβάσεις"(2008) παρουσιάστηκε έρευνα που δείχνει ότι : «περίπου 6 στους 10 κάτοικους της Αθήνας και του Πειραιά εκτίθενται καθημερινά σε στάθμη θορύβου 75 ντεσιμπέλ (θορυβώδης κατάσταση). Σε λεωφόρους με πυκνή κυκλοφορία, η μέση στάθμη θορύβου ξεπερνά τα 81 dB (απαράδεκτη κατάσταση), ενώ χαρακτηριστικά, η στάθμη θορύβου αγγίζει τα 79 dB (πολύ θορυβώδης κατάσταση) στην Λ. Κηφισού στο ύψος του Μοσχάτου και του Ν. Φαλήρου.»

Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι στην Ελλάδα υπάρχουν προεδρικά διατάγματα και νομοθεσίες, παρόμοια με αυτά των άλλων Ευρωπαϊκών Κρατών σχετικά με τα όρια του θορύβου και της ρύπανσης, δεν εφαρμόζονται ούτε στο κρατικό αλλά ούτε και στον ιδιωτικό τομέα. Για την ακρίβεια, ενώ οι περισσότερες διεθνής νομοθεσίες (και η Ελληνική) θέτουν σαν ανώτερη στάθμη θορύβου στους χώρους κατοικίας DNL level 45 dB(A) θεωρώντας σαν μέσο όρο τα 35 dB(A), στις Ελληνικές μεγαλουπόλεις επικρατούν επίπεδα 65-80 dB(A), τα οποία διαταράσσουν σοβαρά τον ύπνο και την ξεκούραση του οργανισμού. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε, σύμφωνα με έρευνα, ότι ένας στους τρεις Έλληνες πάσχει από ψυχολογικά προβλήματα εξαιτίας του θορύβου και άλλων περιβαλλοντικών αιτιών.

Εκτός από τις αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, ο θόρυβος έχει συντελέσει και στην περιβαλλοντική παρακμή των αστικών κέντρων της Ελλάδας και στην οικονομική υποβάθμιση πολλών περιοχών. Σε αντίθεση με τα περισσότερα αστικά κέντρα ανεπτυγμένων κρατών, όπου οι αξίες ακινήτων στα κέντρα είναι

πολύ μεγαλύτερα από τις αξίες ακινήτων στα προάστια, στην Αθήνα συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο φαινόμενο. Εξήγηση του φαινομένου αυτού, αποτελεί η έλλειψη περιβαλλοντικής προστασίας των Ελληνικών αστικών κέντρων, η οποία ωθεί τους ανθρώπους για αναζήτηση καλύτερων συνθηκών διαβίωσης στα προάστια.

Έχοντας λοιπόν όλα αυτά κατά νου και εξετάζοντας παράλληλα το κόστος και τις επιπτώσεις της περιβαλλοντικής υποβάθμισης στο τουρισμό, τις εμπορικές και πολιτιστικές σχέσεις με τα άλλα κράτη, την δυσμενή επίδραση σε αρχαιολογικούς χώρους και μνημεία, την ανθρώπινη υγεία και ποιότητα ζωής, διαπιστώνουμε πως μας είναι αδύνατο να αγνοήσουμε το πρόβλημα της ηχορύπανσης και κατ' επέκταση του αστικού θορύβου. Ήδη στο πλαίσιο της αξιολόγησης και διαχείρισης του περιβαλλοντικού θορύβου, η Κοινοτική Οδηγία (2002/49/EK, ΦΕΚ 384B /28.03.2006) υποχρεώνει τις Ευρωπαϊκές πόλεις, να εκπονήσουν ειδικούς χάρτες θορύβου, τα αποτελέσματα των οποίων θα κρίνονται και θα συγκρίνονται ανά τακτά διαστήματα από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, οι χάρτες που πρέπει να συνταχθούν αφορούν πολεοδομικά συγκροτήματα άνω των 250.000 κατοίκων, μεγάλους οδικούς άξονες, τον κύριο σιδηροδρομικό άξονα και το αεροδρόμιο «Ελευθέριος Βενιζέλος». Έχει ήδη ολοκληρωθεί η χαρτογράφηση του «Ελευθέριου Βενιζέλου» και των οδών Αττικής και Εγνατίας, ενώ παράλληλα, μέσω των προγραμμάτων του ΕΣΠΑ, το υπουργείο Περιβάλλοντος έχει προκηρύξει πέντε διαγωνισμούς για την εφαρμογή της Οδηγίας 2002/49/EK, οι οποίοι αφορούν τη χαρτογράφηση θορύβου σε δέκα μεγάλες πόλεις της χώρας (Πάτρα, Ηράκλειο Κρήτη, Λάρισα, Βόλος, Ιωάννινα, Αργίριο, Χανιά, Καβάλα και Κέρκυρα), ενώ θα ακολουθήσουν η Αττική και η Θεσσαλονίκη.



Εικόνα 1.1: Ειδικός χάρτης θορύβου για το κέντρο του Λονδίνου

1.3 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ

Ο ρόλος του αστικού πρασίνου στην πόλη θεωρείται πολυδιάστατος. Μέσα στα πλαίσια των χαρακτηριστικών της σύγχρονης πόλης, το πράσινο και οι ελεύθεροι χώροι που είναι διαθέσιμοι για τους πολίτες παύουν να έχουν εξωραϊστικό χαρακτήρα και αποκτούν μια σειρά από ζωτικούς ρόλους και λειτουργίες. Οι πράσινες αυτές γωνίες, θεωρούνται υψίστης σημασίας και αξίας, ιδιαίτερα σε ένα περιβάλλον εξαιρετικά επιβαρημένο, όπως αυτό μιας σύγχρονης πόλης. Μερικές από τις ανεκτίμητες υπηρεσίες του αστικού πρασίνου είναι η βελτίωση της ποιότητας του αέρα, καθώς λειτουργεί σαν φίλτρο για την σκόνη και τα αιωρούμενα σωματίδια των διαφόρων ρύπων ενώ παράλληλα συμβάλει στην μείωση της θερμοκρασίας στους καλοκαιρινούς μήνες. Επίσης, πέρα από το γεγονός ότι οι χώροι αστικού πρασίνου αποτελούν χώροι κοινωνικής συναναστροφής, το πράσινο «αποτελεί το σύνδεσμο του ανθρωπογενούς χώρου – της πόλης – με το φυσικό

περιβάλλον» [Κασσιός Κ., 2005], δίνοντας έτσι την δυνατότητα της επαφής του ανθρώπου με την φύση.

1.3.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΣΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

Πολύ σημαντικός και άμεσα αντιληπτός στο κοινό είναι ο κοινωνικός ρόλος του πρασίνου στην πόλη, εφόσον συντελεί άμεσα στην μείωση του θορύβου. Ο θόρυβος έχει γίνει ένα πρόβλημα που μεγαλώνει καθημερινά. Οφείλεται στην αστικοποίηση και τη διάδοση της τεχνολογίας και εξαπλώνεται στους εξωτερικούς ελεύθερους χώρους. Η δυνατότητα της χρησιμοποίησης της βλάστησης και άλλων μορφολογικών στοιχείων του τοπίου για τη μείωση του θορύβου αξίζει να προσεχθεί ιδιαίτερα. Ο ήχος εξασθενεί όταν τα κύματα του απορροφώνται από τον αέρα ή από διάφορα αντικείμενα, και διασπάται όταν τα κύματα έρχονται σε επαφή με κάποιο αντικείμενο που τα στέλνει σε διαφορετική κατεύθυνση.

Η ικανότητα των φυτών να ελέγχουν τον ήχο καθορίζεται από την ένταση, τη συχνότητα και την κατεύθυνση του ήχου, όπως επίσης από τη θέση, το ύψος, το πλάτος και την πυκνότητα των φυτών.

Άλλος παράγοντας, που επηρεάζει σημαντικά το θόρυβο στο τοπίο, είναι το μικροκλίμα και ειδικότερα η κατεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου, η θερμοκρασία και η υγρασία. Η βλάστηση δίνει καλύτερα αποτελέσματα όταν χρησιμοποιείται για να ελαττώνει ενοχλητικούς ήχους υψηλής συχνότητας. Φυτικοί φράκτες πλάτους 10 – 15 μέτρα, μπορούν να ελαττώσουν τέτοιους ήχους κατά 10 έως 20 dB, αλλά όχι ήχους χαμηλής συχνότητας. Συγκεκριμένα «σύμφωνα με μετρήσεις των Rober & Kara Atseu που έγιναν στην Σόφια της Βουλγαρίας, παρατήρησαν μείωση των επιπέδων του θορύβου στον αστικό χώρο κατά 0.17 dB ανά τετραγωνικό μέτρο δενδρώδους επιφάνειας». [Κασσιός Κ., 2005] Επίσης, μεγάλα πεύκα ή έλατα που σχηματίζουν συστάδες πλάτους 15 – 30 μέτρων, μειώνουν ήχους χαμηλής συχνότητας, όπως της κυκλοφορίας οχημάτων, μέχρι 10

dB. Οι ήχοι πολύ χαμηλής συχνότητας που είναι οι δυσκολότεροι να μειωθούν, αλλά ευτυχώς οι λιγότεροι ενοχλητικοί, δεν επηρεάζονται από τα φυτά. Ωστόσο, φυτικές μάζες ενός μόνο είδους φυτού, δεν είναι τόσο αποτελεσματικές, όσο μάζες με ποικιλία ειδών, λόγω της διαφορετικής ικανότητας των διαφόρων φυτών στη μείωση χαμηλών, μέσων και υψηλών συχνοτήτων.

Τα πιο αποτελεσματικά φυτά από τα αειθαλή, που παρέχουν προστασία από το θόρυβο όλο το χρόνο, είναι όλα τα είδη των ελάτων και των πεύκων. Λιγότερο πυκνά αειθαλή δεν είναι αποτελεσματικά. Από τα φυλλοβόλα πιο αποτελεσματικά είναι δέντρα που το φύλλωμα τους αρχίζει χαμηλά από την βάση του κορμού και είναι σχετικά πυκνό. Εκτός από τα δέντρα και τους θάμνους, η παρουσία χλοοτάπητα ή άλλων φυτών εδαφοκάλυψης μειώνει αποτελεσματικά τον ήχο σε σύγκριση με επιφάνειες επίστρωσης με κάποιο σκληρό υλικό. Το μέγεθος και η πυκνότητα των φυτικών φρακτών παίζουν σημαντικό ρόλο στον έλεγχο του ήχου. Οι φράκτες πρέπει να έχουν πλάτος τουλάχιστον 7 μέτρων για να φέρουν αποτελέσματα και ύψος αρκετό για να περιορίσουν τη διάδοση του ήχου πάνω από τις κορυφές τους.

1.3.2 Η ΑΘΗΝΑ ΚΑΙ ΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΠΡΑΣΙΝΟ

Στην Αθήνα, η άναρχη ανάπτυξη της αλλά και η ενδοτικότητα των διοικούντων στις κερδοσκοπικές αξιώσεις των ιδιοκτητών γης, την οδήγησε στη σημερινή «έρημο του μπετού». Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι η εγκατάλειψη και η υποβάθμιση του αστικού πρασίνου, καθιστώντας τελικά την παρουσία του ιδιαίτερα ανεπαρκή.

Δεν είναι τυχαίο άλλωστε το γεγονός, ότι η Αθήνα είναι η πρώτη στην λίστα των ευρωπαϊκών πόλεων με την μικρότερη αναλογία αστικού πρασίνου ανά κάτοικο (μόλις 2.5 m²), κατέχοντας την πρωτιά του να είναι η πόλη με τις λιγότερες πλατείες, πάρκα, ανοικτούς χώρους, χώρους πρασίνου γενικότερα.

Πόλη	m ² πρασίνου/κάτοικο
Αθήνα	2.6
Λονδίνο	9
Παρίσι	8.5
Ρώμη	9
Ουάσιγκτον	50
Βαρσοβία	18

Πίνακας 1.1 : Αναλογία m² πρασίνου/ κάτοικο σε διάφορες πόλεις

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στην Αθήνα συγκεντρώνεται το 40% περίπου του Ελληνικού πληθυσμού σε μια έκταση περίπου 3.800.000 στρεμμάτων, ίση με το 3% της Ελλάδος. Πέρα όμως από αυτά, την τελευταία εικοσαετία, έρευνες που έγιναν στο λεκανοπέδιο της Αθήνας έδειξαν ότι υπάρχουν έντονες κλιματικές διαφοροποιήσεις άμεσα συνδεδεμένες με τις χρήσεις γης. Τις πιο έντονες, τοπικού χαρακτήρα μικροκλιματικές αλλαγές, που είναι ιδιαίτερα σημαντικές στην κεντρική περιοχή της Αθήνας, προκαλούν το μεγάλο ποσοστό καλυπτόμενης επιφάνειας και η πυκνή και μεγάλου ύψους δόμηση.

Συνεπώς η απλή παρουσία χώρων πρασίνου στην πόλη της Αθήνας είναι πολύ σημαντική. Εν ολίγοις, εκτός από τους περιαστικούς ορεινούς όγκους, τα δάση και το παράκτιο μέτωπο που έχει ήδη μη αντιστρεπτή υποβάθμιση, η μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας φιλοξενεί λίγους αλλά σημαντικούς χώρους πρασίνου. Το Πεδίον του Άρεως, το πάρκο Ριζάρη, το πάρκο Ελευθερίας, το άλσος Φιλοπάππου, το άλσος Νέας Φιλαδέλφειας, το κτήμα Συγγρού, το άλσος Γουδί, ο Αρδήςτος και βέβαια το Ζάππειο και ο Εθνικός Κήπος είναι ίσως οι πιο γνωστοί χώροι ανάσας για την πόλη. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, θα μελετηθεί η συμβολή του Πεδίου Άρεως, στην απόσβεση του περιβαλλοντικού/κυκλοφοριακού θορύβου στην ευρύτερη περιοχή όπου και ανήκει.

1.4 ΠΕΔΙΟΝ ΤΟΥ ΑΡΕΩΣ – ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, το Πεδίον του Άρεως διαμορφώθηκε ως κοινόχρηστο άλσος των Αθηνών. Σήμερα, αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα δημόσια άλση της πρωτεύουσας, γύρω από το οποίο υφίστανται η ομώνυμη συνοικία της Αθήνας. Σχεδιάστηκε το 1934 με σκοπό να τιμηθούν οι Ήρωες της Επανάστασης του 1821, γι' αυτό και είναι διακοσμημένο με τις μαρμάρινες προτομές των 21 ηρώων κατά μήκος της λεγόμενης οδού Αγωνιστών του 21. Η διαμόρφωση του άλσους έγινε στα πρότυπα της προπολεμικής γαλλικής κηποτεχνίας, με κυριότερο χαρακτηριστικό ένα ευρύ δίκτυο ασφαλοστρωμένων γραμμικών αξόνων και μικρών δρομίσκων.

Το άλσος αυτό έχει έκταση 277 στρέμματα (27.7 εκτάρια) μαζί με το λόφο Φινόπουλου. Αν και στην πρώτη του μορφή ήταν το μεγαλύτερο αστικό πάρκο των Αθηνών, ανάμεσα στις οδούς Μαυρομματαίων, Ευελπίδων, Πριγκιπονήσων και Λεωφόρου Αλεξάνδρας, η μετέπειτα χάραξη της οδού Μουστοξύδη σε συνδυασμό με τις παράνομες επεκτάσεις του Πανελληνίου Γυμναστικού Συλλόγου οδήγησε σε σημαντική μείωση της αρχικής του έκτασης. Στην είσοδο του άλσους, στην συμβολή, βρίσκεται έφιππος ανδριάντας του στρατηλάτη Βασιλιά Κωνσταντίνου Α'. Στην πλευρά επί της Λεωφόρου Αλεξάνδρας υπάρχει το μνημείο των πεσόντων Αγγλων, Αυστραλών και Νεοζηλανδών με το άγαλμα της Αθηνάς πάνω σε ψηλό βάθρο. Επίσης εντός του άλσους βρίσκονται και άλλα μνημεία όπως του Ιερού λόχου και άλλων επιφανών. Στην βορειοδυτική πλευρά του πάρκου, βρίσκονται οι εγκαταστάσεις της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού καθώς και οι αθλητικές εγκαταστάσεις του Πανελληνίου. Τέλος, στο εσωτερικό του πάρκου υπάρχουν επιπλέον, δυο ναοί, τρεις παιδικές χαρές (δυο περιφραγμένες και μια ανοικτή), το κτίριο του θεάτρου «Άλσος» (πρώην «Οικονομίδη») και το ανοικτό αμφιθέατρο «Αλίκη», που χρησιμοποιείται ενίοτε για παραστάσεις, εκδηλώσεις ή συναυλίες.[ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ]

Από τον Απρίλιο του 2008 άρχισαν εργασίες για ριζική ανάπλαση του πάρκου. Στόχος του νέου σχεδιασμού είναι η αύξηση του πρασίνου και της λειτουργικότητας του. Το έργο της ανάπλασης, υπό τις οδηγίες του αρχιτέκτονα Αλέξανδρου Τομπάζη, παραδόθηκε τις 28 Δεκεμβρίου 2010. Το έργο καλύπτει περίπου 250 στρέμματα του πάρκου και στοίχισε 9.663.990 ευρώ, με χρηματοδότηση από το Γ' Κ.Π.Σ. και από εθνικούς πόρους. Στα πλαίσια της ανάπλασης, φυτεύτηκαν 1.200 δένδρα 50.000 ανθόφυτα, 7.500 θάμνοι και 2.500 τριανταφυλλιές, ενώ προστέθηκαν 9 στρέμματα χλοοτάπητα και 8 στρέμματα με φυτά εδαφοκάλυψης. Παράλληλα, ξηλώθηκαν 22.650 m² ασφάλτου στις παλιές διαδρομές και στην θέση της μπάκε χώμα ενώ σε ορισμένα τμήματα τοποθετήθηκαν 8.300 m² μαρμαροκυβόλιθοι και 3.800 m² γρανιτοκυβόλιθοι. Το μεγαλύτερο μέρος του έργου που υλοποιήθηκε αφορά σε βασικά έργα υποδομής, όπως τα χιλιόμετρα υπόγειων δικτύων άρδευσης, αποχέτευσης, συλλογής όμβριων υδάτων και ηλεκτροδότησης καθώς σημαντικές επεμβάσεις έγιναν και στο φωτισμό του χώρου. Σε γενικές γραμμές, η ανάπλαση, επέφερε στο Πεδίο του Άρεως μια πιο «πράσινη» εικόνα καθιστώντας το επάξια σε ένα από τους σημαντικότερους πράσινους πνεύμονες της Αθήνας.



Εικόνα 1.2 : Το κεντρικό σιντριβάνι στο Πεδίο του Άρεως

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ακουστική είναι η διεπιστημονική επιστήμη που ασχολείται με την μελέτη όλων των μηχανικών κυμάτων σε αέρια, υγρά και στερεά, συμπεριλαμβανομένων των ήχων, κραδασμών και υπέρηχων. Η εφαρμογή της ακουστικής μπορεί να περιληφθεί σε όλες σχεδόν τις πτυχές της σύγχρονης κοινωνίας με πιο προφανή την βιομηχανία ελέγχου ήχου και θορύβου. Εμείς θα ασχοληθούμε με ήχους που συναντάμε στην καθημερινή μας ζωή και είναι αυτοί που διαδίδονται στον αέρα.

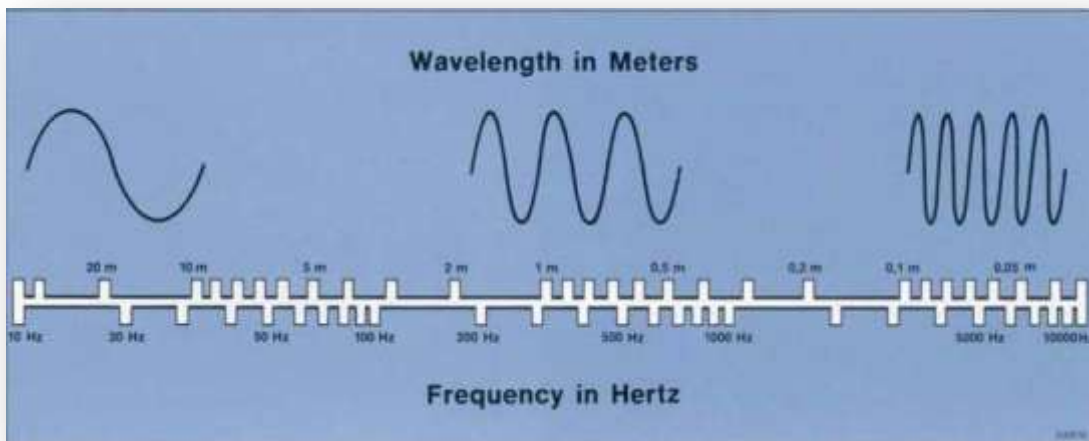
2.2 ΗΧΟΣ

Ο ήχος ή διαφορετικά τα ηχητικά κύματα προκαλούνται από την περιοδική μεταβολή της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα, της οποίας η συχνότητα είναι ικανή να ερεθίζει το αισθητήριο της ακοής και να προκαλεί το αντίστοιχο αίσθημα. Οι ήχοι διακρίνονται σε απλούς και σύνθετους. Στον απλό ήχο η μεταβολή της πίεσης του αέρα είναι αρμονική συνάρτηση του χρόνου, ενώ στο σύνθετο ήχο η μεταβολή της πίεσης είναι μεν περιοδική, αλλά όχι αρμονική. Στο θόρυβο η μεταβολή της πίεσης δεν είναι περιοδική.

2.2.1 ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Για να διαδοθεί ο ήχος, είναι απαραίτητη η παρουσία ύλης, στο κενό δηλαδή η διάδοση του ήχου είναι αδύνατη. Επομένως, η διάδοση του ήχου μπορεί να γίνει διαμέσου στερεών αλλά και ρευστών (υγρών και αερίων). Από μετρήσεις προκύπτει ότι η ταχύτητα του ήχου στα υγρά είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα μέσα στα αέρια και ακόμη μεγαλύτερη μέσα στα στερεά. Για παράδειγμα, η ταχύτητα του ήχου στο νερό είναι περίπου 1.5 km/h ενώ στο χάλυβα είναι 5 km/h. Γενικά, σε κάθε μέσο διάδοσης τα ηχητικά κύματα έχουν σταθερή ταχύτητα. Στον αέρα η ταχύτητα αυτή είναι περίπου 340 m/sec. Από την κυματική θεωρία γνωρίζουμε ότι η ταχύτητα ενός κύματος είναι το γινόμενο της συχνότητας επί το μήκος κύματος. Επομένως,

$$\text{μήκος κύματος} = \frac{\text{ταχύτητα του ήχου}}{\text{συχνότητα}}$$



Σχήμα 2.1 : Σχέση ανάμεσα στο μήκος κύματος και την συχνότητα του ήχου

2.2.2 ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Περίοδος (T) ηχητικού κύματος είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται, ώστε η εικόνα του ηχητικού κύματος να προχωρήσει κατά ένα ακριβώς μήκος κύματος.

Συχνότητα (f) είναι το αντίστροφο της περιόδου και δείχνει το ρυθμό με τον οποίο πάλλονται τα σωματίδια του αέρα. Μονάδα μέτρησης της συχνότητας το Hertz (Hz). Από την συχνότητα εξαρτάται το ύψος/οξύτητα του ήχου, δηλαδή το χαρακτηριστικό γνώρισμα που επιτρέπει να διακρίνεται αν ένας ήχος είναι οξύς ή βαρύς. Η ζώνη συχνοτήτων ομιλίας είναι από 500 Hz έως 2.000 Hz. Το ανθρώπινο αυτί είναι περισσότερο ευαίσθητο στις συχνότητες από 2.000 Hz έως 5.000 Hz. Ήχοι με συχνότητα κάτω από 16 Hz δεν είναι ακουστοί και ονομάζονται *υπόηχοι*, ενώ ήχοι με συχνότητα επάνω από 20.000 Hz δεν είναι ακουστοί και ονομάζονται *υπέρηχοι*.

$$f = \frac{1}{T}, \text{ σε Hz}$$

Οι ήχοι οι οποίοι αποτελούνται από μία μόνο συχνότητα ονομάζονται *μονοσυχνωτικοί* (pure tone). Στην πραγματικότητα, στην φύση σπάνια συναντιούνται τέτοιοι ήχοι και οι περισσότεροι αποτελούνται από τη σύνθεση πολλών κυμάτων με διαφορετική συχνότητα, παράγοντας έτσι ένα παραμορφωμένο ημιτονικό σήμα.

Ένταση του ήχου είναι η ισχύς που μεταφέρεται από το ηχητικό κύμα ανά μονάδα επιφάνειας του μετώπου κύματος. Αν W είναι η ισχύς, F είναι η επιφάνεια του μετώπου κύματος, τότε η ένταση I του ήχου είναι :

$$I = \frac{W}{F}$$

όπου I = ένταση του ήχου [Watt/m^2]

W = ισχύς [Watt]

F = επιφάνεια μετώπου του κύματος [m^2]

Σε συχνότητα 1.000 Hz η ελάχιστη ένταση που είναι ακουστή από τον άνθρωπο, ισούται με $2.5 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$ (κατώφλι ακουστικότητας). Δεν υπάρχει άνω όριο για την ένταση του ήχου που είναι ακουστός. Ωστόσο, ένταση μεγαλύτερη από 1 W/m^2 προκαλεί πόνο (κατώφλι πόνου).

