



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Ηχοπροστασία & Εσωτερική Ακουστική Συμπεριφορά Κτηρίων ειδικού ενδιαφέροντος στο Π.Σ. Βόλου.



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Καθηγητής Π.Θ. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Καθηγητής Π.Θ. τμήμα πολιτικών Μηχανικών

ΡΕΜΙ ΝΙΚΟΛΑ Επίκουρος Καθηγητής Π.Θ. τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών

ΚΟΠΕΛΙΑΣ ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ Επίκουρος Καθηγητής Π.Θ. τμήμα πολιτικών Μηχανικών

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ

ΛΙΑΠΙΚΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

Ακ. Έτος 2019-2020

Περίληψη

Το θέμα αυτής της εργασίας είναι η εξέταση της ακουστικής συμπεριφοράς τεσσάρων (4) δωματίων, μέσα σε τρία (3) κτήρια με ειδικών ακουστικών απαιτήσεων στο πολεοδομικό συγκρότημα Βόλου. Τα δωμάτια επιλέχθηκαν, όχι μόνο γιατί φιλοξενούν πλέον σημαντικά ψυχαγωγικά, επιστημονικά και πολιτιστικά δρώμενα αλλά και γιατί αντιπροσωπεύουν ποικίλα αρχιτεκτονικά στυλ και υπακούν σε διαφορετικές αρχές κατασκευής. Η λέσχη της Εξωραϊστικής αποτελεί μια ιδιωτική λέσχη, που ανεγέρθηκε το 1984, με σκοπό να γίνει κατοικία της οικογένειας Σαραφόπουλου, το Θέατρο της παλαιάς Ηλεκτρικής εταιρίας ήταν εργοστάσιο ηλεκτρικής ενέργειας που χτίστηκε το 1911 και το Ίδρυμα Νικολάου και Ελένης Πορφυρογέννη είναι ένα νεόδμητο κτήριο δύο ορόφων που χτίστηκε αποκλειστικά για το σκοπό που χρησιμοποιείται έως σήμερα και στεγάζει ένα αμφιθέατρο και μια βιβλιοθήκη.

Ο σκοπός αυτού το πονήματος είναι να εξαχθούν συμπεράσματα για την ακουστική καταλληλότητα των αιθουσών για διάφορες χρήσεις και την μονωτική τους ικανότητα απέναντι στον εξωγενή θόρυβο σύμφωνα με τις προϋποθέσεις που προτείνονται στην διεθνή βιβλιογραφία.

Τα παραπάνω επιτεύχθηκαν με μετρήσεις που έγιναν στο πεδίο, μέσα στις αίθουσες και έξω από τα κτήρια και αναλύθηκαν με λογισμικό της εταιρίας 01 dB.

Μετά την παράθεση των αποτελεσμάτων υπάρχει σχολιασμός για τυχόν αλλαγές των αιθουσών σε υλικά και γεωμετρία για να υπηρετεί καλύτερο το σκοπό για τον οποίο προορίζεται.

Λέξεις κλειδιά : ακουστική χώρου, κριτήρια ακουστικής χώρου, χρόνος αντήχησης, ακουστική συμπεριφορά, θόρυβος, μόνωση, ακουστική ικανότητα, ακουστικός σχεδιασμός

Abstract

The theme of this paper was to examine the acoustic behavior of four (4) rooms, in three (3) buildings, with special acoustic needs, in the town planning complex of Volos. The rooms were selected not only because they host the most important recreational and cultural (music concerts, theatrical plays, conferences e.t.c.) events in city of Volos, they also represent a wide variety of architectural disciplines and methods of construction. “Exoraistiki Lesxi” is a private club, originally built as a mansion for the Sarafopoulos family in 1894 and underwent several alternations through the years, “Theatro Palaias Ilektrikis” was an electricity factory built in 1911, renovated in to a theater in 1995 and “Idrima Nikolaou kai Elenis Porfirogenni” is a new two flour building, constructed in 1994 for the purpose used today, a foundation, including a theater and a library.

The purpose of this final thesis is to derive conclusions, concerning the acoustical properties of the rooms, examine whether they reach the acoustic and noise insulation standards, proposed by the literature, taking into account their original design and final assessment.

The above mentioned derived from acoustic measurements taken in the field, inside and outside the selected rooms and buildings, analyzed via the software licensed from 01 dB.

Following, there will be a commentary on how and if the spaces need reconstruction, changes in materials or geometry to suit better the assigned purpose.