Στάθμη ήχου (ένταση, πίεση, ισχύος): Λόγο της πολύ μεγάλης διαφοράς που υπάρχει ανάμεσα στο κατώφλι ακουστικότητας και στο κατώφλι πόνου, για τη μέτρηση του ήχου χρησιμοποιείται κλίμακα, που βασίζεται στο δεκαδικό λογάριθμο του λόγου του μετρηθέντος μεγέθους (έντασης, πίεσης, ισχύος) προς το μέγεθος αναφοράς.

Στάθμη Ηχητικής Έντασης: Η μονάδα μέτρησης της Στάθμης Ηχητικής Έντασης είναι το decibel (dB) και είναι αδιάστατο μέγεθος. Η σχέση μεταξύ της έντασης του ήχου I που εκφράζεται σε W/m^2 και της στάθμης έντασης ήχου L που εκφράζεται σε dB είναι η ακόλουθη:

$$L_I = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}, \text{ σε dB}$$

όπου $I_0 = 1.10^{-12} \text{ W/m}^2$, η ελάχιστη ένταση που γίνεται αντιληπτή από τον άνθρωπο

Στην ένταση 1.10^{-12} W/m^2 αντιστοιχούν 0 dB και σε δεκαπλάσια, 10 dB. Το κατώφλι ακουστότητας $2.5 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$ αντιστοιχεί σε 4 dB, ενώ το κατώφλι πόνου 1 W/m^2 αντιστοιχεί σε 120 dB.

Στάθμη Ηχητικής Πίεσης (ή πλάτος ηχητικής πίεσης): Αποτελεί ίσως την πιο σημαντική ποσότητα μέτρησης του ήχου. Για τον υπολογισμό του αδιάστατου μεγέθους της Στάθμης Ηχητικής Πίεσης, χρησιμοποιείται η πιο κάτω σχέση:

$$L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0}, \text{ σε dB}$$

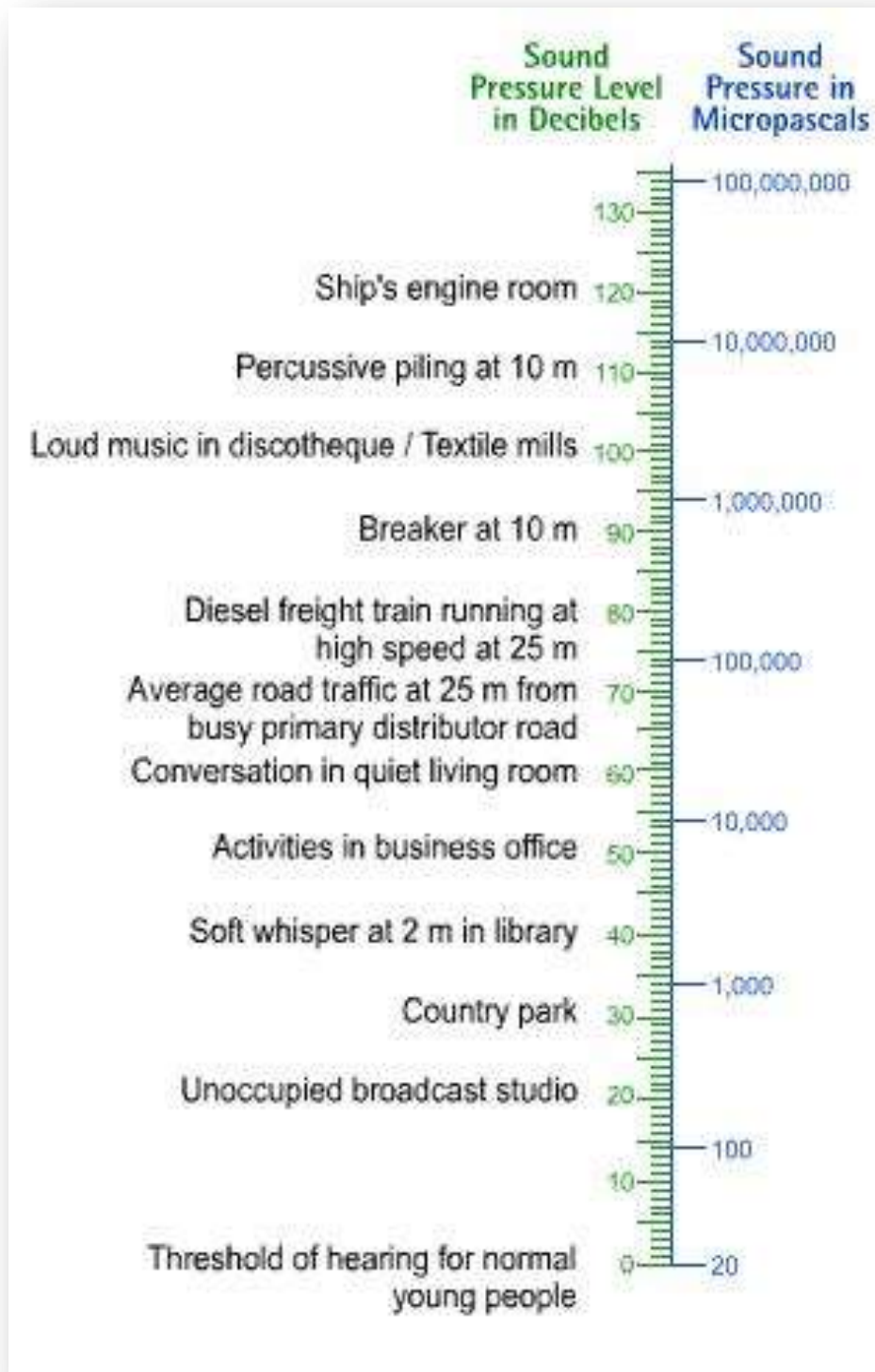
όπου $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2 = 20 \text{ } \mu\text{Pa}$ η πίεση αναφοράς

Στάθμη Ηχητικής Ισχύος: Μονάδα μέτρησης της Στάθμης Ηχητικής Ισχύος είναι το decibel (dB) και για την μέτρηση της χρησιμοποιείται το αδιάστατο μέγεθος:

$$L_W = 10 \cdot \log \frac{W}{W_0}, \text{ σε dB}$$

όπου $W_0 = 10^{-12} \text{ w}$ η ισχύς αναφορά που αντιστοιχεί στην I_0

Ο λογάριθμος χρησιμοποιείται διότι το όργανο της ακοής λειτουργεί σε λογαριθμική κλίμακα, δηλαδή ίσες μεταβολές στην αντίληψη ενός φυσικού ακουστικού μεγέθους αντιστοιχούν σε ίσες μεταβολές του λόγου και όχι της διαφοράς του φυσικού μεγέθους. Με άλλα λόγια, η ανθρώπινη αντίληψη της έντασης του ήχου με την ακουστική πίεση δεν είναι γραμμική, δηλαδή διπλασιασμός της ακουστικής πίεσης δε συνεπάγεται ότι ο άνθρωπος θα ακούσει ήχο διπλάσιας έντασης. Επομένως, αν μετρούσαμε την ένταση σε Pascal δε θα είχαμε εικόνα για την ένταση του ήχου που αντιλαμβανόμαστε. Γι' αυτό το λόγο επιλέχθηκε μια λογαριθμική κλίμακα, η οποία εκφράζει τον ήχο σε decibel (dB). Τέλος, ο συντελεστής «10» χρησιμοποιείται για να επιτύχουμε ακέραιους αριθμούς.



Σχήμα 2.2 : Σχέση μεταξύ Pascal και decibel

2.2.3 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου που σχετίζονται με την απόκριση του ανθρώπου σε αυτό είναι το *ύψος*, η *χροιά* και η *ακουστότητα*.

Το *ύψος* συνδέεται με την υποκειμενική αντίληψη της συχνότητας. Όταν ακούσουμε διαδοχικά δυο ήχους, με διαφορετικές συχνότητες, λέμε ότι αυτοί οι ήχοι έχουν διαφορετικό ύψος. Άρα ύψος θα ονομάσουμε το γνώρισμα εκείνο, που μας επιτρέπει να κρίνουμε αν ένας ήχος είναι *οξύς* ή *βαρύς*, δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα, τόσο οξύτερος είναι ο ήχος. Έτσι όσο γρηγορότερα περιστρέψουμε για παράδειγμα μια σειρήνα, τόσο μεγαλύτερη γίνεται η συχνότητα του ήχου που παράγεται και τόσο οξύτερος ακούγεται ο ήχος.

Η *ακουστότητα* συνδέεται με την υποκειμενική αντίληψη της στάθμης του ήχου. Αν ακούσουμε διαδοχικά δυο ήχους της ίδιας συχνότητας αλλά διαφορετικής εντάσεως, σχηματίζουμε την εντύπωση δυο ήχων, του ίδιου ύψους αλλά διαφορετικής ακουστότητας. Άρα, ακουστότητα είναι εκείνο το υποκειμενικό γνώρισμα που μας επιτρέπει να χαρακτηρίσουμε έναν ήχο σας *ασθενή* ή *ισχυρό*, δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ήχου, τόσο πιο ισχυρή είναι η ακουστότητα.

Η *χροιά* συνδέεται με τον υποκειμενικό διαχωρισμό δυο ήχων, της *ίδιας έντασης* και *συχνότητας*, αλλά που προέρχονται από δυο διαφορετικά μουσικά όργανα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να προκαλούνται διαφορετικά αισθήματα, από τα οποία μπορούμε να διακρίνουμε τα όργανα από τα οποία αυτοί προέρχονται.

2.2.4 ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Ο ήχος, σαν διάμηκες κύμα, παρουσιάζει όλα τα φαινόμενα που γνωρίζουμε στην κυματική, εκτός από την πόλωση. Από αυτά τα φαινόμενα, ιδιαίτερη σημασίας για την διάδοση του θορύβου είναι η *ανάκλαση*, η *περίθλαση* και η *διάχυση*.

Ανάκλαση: Όταν ο ήχος, κατά την διάδοση του συναντήσει επιφάνεια αρκετά μεγαλύτερη από το μήκος κύματος του, τότε ένα μέρος του ανακλάται με τη γωνία που προσπίπτει να είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης του. Ένα μικρότερο μέρος του μετατρέπεται σε θερμότητα αφού πρώτα διεγείρει τα μόρια του υλικού. Οπότε, μετά από κάθε ανάκλαση, η ενέργεια του κύματος μειώνεται και έτσι πρακτικής σημασίας έχει η μελέτη των πρώτων ανακλάσεων. Το ποσοστό που θα μετατραπεί σε ενέργεια έχει να κάνει με την φύση του υλικού.

Περίθλαση: Είναι και αυτή ένα είδος ανάκλασης, με την διαφορά ότι η ανακλαστική επιφάνεια έχει διαστάσεις συγκρίσιμες με αυτές του μήκους κύματος. Σε αυτήν τη περίπτωση, στα όρια της επιφάνειας (ακραία σημεία) δημιουργούνται δευτερογενείς ηχητικές πηγές ίδιας συχνότητας με την αρχική. Για παράδειγμα, λόγω περιθλάσεως, ακούμε ήχο που παράγεται μέσα σε αίθουσα, όταν βρισκόμαστε στο δρόμο, έστω και αν το ανοικτό παράθυρο δεν βρίσκεται στην ευθεία που ενώνει την ηχητική πηγή με το αυτί μας. Αυτές βεβαίως οι δευτερογενείς ηχητικές πηγές, είναι ανεπιθύμητες και προσπαθούμε να τις εξαλείψουμε.

Διάθλαση: Όταν ο ήχος διαδίδεται δια μέσου στρωμάτων αέρα, στα οποία η ταχύτητα διαδόσεως του μεταβάλλεται, τότε παύει να διαδίδεται ευθύγραμμα, δηλαδή διαθλάται. Παράδειγμα διαθλάσεως έχουμε στην περίπτωση στην οποία λόγο διαφορετικής θερμοκρασίας των στρωμάτων του αέρα, προκαλούνται αυτές οι διαφορές ταχυτήτων. Αποτέλεσμα αυτού, είναι το γεγονός ότι κωδωνοκρουσίες, από μεγάλες αποστάσεις, άλλοτε είναι αντιληπτές και άλλοτε όχι ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες.

2.3 ΘΟΡΥΒΟΣ

Θόρυβος θεωρείται κάθε ενοχλητικός ή ανεπιθύμητος ήχος. Η απόκριση του ανθρώπου στο θόρυβο είναι υποκειμενική και πολύπλοκη. Ο ίδιος θόρυβος μπορεί να είναι ενοχλητικός ή όχι σε διαφορετικά άτομα, διαφορετικές ώρες και διαφορετικούς χώρους. Μπορεί να προκληθεί σε καθημερινό επίπεδο: στους χώρους εργασίας, στους δρόμους, στα σπίτια, στους χώρους διασκέδασης, αλλά ακόμη και στον ύπνο μας. Η ρύπανση η οποία προέρχεται από τους θορύβους και αποτελεί για την εποχή μας, μία από τις πιο σοβαρές και ύπουλες απειλές για τον κίνδυνο της υγείας μας, ονομάζεται **Ηχορύπανση**.

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

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

2.3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ

Ο θόρυβος αποτελεί ένα πολύπλοκο συνδυασμό απλών ήχων. Για να προσδιοριστεί η κατανομή του θορύβου στις διάφορες ζώνες συχνοτήτων, γίνεται χρήση κατάλληλων οργάνων, που είναι εφοδιασμένα με σειρά ηλεκτρικών φίλτρων. Κάθε ένα από τα φίλτρα αυτά επιτρέπει τη διέλευση μόνο των συχνοτήτων που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένη ζώνη, και απορρίπτει όλες τις υπόλοιπες συχνότητες. Τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται συνήθως σε προβλήματα Δομικής Ακουστικής είναι φίλτρα οκτάβας ή τρίτου οκτάβας.

Για τα φίλτρα αυτά υπάρχει σταθερή σχέση μεταξύ κατώτερου και ανώτερου ορίου συχνότητας για κάθε διάστημα και συγκεκριμένα ισχύει :

$$\text{για το φίλτρο οκτάβας : } f_a = 2 f_k$$

$$\text{για το φίλτρο τρίτου οκτάβας : } f_a = (2 f_k)^{1/3}$$

όπου f_a και f_k τα αντίστοιχα ανώτερα και κατώτερα όρια που καθορίζουν το πλάτος του διαστήματος συχνοτήτων

Διάστημα δυο ήχων είναι το πηλίκο των συχνοτήτων των δυο ήχων. Αν f_1 και f_2 (όπου $f_1 < f_2$) οι συχνότητες δυο ήχων, τότε το διάστημα δ είναι:

$$\delta = \frac{f_2}{f_1}$$

Τα διαστήματα που χρησιμοποιούνται, κατά κανόνα, είναι:

- οκτάβα (octave $\rightarrow \delta=2$)
- μισή οκτάβα (half octave $\rightarrow \delta=2^{1/2}$)
- τρίτο οκτάβας (third octave $\rightarrow \delta=2^{1/3}$)

Κάθε ζώνη συχνοτήτων από f_1 έως f_2 που έχει διάστημα οκτάβας καλείται ζώνη οκτάβας (octave band). Αντιστοίχως ορίζονται οι ζώνες μισής οκτάβας (half octave band) και τρίτου οκτάβας (third octave band).

Κεντρική Συχνότητα (f_M) μιας ζώνης συχνοτήτων από f_1 έως f_2 είναι ο γεωμετρικός μέσος των οριακών τιμών της ζώνης, δηλαδή:

$$f_M = (f_1 * f_2)^{1/2}$$

Κάθε ζώνη συχνοτήτων χαρακτηρίζεται και προσδιορίζεται από το διάστημα δ και την κεντρική συχνότητα f_M

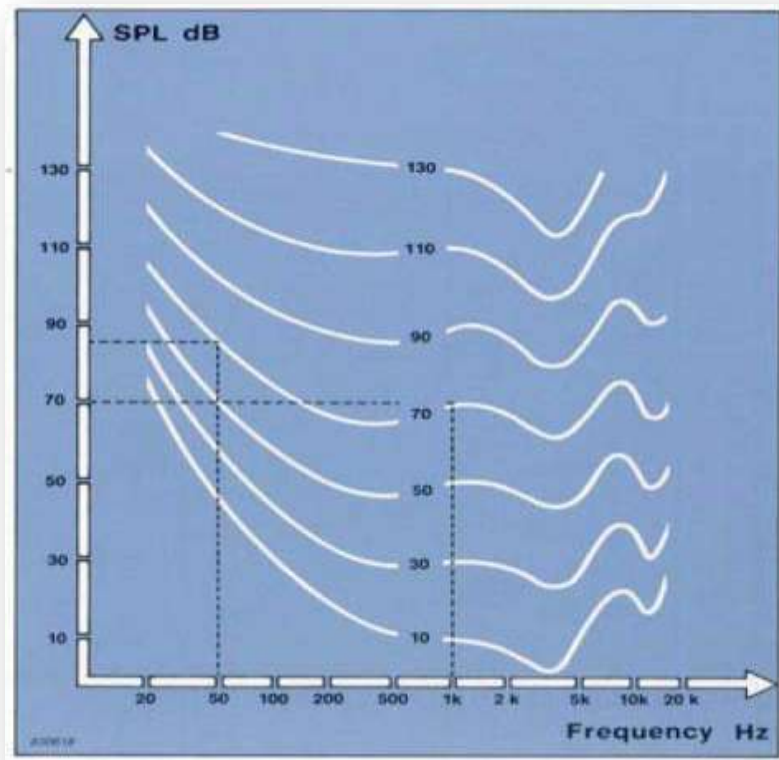
Οι κεντρικές συχνότητες ζωνών οκτάβας και τρίτου οκτάβας, που χρησιμοποιούνται στις ακουστικές μετρήσεις, αναγράφονται στο Πίνακα που ακολουθεί :

Οκτάβα			Τρίτο οκτάβας		
κατώτερο όριο ζώνης	κεντρική συχνότητα	ανώτερο όριο ζώνης	κατώτερο όριο ζώνης	κεντρική συχνότητα	ανώτερο όριο ζώνης
11	16	22	14.1	16	17.8
			17.8	20	22.4
			22.4	25	28.2
22	31.5	44	28.2	31.5	35.5
			35.5	40	44.7
			44.7	50	56.2
44	63	88	56.2	63	70.8
			70.8	80	89.1
			89.1	100	112
88	125	177	112	125	141
			141	160	173
			178	200	224
177	250	355	224	250	282
			232	315	355
			355	400	447
355	500	710	447	500	562
			562	630	708
			708	800	891
710	1000	1420	891	1000	1122
			1122	1250	1413
			1413	1600	1778

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 : Όρια και κεντρικές συχνότητες των οκταβικών και τριτοκταβικών ζωνών

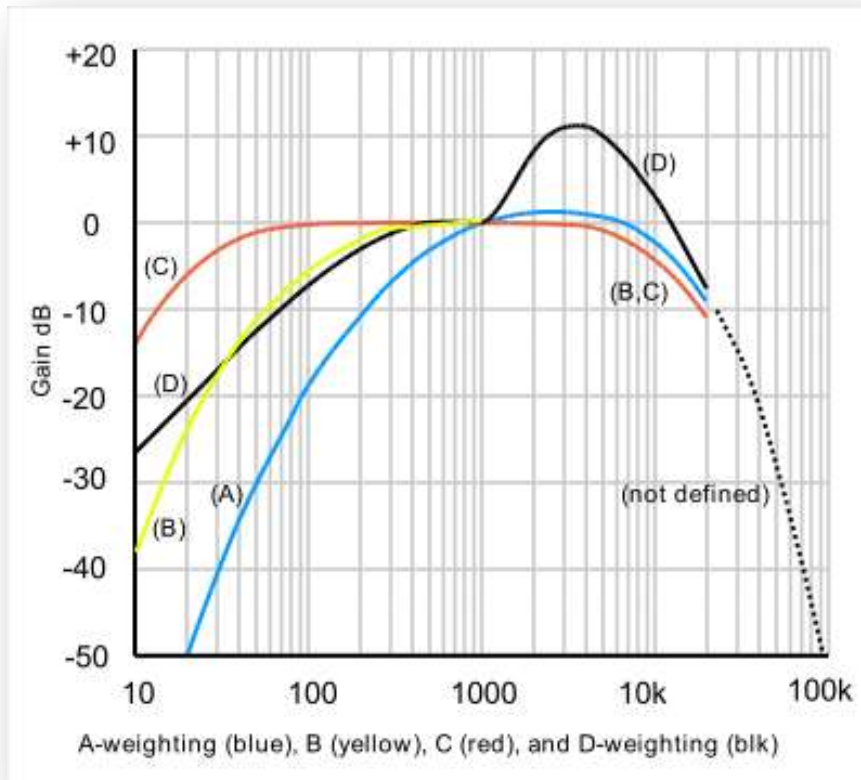
2.3.2 Α-ΣΤΑΘΜΗ ΘΟΡΥΒΟΥ (L_A)

Ένας ήχος υψηλής συχνότητας (όπως ο ήχος μιας μοτοσυκλέτας που κινείται με μεγάλη ταχύτητα) μπορεί να καταγράφει την ίδια στάθμη L με έναν ήχο χαμηλής συχνότητας (όπως ο ήχος ενός εμπορικού οχήματος που κινείται με μικρή ταχύτητα). Ωστόσο, είναι γνωστό ότι η ενόχληση που οφείλεται στο θόρυβο μιας μοτοσυκλέτας είναι μεγαλύτερη από αυτή που προκαλεί το εμπορικό όχημα. Οι δυο ενοχλήσεις είναι διαφορετικές επειδή η ανθρώπινη ακοή είναι περισσότερο ευαίσθητη σε ήχους με υψηλή συχνότητα παρά σε ήχους με χαμηλή συχνότητα. Η υποκειμενική αντίληψη της έντασης του ήχου εξαρτάται από μια σειρά από παράγοντες. Ένας από αυτούς είναι η συχνότητα. Ο άνθρωπος παρουσιάζει διαφορετική ευαισθησία όσον αφορά την ένταση του ήχου.



Σχήμα 2.3 : Απεικονίζονται οι καμπύλες που ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται την ίδια ένταση ήχου ανά συχνότητα.

Για τον λόγο αυτό έχουν οριστεί διεθνώς μια σειρά από φίλτρα τα οποία προσομοιάζουν την υποκειμενική αντίληψη του ήχου, τα: *A*, *B*, *C* και *D* φίλτρα. Η *A*-σταθμισμένη ηχοστάθμη προσαρμόζει τις τιμές των dB αναφορικά με την ευαισθησία του ανθρώπινου αυτιού σε κάθε ζώνη συχνοτήτων και χρησιμοποιείται ευρέως.



Σχήμα 2.4 : Σταθμιστικές Καμπύλες *A*, *B*, *C* και *D*

Η καμπύλη αυτή δίνει τη μεταβολή της σχετικής απόκρισης (relative response), δηλαδή της διόρθωσης στάθμης ήχου, σε σχέση με τη συχνότητα του. Η τροποποιημένη σύμφωνα με τη σταθμιστική καμπύλη *A*, στάθμη ήχου λέγεται *A*-στάθμη ήχου (L_A) και εκφράζεται σε $dB(A)$. Η παράμετρος L_A είναι εύκολο να μετρηθεί με απλά χαμηλού κόστους και εύχρηστα όργανα. Χρησιμοποιείται συχνά για να καθοριστεί η επιθυμητή στάθμη θορύβου σε διάφορους χώρους, για την

μέτρηση και τον καθορισμό της στάθμης κυκλοφοριακού και γενικότερα περιβαλλοντικού θορύβου. Τιμές για τη σταθμιστική καμπύλη A δίνονται στο Πίνακα που ακολουθεί.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	ΚΑΜΠΥΛΗ A dB(A)	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	ΚΑΜΠΥΛΗ A dB(A)
20	-50.5	800	-0.8
25	-44.7	1000	0
31.5	-39.4	1250	0.6
40	-34.6	1600	1
50	-30.2	2000	1.2
63	-26.2	2500	1.2
80	-22.5	6150	1.2
100	-19.1	4000	1
125	-16.1	5000	0.5
160	-13.1	6300	-0.1
200	-10.9	8000	-1.1
250	-8.6	10000	-2.5
345	-6.6	12500	-4.3
400	-4.8	16000	-6.6
500	-3.2	20000	-9.3
600	-1.9		

Πίνακας 2.2 : Τιμές Σταθμιστικής Καμπύλης A σε σχέση με συχνότητα ήχου

Ο λόγος που οι B και C συναρτήσεις βάρους δε χρησιμοποιούνται τόσο διαδεδομένα είναι επειδή δε συμβαδίζουν με τα υποκειμενικά τεστ. Ο λόγος είναι ότι για την κατάστροψη των εξισώσεων που τα ορίζουν έχουν χρησιμοποιηθεί μονοσυχνωτικοί θόρυβοι, οι οποίοι όμως στη φύση δε συναντιούνται.