Keywords: room acoustic, room acoustics criteria, reverberation time, intelligibility, acoustic behavior, noise, insulation, raw insulation, acoustic capability, acoustic design

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
2. ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ - ΟΡΙΣΜΟΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	6
2.1 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΧΩΡΟΥ (ROOM ACOUSTIC CRITERIA).....	6
2.1.1. ΚΡΟΥΣΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΟΥΣΗ ΧΩΡΟΥ (ROOM IMPULSE RESPONSE, RIR)	6
2.1.2. ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (REVERBERATION TIME)	9
2.1.3. ΠΡΩΙΜΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ EDT (EARLY DECAY TIME)	14
2.1.4. ΧΡΟΝΟΙ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ T30, T20, T10	14
2.1.5. ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΟΜΙΛΙΑΣ	14
2.1.6. ΘΟΡΥΒΟΣ – ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	15
2.2. LEQ - ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΣΤΑΘΜΗ ΘΟΡΥΒΟΥ LEQ	17
2.3. ΦΑΣΜΑ (SPECTRUM)	19
2.3.1. «Α», «C» ΚΑΙ «Z» ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	19
2.3.2. 1/1 ΟΚΤΑΒΙΚΗ ΖΩΝΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ	19
2.3.3. 1/3 ΟΚΤΑΒΙΚΗ ΖΩΝΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ	21
2.3.4. ΟΚΤΑΒΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΣΕ ΜΕΤΡΗΣΗ ΉΧΟΥ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ	22
2.1. ΠΡΟΤΥΠΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΜΟΝΩΣΗΣ (DN, DNA, DNT) ΚΑΙ RAW INSULATION INDEX.....	22
2.2. ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	23
2.3. ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	28
2.4. ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ.....	29
2.5. ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ	31
3. ΚΑΜΠΑΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ.....	33
3.1. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	34
3.2. ΕΡΓΑΛΕΙΑ	37
3.3. ΑΙΘΟΥΣΕΣ - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ	40
3.3.1. ΕΞΩΡΑΪΣΤΙΚΗ ΛΕΣΧΗ - ΠΡΩΗΝ ΜΕΓΑΡΟ ΣΑΡΑΦΟΠΟΥΛΟΥ (1930).....	40
3.3.2. ΘΕΑΤΡΟ ΠΑΛΛΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ - ΠΡΩΗΝ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΒΟΛΟΥ (1911) 44	
3.3.3. ΚΟΙΝΩΦΕΛΕΣ ΊΔΡΥΜΑ ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΝΗΣ ΠΟΡΦΥΡΟΓΕΝΗ (1994).....	49
3.3.3.1. ΑΙΘΟΥΣΑ ΘΕΑΤΡΟΥ	50

3.3.3.2.	ΑΙΘΟΥΣΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ	53
3.4.	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	55
4.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	56
4.1.	ΕΞΩΡΑΪΣΤΙΚΗ ΛΕΣΧΗ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ	56
4.1.1.	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ.....	56
4.1.2.	ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	61
4.2.	ΠΑΛΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	63
4.2.1.	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ.....	64
4.2.2.	ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	67
4.3.	ΚΟΙΝΩΦΕΛΕΣ ΙΔΡΥΜΑ ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΝΗΣ ΠΟΡΦΥΡΟΓΕΝΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ– ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	70
4.3.1.	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ.....	70
4.3.2.	ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	73
4.4.	ΚΟΙΝΩΦΕΛΕΣ ΙΔΡΥΜΑ ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΝΗΣ ΠΟΡΦΥΡΟΓΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	76
4.4.1.	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ.....	76
4.4.2.	ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ (RAW INSULATION)	79
5.	ΑΝΑΛΥΣΗ	83
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	86
7.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	87
7.1.	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	87
7.2.	ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	89
7.3.	ONLINE ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ.....	89
8.	ΕΥΡΕΤΗΡΙΑ	90
8.1.	ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	90
8.2.	ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	94
9.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	96

1. Εισαγωγή

Ακουστική είναι ο επιστημονικός κλάδος, που συνδέει τις ιδιότητες του ήχου, με την μέθοδο σχεδιασμού και την τοποθέτηση των υλικών σε ένα χώρο. Συνδέει δηλαδή την φυσική των ηχητικών σημάτων, με την αρχιτεκτονική.

Σε χώρους με ειδικές απαιτήσεις ακουστικής, χώροι οι οποίοι μας απασχολούν σε αυτή εδώ τη μελέτη, ο ακροατής μπορεί να προσλάβει τον ήχο, κατά κύριο λόγο, με τους εξής τρεις τρόπους:

Κατ' ευθείαν (direct sound) και με ανάκλαση, ως ήχος που προέρχεται από τις πρώτες ανακλάσεις (first reflections) και ως ήχος που προέρχεται από τις μετέπειτα ανακλάσεις.