2.3.3 ΣΤΑΘΜΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ (L_N)

Τις περισσότερες φορές η ένταση του ήχου παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση. Είναι πολύ χρήσιμο να κατατάξουμε τον ήχο που εξετάζουμε σχετικά με το μέγιστο επίπεδο του ήχου που υφίσταται κατά κάποιο ποσοστό του χρόνου ($N\%$). Συνεπώς, η *Στάθμη θορύβου* (L_N) δηλώνει το ποσοστό του συνολικού χρόνου παρατήρησης στο οποίο η στάθμη κυμαινόμενου θορύβου είναι μεγαλύτερη ή ίση μίας συγκεκριμένης τιμής. Για παράδειγμα η στάθμη $L_{10} = 50$ dB(A) δηλώνει ότι στο 10% του συνολικού χρόνου παρατήρησης, η στάθμη θορύβου ήταν μεγαλύτερη ή ίση προς 50 dB(A).

$$N = \frac{100}{T} \sum_{i=1}^{i=n} \Delta t_i$$

Ο δείκτης N παίρνει τιμές από 1-100. Συνήθεις τιμές του N είναι 1, 5, 10, 50, 90, 95 και 99. Τα πιο χρήσιμα μεγέθη είναι το L_1 {αντιπροσωπεύει τις μέγιστες τιμές που καταγράφονται}, το L_{10} {χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ανώτερου επιπέδου θορύβου, όπως κίνηση από το δρόμο}, το L_{50} {απεικονίζει τη μέση τιμή, όχι το μέσο όρο}, καθώς και τα L_{90} και L_{95} {απεικονίζουν το θόρυβο βάθους, ο οποίος είναι ο ανεπιθύμητος θόρυβος στην αίθουσα και συνυπάρχει με τον επιθυμητό ήχο της πηγής}.

2.3.4 ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΣΤΑΘΜΗ ΘΟΡΥΒΟΥ (L_{eq})

Οι συνέπειες του ανθρώπου στον ήχο, ψυχοακουστικές και βιολογικές, δεν είναι μόνο συνάρτηση της έντασης του ήχου αλλά και της διάρκειας της έκθεσης. Επειδή η ένταση του ήχου, στις περισσότερες των περιπτώσεων ποικίλει με το χρόνο και δεν είναι γενικά σταθερή κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος, το οποίο ενδεχομένως παρουσιάζει ενδιαφέρον, έχει οριστεί το *Equivalent Continuous Sound Level* (L_{eq}). Το μέγεθος αυτό είναι σταθερό με το χρόνο και έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με το κανονικό σήμα το οποίο διαφοροποιείται με το χρόνο, επομένως προκαλεί τις ίδιες συνέπειες με το κανονικό σήμα. Το διάστημα μπορεί να είναι, για παράδειγμα, 1 λεπτό, 1 ώρα, 8 ώρες, διάρκεια νύχτας, διάρκεια ημέρας ή και 24 ώρες. Ένα μέγεθος το οποίο χρησιμοποιείται συχνά είναι η *ισοδύναμη στάθμη ηχητικής πίεσης*.

Ο υπολογισμός του μεγέθους αυτού είναι εξαιρετικά δυσχερής. Όμως υπάρχουν εύχρηστα όργανα, τα οποία μετρούν απευθείας το L_{eq} κατά το διάστημα μέτρησης. Το μέγεθος αυτό μπορεί να οριστεί και να μετρηθεί είτε σε ζώνες συχνοτήτων είτε συνολικά σε **dB(A)**.

2.4 ΟΔΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ

Ο οδικός κυκλοφοριακός θόρυβος αποτελεί σημαντικό παράγοντα όχλησης γιατί επιβαρύνει σημαντικά μέρος του πληθυσμού με υψηλές στάθμες θορύβου. Η οδική κίνηση συνεχώς αυξάνεται, καθώς νέοι μεγαλύτεροι δρόμοι κατασκευάζονται για να καλύψουν επιτακτικές ανάγκες διακίνησης. Έτσι, το πρόβλημα του οδικού θορύβου γίνεται ολοένα και πιο έντονο αν μάλιστα λάβουμε υπόψη ότι η μείωση στην πηγή δεν φαίνεται δυνατή.

Η στάθμη ηχητικής πίεσης SPL δεν αρκεί για την περιγραφή του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου γιατί δεν παίρνει υπόψη της το φασματικό περιεχόμενο ούτε την διακύμανση του θορύβου. Για να λυθεί το πρόβλημα αυτό χρησιμοποιείται η ισοδύναμη ηχοστάθμη L_{eq} (*Equivalent Continuous Sound Level*) που σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου. Για την περιγραφή του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου χρησιμοποιούνται οι ποσοστομετρικοί δείκτες L_N ($L_1, L_{10}, L_{50}, L_{90}$, κ.τ.λ.) που προκύπτουν από στατιστική ανάλυση του θορύβου.



Εικόνα 2.1 : Κυκλοφοριακό κομπούζιο στους δρόμους της

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί έντονη αύξηση του ενδιαφέροντος των ερευνητών για μελέτη ηχητικών φαινομένων όπως ηχητική απορρόφηση, εξασθένιση και ηχητική ανάκλαση, με αντικείμενα μελέτης είτε δασικές είτε αστικές ζώνες πρασίνου. Το ενδιαφέρον αυτό ξεκίνησε εξαιτίας της έντονης προσβολής του περιβάλλοντος που συντελείται τις τελευταίες δεκαετίες με την ηχητική ρύπανση και υποβάθμιση του. Η υποβάθμιση είναι «η πρόκληση από ανθρώπινες δραστηριότητες ρυπάνσεως ή οποιασδήποτε άλλης μεταβολής στο περιβάλλον, η οποία είναι πιθανόν να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην οικολογική ισορροπία, στην ποιότητα ζωής και στην υγεία των κατοίκων, στην ιστορική και πολιτιστική κληρονομία και στις αισθητικές αξίες». Εν κατακλείδι λοιπόν, στο κεφάλαιο αυτό, θα γίνει αναφορά σε ορισμένες χαρακτηριστικές μελέτες που έχουν γίνει στο παρελθόν με αντικείμενο μελέτης τον ήχο και ιδιαίτερη βαρύτητα θα δοθεί στην προσπάθεια των ερευνητών να συλλέξουν δεδομένα, με την βοήθεια των οποίων η απομείωση και εξασθένιση του θορύβου μέσω της βλάστησης να είναι ευχερή και άμεσα ικανή στο μέλλον.

3.2 ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

3.2.1 ABSORPTION OF ACOUSTIC ENERGY BY PLANT LEAVES

-Maurice J.M. Martens & Axel Michelsen

Με την χρήση Lazer Doppler, ειδικό για μέτρηση δονήσεων, διερευνήθηκε η δόνηση των φύλλων από τέσσερα είδη φυτών υπό την επίδραση ηχητικού πεδίου. Όλα τα φύλλα συμπεριφέρθηκαν σαν να ήταν γραμμικά συστήματα σε επίπεδα ηχητικής πίεσης μέχρι 100 dB. Οι τρόποι δόνησης ήταν περίπλοκοι στις ερευνητικές συχνότητες από 0.5 Hz έως 5.5 Hz καθώς σημαντικές αλλαγές παρατηρήθηκαν εξαιτίας των ποικίλων κατευθύνσεων που είχαν τα φύλλα στο ηχητικό πεδίο. Οι ταχύτητες δόνησης των φύλλων κυμαίνονταν μεταξύ 10^{-5} και 3×10^{-4} m/s ενώ η ταχύτητα δόνησης των μορίων του αέρα ήταν 5×10^{-3} m/s σε 100 dB. Τελικά, αν και το ποσό της ηχητικής ενέργειας που απορροφήθηκε με αυτόν τον τρόπο από ένα ενιαίο φύλλο ήταν πολύ μικρό, εντούτοις ο μηχανισμός αυτός μπορεί να συνεισφέρει στην εξασθένιση του ήχου όταν ο αριθμός των φύλλων ενός πυκνού δέντρου ισούται με 2×10^5 . Το γεγονός αυτό αποτελεί επιβεβαίωση του επιχειρήματος ότι όπου έχουμε πυκνή βλάστηση έχουμε ταυτόχρονα και μεγάλο ποσοστό εξασθένισης του ήχου.

3.2.2 SOUND ATTENUATION IN FOREST

- F. Fricke

Πολλές ήταν οι μετρήσεις που έγιναν προκειμένου να μελετηθεί η εξασθένιση του ήχου στα δάση, αλλά ελάχιστα ήταν τα κοινά στοιχεία στις διαδικασίες μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν και στα αποτελέσματά τους. Κατά συνέπεια, στην περίπτωση αυτή, δημιουργήθηκε μεγάλη διάσταση απόψεων σχετικά με την αποτελεσματικότητα της βλάστησης ως μέσο ελέγχου του θορύβου. Σ' αυτήν την εργασία εξετάστηκαν οι παράγοντες που ελέγχουν την μετάδοση του ήχου μέσω

βλάστησης από πεύκα. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην εξασθένηση του ήχου στις υψηλές συχνότητες. Το ποσοστό εξασθένησης, το οποίο εκφράστηκε σε dB/m στις υψηλές συχνότητες, εξαρτήθηκε από το μέγεθος και την απόσταση μεταξύ των δέντρων. Το ποσοστό εξασθένησης μπορεί επίσης να εξαρτηθεί από το είδος της βλάστησης χωρίς αυτό να είναι καθοριστικό, με το ποσοστό εξασθένησης στην περίπτωση αυτή να είναι πολύ μικρό. Για παράδειγμα, ακόμα και στα σημεία με πυκνά πεύκα η μέγιστη εξασθένηση στις υψηλές συχνότητες ήταν της τάξης των 0.1 dB/m. Είναι σαφές λοιπόν ότι η εξασθένηση στις υψηλές συχνότητες οφείλεται κυρίως στην απορρόφηση. Στις μέσες συχνότητες η εξασθένηση του ήχου οφείλεται στην διασπορά του ήχου, με την διασπορά του ήχου από το έδαφος να είναι πιο σημαντική από αυτή λόγω των δέντρων. Τέλος, στις χαμηλές συχνότητες, η εξασθένηση οφείλεται επίσης στο έδαφος με τη βλάστηση που καλύπτει το έδαφος να έχει έμμεση επίδραση στο αποτέλεσμα. Πέρα από αυτά, οι κλιματικές συνθήκες είχαν άμεση εξάρτηση με τα ποσοστά εξασθένησης στα δάση. Ο άνεμος και οι θερμοκρασιακές επιπτώσεις δεν είχαν εκτιμηθεί, αλλά η σχετική υγρασία είχε σημαντική επίδραση στα ποσοστά εξασθένησης. Εν ολίγοις λοιπόν, τα δέντρα ασκούν έλεγχο στη μετάδοση του θορύβου, υπάρχουν για να διατηρούν τις εδαφικές συνθήκες, δημιουργούν ένα μικροκλίμα, δίνουν έναν ψυχοσωματικό όφελος και συμβάλλουν στο υψηλό ποσοστό εξασθένησης του ήχου.

3.2.3 ROAD TRAFFIC NOISE ATTENUATION BY BELTS OF TREES

-J. Kragh

Στην προκείμενη έρευνα, έγιναν μετρήσεις σε διάφορα σημεία του δρόμου όπου ο θόρυβος λόγω οδικής κυκλοφορίας ήταν έντονος. Μελετήθηκε η διάδοση του θορύβου διαμέσου ζωνών από δέντρα και θάμνους που ήταν σε έδαφος καλυμμένο από χλόη. Τα πλάτη των ζωνών κυμαίνονταν μεταξύ 3 έως 25 m. Η απόσταση από το δρόμο προς το μέτωπο των ζωνών διέφερε από θέση σε θέση. Οι ζώνες των δέντρων που επιλέγηκαν, αποτελούνταν κυρίως από φυλλοβόλα δέντρα και θάμνους μεταξύ 5 και 10 ετών. Τα εν λόγω είδη και πλάτη ήταν αντιπροσωπευτικά του τι θα

μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε μια ρεαλιστική αστική κατάσταση, σε μια προσπάθεια να υπάρξει πρακτική μείωση του θορύβου. Εντούτοις, η μέτρηση έδειξε ότι στις ζώνες των δέντρων και θάμνων με επιλεγμένα πλάτη 10-25 m, δεν παρατηρήθηκε σημαντική εξασθένηση του θορύβου οδικής κυκλοφορίας, ο οποίος μετράται σε L_{eq} . Μόνο στην περιοχή συχνοτήτων άνω των 2 kHz, οι εξασθενήσεις ήταν σημαντικά υψηλότερες στις ζώνες των δέντρων και των θάμνων. Συνεπώς, η ύπαρξη μιας ζώνης δέντρων και θάμνων μεταξύ δρόμου και κατοικίας, θα μπορούσε να επηρεάσει τη ποιότητα του περιβάλλοντος των αστικών περιοχών με πιθανή μείωση την ενόχληση που προκαλείται από το κυκλοφοριακό χάος, χωρίς όμως να υπάρξει σημαντική αλλαγή του δείκτη L_{eq} .

3.2.4 REVERBERATION AND FREQUENCY ATTENUATION IN FORESTS & IMPLICATIONS FOR ACOUSTIC COMMUNICATION IN ANIMALS

-Mark Padgham

Η μελέτη αυτή έλαβε χώρα στην Αυστραλία όπου μετρήθηκαν σε δυο δάση ποσοστά αντήχησης και απόσβεσης της συχνότητας του ήχου. Ιδίως εξετάστηκε η εξάρτηση τους από την απόσταση μεταξύ μιας πηγής και ενός δέκτη και τα σχετικά ύψη των προαναφερθέντων. Από τα αποτελέσματα της μελέτης, σημαντικό εύρημα αποτελεί η εκθετική μείωση της αντήχησης στα δυο δάση που εξετάστηκαν, ιδίως σε συχνότητες μεταξύ 1 έως 3 kHz. Επίσης εντυπωσιακό είναι το γεγονός ότι τα ποσοστά της απόσβεσης αλλάζουν πολύ λιγότερο με την απόσταση μέσα σ' αυτό το διάστημα από οποιοσδήποτε άλλες συχνότητες και ότι το πρότυπο είναι παρόμοιο και στα δυο δάση. Αυτές οι συχνότητες ανταποκρίνονταν σε μήκη κύματος περίπου της ίδιας διάστασης με αυτών του φυλλώματος των δέντρων μέσα στα δάση, γεγονός που υποδηλώνει ότι παρόμοιες συνθήκες μπορεί να προκύψουν σε πολλά άλλα δάση οπουδήποτε. Ωστόσο το ακουστικό περιβάλλον των δύο δασών παρουσίασε άλλες εντυπωσιακές διαφορές που μπορεί να έχουν σημαντικές επιρροές στην ακουστική επικοινωνία. Η απόσβεση και η αντήχηση εξαρτήθηκαν σε μεγάλο βαθμό από την απόσταση ανάμεσα στην πηγή και τον δέκτη και σε ένα

μικρότερο βαθμό στο σχετικό τους ύψος. Αυξάνοντας το ύψος της πηγής είναι γενικά πιο αποτελεσματικό στη μείωση της αντήχησης από το να αυξηθεί το ύψος του δέκτη, σε σύγκριση με την απόσβεση που μειώνεται πιο πολύ απ την αύξηση του ύψους του δέκτη και όχι από την αύξηση του ύψους της πηγής. Επιπλέον, η μείωση της αντήχησης ήταν πολύ πιο αργή μέσα σε πυκνά δάση, ενώ αντίθετα η απόσβεση ήταν πολύ μεγαλύτερη καθώς επίσης αυξάνεται σε αυξανόμενες συχνότητες και αποστάσεις. Το ότι αυτά τα πρότυπα εφαρμόζονται επιτυχώς και στα δύο δάση υποδεικνύουν ότι αυτό μπορεί να είναι ένα γενικό χαρακτηριστικό της επικοινωνίας σε δασικά περιβάλλοντα.

3.2.5 THE ABSORPTION OF SOUND BY PINE TREES

-Stephen H. Burns

Το άρθρο αυτό περιγράφει μελέτη απορρόφησης του ήχου από πευκόδεντρα. Στα πλαίσια της μελέτης έγιναν σαρωτικές μετρήσεις συχνότητας με μικρά κλαδιά σε ένα πλαίσιο αντήχησης. Έγιναν επίσης δοκιμές αντήχησης στα κλαδιά και τις βελόνες. Η παρατηρούμενη απορρόφηση αποδείχθηκε ανάλογη με την αναμενόμενη θερμική απορρόφηση στο οριακό στρώμα του αέρα που περιβάλλει τις βελόνες, ενώ η μέτρια εξασθένηση της συχνότητας στα μεμονωμένα κλαδιά του πλαισίου έχει αποδειχθεί επίσης ότι οφείλεται σε θερμική απορρόφηση στο οριακό στρώμα στον περιβάλλοντα αέρα. Η παρούσα μελέτη δε μπορεί τελικά, ούτε να αρνηθεί ούτε να επιβεβαιώσει τον ισχυρισμό του Aylor ότι ο κυρίαρχος απορροφητικός μηχανισμός υψηλής συχνότητας σε ένα δάσος είναι η σκέδαση από τους κορμούς. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι σύμφωνα με την πρόταση του Taylor ότι οι μη ομαλές μετρήσεις του Embleton προκύπτουν από τη χρήση εδαφικών δεδομένων πεδίου για τη διόρθωση της απορρόφησης του εδάφους των δασών.

3.2.6 ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΚΗΠΟΥ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗΣ

- Δημήτρης Ε. Καστανιά & Παναγιώτη Ι. Κριπούρη

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εκπονήθηκε από φοιτητές του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με κύριο θέμα μελέτης, την απόσβεση του αστικού θορύβου. Ειδικότερα, μελετήθηκε η επίδραση των πράσινων ζωνών που καλύπτουν τον Εθνικό Κήπο, στην εξασθένιση του περιβαλλοντικού/κυκλοφοριακού θορύβου. Προκειμένου να ερευνηθεί αυτό, πραγματοποιήθηκε μια σειρά μετρήσεων, όπου αντίστοιχα κάθε μέτρηση έλαβε χώρα τόσο στους δρόμους περιμετρικά του Κήπου όσο και σε χαρακτηριστικά σημεία στο εσωτερικό του. Οι μετρήσεις επιλέχθηκαν να γίνουν σε 2 Φάσεις, μια μέτρηση την καθημερινή και μια μέτρηση την Κυριακή. Έγιναν με την βοήθεια ηχομέτρου και κάθε μέτρηση διαρκούσε 15 λεπτά ανά σημείο μέτρησης. Τελικά, έπειτα από στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε ότι :

- σε μεγάλες εκτάσεις πράσινου όπως συμβαίνει στον Εθνικός Κήπος, παρουσιάζονται σχετικά σημαντικές μεταβολές των δεικτών θορύβου L_{eq} , L_{10} , L_{90} , L_{max} και L_{min} στα εσωτερικά σημεία σε σχέση με τα αντίστοιχα εξωτερικά τους
- οι μεταβολές αυτές οφείλονται τόσο στην απόσταση που υπάρχει από τις εξωτερικές πηγές θορύβου όσο και στη παρουσία βλάστηση στο εσωτερικό
- σε σημεία του Κήπου, τα οποία βρίσκονται κοντά στους οδικούς άξονες και πλαισιώνονται από πυκνή και υψηλή βλάστηση, παρουσιάστηκε σημαντικότερη μείωση των τιμών από ότι σε σημεία που απέχουν περισσότερο από τους οδικούς άξονες αλλά όμως δεν πλαισιώνονται από πυκνή και υψηλή βλάστηση

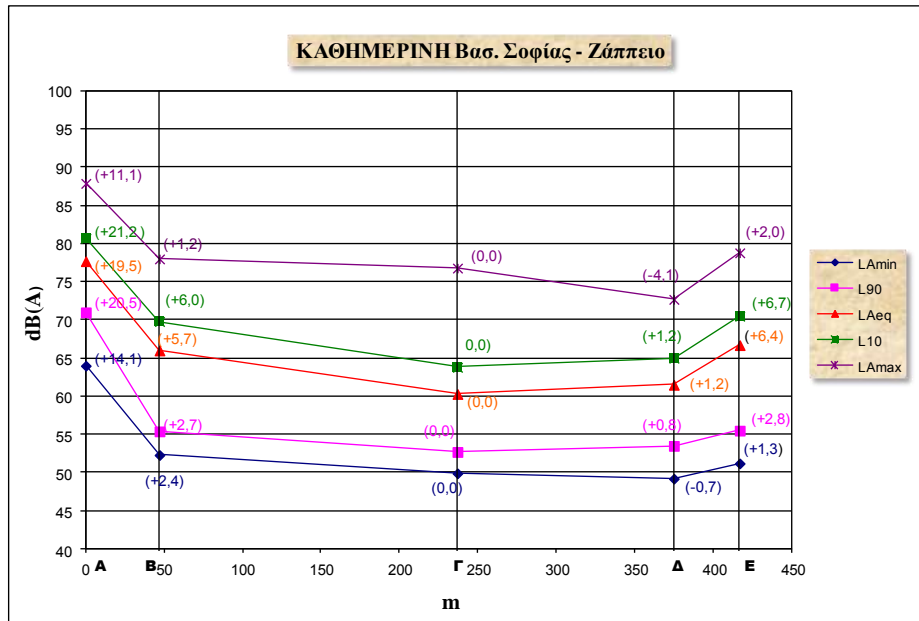
- οι τιμές των δεικτών θορύβου στο εσωτερικό του Εθνικού Κήπου, ξεπερνούν τις επιτρεπτές τιμές καθώς σύμφωνα με τις διεθνείς υποδείξεις επιτρεπόμενη τιμή είναι τα 50 dB(A)

Στην συνέχεια θα παρατεθούν οι κατόψεις του Εθνικού Κήπου με τα χαρακτηριστικά σημεία μέτρησης καθώς και με τις τιμές του $L_{A,eq}$ που μετρήθηκαν για κάθε Φάση ξεχωριστά. Επίσης για κάθε Φάση θα δοθούν τα διαγράμματα απόσβεσης του κυκλοφοριακού θορύβου κατά μήκος του άξονα Βασιλίσσης Σοφίας - Ζάππειο και Βασιλίσσης Αμαλίας - Ηρώδου Αττικού.