Κατά βάση, το ακουστικό περιβάλλον ενός κλειστού χώρου, καθορίζεται από αυτούς τους τρεις τρόπους πρόσληψης των ηχητικών κυμάτων από τον δέκτη-ακροατή.

Άμεση συνέπεια των ανακλάσεων του ήχου στις επιφάνειες ενός κλειστού χώρου είναι η αντήχηση (reverberation). Αντήχηση είναι το φαινόμενο, όπου ο ήχος μετά την παύση της πρωτογενούς ηχητικής πηγής σε μία αίθουσα, δεν παύει απευθείας, αλλά μερικά δευτερόλεπτα μετά, λόγω των ανακλάσεων του ήχου στις επιφάνειες.

Το φαινόμενο αυτό, αυξάνει τα επίπεδα θορύβου σε μια αίθουσα και αλλοιώνει την ακεραιότητα των ηχητικών σημάτων που φτάνουν στον ακροατή.

Βασιζόμενοι στην αρχική αυτή παρατήρηση, χρησιμοποιώντας μεθόδους που υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία, θα εξετάσουμε την ακουστική ικανότητα τριών αιθουσών ειδικών ακουστικών απαιτήσεων στο πολεοδομικό συγκρότημα (Π.Σ.) Βόλου.

Επιλέχθηκαν για την εκπόνηση της μελέτης αυτής αίθουσες της εξωραϊστικής λέσχης – πρώην μέγαρο Σαραφόπουλου (1930), του Θέατρου Παλαιάς Ηλεκτρικής - πρώην εργοστάσιο Ηλεκτρικής Εταιρείας Βόλου (1911) και του Κοινοφελούς Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη (1994).

Κριτήρια της επιλογής των παραπάνω αιθουσών ήταν οι ειδικές ακουστικές απαιτήσεις των χώρων, καθώς καλύπτουν μεγάλη γκάμα φιλοξενίας δρωμένων, το ότι παρουσιάζουν αρχιτεκτονικό ενδιαφέρον, γιατί δεν προορίζονταν στην πλειοψηφία τους για την τελική τους χρήση και η εμπειρική αξιολόγηση των χώρων αυτών της εκπονήτριας ως ακροατής, αλλά και ως χρήστης.

2. Ακουστικές Παράμετροι - Ορισμοί ακουστικών παραμέτρων

Ο κλάδος της ακουστικής κατείχε εξέχουσα σημασία και στην αρχαία ελληνική και ρωμαϊκή αρχιτεκτονική. Ανάμεσα στα εξαιρετικά αρχιτεκτονήματα συναντάμε και χώρους με ιδιαίτερη ακουστική ταυτότητα και συμπεριφορά. Το Ωδείο του Ηρώδου του Αττικού (2ος αιώνας μ.Χ.) χώρος μουσικών εκδηλώσεων, το αρχαίο Θέατρο της Επιδαύρου (4ος – 2ος αιώνας π.Χ.) που φιλοξενούσε παραστάσεις αρχαίου δράματος καθώς και μουσικούς και ωδικούς αγώνες και το Νεκρομαντείο του Αχέροντα (11ος αιώνας π.Χ.) υπόγεια αίθουσα για θρησκευτική χρήση που χαρακτηρίζεται από ελάχιστο θόρυβο βάθους και ελάχιστες τιμές χρόνου αντήχησης ώστε να δημιουργεί έντονα ψυχοακουστικά φαινόμενα στον επισκέπτη (Τσιλφίδης, 2013), είναι τρία μόνο παραδείγματα, που δηλώνουν, πως οι βασικές αρχές ακουστικής ήταν από την αρχαιότητα γνωστές εμπειρικά και λαμβάνονταν υπόψιν στον σχεδιασμό, ανάλογα με τη χρήση.

Στη σύγχρονη εποχή με τη πρόοδο της τεχνολογίας, ο σχεδιασμός έχει βελτιστοποιηθεί και έχει ξεφύγει από την εμπειρική παρατήρηση, κάτι που μας φέρνει στο ερώτημα, ποια είναι τα κριτήρια που κάνουν ένα χώρο κατάλληλο για την εκάστοτε χρήση.

2.1 Κριτήρια ακουστικής χώρου (Room Acoustic Criteria)

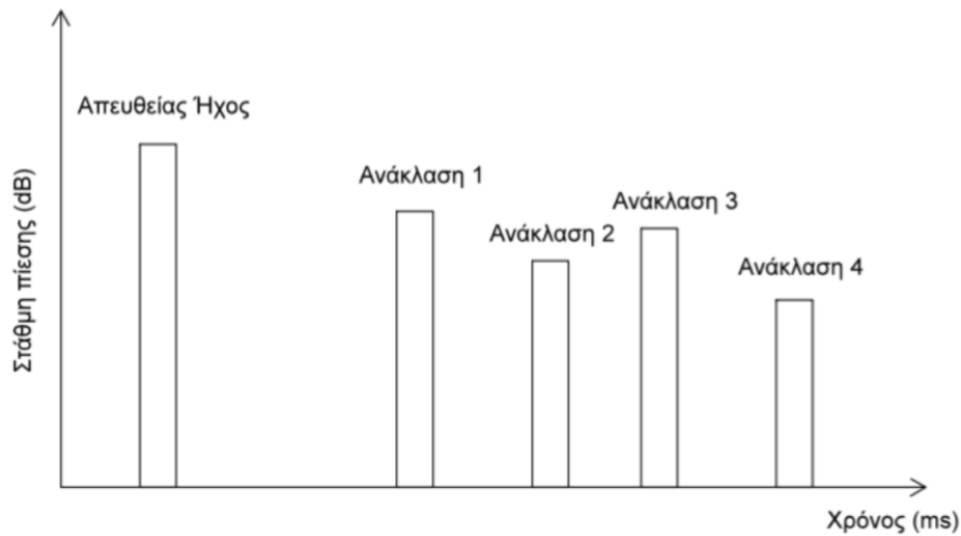
2.1.1. Κρουστική απόκριση χώρου (Room Impulse Response, RIR)

Το σήμα της κρουστικής απόκρισης χώρου $h(t)$ (Room Impulse Response, RIR) παρέχει τις βασικές πληροφορίες για τις ακουστικές ιδιότητες μιας αίθουσας.

Ουσιαστικά μας παρέχει πληροφορίες που είναι άμεση συνάρτηση με την ακουστική συμπεριφορά του χώρου ανάμεσα σε δύο σημεία τοποθετημένα μέσα σε αυτό το χώρο. Ο λόγος για το σημείο όπου τοποθετείται μια πηγή ήχου και ένα σημείο στο χώρο που ορίζεται ως το σημείο του δέκτη.

Η Κρουστική Απόκριση (Impulse Response) ενός χώρου προκύπτει, όταν αυτός διεγείρεται με ηχητικό σήμα ανταποκρινόμενο στην κρουστική συνάρτηση γνωστή ως “Δέλτα του Dirac”, προς τιμήν του Βρετανού φυσικού Paul Adrien Maurice Dirac.

Έστω σύντομος απότομος ήχος παράγεται πάνω στη σκηνή μιας αίθουσας συναυλιών. Ένα σφαιρικό ηχητικό κύμα διαδίδεται από την πηγή, προς κάθε κατεύθυνση στην αίθουσα και φτάνει στο δέκτη (ακροατή). Το πρώτο κύμα που φτάνει σε αυτόν είναι ο απευθείας ήχος. Το ηχητικό κύμα αυτό, το ακολουθούν άλλα κύματα που φτάνουν λίγο μετά στον δέκτη. Τα ηχητικά κύματα αυτά προκύπτουν από τις ανακλάσεις του πρώτου ηχητικού κύματος στις επιφάνειες της αίθουσας οροφή, δάπεδο, πλευρικές επιφάνειες (τοίχοι), επιφάνειες σκηνής και ορίζονται ως πρώιμες ανακλάσεις. (Rossing, 2007)