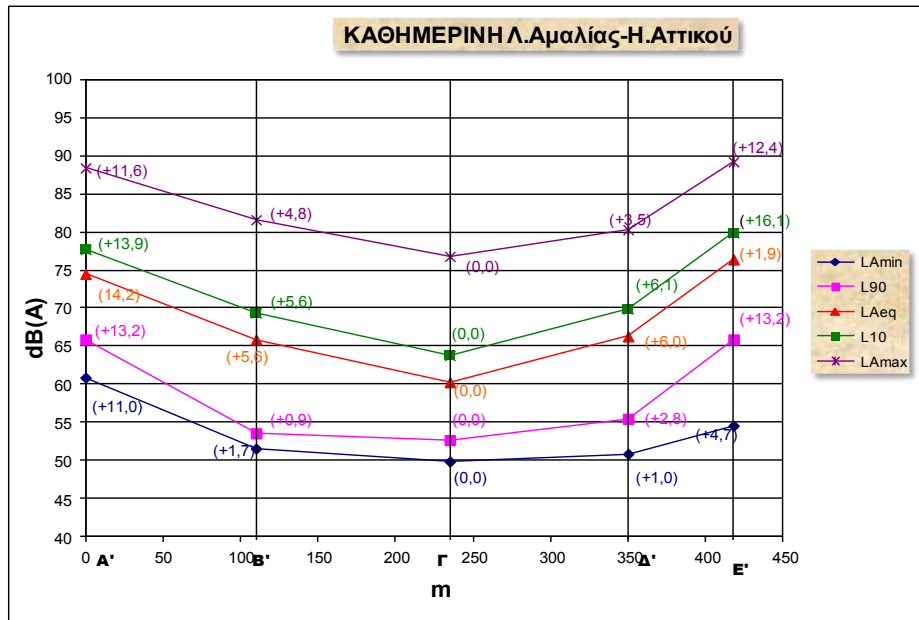


Εικόνα 3.1 : Κάτοψη Εθνικού Κήπου με τα χαρακτηριστικά σημεία μέτρησης

❖ *A' Φάση : Καθημερινή_11/02/2009*



Σχήμα 3.1 : Κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της Β. Σοφίας και του Ζάππειου



Σχήμα 3.2 : Κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της Β. Αμαλίας και της Ηρώδου Αττικού

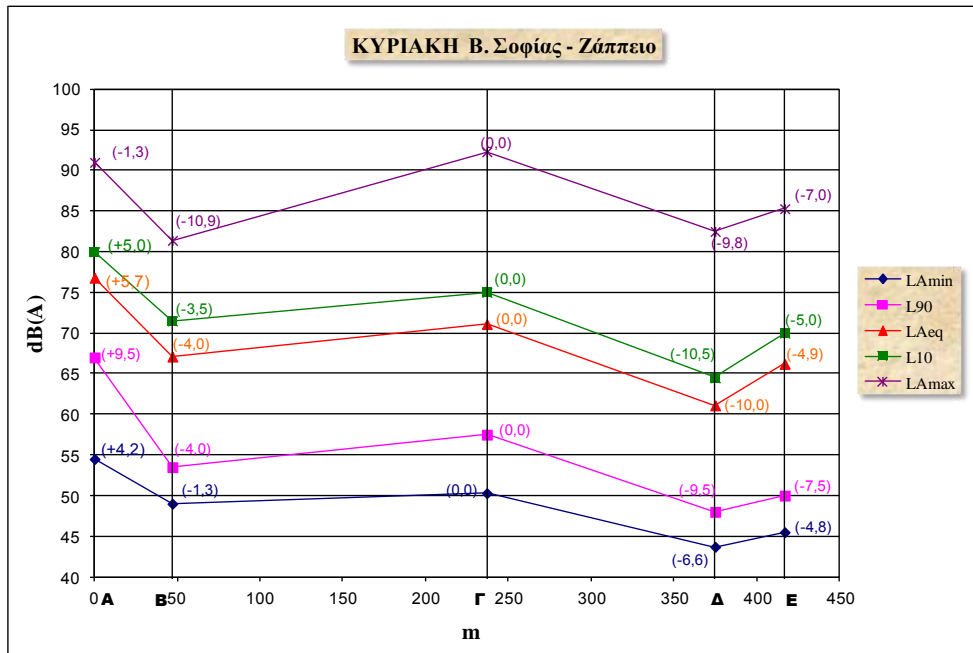


Εικόνα 3.2 : Κάτοψη του Εθνικού Κήπου με τις τιμές L_{Aeq} της καθημερινής

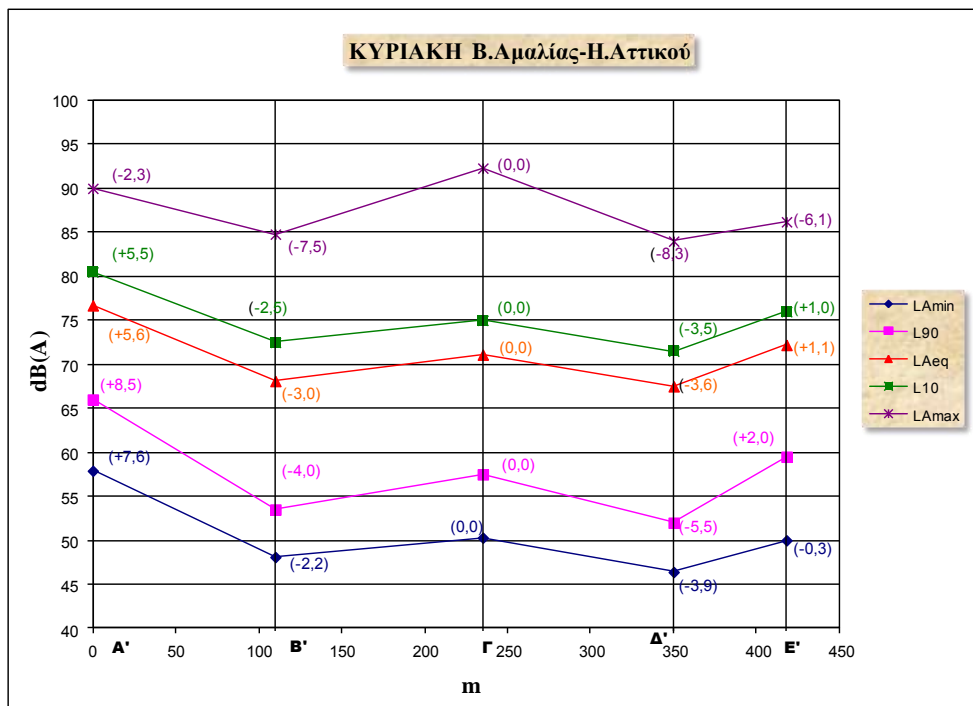
- Υπόμνημα χαρακτηριστικών σημείων μέτρησης :

- (1) : είσοδος Βασιλίσσης Σοφίας
- (2) : μικρή λίμνη
- (3) : κεντρική λίμνη
- (4) : παιδική βιβλιοθήκη
- (5) : είσοδος Ζάππειου
- (1') : είσοδος Βασιλίσσης Αμαλίας
- (2') : άγαλμα Βαλαωρίτη
- (4') : καφενείο
- (5') : είσοδος Ηρώδου Αττικού

❖ B' Φάση : Κυριακή_29/03/2009



Σχήμα 3.3 : Κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της Β. Σοφίας και του Ζάππειου



Σχήμα 3.4 : Κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της Β. Αμαλίας και της Ηρώδου Αττικού



Εικόνα 3.3 : Κάτοψη του Εθνικού Κήπου με τις τιμές L_{Aeq} της καθημερινής

- Υπόμνημα χαρακτηριστικών σημείων μέτρησης :

- (1) : είσοδος Βασιλίσσης Σοφίας
- (2) : μικρή λίμνη
- (3) : κεντρική λίμνη
- (4) : παιδική βιβλιοθήκη
- (5) : είσοδος Ζάππειου
- (1') : είσοδος Βασιλίσσης Αμαλίας
- (2') : άγαλμα Βαλαωρίτη
- (4') : καφενείο
- (5') : είσοδος Ηρώδου Αττικού

Παρακάτω δίνεται η απόσβεση του κυκλοφοριακού θορύβου για τις πορείες που ακολουθήθηκαν στο εσωτερικό του Εθνικού Κήπου κατά την διεξαγωγή των μετρήσεων. Επιπλέον, αναγράφεται και η αναμενόμενη θεωρητική τιμή της απόσβεσης για κάθε θέση, σύμφωνα με το νόμο αντιστρόφου τετραγώνου (Inverse-square Law)[βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β].

ζ Α' ΦΑΣΗ - ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ

ΠΟΡΕΙΑ (1) – (5)

- Είσοδος Βασιλίσσης Σοφίας \Rightarrow μικρή λίμνη (47 m) : -11.70 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -32.90 dB(A)
- Είσοδος Βασιλίσσης Σοφίας \Rightarrow κεντρική λίμνη (237 m) : -17.40 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -47.40 dB(A)
- Ζάππειο \Rightarrow παιδική βιβλιοθήκη (42 m) : -5.20 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -31.92 dB(A)
- Ζάππειο \Rightarrow κεντρική λίμνη (180 m) : -6.40 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -45.00 dB(A)

ΠΟΡΕΙΑ (1') – (5')

- Είσοδος Βασιλ. Αμαλίας \Rightarrow άγαλμα Βαλαωρίτη (110 m) : -8.60 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -40.70 dB(A)
- Είσοδος Βασιλίσσης Αμαλίας \Rightarrow κεντρική λίμνη (235 m) : -14.20 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -47.00 dB(A)
- Είσοδος Ηρώδου Αττικού \Rightarrow καφενείο (68 m) : -10.10 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -36.04 dB(A)
- Είσοδος Ηρώδου Αττικού \Rightarrow κεντρική λίμνη (183 m) : -16.10 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -45.75 dB(A)

☞ Β' ΦΑΣΗ - ΚΥΡΙΑΚΗ

ΠΟΡΕΙΑ (1) – (5)

- Είσοδος Βασιλίσσης Σοφίας \Rightarrow μικρή λίμνη (47 m) : -9.70 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -32.90 dB(A)
- Είσοδος Βασιλίσσης Σοφίας \Rightarrow κεντρική λίμνη (237 m) : -5.70 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -47.40 dB(A)
- Ζάππειο \Rightarrow παιδική βιβλιοθήκη (42 m) : -5.10 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -31.92 dB(A)
- Ζάππειο \Rightarrow κεντρική λίμνη (180 m) : +4.90 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -45.00 dB(A)

ΠΟΡΕΙΑ (1') – (5')

- Είσοδος Βασιλ. Αμαλίας \Rightarrow άγαλμα Βαλαωρίτη (110 m) : -8.60 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -40.70 dB(A)
- Είσοδος Βασιλίσσης Αμαλίας \Rightarrow κεντρική λίμνη (235 m) : -5.60 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -47.00 dB(A)
- Είσοδος Ηρώδου Αττικού \Rightarrow καφενείο (68 m) : -4.70 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -36.04 dB(A)
- Είσοδος Ηρώδου Αττικού \Rightarrow κεντρική λίμνη (183 m) : -1.10 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -45.75 dB(A)

3.3 ΠΡΩΤΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με αφορμή την έντονη υποβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος της Αθήνας εξαιτίας της αχαλίνωτης και απρόσκοπτης ανάπτυξης της τις τελευταίες δεκαετίες, η παρούσα διπλωματική εργασία θα μελετήσει την απόσβεση του αστικού κυκλοφοριακού θορύβου στο κέντρο της πρωτεύουσα, στην συνοικιακή περιοχή του Πεδίου Άρεως με εστία μελέτης το άλσος του Πεδίου Άρεως. Ωστόσο, όπως εύλογα παρατηρεί κανείς, στις περισσότερες από τις παραπάνω χαρακτηριστικές έρευνες οι μετρήσεις αφορούν την φασματική κατανομή του θορύβου και δεν μπορεί να γίνει σύγκριση με την έρευνα της παρούσας εργασίας όπου οι μετρήσεις γίνονται σε dB(A). Αποδεκτή σύγκριση μπορεί να γίνει μονάχα με την διπλωματική εργασία των Καστανιά και Κριπούρη όπου οι συνθήκες πραγματοποίησης του πειράματος καθώς επίσης και τα δεδομένα αξιολόγησης των αποτελεσμάτων προσεγγίζουν κατά πολύ αυτά της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο 4^ο κεφάλαιο περιγράφεται η πειραματική διαδικασία συλλογής των στοιχείων που αφορούν το θόρυβο σαν φυσικό φαινόμενο. Συγκεκριμένα, περιγράφονται συνοπτικά οι σημαντικότεροι δείκτες θορύβου, η ανάλυση των οποίων θα δώσει τη στατιστική κατανομή της στάθμης θορύβου στην περιοχή διεξαγωγής των μετρήσεων. Πέρα από αυτά, θα γίνει συνοπτική παρουσίαση των επιστημονικών οργάνων που θα χρησιμοποιηθούν για την διεξαγωγή του πειράματος, ενώ στην συνέχεια θα δοθούν βασικά πειραματικά δεδομένα για τη κάθε μέτρηση ξεχωριστά. Οι μετρήσεις αφορούν τον αστικό - κυκλοφοριακό θόρυβο δηλαδή των θόρυβο από τα οχήματα καθώς και από τις λοιπές δραστηριότητες της πόλης, εργασιακές και μη.

4.2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ

Όπως προηγουμένως έχει αναφερθεί, η ένταση του ήχου παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση στο χρόνο. Γι' αυτό και ορίσαμε την στάθμη θορύβου L_N , ως η σταθερή στάθμη θορύβου την οποία ο κυμαινόμενος θόρυβος υπερβαίνει ή ταυτίζεται κατά ένα ποσοστό N% του χρόνου παρατήρησης. Προκειμένου να γίνουν πιο σαφείς, οι

δείκτες θορύβου δύναται να ταξινομηθούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες, στους βασικούς (basics) και στους σύνθετους (composite) δείκτες θορύβους.

Στο πίνακα που ακολουθεί, έγινε προσπάθεια αντιστοίχισης των σημαντικότερων δεικτών θορύβου που ανήκουν σε κάθε κατηγορία ξεχωριστά.

Βασικοί δείκτες θορύβου	Σύνθετοι δείκτες θορύβου
$L_{Aeq,T}$	$L_{A(night)}$
L_{AE} ("SEL")	L_{den}
rise time (dB/sec)	L_{10}
L_{Amax}	L_{50}
$L_{A(other\ trade\ off)}$	L_{90}
$L_{Zwicker}$	EEL
$L_{Unweighted}$	ENEL
L_{PNL}	$L_{Aday\ (night+10)}$
E_A (N/m ²)	

Πίνακας 4.1 : Βασικοί και σύνθετοι δείκτες θορύβου

Η επιλογή των παραπάνω δεικτών θορύβου έγινε βάση συγκεκριμένων κριτηρίων. Ορισμένα από τα κριτήρια αυτά είναι:

1. Το κύρος και η συσχέτιση με τις επιπτώσεις.

Ένας μεγάλος αριθμός επιπτώσεων εξαιτίας του θορύβου έχουν καταγραφεί από την διεθνή βιβλιογραφία. Ωστόσο, μόνο για κάποιες από αυτές έχει πιστοποιηθεί μια σαφής συσχέτιση, για παράδειγμα με τη δυσκολία διαλόγου ή με θέματα που σχετίζονται άμεσα με την υγεία του ανθρώπου. Είναι λοιπόν σαφές, ότι ο δείκτης θορύβου πρέπει να καταδεικνύει τη σχέση του μεγέθους με τις επιπτώσεις.

2. Πρακτική εφαρμογή.

Είναι σημαντικό τα μεγέθη που υφίστανται από τους δείκτες θορύβου να είναι εργαλεία στα χέρια των αρχών για την άμεση λήψη αποφάσεων.

Πριν την διεξαγωγή των μετρήσεων και την πραγματοποίησι των απαιτούμενων στατιστικών αναλύσεων βάση των οποίων θα γίνει η αξιολόγηση του θορύβου, έγινε επιλογή συγκεκριμένων δεικτών. Θεωρώντας ότι ο θόρυβος που παράγεται στην περιοχή μετρήσεως είναι κατά ένα μεγάλο ποσοστό κυκλοφοριακός, καταλληλότεροι για επεξεργασία θεωρήθηκαν οι δείκτες θορύβου L_{10} , L_{90} και L_{eq} .

- L_{eq} : Είναι η ισοδύναμη συνεχής ηχοστάθμη, L_{eq} , (Equivalent Continuous Sound Level) που σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου. Συνεπώς, η στάθμη L_{eq} αντιπροσωπεύει την ηχοστάθμη ενός αμετάβλητου θορύβου που προκαλεί την ίδια ενόχληση με τον κυμαινόμενο θόρυβο. Με άλλα λόγια, είναι η μέση τιμή της ηχητικής ενέργειας σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα T , το οποίο μπορεί να είναι είτε ενός λεπτού, είτε μιας ώρας, κ.τ.λ. Φυσικά, μια στάθμη L_{eq} που δεν ενοχλεί πολύ τον άνθρωπο όταν είναι ξύπνιος ή εργάζεται, να είναι φοβερά ενοχλητική σε ώρες ανάπαυσης.
- L_{10} : Είναι η στάθμη της οποίας σημειώνεται υπέρβαση κατά το 10% μιας ορισμένης χρονικής περιόδου μέτρησης. Ο δείκτης αυτός έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς αντιπροσωπεύει κατά κάποιο τρόπο τα πιο έντονα «ηχητικά γεγονότα», δηλαδή χρησιμοποιείται για το προσδιορισμό του ανώτερου επιπέδου θορύβου.
- L_{90} : Είναι η στάθμη της οποίας σημειώνεται υπέρβαση κατά το 90% μιας ορισμένης χρονικής περιόδου μέτρησης. Ο δείκτης αυτός αντιπροσωπεύει αυτό που ονομάζουμε «θόρυβο βάθους», το θόρυβο δηλαδή που ουσιαστικά διαμορφώνει το ηχητικό περιβάλλον στο οποίο καλείται να διαβιώσει ένας αστός.

4.3 ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΗΧΟΥ

Οι μετρητές στάθμης ήχου (*ηχόμετρα*) μετρούν τα επίπεδα – στάθμες της πίεσης του ήχου και χρησιμοποιούνται συνήθως στις μελέτες ηχορύπανσης για το προσδιορισμό της έντασης του αστικού, κυκλοφοριακού, περιβαλλοντικού και βιομηχανικού θορύβου καθώς επίσης χρησιμοποιούνται για την μελέτη ηχομόνωσης μεμονωμένων και μη κατασκευών.

Το τρέχον διεθνές πρότυπο για τα ηχόμετρα είναι το IEC 61672:2003. Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό τα ηχόμετρα διαιρούνται σε *κλάση 1* και *κλάση 2* ανάλογα με την ακρίβεια τους. Συγκεκριμένα τα *κλάσης 1* είναι πιο ακριβή στις μετρήσεις με ανοχή σφάλματος +/- 0.7 dB ενώ τα *κλάσης 2* με ανοχή +/- 1.0 dB. Η κλάση του ηχομέτρου που θα χρειαστεί κάποιος, εξαρτάται από τις εφαρμογές για τις οποίες προορίζεται αυτό να χρησιμοποιηθεί και από τους κανονισμούς τους οποίους επιβάλλεται να ικανοποιεί.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΧΡΗΣΗ	ΑΝΟΧΗ	ΤΥΠΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
<i>Τύπος 1 / Κλάση 1</i>	Αυξημένος βαθμός ακρίβειας για εργαστηριακή και υπαίθρια χρήση	(+/-)0.7 dB	Περιβαλλοντικές, ακουστική κτιρίων, οχήματα δρόμου
<i>Τύπος 2 / Κλάση 2</i>	Γενικού σκοπού υπαίθρια χρήση	(+/-)1.0 dB	Θόρυβος στην εργασία, βασικές περιβαλλοντικές, μηχανοκίνητος αθλητισμός.

Πίνακας 4.2 : Κατηγορίες και βασικά χαρακτηριστικά ηχομέτρων

Για παράδειγμα, οι περισσότεροι κανονισμοί μέτρησης εργασιακού θορύβου αναφέρουν, ότι τα ηχόμετρα κλάσης 2 ή τύπου 2, τα οποία είναι και χαμηλότερου κόστους, είναι επαρκή για τις μετρήσεις αυτές. Αναμφίβολα όμως, μπορεί κάποιος να χρησιμοποιήσει και ηχόμετρα κλάσης 1 για τις συγκεκριμένες μετρήσεις. Επιπλέον, τα ηχόμετρα κλάσης 1, πέρα από την χρήση τους στις μελέτες περιβαλλοντικού θορύβου, προορίζονται για χρήση και σε περιπτώσεις εργαστηριακών ερευνών καθώς και σε σχετικές έρευνες περί εφαρμογής του νόμου όπως θέσπιση ορίων θορύβου, κ.ο.κ.

4.3.1 ΣΤΑΘΜΙΣΤΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ (ΦΙΛΤΡΑ)

Οι περισσότεροι μετρητές στάθμης ήχου (ηχόμετρα), επιλέγουν τα φίλτρα που θα χρησιμοποιήσουν ώστε να πάρουν εκείνες τις συχνότητες που επιθυμούν. Το υφιστάμενο διεθνές πρότυπο για τη λειτουργία των ηχομέτρων είναι το IEC-61672, το οποίο θεωρεί καταλληλότερο για μετρήσεις το σταθμιστικό κύκλωμα A. Το πρότυπο αυτό περιγράφει επίσης και άλλα σταθμιστικά κυκλώματα όπως τα C και Z. Τα παλαιότερα, B και D, έχουν πλέον εγκαταλειφθεί και συνεπώς δεν περιγράφονται στο πρότυπο. Συγκεκριμένα, όλα τα ηχόμετρα είναι εφοδιασμένα με τα φίλτρα (frequency weightings) A και C, ενώ τα πιο εξελιγμένα και ακριβά μοντέλα είναι εφοδιασμένα και με το φίλτρο Z. Το εύρος των μετρήσεων τους κυμαίνονται από 0 έως 140 dB(A), ενώ η στάθμη αιχμής, η οποία εξ' ορισμού μετριέται με τη χρήση φίλτρου C ή Z, μπορεί να μετρηθεί για μέγιστες τιμές της στάθμης της στο διάστημα από 140- 143 dB(C). Βέβαια, δεν έχουν όλα τα ηχόμετρα τη δυνατότητα να μετρούν στάθμες ήχου σε όλο το παραπάνω εύρος. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων όμως, το εύρος τους κυμαίνεται από την κατώτερη τιμή των 20-25 dB μέχρι και την τιμή των 130-140 dB, ανάλογα με το φίλτρο A, B και C που έχει επιλεγεί.

4.3.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Στο πείραμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε ηχώμετρο, της εταιρίας Bruel&Kjaer, type 2250. Το Type 2250H vibration analyzer της Bruel&Kjaer, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών μέτρησης δόνησης, με μια σειρά από επιταχυνσιόμετρα εξαρτώμενα από το επίπεδο, τη θέση και το περιβάλλον στο οποίο γίνονται οι μετρήσεις. Επιπλέον, ο συνδυασμός της μονάδας λογισμικού με το καινοτόμο υλικό, το καθιστά ως την ιδανικότερη λύση για υψηλής ακρίβειας μέτρησης σε περιβαλλοντικά, επαγγελματικά και βιομηχανικά πεδία εφαρμογής. Ωστόσο, πέρα από την συσκευή του ηχομέτρου, χρησιμοποιήθηκε μικρόφωνο τύπου 4189 και calibrator τύπου 4231. Πριν κάθε σειρά μετρήσεων εξεταζόταν κατά πόσον το calibration ήταν πρόσφατο ώστε να ελαχιστοποιηθούν τυχόν σφάλματα που οφείλονται σε κακή βαθμονόμηση.

Παρατίθενται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά των οργάνων :

- *Sound Level Meter*

Bruel&kjaer, Hand-held Analyzer, Type 2250 with Sound Level Meter Software BZ-7222, Frequency Analysis Software BZ-7223, Logging Software BZ-7224, Enhanced Logging Software BZ-7225 and Sound Recording Option BZ-7226

- *Supplied Microphone*

Type 4189 : Prepolarized Free-field ½" Microphone

Nominal Open-circuit Sensitivity : 50 mV/Pa

Capacitance : 14 pF (at 250 Hz)

MICROPHONE PREAMPLIFIER ZC-0032

Nominal Preamplifier Attenuation : 0.25 dB

Connector : 10-pin LEMO

- *Calibrator* : Sound Calibrator Type 4231

Εκτός από το ηχομέτρο και τον ακουστικό καλιμπραριστή, υφίστανται και άλλα σύνεργα, τα οποία είναι απαραίτητα για την επιτυχή διεξαγωγή των μετρήσεων θορύβου. Τα παρελκόμενα αυτά σύνεργα είναι τα ακόλουθα:

- *Προστατευτικό κάλυμμα ανέμου:* Χρησιμοποιείται ώστε να καλύπτει το μικρόφωνο σε περιπτώσεις όπου στη θέση μέτρησης πνέουν δυνατοί άνεμοι. Με το κάλυμμα αυτό επιτυγχάνεται η μείωση θορύβου λόγω των ισχυρών ανεμών που πιθανώς να επιφέρουν μεγάλες αποκλίσεις από τις πραγματικές τιμές των μετρούμενων μεγεθών.
- *Βαλίτσα μεταφοράς:* Είναι απαραίτητη για την μεταφορά του ηχομέτρου και των υπόλοιπων οργάνων με ασφάλεια, μειώνοντας σε σημαντικό βαθμό τις πιθανότητες πρόκλησης φθορών στον εξοπλισμό κατά την μεταφοράς του στις θέσεις μετρήσεων.
- *Τρίποδας στήριξης:* Είναι απαραίτητος για τη στήριξη του ηχομέτρου κατά την διάρκεια των μετρήσεων.
- *Λογισμικό πρόγραμμα:* Συνοδεύει κάθε ηχομέτρο και παρέχει τη δυνατότητα μεταφοράς του ηχομέτρου σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για πιο άνετη επεξεργασία των μετρούμενων μεγεθών.



Εικόνα 4.1 : Βασικά σύνεργα ηχομέτρου



Εικόνα 4.2 : Ηχώμετρο της εταιρείας Bruel&Kjaer, Type 2250

Όλα τα ηχώμετρα ,μπορούν να παρέχουν μετρήσεις των ακόλουθων βασικών παραμέτρων :

$L_{A,eq}$, $L_{C,eq}$, $L_{Z,eq}$: Ισοδύναμη συνεχή στάθμη θορύβου για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης, με χρήση φίλτρου A, C και Z (dB(A), dB(C), dB(Z) αντίστοιχα και ανάλογα με τα φίλτρα που διαθέτει το κάθε ηχώμετρο).

$L_{A,max}$, $L_{C,max}$, $L_{Z,max}$: Μέγιστη τιμή της στάθμης θορύβου για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης, με χρήσης φίλτρου A, C και Z αντίστοιχα.

$L_{A,min}$, $L_{C,min}$, $L_{Z,min}$: Ελάχιστη τιμή της στάθμης θορύβου για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης με χρήσης φίλτρου A, C και Z αντίστοιχα.

L_{pk} : Αιχμή της στάθμης θορύβου για τη χρονική διάρκεια μιας μέτρησης. Η μέτρηση της προκύπτει με χρήση φίλτρου C ή Z ($L_{C,pk}$ ή $L_{Z,pki}$ αντίστοιχα). Η μετρούμενη στάθμη αιχμής μπορεί να είναι κατά πολλά dB υψηλότερη σε μια μέτρηση από τη μέγιστη τιμή της στάθμης θορύβου $L_{A,max}$ για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης αυτής.