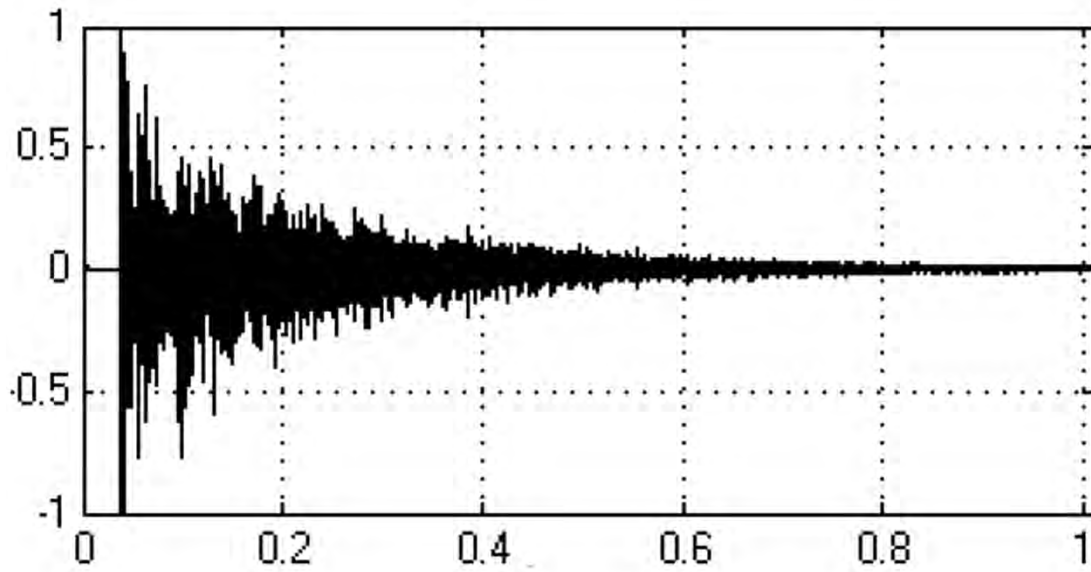


Εικόνα 2.1.1: Γραφική απεικόνιση απευθείας ήχου και ανακλάσεων, σε συνάρτηση με το χρόνο. [Πηγή: Βαγιαβώλος, 2018:5]

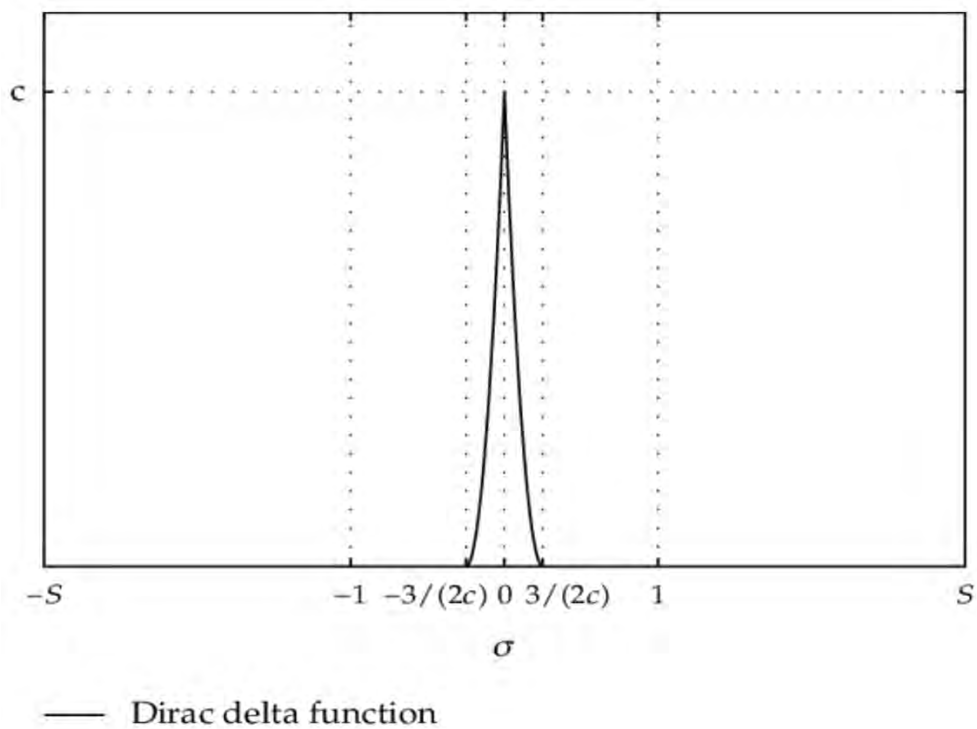
Το φαινόμενο αυτό ερμηνεύεται εύκολα αν υπολογίσει κανείς τα παρακάτω. Η γωνία πρόσπτωσης και η γωνία ανάκλασης, κατά το φαινόμενο της ανάκλασης ενός ηχητικού κύματος σε επιφάνεια είναι ίσες, όμως μέρος της ενέργειας του ηχητικού κύματος απορροφάται από την ανακλαστική επιφάνεια. Αποτέλεσμα η ενέργεια του ανακλώμενου ηχητικού κύματος να μειώνεται, συναρτήσει της απορροφητικότητας του υλικού στο οποίο ανακλάται (Σκαρλάτος, 2013).

Το φαινόμενο της ανάκλασης επαναλαμβάνεται με το ηχητικό κύμα, συνεχώς μειούμενο, να περνά από τον δέκτη. Τερματίζεται όταν όλη η ενέργεια απορροφηθεί.

Ορίζουμε ως αντήχηση την φθίνουσα ενέργεια ενός ηχητικού κύματος συναρτήσει του χρόνου.



Εικόνα 2.1.2: Απεικόνιση μορφής κρουστικής απόκρισης πραγματική αίθουσας εκδηλώσεων. [Πηγή: https://www.researchgate.net/figure/Impulse-response-of-the-real-concert-hall_fig5_4321278, last access 21/02/2020]



Εικόνα 2.1.3: Προσέγγιση της εξίσωσης του δέλτα του Dirac. [Πηγή: https://www.researchgate.net/figure/Approximation-of-Dirac-delta-function_fig11_258379289, last access 21/02/2020]

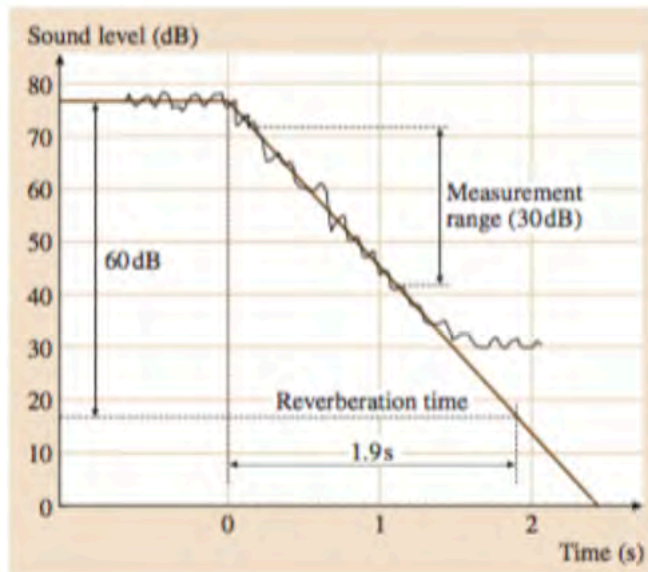
2.1.2. Χρόνος αντήχησης (Reverberation Time)

Η παρουσία ηχητικής ενέργειας σε έναν κλειστό χώρο μετά από τερματισμό εκπομπής ηχητικού σήματος, ορίζεται ως αντήχηση. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη διατήρηση του ηχητικού πεδίου μέσω των ανακλάσεων στις επιφάνειες (Φ. Κοντομίχος, 2013).

Ως χρόνος αντήχησης RT ή T60 ορίζεται ο χρόνος που απαιτείται για τη μείωση της στάθμης του ήχου σε μια αίθουσα κατά 60 dB, από τη στιγμή που η πηγή που εκπέμπει το ηχητικό σήμα σταματήσει την εκπομπή του. Βέβαια στην πράξη η μέτρηση περιορίζεται σε μικρότερο εύρος μείωσης της στάθμης, για ελάττωση από τα -5dB στα -35 dB (Rossing, 2007).

Η αντήχηση αποτελεί σημαντική παράμετρο προσδιορισμού της ηχητικής ικανότητας χώρου. Βέβαια έχει μικρή σημασία στην ακουστική μελέτη μεγάλων χώρων, όπως αίθουσες συναυλιών και ομιλιών, θέατρα, εκκλησιές. Ο χρόνος αντήχησης RT60 συνδέεται με τον σκοπό που εξυπηρετεί ηχητικά κάθε αίθουσα και τον όγκο της.

Οι εξισώσεις προσδιορισμού του χρόνου αντήχησης, που χρησιμοποιούνται συνήθως στον τομέα της ακουστικής, για το σχεδιασμό χώρων ειδικών ακουστικών απαιτήσεων και πολλαπλών χρήσεων είναι δύο. Η εξίσωση του Eyring και η εξίσωση του Sabine. Κατά καιρούς και άλλοι επιστήμονες έχουν προτείνει διαφορετικούς τρόπους υπολογισμού όπως ο Bate. Για τον υπολογισμό του RT, στα πλαίσια αυτής της μελέτης κρίθηκε καταλληλότερη η εξίσωση του Sabine για δύο λόγους. Αρχικά η εξίσωση του Sabine, προϋποθέτει ομοιόμορφη κατανομή του ήχου στην αίθουσα, κάτι που συνήθως συναντά κανείς σε αίθουσες που χρησιμοποιούνται για μουσική σαν αυτές που μελετήθηκαν, σε αντίθεση με Eyring που λειτουργεί καλύτερα σε χώρους με ανομοιόμορφη κατανομή στον ήχο και έπειτα γιατί το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, το 01 dB χρησιμοποιεί τη φόρμουλα του Sabine.