4.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα στην συνοικιακή περιοχή Πεδίων του Άρεως και συγκεκριμένα στο δημόσιο άλσος της περιοχής, το οποίο κατέχει δεσπόζουσα θέση ανάμεσα στους σημαντικότερους και μεγαλύτερους πράσινους πνεύμονες των Αθηνών. Πριν την πραγματοποίηση των προαπαιτούμενων μετρήσεων, έγινε επιλογή των χαρακτηριστικών σημείων μέτρησης, οκτώ (8) στο σύνολο, τρία (3) στο εσωτερικό και πέντε (5) στους δρόμους περιμετρικά του πάρκου. Τα σημεία επιλέχθηκαν ώστε να δίνουν μια όσο το δυνατό πλησιέστερη εικόνα του αστικού

θορύβου που επικρατεί τόσο στο εσωτερικό όσο και περιμετρικά του πάρκου καθώς επίσης και μια τάξη μεγέθους της εξασθένισης του ήχου που συντελείται από την υπάρχουσα βλάστηση. Οι μετρήσεις διήρκησαν δυο ημέρες και είχαν την χρονική διάρκεια των 15 λεπτών ανά χαρακτηριστικό σημείο μέτρησης, με σκοπό την επίτευξη ενός μεγάλου εύρους τιμών και της ενίσχυσης της αξιοπιστίας του εγχειρήματος. Πραγματοποιήθηκαν τις μεσημβρινές ώρες 12:00 μμ έως 15:00 μμ, θέτοντας σαν αρχή την παραδοχή ότι οι στάθμες θορύβου είναι σταθερές κατά το τρίωρο των μετρήσεων όπου αστικές και μη δραστηριότητες βρίσκονται σε πλήρη δράση. Τέλος, οι τιμές των προαπαιτούμενων μεγεθών πάρθηκαν με την χρήση ηχομέτρου της εταιρίας Brüel&Kjaer, type 2250 , το οποίο κατά την διάρκεια των μετρήσεων, ήταν τοποθετημένο κατά 1.20 m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.

4.4.1 ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Η διεξαγωγή των μετρήσεων, έγινε σε πρώτη φάση τη Πέμπτη_07/07/2011. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) την συγκεκριμένη μέρα και την χρονική περίοδο 12:00 μμ έως 15:00 μμ όπου και πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 28 °C και η υγρασία 44%. Όσο αφορά τις καιρικές συνθήκες, στην περιοχή μέτρησης επικρατούσε επί των πλείστων αραϊή συννεφιά, ενώ κατά διαστήματα σε ορισμένα από τα χαρακτηριστικά σημεία μέτρησης επικρατούσε ηλιοφάνεια.

Όπως έχει προαναφερθεί, οι μετρήσεις αφορούν το πάρκο Πεδίον του Άρεως και έγιναν σε οκτώ (8) χαρακτηριστικά σημεία του πάρκου, τόσο περιμετρικά όσο και στο εσωτερικό του πάρκου. Αρχικά μετρήθηκε ο θόρυβος σε μια από τις κεντρικές εισόδους του πάρκου, στο σημείο που βρίσκεται έφιππος ο ανδριάντας του στρατηλάτη βασιλιά Κωνσταντίνου Α' (σημείο *a*) και στην συνέχεια στο σημείο που βρίσκεται η κεντρική πλατεία με το σιντριβάνι (σημείο *b*). Ακολούθως πάρθηκε μέτρηση στο τμήμα που υπάρχει το υπό ανέγερση θέατρο «Άλσος» (σημείο *c*) και έπειτα στη πλατεία Πρωτομαγιάς, δίπλα από τα δικαστήρια των Ευελπίδων (σημείο *d*). Στην συνέχεια ακολούθησαν μετρήσεις στην εξωτερική περίμετρο του πάρκου

σε θέσεις εισόδου/εξόδου, έχοντας την ακόλουθη σειρά : επί της οδού Ευελπίδων (σημείο *e*), επί της οδού Μαυρομματαίων όπου βρίσκονται τα ΚΤΕΛ (σημείο *f*), επί της λεωφόρου Αλεξάνδρας στο σημείο που βρίσκεται το άγαλμα της Αθηνάς (σημείο *e'*) και τέλος επί της οδού Μπούσγου (σημείο *f'*).[βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ]

4.4.2 ΔΕΥΤΕΡΗ ΦΑΣΗ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Η διεξαγωγή των μετρήσεων, έγινε σε δεύτερη φάση το Σάββατο_16/07/2011. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ) την συγκεκριμένη μέρα και την χρονική περίοδο 12:00 μμ έως 15:00 μμ όπου και πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 35 °C και η υγρασία 40%. Όσο αφορά τις καιρικές συνθήκες, στην περιοχή μέτρησης επικρατούσε καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων ηλιοφάνεια.

Τα χαρακτηριστικά σημεία μέτρησης καθώς και η σειρά των μετρήσεων παρέμεινε ίδια όπως στην πρώτη φάση. Η κοινή αυτή επιλογή μέτρησης στις δυο φάσεις έγινε με σκοπό η επεξεργασία των αποτελεσμάτων ανά σημείο και η αξιολόγηση τους να είναι όσο το δυνατό πιο εύκολη και αποτελεσματική, έτσι ώστε τελικά να μπορεί να υπάρξει ένα σαφές μέτρο σύγκρισης μεταξύ των υφιστάμενων αποτελεσμάτων.

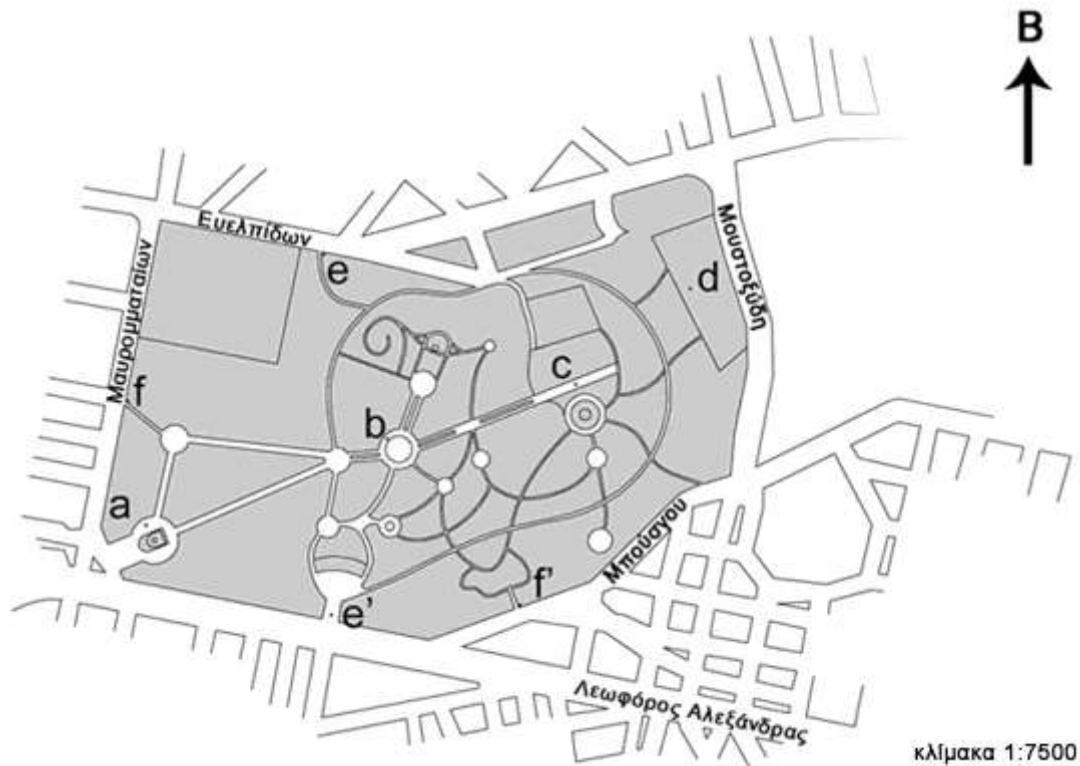
Ακολουθούν αεροφωτογραφίες από το Πεδίον του Άρεως καθώς και το τοπογραφικό του πάρκου, πάνω στην οποία αναγράφονται τα χαρακτηριστικά σημεία μετρήσεως.



Εικόνα 4.3 : Αεροφωτογραφία από το Πεδίον του Άρεως



Εικόνα 4.4 : Αεροφωτογραφία από το Πεδίον του Άρεως με τα σημεία μέτρησης



Εικόνα 4.5 : Τοπογραφικό Πεδίο του Αρεως

Υπόμνημα χαρακτηριστικών σημείων μέτρησης

- ≠ σημείο *a* : Ανδριάντας Βασιλιά Κων/νου Α'
- ≠ σημείο *b* : Κεντρική πλατεία με το σιντριβάνι
- ≠ σημείο *c* : Θέατρο «Άλσος»
- ≠ σημείο *d* : Πλατεία Πρωτομαγιάς
- ≠ σημείο *e* : Είσοδος/Εξοδος επί οδού Ευελπίδων
- ≠ σημείο *f* : Είσοδος/Εξοδος επί οδού Μαυρομματαίων
- ≠ σημείο *e'* : Είσοδος/Εξοδος επί Λεωφόρου Αλεξάνδρας
- ≠ σημείο *f'* : Είσοδος/Εξοδος επί οδού Μπούσγου

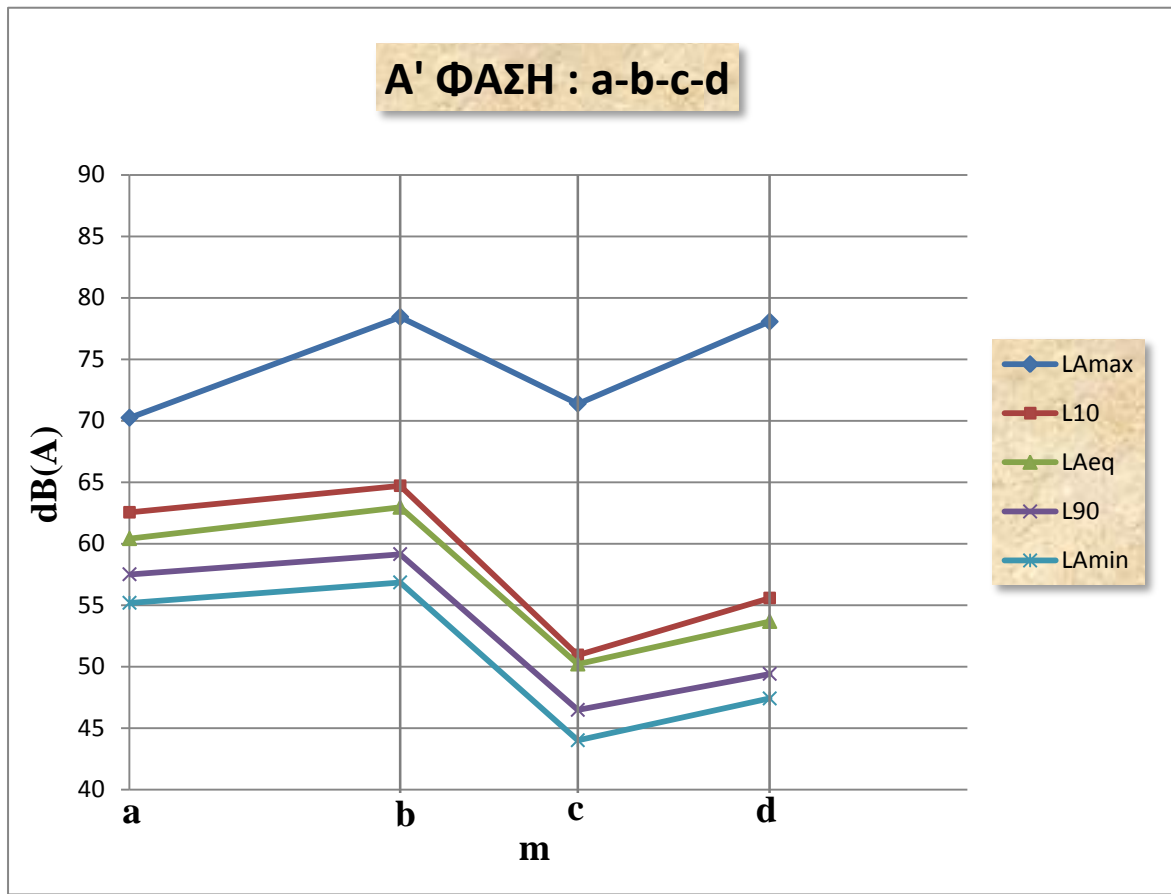
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο 5^ο Κεφαλαίο γίνεται η παρουσίαση και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την διεξαγωγή του πειράματος, όπως αυτό περιγράφηκε αναλυτικώς στο 4^ο Κεφάλαιο. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων θα γίνει σε μορφή διαγραμμάτων, τα οποία έχουν δημιουργηθεί με την χρήση του λογισμικού Microsoft Office Excel ενώ η αξιολόγηση θα γίνει σε γραπτό κείμενο που θα παρατίθεται αμέσως μετά από κάθε διάγραμμα. Η παρουσίαση των διαγραμμάτων χωρίζεται στις δυο φάσεις μέτρησης, Α' ΦΑΣΗ: Πέμπτη_07/07/2011 και Β' ΦΑΣΗ: Σάββατο_16/07/2011. Σε κάθε ένα από τα διαγράμματα, παρουσιάζεται η διακύμανση τιμών των βασικών δεικτών θορύβου $L_{A,eq}$, L_{10} , L_{90} , $L_{A,max}$ και $L_{A,min}$ κατά μήκος των νοητών πορειών που ακολουθήθηκαν. Πέρα από την παρουσίαση της διακύμανσης των βασικών δεικτών, γίνεται μια συγκριτική ανάλυση μεταξύ των διαγραμμάτων. Αυτό είναι εφικτό λόγω της παραδοχής που θέσαμε ότι την ώρα διεξαγωγής του πειράματος, ο κυκλοφοριακός φόρτος, που αποτελεί την κύρια πηγή αστικού θορύβου στην περιοχή που εξετάζουμε, βρίσκεται σχετικά σε μια σταθερή στάθμη θορύβου. Στην πραγματικότητα, η παραδοχή ναί μεν αποτελεί ρεαλιστική για τη χρονική περίοδο που εξετάζουμε, ωστόσο όχι απολύτως αποδεκτή. Για το λόγο αυτό χρήσιμο θα ήταν να διατηρηθούν κάποιες επιφυλάξεις καθώς σημαντική θα ήταν η διεξαγωγή περαιτέρω μετρήσεων προκειμένου να επιβεβαιωθούν τα αποτελέσματα

5.2 Α' ΦΑΣΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ_ΠΕΜΠΤΗ_07/07/2011



Σχήμα 5.1 : Κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της νοητής πορείας a – b – c – d

Αποστάσεις (m)	
a-b	323
b-c	212
c-d	229

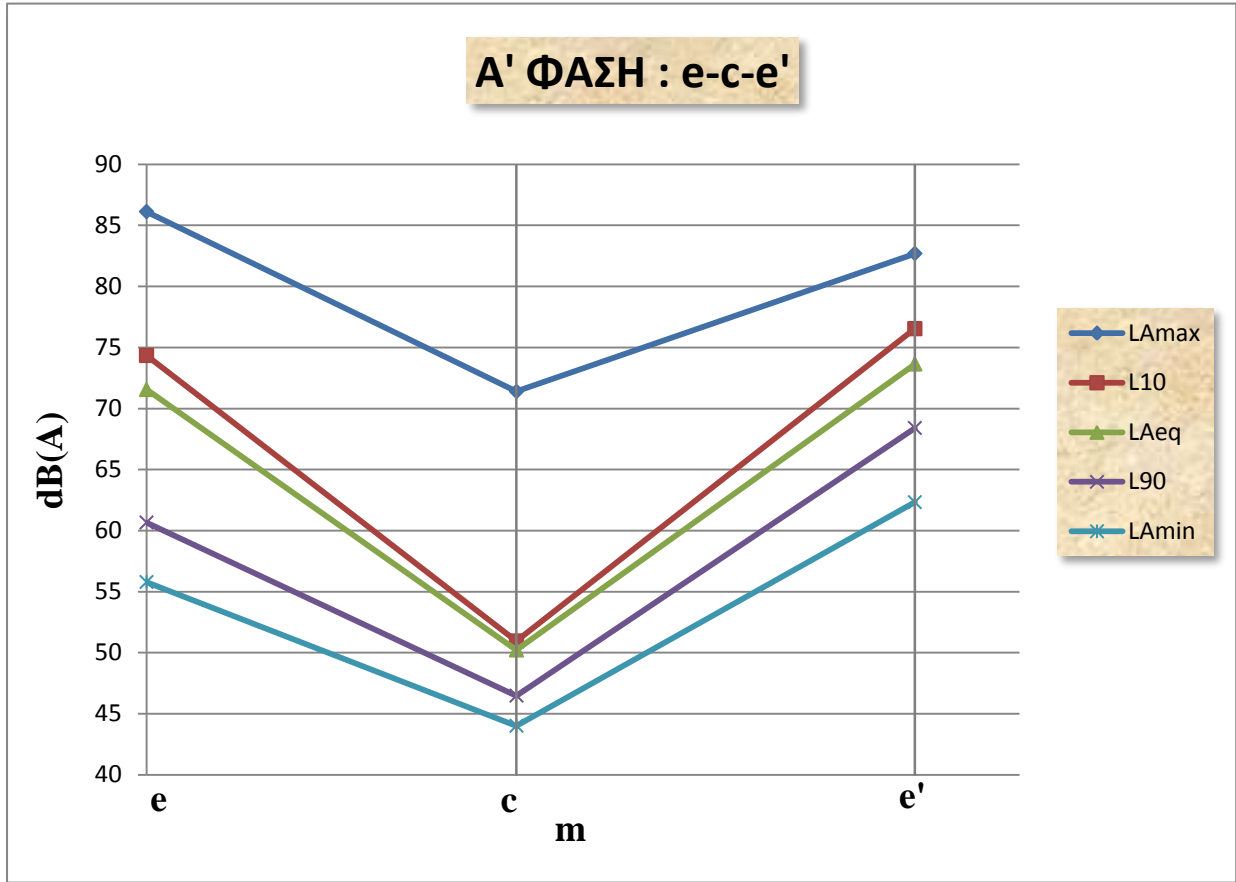
Σημείο a : Ανδριάντας Βασιλιά Κων/νου Α'

Σημείο b : Κεντρική πλατεία με το συντριβάνι

Σημείο c : Θέατρο «Άλσος»

Σημείο d : Πλατεία Προτομαγιάς





Σχήμα 5.2 : Κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της νοητής πορείας e – c – e'

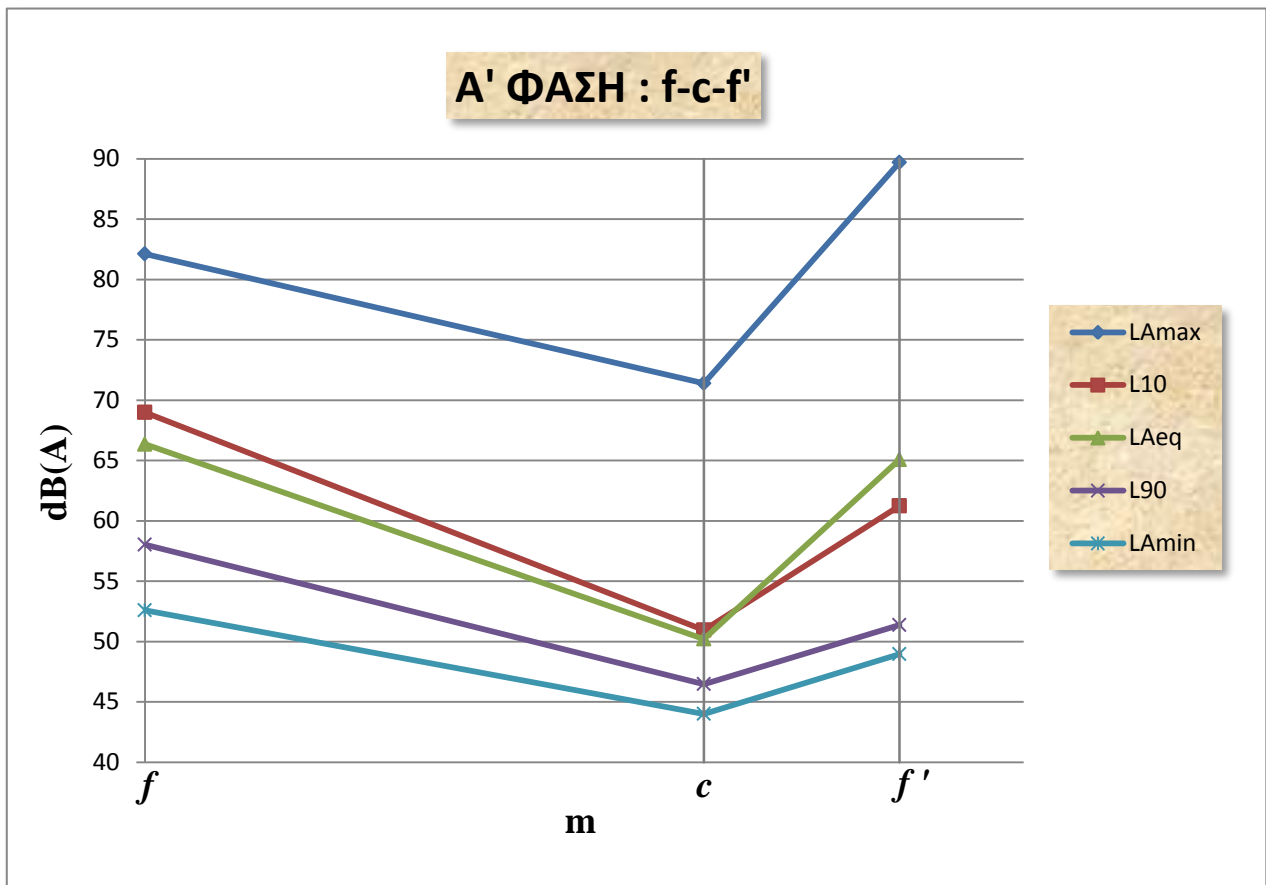
Σημείο	Απόσταση από τον οδικό άξονα Ευελπίδων	Απόσταση από τον οδικό άξονα Αλεξάνδρας
e	0	400
c	213	298
e'	408	0

Σημείο e : Είσοδος/Εξοδος επί οδού Ευελπίδων

Σημείο c : Θέατρο «Άλσος»

Σημείο e' : Είσοδος/ Εξοδος επί οδού Αλεξάνδρας





Σχήμα 5.3 : Κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της νοητής πορείας f – c – f'

Σημείο	Απόσταση από τον οδικό άξονα Μαυρομματαίων	Απόσταση από τον οδικό άξονα Μπούσγου
f	0	544
c	510	153
f'	578	0

Σημείο f : Είσοδος/Εξοδος επί οδού Μαυρομ

Σημείο c : Θέατρο «Άλσος»

Σημείο f' : Είσοδος/Εξοδος επί οδού Μπούσγου



Θα ακολουθήσει σύντομη περιγραφή των αποτελεσμάτων [βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α] και έπειτα θα παρουσιαστεί μια στατιστική (περιγραφική) ανάλυση, η οποία θα σχολιαστεί σε σχέση με το πρόβλημα που αναλύεται. Προτού ξεκινήσει η ανάλυση των δεδομένων, χρήσιμη θα ήταν η αναφορά στις παραδοχές και περιορισμούς του πειράματος. Ο σχεδιασμός του πειράματος παρουσιάζει το βασικό περιορισμό που θέλει τις μετρήσεις στα χαρακτηριστικά σημεία να γίνονται διαδοχικά και όχι ταυτόχρονα. Προφανώς, με ταυτόχρονες μετρήσεις τα αποτελέσματα θα ήταν πιο ασφαλή και αξιόπιστα, ωστόσο η μη δυνατότητα χρήσης περισσότερων του ενός ηχομέτρου μας οδήγησε στην πραγματοποίηση διαδοχικών μετρήσεων. Ο περιορισμός αυτός βασίστηκε στην παραδοχή ότι ο θόρυβος στην κυκλοφοριακή αρτηρία που μετράμε είναι σταθερός τουλάχιστο κατά την διάρκεια του χρόνου δείγματος που μας αφορά και που είναι από τις 12:00 μμ έως 15:00 μμ το μεσημέρι.

5.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Παρατηρώντας τις τιμές των χαρακτηριστικών σημείων μέτρησης για την Α' Φάση, η χαμηλότερη στάθμη θορύβου για όλους τους δείκτες παρουσιάζεται στο εσωτερικό σημείο *c*. Το σημείο αυτό βρίσκεται σε αρκετή απόσταση από τις κύριες εξωτερικές πηγές θορύβου, δηλαδή τους βασικούς οδικούς άξονες που περιβάλλουν το πάρκο και συνεπώς αποτελεί το πιο προστατευμένο σημείο σε αναφορά με τον ήχο που φτάνει σε αυτό. Η τιμή του $L_{A,eq}$ για το σημείο *c* είναι 50 dB(A).

Αποστάσεις: $d_{fc} = 510$ m

$d_{rc} = 153$ m

$d_{ec} = 213$ m

$d_{e'c} = 298$ m

Το σημείο c παρουσιάζει πτώση :

$$\Delta L_{A,eq} = \frac{71.55+66.35+60.42+73.64+65.08}{5} - 50.22 = 17 \text{ dB(A)}$$

Είναι προφανές, λοιπόν, ότι ο θόρυβος από τις κυκλοφοριακές οδικές αρτηρίες, φτάνει στο εσωτερικό του πάρκου σημαντικά μειωμένος σε σχέση με τα περιμετρικά σημεία του πάρκου.

ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ

a : $L_{A,eq}=60.42 \text{ dB(A)}$ (*min* $L_{A,eq}$)

e : $L_{A,eq}=71.55 \text{ dB(A)}$

e' : $L_{A,eq}=73.64 \text{ dB(A)}$ (*max* $L_{A,eq}$)

f : $L_{A,eq}=66.35 \text{ dB(A)}$

f' : $L_{A,eq}=65.08 \text{ dB(A)}$

- ✚ Μεγαλύτερη τιμή παρουσιάζεται στο σημείο επί της Λεωφόρου Αλεξάνδρας. Πρόκειται για οδικό άξονα με δυο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και με έντονα ποσοστά κυκλοφοριακού φόρτου ιδιαίτερα τις μεσημβρινές ώρες όπου και διεξήχθησαν οι μετρήσεις. Ο συγκεκριμένος οδικός άξονας μαζί με τον οδικό άξονα της Ευελπίδων αποτελούν σημαντικές πηγές θορύβου για το πάρκο και την γύρω περιοχή.

(*Μέρα μέτρησης: παρατηρήθηκε υψηλή στάθμη θορύβου και στους δυο οδικούς άξονες λόγω των διερχόμενων οχημάτων*)

- ✚ Ακολουθούν οι τιμές επί των οδών Μαυρομματαίων και Μπούσγου. Πρόκειται για οδικούς άξονες μιας κατευθύνσεως με δυο λωρίδες κυκλοφορίας. Παρόλα αυτά δεν αποτελούν σημαντικές πηγές θορύβου.

(*Μέρα μέτρησης: παρατηρήθηκε μέτρια έως χαμηλή η στάθμη θορύβου λόγω των διερχόμενων οχημάτων, ενώ η παρουσία ανθρώπων ήταν ελάχιστη*)

- ✚ Χαμηλότερη τιμή στις στάθμες θορύβου για τα εξωτερικά σημεία παρουσιάζεται στο σημείο *a*, δηλαδή στην συμβολή των οδικών αξόνων Αλεξάνδρας και Μαυρομματαίων. Στο σημείο υπάρχουν φάτα ελέγχου της κυκλοφορίας ενώ παράλληλα διακλαδώνεται σε επιμέρους οδικούς άξονες. Παρόλο που η στάθμη στο σημείο *a* αναμενόταν υψηλή, εντούτοις η στάθμη που λάβαμε από τις μετρήσεις ήταν σημαντικά χαμηλή για τα δεδομένα της θέσης μέτρησης. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η θέση μέτρησης ανήκει σε ένα ανοικτό πεδίο δηλαδή σε ένα πεδίο χωρίς εγγύς κτίρια γύρω από την θέση *a* οπότε οι ανακλάσεις του ήχου που οφείλονται σε αυτά, να είναι πολύ περιορισμένες.

(Μέρα μέτρησης: παρατηρήθηκε έντονη διέλευση οχημάτων και ελάχιστη παρουσία ανθρώπων με κίνηση από και προς το πάρκο)

ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ

b : $L_{A,eq} = 62.97$ dB(A) (*max* $L_{A,eq}$)

c : $L_{A,eq} = 50.22$ dB(A) (*min* $L_{A,eq}$)

d : $L_{A,eq} = 53.68$ dB(A)

- ✚ Μεγαλύτερη τιμή παρουσιάστηκε στο σημείο *b*, όπου υπάρχει το μεγάλο κεντρικό σιντριβάνι του πάρκου.

(Μέρα μέτρησης: παρατηρήθηκε έντονη παρουσία ανθρώπων στη γύρω περιοχή καθώς το σιντριβάνι βρισκόταν σε συνεχή λειτουργία)

- ✚ Μικρότερη τιμή είχαμε στο σημείο *c* για όλους τους βασικούς δείκτες θορύβου. Πρόκειται για το σημείο όπου υπάρχει το υπό ανέγερση θέατρο «Άλσος».

(Μέρα μέτρησης: πολύ σημαντική παρατήρηση αποτελεί το γεγονός ότι στο σημείο αυτό ήταν αισθητή η ηρεμία ενώ ο θόρυβος που προκαλείτο από τις γύρω οδικές αρτηρίες ήταν σχεδόν ανύπαρκτος. Επιπλέον η παρουσία ανθρώπων στο σημείο ήταν σχεδόν ανύπαρκτη)

5.2.2 ΝΟΗΤΕΣ ΠΟΡΕΙΕΣ

«Ένα νοητό πείραμα ή πείραμα σκέψης (*thought experiment*, από το γερμανικό ουσιαστικό *Gedankenexperiment*) αποτελεί μια προσπάθεια για επίλυση ενός προβλήματος με την χρήση της μοναδικής δύναμης της ανθρώπινης φαντασίας.» Βασιζόμενη στον πιο πάνω ορισμό και στην προσπάθεια το πείραμα να πάρει μορφή βάσει της οποίας η εξαγωγή συμπερασμάτων να γίνει πιο άμεση, εισήχθησαν στο σχεδιασμό του πειράματος τρεις νοητές πορείες : a-b-c-d, e-c-e' και f-c-f' με κοινό σημείο τομής το σημείο c δηλαδή το σημείο με το χαμηλότερο δείκτη θορύβου.

Πορεία a-b-c-d : Καθώς απομακρυνόμαστε από το εξωτερικό σημείο a κινούμενοι προς το εσωτερικό του πάρκου, παρατηρείται μια σημαντική μείωση του θορύβου λόγω οδικής κυκλοφορίας. Συγκεκριμένα από :

- Συμβολή στο σημείο a \Rightarrow κεντρικό σιντριβάνι (323 m) : +2.55 dB(A)
- Συμβολή στο σημείο a \Rightarrow κεντρικό σημείο c (535 m) : -11.60 dB(A)
- Πλατεία Πρωτομαγιάς \Rightarrow κεντρικό σημείο c (229 m) : -3.46 dB(A)

Πορεία e-c-e' : Θα ακολουθήσουν οι τιμές της απόσβεσης προς το εσωτερικό σημείο c ενώ παράλληλα θα δίνεται και η αναμενόμενη τιμή σύμφωνα με το θεωρητικό νόμο αντιστρόφου τετραγώνου[βλέπε Παράρτημα Β]. Αναλυτικά, από :

- την Ευελπίδων \Rightarrow κεντρικό σημείο c (213 m) : -21.33 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -46.86 dB(A)
- την Αλεξάνδρας \Rightarrow κεντρικό σημείο c (298 m) : -23.42 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -47.68 dB(A)

Όπως διαπιστώνεται, οι πραγματικές τιμές της απόσβεσης, απέχουν πολύ από τις τιμές της αναμενόμενης θεωρητικής απόσβεσης. Οι διαφορές που υπάρχουν, οφείλονται στις ανακλάσεις του ήχου λόγω του εδάφους καθώς επίσης και της

μειωμένης ικανότητας των δέντρων να αποτρέψουν τις ανακλάσεις που δημιουργούνται από αυτό.

Πορεία f-c-f': Θα ακολουθήσουν οι τιμές της απόσβεσης προς το εσωτερικό σημείο c ενώ παράλληλα θα δίνεται και η αναμενόμενη τιμή σύμφωνα με το θεωρητικό νόμο αντιστρόφου τετραγώνου [βλέπε Παράρτημα Β]. Αναλυτικά, από :

- την Μαυρομματαίων \Rightarrow κεντρικό σημείο c (510 m) : -16.13dB(A)
 - * Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -54.00 dB(A)
- την Μπούσγου \Rightarrow κεντρικό σημείο c (153 m) : -14.86 dB(A)
 - * Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -42.84 dB(A)

Και στην περίπτωση αυτή οι διαφορές είναι μεγάλες και οφείλονται προφανώς για τους ίδιους πρακτικά λόγους που προαναφέρθηκαν.

5.2.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

1. Το σημείο c παρουσιάζει την χαμηλότερη στάθμη θορύβου. Ο θόρυβος που φτάνει σε αυτό είναι συνδυαστικός δηλαδή προέρχεται από τις δυο κύριες οδικές αρτηρίες, την Ευελπίδων και την Λεωφόρο Αλεξάνδρας. Η τιμή του $L_{A,eq}$ για το σημείο c είναι 50 dB(A), δηλαδή πρόκειται για οριακά αποδεκτή στάθμη θορύβου εφόσον σύμφωνα με τις διεθνείς συστάσεις [βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ], το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο θορύβου για περιοχή που επικρατεί το αστικό στοιχείων είναι 50 dB(A). Ωστόσο, συμφωνά με τον νόμο αντιστρόφου τετραγώνου και δεδομένου των μεγάλων αποστάσεων που μεσολαβούν από το σημείο c έως και τις εξωτερικές πηγές θορύβου, θα έπρεπε να είχαμε χαμηλότερη στάθμη θορύβου σε σχέση με την δεδομένη. Προφανώς η αναμενόμενη θεωρητική απόσβεση δεν υπήρξε λόγω του εδάφους και των ανακλάσεων που πραγματοποιούνταν σε αυτό. Αναμφίβολα δε, τα μεγάλα ποσοστά πράσινων ζωνών που καλύπτουν το πάρκο, δεν συνέλαβαν στην αποτροπή αυτών των

ανακλάσεων και αυτό πιθανώς εξηγείται από την αραιή κατανομή των δέντρων στο χώρο του άλσους. Η αραιή, λοιπόν, κατανομή μειώνει την αποσβεστική ικανότητα των δέντρων και έτσι δεν τους επιτρέπει να αποτρέψουν κάθε είδους ανάκλαση που δημιουργείται από το έδαφος.

2. Όσον αφορά τα *εξωτερικά σημεία μέτρησης*, σε όλες τις περιπτώσεις η στάθμη θορύβου ξεπερνά την επιτρεπόμενη που είναι 50 dB(A), σύμφωνα με τις διεθνείς υποδείξεις [βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ]. Συνεπώς, η στάθμη θορύβου στο εξωτερικό περίγραμμα του πάρκου εύλογα χαρακτηρίζεται ως *απαράδεκτη και ανυπόφορη*. Για την ακρίβεια, η περιοχή διακρίνεται από υψηλά ποσοστά ηχορύπανσης καθώς ο κυκλοφοριακός φόρτος στις γύρω οδικές αρτηρίες είναι σημαντικά υψηλός, ειδικότερα τις μεσημβρινές ώρες όπου και ανήκει το δείγμα τιμών. Είναι λοιπόν σαφές, ότι τα κτίρια γύρω από τις συγκεκριμένες οδικές αρτηρίες «πάσχουν» από τα έντονα φαινόμενα ηχητικής ρύπανσης, με συνέπεια η ποιότητα ζωής των κατοίκων να επηρεάζεται αρνητικά.

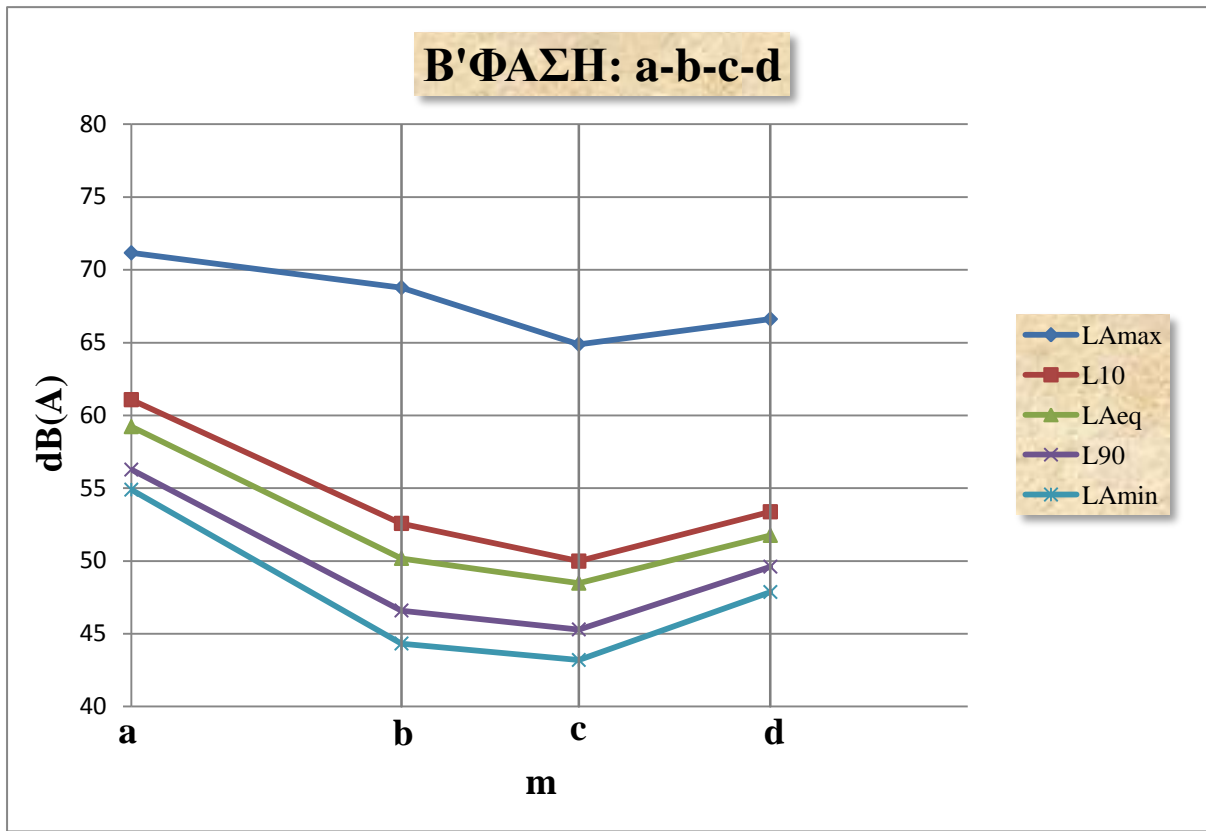
3. Ειδική, αποτελεί η αναφορά στο *σημείο a*. Προς υπενθύμιση, το χαρακτηριστικό σημείο μέτρησης *a* βρίσκεται στην συμβολή των Μαυρομματαίων και Λεωφόρου Αλεξάνδρας. Το σημείο αυτό παρουσίασε την χαμηλότερη στάθμη $L_{A,eq}$ από όλα τα εξωτερικά σημεία μέτρησης παρά το γεγονός ότι βρίσκεται σε μια θέση με ιδιαίτερα υψηλές αναμενόμενες στάθμες θορύβου. Εξήγηση του γεγονότος αυτού δίνει η απουσία προσόψεων κτιρίων καθώς το σημείο *a* εντάσσεται μέσα σε ανοικτό/ ελεύθερο πεδίο. Η διαπίστωση αυτή έρχεται τελικά να επιβεβαιώσει την βιβλιογραφική γνώση σύμφωνα με την οποία «η παρουσία προσόψεων κτιρίων σε ένα δρόμο, ενισχύει το θόρυβο κατά 3 dB(A)». Η γνώση αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε υπολογιστικές μεθόδους και δηλώνει ότι η παρουσία κτιρίων σε ένα δρόμο δημιουργεί πληθώρα αντηχήσεων και δεν επιτρέπει στον ήχο να έχει την ανάλογη απόσβεση που απαιτείται σε σχέση με την απόσταση που διανύει. Στην περίπτωση μας συμβαίνει το αντίθετο.

4. Όσον αφορά τα εσωτερικά σημεία μέτρησης, παρατηρήθηκε ότι στα σημεία *b* και *d* η στάθμη θορύβου $L_{A,eq}$ ξεπερνά την αποδεκτή επιτρεπόμενη τιμή που είναι 50 dB(A) σύμφωνα με τις διεθνείς συστάσεις [βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ], ενώ η τιμή στο σημείο *c* χαρακτηρίζεται ως οριακά αποδεκτή. Εκτός από αυτό, η αυξημένη τιμή στο σημείο *b*, πιθανότατα οφείλεται στο γεγονός ότι την ώρα της μέτρησης το κεντρικό σιντριβάνι του άλσους βρισκόταν σε πλήρη λειτουργία. Ταυτόχρονα δε, η παρουσία ατόμων στον περιβάλλοντα χώρο της κεντρικής πλατείας, υπήρξε σημαντικά θορυβώδης, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα εσωτερικά σημεία μέτρησης, όπου η παρουσία ανθρώπων ήταν σχεδόν ανύπαρκτη.

5. Σημαντικά μειωμένη στάθμη θορύβου $L_{A,eq}$ παρουσιάζετε στο σημείο μέτρησης *d*. Το αξιοσημείωτο στην περίπτωση αυτή αποτελεί η ύπαρξη ενός ανισόπεδου οδικού άξονα, ο οποίος διασχίζει σε όλο του το μήκος την πλατεία Πρωτομαγιάς. Πρόκειται για τον οδικό άξονα Μουστοξύδη, ο οποίος αποτελείται από δυο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Ο αναμενόμενος ημερήσιος κυκλοφοριακός φόρτος στον άξονα Μουστοξύδη πλησιάζει αυτό που πραγματεύονται οι Ευελπίδων και Λεωφόρος Αλεξάνδρας. Παρόλα αυτά η πειραματική στάθμη θορύβου στο σημείο πάνω από τον άξονα είναι σημαντικά χαμηλή και προσεγγίζει παράλληλα την επιτρεπόμενη οριακή τιμή. Πιθανή εξήγηση στο γεγονός αυτό δίνει η μορφή και η γεωμετρία που έχει ο οδικός άξονας, η οποία δεν επιτρέπει στο κυκλοφοριακό θόρυβο να εκδηλωθεί και να επηρεάσει έντονα το ηχητικό πεδίο της πλατείας. Άλλη πιθανή εξήγηση στην απομείωση του θορύβου, δίνουν τα κατακόρυφα πρηνή από σιδηροπαγές σκυρόδεμα εκατέρωθεν του ανισόπεδου οδικού άξονα, τα οποία λειτουργούν σαν ηχοπετάσματα και εμποδίζουν τον κυκλοφοριακό θόρυβο να ταξιδέψει προς την πλατεία. Στην περίπτωση αυτή θα λέγαμε πως λειτουργεί το φαινόμενο της «Περίθλασης».

6. Το κεντρικό σημείο *c* απέχει από τις κύριες οδικές αρτηρίες αποστάσεις της τάξεως των 200 έως 500 m. Η αναμενόμενη θεωρητική απόσβεση βάση του νόμου αντιστρόφου τετραγώνου [βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β], κυμαίνεται αντίστοιχα από 32 έως 54 dB(A) ως προς κεντρικό σημείο *c*. Στην περίπτωση του Πεδίου Άρεως όμως η μέγιστη απόσβεση που πραγματοποιείται είναι της τάξεως των 20 dB(A), σαφώς πολύ μικρότερη. Βέβαια, οι θεωρητικές τιμές στηρίζονται στο γεγονός ότι το πεδίο ανάμεσα στα δυο σημεία είναι ελεύθερο που στην προκειμένη περίπτωση του άλσους δεν υφίστανται. Παρόλα αυτά οι διαφορές που υπάρχουν είναι σημαντικά μεγάλες και πιθανότατα οφείλονται στις ανακλάσεις του ήχου στο έδαφος καθώς και στην ύπαρξη ψηλών κτιρίων περιμετρικά του πάρκου. Τέλος, αλλά εξίσου σημαντική είναι η μη συνεισφορά των πράσινων ζωνών στην απομείωση του ήχου. Γενικά, πειραματικές μελέτες έδειξαν πως το αστικό πράσινο, λειτουργεί σαν ηχοαπορροφητικό φίλτρο καθώς ο ήχος εξασθενεί όταν τα κύματα του απορροφώνται από την βλάστηση ή και διασπάται όταν τα κύματα έρχονται σε επαφή με αυτή έτσι που τα στέλνει σε διαφορετική κατεύθυνση. Το γεγονός αυτό επιτρέπει την έστω προσωρινή ανακούφιση από την σχιζοφρενική πραγματικότητα του περιβαλλοντικού/κυκλοφοριακού θορύβου. Όμως, στην δική μας περίπτωση, η αραιή κατανομή των δέντρων στο περιβάλλοντα χώρο του άλσους, μειώνει την αποσβεστική ικανότητα τους και έτσι δεν τους επιτρέπει να αποτρέψουν κάθε είδους ανάκλαση που δημιουργείται από το έδαφος. Ωστόσο, η στάθμη στο κεντρικό σημείο *c* είναι οριακά αποδεκτή και ως εκ τούτου τελικά οι μεγάλες αποστάσεις επιτυγχάνουν μεγαλύτερη προστασία.

5.3 Β' ΦΑΣΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ_ΣΑΒΒΑΤΟ_16/07/2011



Σχήμα 5.4 : Κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της νοητής πορείας a – b – c – d

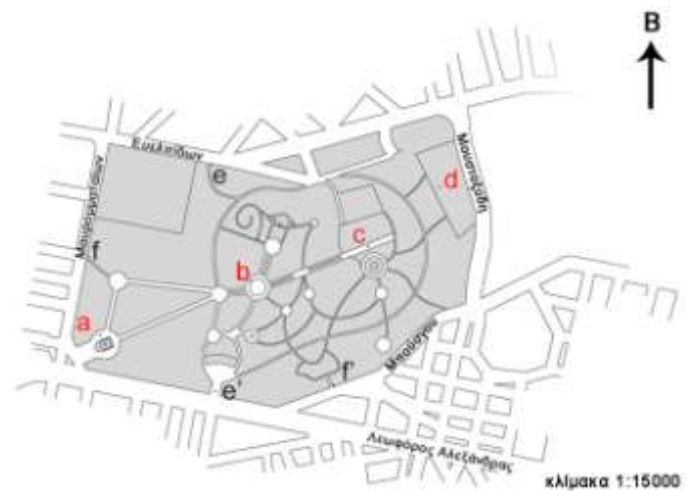
Αποστάσεις (m)	
a-b	323
b-c	212
c-d	229

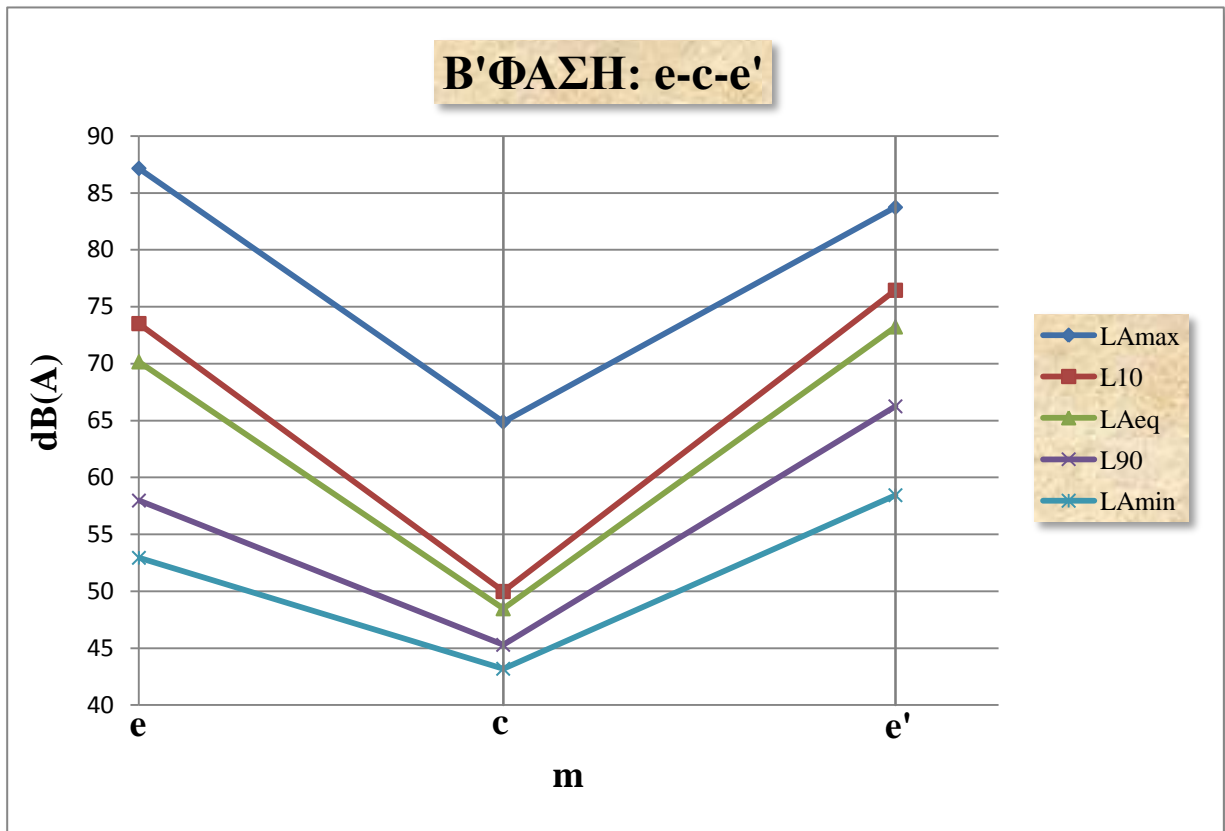
Σημείο a : Ανδριάντας Βασιλιά Κων/νου Α'

Σημείο b : Κεντρική πλατεία με το σιντριβάνι

Σημείο c : Θέατρο «Άλσος»

Σημείο d : Πλατεία Προτομαγιάς





Σχήμα 5.5: Κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της νοητής πορείας e – c – e'