Εικόνα 2.1.4: Απεικόνιση μείωσης στάθμης του ανακλώμενου σήματος κατά 30dB (T30). [Πηγή: Rossing, 2007]

Ο τύπος του Sabine:

$$RT = \frac{0.16V}{\sum_1^n (F_i \cdot a_i) + v_x}, [s] \quad [1]$$

όπου :

RT: χρόνος αντήχησης [s]

V : όγκος του χώρου [m³]

F_i: επιφάνεια του νιοστού υλικού του χώρου [m²]

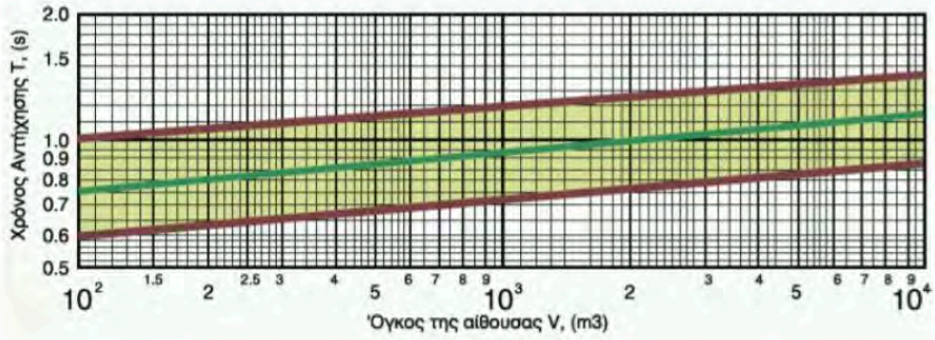
a_i: συντελεστής ηχοαπορρόφησης του νιοστού υλικού [%] ή [Sab] x:

ηχοαπορρόφηση του αέρα ανά μονάδα όγκου [%] ή [Sab]

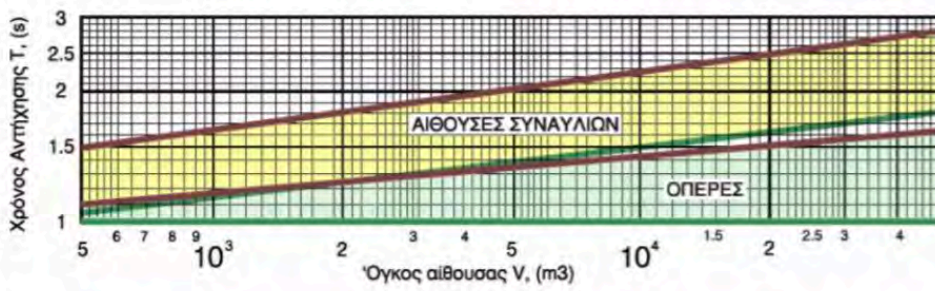
v: το πλήθος των ηχοαπορροφητικών υλικών στο χώρο

Προϋπόθεση (παραδοχή): Διάχυτο ηχητικό πεδίο.

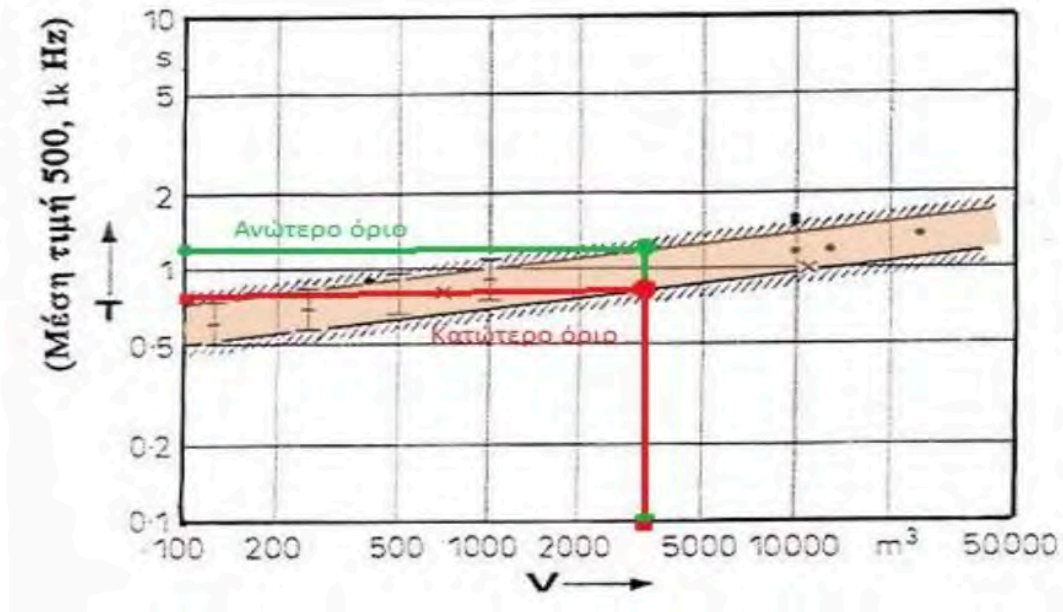
Παρακάτω παρατίθενται διαγράμματα με τους ιδανικούς προτεινόμενους χρόνους αντήχησης για αίθουσα ακροατηρίου συναρτήσει του όγκου και της χρήσης για την οποία προορίζονται, σύμφωνα με τις καμπύλες.