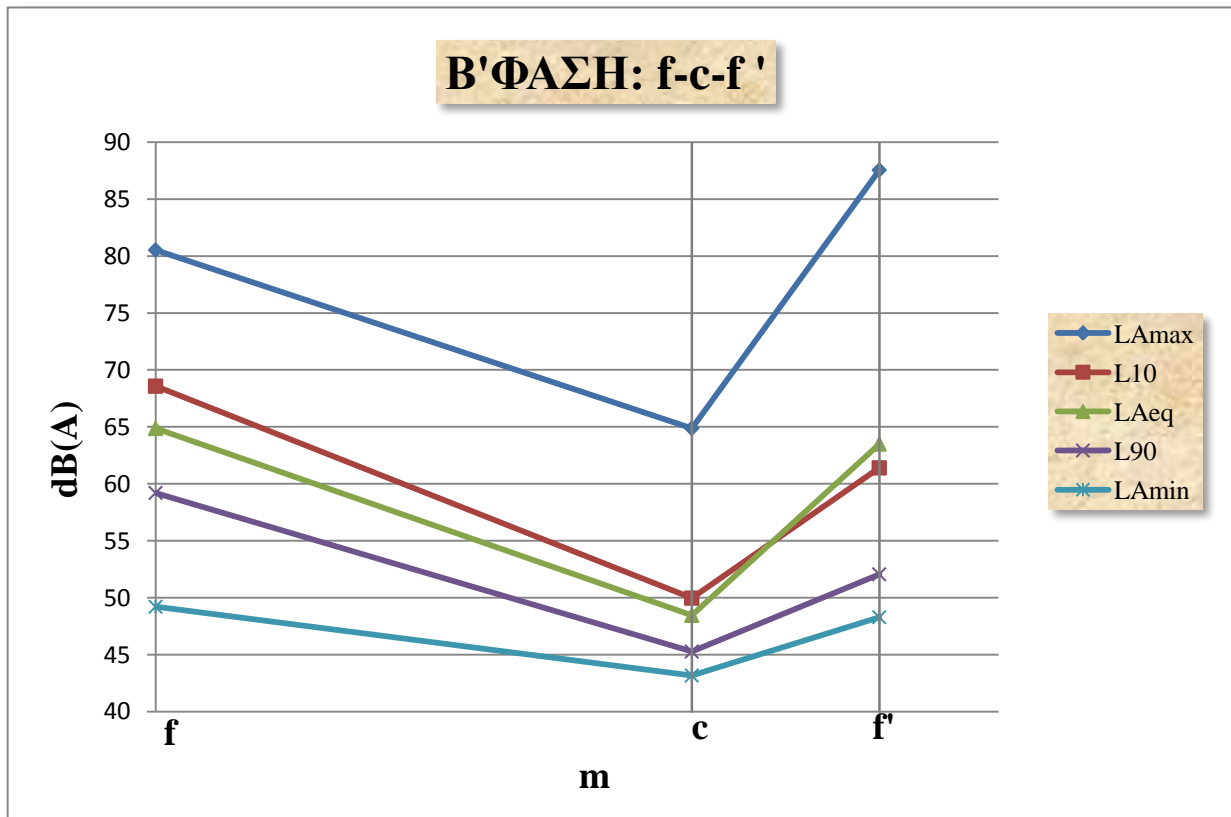
Σημείο	Απόσταση από τον οδικό άξονα Ευελπίδων	Απόσταση από τον οδικό άξονα Αλεξάνδρας
e	0	400
c	213	298
e'	408	0

Σημείο e : Είσοδος/Εξοδος επί οδού Ευελπίδων

Σημείο c : Θέατρο «Άλσος»

Σημείο e' : Είσοδος/Εξοδος επί οδού Αλεξάνδρας





Σχήμα 5.6 : Κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της νοητής πορείας f – c – f'

Σημείο	Απόσταση από τον οδικό άξονα Μαυρομματαίων	Απόσταση από τον οδικό άξονα Μπούσγου
f	0	544
c	510	153
f'	578	0

Σημείο f : Είσοδος/Εξοδος επί οδού Μαυρομ.

Σημείο c : Θέατρο «Άλσος»

Σημείο f' : Είσοδος/Εξοδος επί οδού Μπούσγου



5.3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Παρατηρώντας τις τιμές των χαρακτηριστικών σημείων μέτρησης για την Β' Φάση, η χαμηλότερη στάθμη θορύβου για όλους τους δείκτες παρουσιάζεται και στην περίπτωση αυτή στο εσωτερικό σημείο *c*. Όπως είναι γνωστό, το σημείο αυτό βρίσκεται σε αρκετή απόσταση από τις κύριες εξωτερικές πηγές θορύβου. Συνεπώς αποτελεί το πιο προστατευμένο σημείο σε αναφορά με τον ήχο που φτάνει σε αυτό.

Η τιμή του $L_{A,eq}$ για το σημείο *c* είναι 48 dB(A).

$$\text{Αποστάσεις : } d_{fc} = 510 \text{ m}$$

$$d_{f'c} = 153 \text{ m}$$

$$d_{ec} = 213 \text{ m}$$

$$d_{e'c} = 298 \text{ m}$$

Το σημείο *c* παρουσιάζει πτώση :

$$\Delta L_{A,eq} = \frac{70.16 + 64.87 + 59.22 + 73.23 + 63.50}{5} - 48.47 = 18 \text{ dB(A)}$$

Είναι προφανές ότι και σε αυτή την περίπτωση ότι ο κυκλοφοριακός θόρυβος, φτάνει στο εσωτερικό του πάρκου σε αρκετά μειωμένη στάθμη σε σχέση με τα περιμετρικά σημεία του πάρκου

ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ

$$a : L_{A,eq} = 59.22 \text{ dB(A)} \text{ (min } L_{A,eq})$$

$$e : L_{A,eq} = 70.16 \text{ dB(A)}$$

$$e' : L_{A,eq} = 73.23 \text{ dB(A)} \text{ (max } L_{A,eq})$$

$$f : L_{A,eq} = 64.87 \text{ dB(A)}$$

$$f' : L_{A,eq} = 63.50 \text{ dB(A)}$$

- ✚ *Μεγαλύτερη τιμή* παρουσιάζεται στο σημείο επί της Λεωφόρου Αλεξάνδρας. Η Λεωφόρος Αλεξάνδρας μαζί με την Ευελπίδων αποτελούν τις βασικές πηγές θορύβου για την ευρύτερη περιοχή και στην περίπτωση της Β' Φάσης.
(Μέρα μέτρησης: παρατηρήθηκε υψηλή στάθμη θορύβου και στους δυο οδικούς άξονες λόγω των διερχόμενων οχημάτων)

- ✚ Ακολουθούν οι τιμές επί των οδών Μαυρομματαίων και Μπούσγου. Παρόλο που στα δυο σημεία μέτρησης, η τιμή του $L_{A,eq}$ ξεπερνά την επιτρεπόμενη τιμή, εντούτοις δεν αποτελούν κύριες εστίες θορύβου.
(Μέρα μέτρησης: παρατηρήθηκε μειωμένη η στάθμη θορύβου εξαιτίας των διερχόμενων οχημάτων, ενώ η παρουσία ανθρώπων ήταν ελάχιστη έως ανύπαρκτη)

- ✚ *Χαμηλότερη τιμή* στις στάθμες θορύβου για τα εξωτερικά σημεία παρουσιάζεται και στην Β' Φάση στο σημείο a, δηλαδή στην συμβολή των οδικών αξόνων Αλεξάνδρας και Μαυρομματαίων.
(Μέρα μέτρησης: παρατηρήθηκε μειωμένη κίνηση οχημάτων σε σχέση με την καθημερινή και ελάχιστη έως μηδενική κίνηση ανθρώπων από και προς το πάρκο)

ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ

b : $L_{A,eq} = 50.17 \text{ dB(A)}$

c : $L_{A,eq} = 48.47 \text{ dB(A)}$ (*min* $L_{A,eq}$)

d : $L_{A,eq} = 51.75 \text{ dB(A)}$ (*max* $L_{A,eq}$)

- ✚ *Μεγαλύτερη τιμή* παρουσιάστηκε στο σημείο d το οποίο ανήκει στην επονομαζόμενη Πλατεία Πρωτομαγιάς.
(Μέρα μέτρησης: η παρουσία ανθρώπων στην πλατεία αλλά γενικότερα στο πάρκο την συγκεκριμένη μέρα ήταν αισθητά ελάχιστη σε σχέση με την καθημερινή)

- ✚ *Μικρότερη τιμή* είχαμε και στην περίπτωση αυτή στο σημείο c. Πρόκειται για το σημείο όπου υπάρχει το υπό ανέγερση θέατρο «Άλσος».

(Μέρα μέτρησης: η παρουσία ανθρώπων στο σημείο αυτό ήταν σχεδόν ανύπαρκτη καθώς επικρατούσε ηρεμία σε όλο το διάστημα της μέτρησης)

5.3.2 ΝΟΗΤΕΣ ΠΟΡΕΙΕΣ

Πορεία a-b-c-d : Και στην Β' Φάση, καθώς απομακρυνόμαστε από το εξωτερικό σημείο a κινούμενοι προς το εσωτερικό του πάρκου, παρατηρείται μια σημαντική μείωση της στάθμης του θορύβου. Αναλυτικότερα. από :

- Συμβολή στο σημείο a \Rightarrow κεντρικό σιντριβάνι (323 m) : -9.05 dB(A)
- Συμβολή στο σημείο a \Rightarrow κεντρικό σημείο c (535 m) : -10.75 dB(A)
- Πλατεία Πρωτομαγιάς \Rightarrow κεντρικό σημείο c (229 m) : -3.28 dB(A)

Προφανώς, οι μεταβολές αυτές οφείλονται στη παρουσία βλάστηση στο εσωτερικό του άλσους αλλά κυρίως στην απόσταση από τις εξωτερικές πηγές θορύβου.

Πορεία e-c-e' : Θα ακολουθήσουν οι τιμές της απόσβεσης προς το εσωτερικό σημείο c ενώ παράλληλα θα δίνεται και η αναμενόμενη τιμή σύμφωνα με το θεωρητικό νόμο αντιστρόφου τετραγώνου[βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β]. Αναλυτικά, από:

- την Ευελπίδων \Rightarrow κεντρικό σημείο c (213 m) : -21.69 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -46.86 dB(A)
- την Αλεξάνδρας \Rightarrow κεντρικό σημείο c (298 m) : -24.76 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -47.68 dB(A)

Όπως διαπιστώνεται οι πραγματικές τιμές της απόσβεσης της Β' Φάσης ταυτίζονται με τις τιμές της Α' Φάσης. Συνεπώς δεν πραγματοποιείται καμία βελτίωση όσον αφορά την απόσβεση του κυκλοφοριακού θορύβου είτε αυτή αφορά καθημερινή είτε Σαββάτο. Οι συνθήκες που επικρατούν και στις δυο περιπτώσεις είναι όμοιες.

Πορεία f-c-f': Θα ακολουθήσουν οι τιμές της απόσβεσης προς το εσωτερικό σημείο *c* ενώ παράλληλα θα δίνεται και η αναμενόμενη τιμή σύμφωνα με το θεωρητικό νόμο αντιστρόφου τετραγώνου [βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β]. Αναλυτικά, από:

- την Μαυρομματαίων \Rightarrow κεντρικό σημείο *c* (510 m) : -16.40 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -54.00 dB(A)
- την Μπούσγου \Rightarrow κεντρικό σημείο *c* (153 m) : -15.03 dB(A)
* Αναμενόμενη θεωρητική τιμή : -42.84 dB(A)

Και στην περίπτωση αυτή, οι τιμές της απόσβεσης ταυτίζονται με τις τιμές της Α' Φάσης. Συνεπώς επιβεβαιώνεται το γεγονός της μη διαφοροποίησης των τιμών της απόσβεσης προς το εσωτερικό του άλσους.

5.3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της Β' Φάσης έχει κοινές συνιστώσες με την ανάλυση των αποτελεσμάτων της Α' Φάσης. Συνεπώς, τα αντίστοιχα σημεία που αναλύονται στο εδάφιο 5.2.3, αναλύονται με εξίσου ίδιο σκεπτικό στο συγκεκριμένο εδάφιο, για το λόγο ακριβώς ότι οι ομοιότητες στα αποτελέσματα μεταξύ Α' και Β' Φάσης είναι περισσότερες από ότι οι διαφορές τους. Οπότε, προτρέπω την παραπομπή στο εδάφιο 5.2.3 της Α' Φάσης για την ανάγνωση της σχετικής ανάλυσης που αντιστοιχεί με αυτή της Β' Φάσης.

5.4 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ Α' & Β' ΦΑΣΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Στην προσπάθεια να γίνει μια συγκριτική αντιστοιχία μεταξύ της Α' και Β' Φάσης μέτρησης, διαπιστώθηκε ότι οι ομοιότητες, στα αποτελέσματα των δυο φάσεων, ήταν περισσότερες από ότι οι διαφορές τους. Αναλυτικά :

- ↪ Και στις δυο περιπτώσεις, το εσωτερικό σημείο *c* παρουσίασε την χαμηλότερη στάθμη ήχου και ήταν της τάξεως των 50 dB(A). Το γεγονός αυτό, το καθιστά ως το πιο προστατευμένο σημείο σε αναφορά με τον ήχο που φτάνει σε αυτό τόσο σε καθημερινή βάση όσο και τα σαββατοκύριακα. Ωστόσο παρόλο που και στις δυο Φάσεις, η τιμή στο εσωτερικό σημείο *c* είναι αποδεκτή, σύμφωνα με τις διεθνείς συστάσεις, εντούτοις σύμφωνα με το θεωρητικό Νόμο Αντιστρόφου Τετραγώνου (Inverse-square Law) η τιμή στο σημείο αυτό αναμενόταν πολύ χαμηλότερη.
- ↪ Όσο αφορά τα σημεία μέτρησης στο εξωτερικό περίγραμμα του άλσους, και στις δυο περιπτώσεις, οι τιμές τους ξεπερνούν την επιτρεπόμενη τιμή των 50 dB(A). Συνεπώς οι προκύπτουσες στάθμες θορύβου χαρακτηρίζονται ως ανεπιθύμητες και ανυπόφορες, χρίζοντας έτσι την περιοχή γύρο από τις οδικές αρτηρίες πάσχουσα από τα έντονα ηχητικά φαινόμενα. Βεβαία, στις κύριες οδικές αρτηρίες ο κυκλοφοριακός φόρτος το σαββατοκύριακο αναμενόταν πιο ήπιος σε σχέση με τον κυκλοφοριακό φόρτο της καθημερινής. Ωστόσο, σύμφωνα με τα έκβαση του πειράματος αυτό δεν υφίστανται, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει διαφοροποίηση στα επίπεδα θορύβου ανάλογα με την ημέρα που διανύεται.
- ↪ Ελαφρώς διαφοροποιημένα είναι τα επίπεδα θορύβου στο εσωτερικό τμήμα του πάρκου το σαββατοκύριακο (B' Φάση) σε σχέση με την καθημερινή (A' Φάση). Συγκεκριμένα, στην πρώτη περίπτωση, τα σημεία *b*, *c* και *d* έχουν τιμές $L_{A,eq}$ αποδεκτές σε σύγκριση με τις επιτρεπόμενες που ορίζουν οι διεθνείς κανονισμοί, ενώ στην δεύτερη περίπτωση, οριακά αποδεκτή είναι μόνο η στάθμη θορύβου στο σημείο *c*, καθώς στα σημεία *b* και *d* ξεπερνούν την οριακή τιμή των 50 dB(A). Προφανώς, η διαφοροποίηση αυτή σχετίζεται με το πλήθος ανθρώπων που επισκέπτεται το πάρκο. Για να γίνει πιο αντιληπτό, παίρνουμε σαν παράδειγμα το σημείο *b*. Το σημείο *b* στην A' Φάση είχε τιμή 63 dB(A) και την μέρα διεξαγωγής της μέτρησης το κεντρικό

σιντριβάνι ήταν σε πλήρη λειτουργία ενώ γύρω από αυτό η παρουσία των ανθρώπων ήταν σημαντικά μεγάλη και ταυτόχρονα θορυβώδης. Από την άλλη, το σημείο b στην Β' Φάση είχε τιμή 50 dB(A) δηλαδή 13 dB(A) μειωμένη στάθμη σε σχέση με την Α' Φάση και αυτό ακριβώς γιατί την μέρα διεξαγωγής της μέτρησης, στο σημείο b το κεντρικό σιντριβάνι ήταν εκτός λειτουργίας καθώς επίσης η παρουσία ανθρώπων ήταν σχεδόν ανύπαρκτη. Εν ολίγοις, στο εσωτερικό του άλσους επικρατούν αποδεκτά όρια θορύβου, γεγονός που καθιστά το άλσος κατάλληλο για το ρόλο που επιτελεί μέσα στην αστική ζώνη όπου και ανήκει.

↪ Τελευταία, αλλά εξίσου σημαντική είναι η κοινή έκβαση των νοητών πορειών σε ότι αφορά τις πειραματικές αποσβέσεις που πραγματοποιούνται από το εξωτερικό περίγραμμα του άλσους μέχρι το κεντρικό σημείο c. Και στις δυο περιπτώσεις, η πειραματική απομείωση της έντασης του ήχου δεν συνάδει με την αναμενόμενη θεωρητική απομείωση, σύμφωνα με τον Νόμο Αντιστρόφου Τετραγώνου (Inverse-square Law) που κυμαίνεται από 32 έως 54 dB(A) ως προς κεντρικό σημείο c. Αυτό βεβαίως ήταν αναμενόμενο και εξηγείται από το γεγονός ότι και στις δυο φάσεις μέτρησης, οι πειραματικές στάθμες θορύβου τόσο περιμετρικά όσο και στο κεντρικό σημείο c ήταν σχεδόν ίδιες με διαφορές τις τάξεως του ± 1 dB(A) καθώς επικρατούν ίδιες συνθήκες τόσο καθημερινά όσο και τα σαββατοκύριακα. Βέβαια, οι θεωρητικές τιμές στηρίζονται στο γεγονός ότι το πεδίο ανάμεσα στα δυο σημεία είναι ελεύθερο που στην προκείμενη περίπτωση του Άλσους δεν υφίστανται. Παρόλα αυτά οι διαφορές που υπάρχουν είναι σημαντικά μεγάλες και οφείλονται τόσο στην ύπαρξη πολλών πηγών θορύβου περιμετρικά του άλσους όσο στις ανακλάσεις του ήχου στο έδαφος. Επιπλέον, η αραιή κατανομή των δέντρων στο περιβάλλοντα χώρο του Άλσους, μειώνει την αποσβεστική ικανότητα τους και έτσι δεν τους επιτρέπει να αποτρέψουν κάθε είδους ανάκλαση που δημιουργείται από το έδαφος. Συνεπώς, οι παραπάνω παράγοντες δεν επιτρέπουν την τελική επιθυμητή απομείωση του ήχου στο εσωτερικό του άλσους. Πάντως ακόμη και έτσι, η τελική στάθμη του c θεωρείται οριακά

αποδεκτή σύμφωνα με τις διεθνείς συστάσεις και συνεπώς στο εσωτερικό του πάρκου επικρατούν επιθυμητές συνθήκες για ένα μεγάλο αστικό πάρκο, όπως είναι το Πεδίον του Άρεως.

5.5 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΗΜΗΤΡΗ ΚΑΣΤΑΝΙΑ & ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΚΡΙΠΟΥΡΗ

Η παραπάνω διπλωματική εργασία με τίτλο «Συμβολή του Εθνικού Κήπου της Αθήνας στην απόσβεση της αστικής ηχορύπανσης» εκπονήθηκε από φοιτητές του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και μελετά την απόσβεση του αστικού θορύβου. Οι σχεδιασμός του πειράματος, οι συνθήκες διεξαγωγής του καθώς επίσης και τα δεδομένα αξιολόγησης προς έκβασης των αποτελεσμάτων, είναι σχεδόν όμοια με αυτά τις παρούσας διπλωματικής εργασίας. Συνεπώς, η σύγκριση μεταξύ των δυο διπλωματικών εργασιών κρίθηκε αποδεκτή. Συγκεκριμένα, συγκρίνοντας τις δυο εργασίες, παρατηρούμε τα ακόλουθα :

1. Στο εσωτερικό του Εθνικού Κήπου όπου βρίσκεται η κεντρική λίμνη επικρατεί μια στάθμη των 60 dB(A) διότι σε αντίθεση με το Πεδίον του Άρεως, έχει εν γένει μικρότερες αποστάσεις από τις πηγές θορύβου. Στην μεν πρώτη περίπτωση η τιμή είναι μη επιτρεπτή καθώς ξεπερνά την επιτρεπόμενη τιμή των 50 dB(A) σύμφωνα με τις διεθνείς υποδείξεις ενώ στην δεύτερη είναι μόλις οριακά επιτρεπτή.
2. Στο εξωτερικό περίγραμμα επικρατεί μια ενιαία εικόνα του αστικού θορύβου με τις στάθμες στους οδικούς άξονες τόσο του Κήπου όσο και Πεδίου Άρεως να ξεπερνούν την επιτρεπόμενη τιμή, σύμφωνα με τις διεθνείς υποδείξεις. Εν γένει και στις δυο περιπτώσεις η στάθμη θορύβου στο εξωτερικό περίγραμμα του πάρκου χαρακτηρίζεται ως *απαράδεκτη και ανυπόφορη*. Είναι λοιπόν σαφές, ότι τα κτίρια γύρω από τις συγκεκριμένες οδικές

αρτηρίες «πάσχουν» από τα έντονα φαινόμενα ηχητικής ρύπανσης, με συνέπεια η ποιότητα ζωής των κατοίκων να επηρεάζεται αρνητικά.

3. Σημαντική παρατήρηση αποτελεί το γεγονός ότι τα επίπεδα θορύβου στον Εθνικό Κήπο είναι πολύ μεγαλύτερα την Κυριακή σε σχέση με την καθημερινή. Σε αντίθεση με το Πεδίον του Άρεως που τα επίπεδα θορύβου στο εσωτερικό είναι πιο χαμηλά το Σαββάτο σε σχέση με την καθημερινή. Στην μεν πρώτη περίπτωση τα επίπεδα θορύβου ξεπερνούν τα επιτρεπτά ενώ στο Πεδίον του Άρεως είναι μόλις αποδεκτά καθιστώντας το πάρκο ικανό για το σκοπό που επιτελεί μέσα στην αστική ζώνη όπου και βρίσκεται.

4. Προφανώς καθοριστικό παράγοντα στην διαμόρφωση των επιπέδων θορύβου στο εσωτερικών των αστικών πάρκων, αποτελεί η προσέλευση ανθρώπων. Όπως έχει προκύψει από τις δυο έρευνες, στο μεν Εθνικό Κήπο η προσέλευση είναι πολύ μεγαλύτερη τα σαββατοκύριακα σε σχέση με την καθημερινή. Το γεγονός αυτό δεν εκπλήσσει, εφόσον ο Εθνικός Κήπος αποτελεί επιλογή εξόδου από τις σκοτούρες τις καθημερινότητας για πολλούς Αθηναίους και ιδιαίτερα χώρος εξόρμησης και εξερεύνησης για τα μικρά παιδιά. Στο δε Πεδίον του Άρεως, η προσέλευση ανθρώπων είναι σε γενικές γραμμές χαμηλή τόσο σε καθημερινή βάση όσο και τα σαββατοκύριακα. Το ερώτημα είναι πώς γίνεται ένα πάρκο μεγάλης εμβελείας που βρίσκεται στην καρδιά της Αθήνας να παρουσιάζει σχετικά τόσο χαμηλή προσέλευση; Η απάντηση δίδεται στην χωροθέτηση του άλσους όπου γειτνιάζει κοντά σε περιοχές κατοικίας μεταναστών. Εκτός αυτού και της συναφή χρησιμοποίησης του πάρκου ως επί των πλείστων από μετανάστες, το πάρκο του Πεδίου Άρεως γίνεται χώρος φιλοξενίας για χρήστες ναρκωτικών ουσιών αλλά και για αστέγους. Συνεπώς η συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό του άλσους κάθε άλλο από ασφαλής μπορούν να χαρακτηριστούν. Εν ολίγοις, στην περίπτωση αυτή ο κοινωνιολογικός παράγοντας παίζει πρώτιστο ρόλο και καθίστα το άλσος

του Πεδίου Άρεως ανάκανο να αξιοποιήσει την ευεργετική παρουσία του μέσα στην πόλη όπου ανήκει.

5. Τέλος, προκειμένου να εξάγουμε συμπεράσματα για το βαθμό απόσβεσης που διαπραγματεύεται κάθε πάρκο ξεχωριστά κάναμε χρήση την χονδρική τάξη μεγέθους των πάρκων και όχι την ανά μέτρο μήκους απόσβεσης από τα εξωτερικά σημεία μέτρησης προς το κεντρικό. Αυτό γίνεται για το λόγο ότι η πηγή θορύβου δεν είναι μονοσήμαντη δηλαδή και τα δυο πάρκα περιστοιχίζονται από μεγάλες οδικές αρτηρίες, οπότεν το κεντρικό σημείο τους δέχεται επιρροές από πολλές πηγές θορύβου και τελικά παίρνουμε ένα συνδυαστικό αποτέλεσμα. Πάντως το κεντρικό σημείο στο Πεδίον του Άρεως απέχει από τις πηγές θορύβου αποστάσεις της τάξεως των 200 έως και 500 m και επιτυγχάνει μόλις αποδεκτές στάθμες θορύβου στην καρδιά του πάρκου, σε αντίθεση με τον Εθνικό Κήπο, όπου οι αποστάσεις των πηγών θορύβου από το κεντρικό σημείο είναι της τάξεως των 200 m με τις συνθήκες στο εσωτερικό του Κήπου να καθορίζονται μη επιτρεπές τόσο σε καθημερινό επίπεδο όσο και τα σαββατοκύριακα. Ωστόσο και στις δυο περιπτώσεις, οι τιμές στις εσωτερικές στάθμες θορύβου, αναμένονταν χαμηλότερες βάση του νόμου αντιστρόφου τετραγώνου. Σαφή ερμηνεία της μη επαλήθευσης με τις θεωρητικές τιμές, δίνουν τόσο οι πολυπληθείς πηγές θορύβου καθώς επίσης και οι ανακλάσεις του ήχου στο έδαφος. Επίσης η βλάστηση και στις δύο περιπτώσεις παρουσιάζει μειωμένη αποσβεστική ικανότητα και έτσι δεν επιτυγχάνεται η διάσπαση κάθε είδους ανάκλαση που δημιουργείται από το έδαφος. Παρόλα αυτά στην περίπτωση μας δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί ο ρόλος του πρασίνου μόνος του καθαυτών. Εντούτοις όμως με την ύπαρξή πιθανώς πυκνότερης βλάστησης και με το είδος της βλάστησης να είναι ως επί των πλείστων αειθαλή (πεύκα ή έλατα) να είχαμε καλύτερα αποτελέσματα και πιο βελτιωμένες συνθήκες στο εσωτερικό των πάρκων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ

Ο ρόλος των ελεύθερων αστικών χώρων στην διαμόρφωση των περιβαλλοντικών συνθηκών στην ζώνη επιρροής τους είναι και σημαντικός και σύνθετος. Αυτοί παρέχουν στους πολίτες των πόλεων, τη δυνατότητα αναψυχής, διαφυγής από το τυπικό κλειστό αλλά και πολλές φορές τεχνητό περιβάλλον καθώς επίσης επιτρέπουν την έστω προσωρινή ανακούφιση από την σχιζοφρενική πραγματικότητα του περιβαλλοντικού θορύβου. Συνεπώς οφείλουν με το σωστό σχεδιασμό τους και την επιλογή κατάλληλων υλικών, να διασφαλίσουν πραγματικά άνετες συνθήκες στους καθημερινούς χρήστες και μάλιστα για μεγάλα χρονικά διαστήματα όλες τις εποχές.

Εν γένει, η μελέτη και η υλοποίηση μελλοντικών αστικών πνευμόνων πρασίνου, θα πρέπει να έχει όλες εκείνες τις τεχνικές προδιαγραφές που θα το κάνουν λειτουργικό και ασφαλές. Η πρώτη παράμετρος μπορεί να διασφαλιστεί με την δημιουργία αστικών πάρκων μεγάλων διαστάσεων, προκειμένου οι αποστάσεις των κεντρικών σημείων τους από τις κύριες πηγές θορύβου να είναι της τάξεως των 200 με 500 m. Τότε και μόνο στο εσωτερικό τους θα εξασφαλίζονται αποδεκτές στάθμες θορύβου και εν ολίγοις η διασφάλιση αυτή θα τα καθίστα ικανά για το σκοπό που επιτελούν μέσα στην αστική ζώνη όπου και εντάσσονται.

Βεβαία, στις σύγχρονες αστικές πόλεις η ύπαρξη ελεύθερων χώρων πρασίνου τέτοιου μεγέθους φαντάζει ουτοπική, ιδιαίτερα στις σύγχρονες μεγάλες πόλεις της Ελλάδας, όπου η άναρχη δόμηση τους εκ μηδένισε σχεδόν κάθε πιθανή ύπαρξη ελεύθερων χώρων, πόσο μάλλον χώρων τέτοιου μεγέθους. Σε αυτήν την περίπτωση λοιπόν, η μείωση του θορύβου μπορεί να επέλθει με την χρησιμοποίηση της

βλάστησης και άλλων μορφολογικών στοιχείων του τοπίου. Πιο αποτελεσματική είναι η δεντροφύτευση από αειθαλή φυτά που παρέχουν προστασία από το θόρυβο όλο το χρόνο και είναι όλα τα είδη των ελάτων και των πεύκων. Λιγότερο πυκνά αειθαλή δεν είναι αποτελεσματικά. Από τα φυλλοβόλα πιο αποτελεσματικά είναι δέντρα που το φύλλωμα τους αρχίζει χαμηλά από την βάση του κορμού και είναι σχετικά πυκνό. Εκτός από τα δέντρα και τους θάμνους, η παρουσία χλοοτάπητα ή άλλων φυτών εδαφοκάλυψης μειώνει αποτελεσματικά τον ήχο σε σύγκριση με επιφάνειες επίστρωσης με κάποιο σκληρό υλικό. Το μέγεθος και η πυκνότητα των φυτικών φρακτών παίζουν σημαντικό ρόλο στον έλεγχο του ήχου. Οι φράκτες πρέπει να έχουν πλάτος τουλάχιστον 7 μέτρων για να φέρουν αποτελέσματα και ύψος αρκετό για να περιορίσουν τη διάδοση του ήχου πάνω από τις κορυφές τους.

Ωστόσο, σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές, η ασφάλεια αποτελεί το κλειδί της επιτυχούς λειτουργίας ενός αστικού πνεύμονα. Η ύπαρξή του εντός μιας κοινωνίας υποβαθμισμένης και επικίνδυνης δεν θα επιτρέψει την εξωτερίκευση της ευεργετικής του παρουσίας στο χώρο της πόλης. Πέρα από την μη ορθή εννοιολογικά χρησιμοποίηση του χώρου από τους χαμηλού μορφωτικού επιπέδου αστούς που ζουν γύρω από αυτό, θα αποτελεί ταυτόχρονα χώρο φιλοξενίας για χρήστες ναρκωτικών ουσιών αλλά και για αστέγους. Λύση στην κοινωνιολογική πλευρά του προβλήματος δίνει η σωστή επιλογή χωροθέτησης του αστικού πάρκου, επιλέγοντας έτσι μια ουδέτερη περιοχή. Τέλος, η ύπαρξη ομάδας ασφάλειας θα τόνωνε ακόμη πιο πολύ το αίσθημα ασφάλειας εντός του πράσινου πνεύμονα.

Επιπλέον, αν επιθυμούσαμε χαμηλότερες στάθμες θορύβου στους αστικούς δρόμους, λύση θα έδινε το μειωμένο ύψος των εγγύς κτιρίων. Με αυτόν το τρόπο, οι ανακλάσεις που θα πραγματοποιούνταν στις εγγύς ανακλαστικές επιφάνειες να μειωθούν. Με αυτό το τρόπο δεν ενισχύεται περισσότερο το ήδη επιβαρυνόμενο αστικό πεδίο από τον κυκλοφοριακό θόρυβο. Η διαπίστωση αυτή δεν αφορά καθαυτό τα αστικά πάρκα αλλά κυρίως βοήθα στην αντίληψη ενός σωστά σχεδιασμένου πολεοδομικού σχεδίου.

Τέλος, το Πεδίον του Άρεως παρά τα κοινωνιολογικά και περιορισμένα λειτουργικά προβλήματα που παρουσιάζει, εντούτοις πλήρη όλες τις υπόλοιπες προδιαγραφές που απαιτούνται σε ένα αστικό πάρκο μεγάλης εμβέλειας όπως αυτό. Συνεπώς, η παρουσία του στην αστική ζώνη της Αθήνας καθίστανται υψίστης σημασίας και η προσφορά του σε αυτήν ιδιαιτέρως ανεκτίμητη. Εν ολίγοις, το Πεδίον του Άρεως επάξια αποτελεί έναν, αν όχι ο μοναδικός, από τους μεγαλύτερους πράσινους «ζωντανούς» πνεύμονες της μητροπολιτικής περιφέρειας της Αθήνας και η προφύλαξη του αποτελεί ευθύνη όλων μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Σωτηροπούλου Αλεξάνδρα (1996). *Εμβάθυνση στο σχεδιασμό χώρων ακρόασης*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
- Αλεξόπουλου Κ.Δ., Μαρίνου Δ.Ι. (1989). *Φυσική: Μηχανική – Ακουστική – Θερμότητα*. Εκδόσεις Ολυμπία.
- Ευθυμιάδης Διόνυσος (2007). *Ακουστική & Κτιριακές Εφαρμογές: Θεωρία και Πράξη*. Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- Παπαθάνου Α., Χούσης Θ. (2008). *Η απόσβεση του αστικού θορύβου καθ' ύψος κτιρίων: Φυσική περιγραφή και Ψυχολογική σημασία*.
- Σχίζας Γιάννης (1990). *Πόλη, φύση και κοινωνία*. Εναλλακτικές Εκδόσεις Κομμούνα.
- Καστανιάς Ε. Δημήτρης, Κριπούρης Ι. Παναγιώτης (2009, Οκτώβριος). *Συμβολή του Εθνικού Κήπου της Αθήνας στην απόσβεση της αστικής ηχορύπανσης*. Διπλωματική εργασία, Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.
- Χρονοπούλου Χρυσούλα (2010, Οκτώβριος). *Εκτίμηση της συμβολής τους αστικού πρασίνου στο περιβάλλον του Δήμου Περιστερίου με την εφαρμογή του προγράμματος i-Tree Street*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Σχολής Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π.
- Χατζηιωαννίδου Έφη (2008). *Ανάπλαση με υπογραφή για το Πεδίον του Αρεως*. <http://www.kathimerini.gr/4Dcgi/articles>
- Καραγεώργου Αγγελική (2011). *Πεδίον του Αρεως: μία όαση πρασίνου στην καρδιά της Αθήνας*. <http://www.tanea.gr>
- ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ (2005). *Ανάπλαση Πεδίου Αρεως & Αττικού Άλσους*.

<http://www.naftemporiki.gr/news/static/05/09/29/1101871.htm>

Ημερίδα με θέμα: *Οι επιπτώσεις της ηχορύπανσης στα αστικά κέντρα – Αναγκαία μέτρα και παρεμβάσεις*. ΤΕΕ, 14 Ιανουαρίου, 2008 : Αθήνα.
<http://library.tee.gr>

Γαβριηλίδης Δημήτριος (2009). *Αστικό πράσινο και Αστική ευθύνη*.
<http://www.nafpaktia.com/articles/2336/astiko-prasino-kai-astiki-eythyni>

ΑΤΤΙΚΟ ΠΡΑΣΙΝΟ. <http://www.attiko-prasino.gr>

WWF (2004, Φεβρουάριος). *Αστικό πράσινο: η ανάσα της πόλης*

Stephen H. Burns (1978, October). *The absorption of sound by pine trees*.
Acoustical Society of America.

Fricke F. (1983, March). *Sound attenuation in forest*. Academic Press Inc. (London).

Mark Padgham (2003, October). *Reverberation and frequency attenuation in forests – Implications for acoustic communication in animals*. Acoustical Society of America.

Maurice J. M. Martens (1980, July). *Absorption of acoustic energy by plant leaves*.
Acoustical Society of America.

J. Kragh (1980, June). *Road traffic noise attenuation by belts of trees*. Academic Press Inc. (London).

Willibrord H.T. Huisman, Keith Attenborough (1991, June). *Reverberation and attenuation in a pine forest*. Acoustical Society of America.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΗΧΟΥ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.1 : Πειραματικές τιμές δεικτών θορύβου Α' Φάσης ανά θέση μέτρησης σε dB(A).

ΑΝΔΡΙΑΝΤΑΣ ΒΑΣΙΛΙΑ ΚΩΝ/ΝΟΥ Α'				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
70,24	55,19	60,42	62,55	57,51
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΠΛΑΤΕΙΑ ΜΕ ΤΟ ΣΙΝΤΡΙΒΑΝΙ				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
78,44	56,85	62,97	64,71	59,15
ΘΕΑΤΡΟ «ΑΛΣΟΣ»				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
71,39	44,01	50,22	50,95	46,48
ΠΛΑΤΕΙΑ ΠΡΩΤΟΜΑΓΙΑΣ				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
78,06	47,41	53,68	55,58	49,41
ΕΙΣΟΔΟΣ/ΕΞΟΔΟΣ ΕΠΙ ΕΥΕΛΠΙΔΩΝ				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
86,12	55,78	71,55	74,34	60,66

ΕΙΣΟΔΟΣ/ΕΞΟΔΟΣ ΕΠΙ ΜΑΥΡΟΜΜΑΤΑΙΩΝ				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
82,12	52,59	66,35	68,99	58,03
ΕΙΣΟΔΟΣ/ΕΞΟΔΟΣ ΕΠΙ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
82,69	62,32	73,64	76,53	68,4
ΕΙΣΟΔΟΣ/ΕΞΟΔΟΣ ΕΠΙ ΜΠΟΥΣΓΟΥ				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
89,7	48,96	65,08	61,24	51,37

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.2 : Πειραματικές τιμές δεικτών θορύβου Β' Φάσης ανά θέση μέτρησης σε dB(A).

ΑΝΔΡΙΑΝΤΑΣ ΒΑΣΙΛΙΑ ΚΩΝ/ΝΟΥ Α'				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
71,16	54,89	59,22	61,07	56,27
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΠΛΑΤΕΙΑ ΜΕ ΤΟ ΣΙΝΤΡΙΒΑΝΙ				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
68,77	44,32	50,17	52,57	46,59
ΘΕΑΤΡΟ «ΑΙΣΟΣ»				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}

64,88	43,19	48,47	49,98	45,29
-------	-------	-------	-------	-------

ΠΛΑΤΕΙΑ ΠΡΩΤΟΜΑΓΙΑΣ				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
66,61	47,86	51,75	53,37	49,6
ΕΙΣΟΔΟΣ/ΕΞΟΔΟΣ ΕΠΙ ΕΥΕΛΠΙΔΩΝ				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
87,16	52,94	70,16	73,52	57,97
ΕΙΣΟΔΟΣ/ΕΞΟΔΟΣ ΕΠΙ ΜΑΥΡΟΜΜΑΤΑΙΩΝ				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
80,53	49,22	64,87	68,58	59,21
ΕΙΣΟΔΟΣ/ΕΞΟΔΟΣ ΕΠΙ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
83,74	58,44	73,23	76,45	66,25
ΕΙΣΟΔΟΣ/ΕΞΟΔΟΣ ΕΠΙ ΜΠΟΥΣΓΟΥ				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
87,55	48,3	63,5	61,41	52,07

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.3 : Ταξινόμηση τιμών Α' Φάσης ανά νοητή πορεία και σχετικές αποσβέσεις ως προς το εσωτερικό, σε dB(A).

Χαρακτηριστική Θέση	$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
θέση a	70,24	55,19	60,42	62,55	57,51
θέση b	78,44	56,85	62,97	64,71	59,15
θέση c	71,39	44,01	50,22	50,95	46,48
θέση d	78,06	47,41	53,68	55,58	49,41

Χαρακτηριστική Θέση	$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
θέση e	86,12	55,78	71,55	74,34	60,66
θέση c	71,39	44,01	50,22	50,95	46,48
θέση e	82,69	62,32	73,64	76,53	68,4

Χαρακτηριστική Θέση	$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
θέση f	82,12	52,59	66,35	68,99	58,03
θέση c	71,39	44,01	50,22	50,95	46,48
θέση f'	89,7	48,96	65,08	61,24	51,37

Χαρακτηριστική Θέση	$\Delta L_{A,eq}$
θέση a	10,2
θέση b	12,75
θέση c	0
θέση d	3,46
θέση e	21,33
θέση c	0
θέση e'	23,42
θέση f	16,13
θέση c	0
θέση f'	14,86

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.4 : Ταξινόμηση τιμών Β' Φάσης ανά νοητή πορεία και σχετικές αποσβέσεις ως προς το εσωτερικό, σε dB(A).

Χαρακτηριστική Θέση	$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
θέση a	71,16	54,89	59,22	61,07	56,27
θέση b	68,77	44,32	50,17	52,57	46,59
θέση c	64,88	43,19	48,47	49,98	45,29
θέση d	66,61	47,86	51,75	53,37	49,6

Χαρακτηριστική Θέση	$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
θέση e	87,16	52,94	70,16	73,52	57,97
θέση c	64,88	43,19	48,47	49,98	45,29
θέση e'	83,74	58,44	73,23	76,45	66,25

Χαρακτηριστική Θέση	$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	L_{10}	L_{90}
θέση f	80,53	49,22	64,87	68,58	59,21
θέση c	64,88	43,19	48,47	49,98	45,29
θέση f'	87,55	48,3	63,5	61,41	52,07

Χαρακτηριστική Θέση	$\Delta L_{A,eq}$
θέση a	10,75
θέση b	1,7
θέση c	0
θέση d	3,28
θέση e	21,69
θέση c	0
θέση e'	24,76
θέση f	16,4
θέση c	0
θέση f'	15,03

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΝΟΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ

Ορισμός: Για κάθε διπλασιασμό της απόστασης από την πηγή έχουμε μείωση της στάθμης έντασης του ήχου κατά 6 dB(A), θεωρώντας ότι έχουμε ελεύθερο πεδίο.

$$\frac{R1^2}{R2^2} = \frac{P2^2}{P1^2}$$

όπου $R1$ η απόσταση του σημείου 1 από την πηγή του ήχου

$R2$ η απόσταση του σημείου 2 από την πηγή του ήχου

$P1$ η ηχητική πίεση στην θέση 1

$P2$ η ηχητική πίεση στην θέση 2

Με βάση, λοιπόν, τον ορισμό του νόμου αντιστρόφου τετραγώνου προκύπτουν οι παρακάτω θεωρητικές τιμές.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ	
Απόσταση από την πηγή θορύβου, m	Αναμενόμενη μείωση της έντασης, dB(A)
1	0
2	6
4	12
8	18
16	24
32	30
64	36
128	42
256	48
512	54

Πίνακας Β.1 : Θεωρητικές τιμές

Οι αναμενόμενες τιμές της έντασης του ήχου σε κάθε θέση, βάση του νόμου αντιστρόφου τετραγώνου, παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν. Θα πρέπει να γίνει σαφές, ότι τα εξωτερικά σημεία μετρήσεως απέχουν 1 m από την άκρη του δρόμου.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ - Α' ΦΑΣΗ	
Απόσταση από την πηγή θορύβου, m	Αναμενόμενη τιμή έντασης, dB(A)
1	71,55
2	65,55
4	59,55
8	53,55
16	47,55
32	41,55
64	35,55
128	29,55
256	23,55
512	17,55

Πίνακας Β.2 : Ευελπίδων \Rightarrow Κεντρικό σημείο

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ - Α' ΦΑΣΗ	
Απόσταση από την πηγή θορύβου, m	Αναμενόμενη τιμή έντασης, dB(A)
1	66,35
2	60,35
4	54,35
8	48,35
16	42,35
32	36,35
64	30,35
128	24,35
256	18,35
512	12,35

Πίνακας Β.3 : Μαυροματαίων \Rightarrow Κεντρικό σημείο

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ - Α'ΦΑΣΗ	
Απόσταση από την πηγή θορύβου, m	Αναμενόμενη τιμή έντασης, dB(A)
1	73,64
2	67,64
4	61,64
8	55,64
16	49,64
32	43,64
64	37,64
128	31,64
256	25,64
512	19,64

Πίνακας Β.4 : Αλεξάνδρας \Rightarrow Κεντρικό σημείο c

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ - Α'ΦΑΣΗ	
Απόσταση από την πηγή θορύβου, m	Αναμενόμενη τιμή έντασης, dB(A)
1	65,08
2	59,08
4	53,08
8	47,08
16	41,08
32	35,08
64	29,08
128	23,08
256	17,08
512	11,08

Πίνακας Β.5 : Μπούσγου \Rightarrow Κεντρικό σημείο c

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ - Β'ΦΑΣΗ	
Απόσταση από την πηγή θορύβου, m	Αναμενόμενη τιμή έντασης, dB(A)
1	70,16
2	64,16
4	58,16
8	52,16
16	46,16
32	40,16
64	34,16
128	28,16
256	22,16
512	16,16

Πίνακας Β.6 : Ευελπίδων \Rightarrow Κεντρικό σημείο c

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ - Β'ΦΑΣΗ	
Απόσταση από την πηγή θορύβου, m	Αναμενόμενη τιμή έντασης, dB(A)
1	64,87
2	58,87
4	52,87
8	46,87
16	40,87
32	34,87
64	28,87
128	22,87
256	16,87
512	10,87

Πίνακας Β.7 : Μαυρομματαίων \Rightarrow Κεντρικό σημείο c

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ - Β'ΦΑΣΗ	
Απόσταση από την πηγή θορύβου, m	Αναμενόμενη τιμή έντασης, dB(A)
1	73,23
2	67,23
4	61,23
8	55,23
16	49,23
32	43,23
64	37,23
128	31,23
256	25,23
512	19,23

Πίνακας Β.8 : Αλεξάνδρας \Rightarrow Κεντρικό σημείο c

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ - Β'ΦΑΣΗ	
Απόσταση από την πηγή θορύβου, m	Αναμενόμενη τιμή έντασης, dB(A)
1	63,5
2	57,5
4	51,5
8	45,5
16	39,5
32	33,5
64	27,5
128	21,5
256	15,5
512	9,5

Πίνακας Β.9 : Μπούσγου \Rightarrow Κεντρικό σημείο c

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ

ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ : Αριθ. 1180/81

Περί ρυθμίσεως θεμάτων αναγομένων εις τα της ιδρύσεως και λειτουργίας βιομηχανιών, βιοτεχνιών, πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκών και τη εκ τούτων διασφαλίσεως περιβάλλοντος εν γενεί.

Παράγραφος 5. (σελ. 3) *Το ανώτερο επιτρεπόμενο όριο θορύβου, εκπεμπόμενου εις το περιβάλλον υπό των εγκαταστάσεων, καθορίζεται ως τούτο αναφέρεται εις τον κατώτερο παρατιθέμενο πίνακα, μετρούμενο επί του ορίου του ακινήτου επί του ορίου του ακινήτου επί του οποίου κείται η εγκατάσταση.*

<i>Ανώτερο Επιτρεπόμενο Όριο θορύβου</i>		
<i>α/α</i>	<i>Περιοχή</i>	<i>Ανώτατο όριο θορύβου σε dB(A)</i>
1.	Νομοθετημένη Βιομηχανική Περιοχή	70
2.	Περιοχή στην οποία επικρατέστερο στοιχείο είναι το βιομηχανικό	65
3.	Περιοχή στην οποία επικρατεί ίσο βιομηχανικό και αστικό στοιχείο	55
4.	Περιοχή στην οποία επικρατεί το αστικό στοιχείο	50

Παρατήρηση : Η παρούσα διπλωματική εργασία δεν διαπραγματεύεται με την λειτουργία βιομηχανιών, βιοτεχνιών και πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και κατ' επέκταση με τον θόρυβο που προκαλούν μηχανολογικές εγκαταστάσεις. Ωστόσο ο θόρυβος από τις παραπάνω εγκαταστάσεις ευλόγα θα

μπορούσε να ταυτιστεί με το κυκλοφοριακό θόρυβο δηλαδή τον θόρυβο για τον οποίο διαπραγματεύεται η διπλωματική εργασία. Έτσι θα μπορούσε λοιπόν να θεωρήσει κανείς, ότι τα πιο πάνω όρια αποτελούν τα ανώτερα επιτρεπόμενα όρια θορύβου, εκπεμπόμενου εις το περιβάλλον εξαιτίας κίνησης οχημάτων στις οδικές κυκλοφοριακές αρτηρίες.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ



Εικόνα Δ.1 : Αγαλμα στρατηλάτη Κων/νου



Εικόνα Δ.2 : Σημείο μέτρησης α



Εικόνα Δ.3: Προτομή Αγωνιστή του '21



Εικόνα Δ.4 : Οδός Αγωνιστών του '21



Εικόνα Δ.5 : Κεντρικό σιντριβάνι



Εικόνα Δ.6 : Κεντρικό σιντριβάνι



Εικόνα Δ.7: Κεντρικό σημείο c-Υπό ανέγερση θέατρο «Άλσος»



Εικόνα Δ.8: Κεντρικό σημείο c



Εικόνα Δ.9: Στο εσωτερικό του Άλσους οδεύοντας προς την πλατεία Πρωτομαγιάς



Εικόνα Δ.10: Παιδική χαρά στο εσωτερικό του πάρκου



Εικόνα Δ.11: Πλατεία Προτομαγιάς-Δικαστήρια



Εικόνα Δ.12 : Πλατεία Προτομαγιάς



Εικόνα Δ.13 : Η καφετέρια «ΑΛΣΟΣ» στην πλατεία Πρωτομαγιάς



Εικόνα Δ.14: Εσωτερικό του πάρκου



Εικόνα Δ.15: Στο εσωτερικό του πάρκου



Εικόνα Δ.16: Το άγαμα της Αθηνάς



Εικόνα Δ.17: Ένα από τα πράσινα μονοπάτια του Άλσους



Εικόνα Δ.18: Άνοιξη στο Πεδίον του Άρεως