Εικόνα 2.1.5: Προτεινόμενος χρόνος αντήχησης για 500 – 1000 Hz για αίθουσες ομιλίας σε σχέση με τον όγκο. [Πηγή: Cremer & Müller, 1982]



Εικόνα 2.1.6: Προτεινόμενος χρόνος αντήχησης 500 – 1000 Hz για αίθουσες μουσικής σε σχέση με τον όγκο. [Πηγή: Cremer & Müller, 1982]



Εικόνα 2.1.7: Επιθυμητές τιμές Χρόνου Αντήχησης για αίθουσες ακρόασης ομιλίας συναρτήσει του όγκου (V). Άνω όριο: Επιτυγχάνονται σχετικά υψηλές στάθμες θορύβου, Κάτω όριο: Επιτυγχάνεται σχετικά υψηλή υποκειμενική ευκρίνεια. (Cremer et al 1982). [Πηγή: Σ. Γκέκα, 2016:32]

Οι παραπάνω πίνακες δείχνουν τους διάφορους χρόνους αντήχησης συναρτήσει του όγκου για 500 ή 1000 Hz, μπορούμε όμως να βρούμε τον χρόνο αντήχησης και για άλλες συχνότητες. Πολλαπλασιάζοντας τον χρόνο αντήχησης για 500-1000Hz μειώνοντας ή αυξάνοντάς το κατά ένα ποσοστό.

Για παράδειγμα αν έστω είχαμε για έναν όγκο αίθουσας V , για συχνότητα 500 Hz, $RT = 1.0 \text{ sec}$

500 Hz \rightarrow 1.0 sec

Για να βρούμε το RT στον ίδιο όγκο για συχνότητες 250 Hz και 125 Hz αφαιρούμε από την τιμή 10% και 20% αντίστοιχα. Επομένως μπορούμε να βρούμε το RT για τις παραπάνω συχνότητες.

500 Hz \rightarrow 1.0 sec

250 Hz \rightarrow 0.9 sec -10%

125 Hz \rightarrow 0.8 sec -20%

Αντίστοιχα, αν είχαμε για έναν όγκο αίθουσας V , για συχνότητα 1000 Hz, $RT = 1.0 \text{ sec}$ μπορούμε να βρούμε τα RT για 2000 και 4000 Hz

1000 Hz \rightarrow 1.0 sec

2000 Hz \rightarrow 1.1 sec +10%

4000 Hz \rightarrow 1.2 sec +20%

Σε αρκετές περιπτώσεις είναι ανέφικτη η μέτρηση της πλήρους κλίμακας εξασθένησης ισχύος κατά 60dB σε σχέση με την αρχική. Αυτό οφείλεται είτε σε παρουσία θορύβου υποβάθρου του περιβάλλοντος μέτρησης, είτε σε εμφάνιση ποικίλων κλίσεων στην καμπύλη απόκρισης. Στη πρώτη περίπτωση το αποτέλεσμα είναι η εκπεμπόμενη ηχητική ενέργεια καθώς εξασθενεί να πέφτει σε επίπεδο κάτω από την ενέργεια του μόνιμα παρόντος θορύβου, οπότε και δε γίνεται να υπολογιστεί ο πραγματικός ρυθμός εξασθένησης. Κατά τη διάρκεια του πειράματος θα πρέπει να ελεγχθεί η διαφορά στάθμης πηγής και θορυβικού υπολείμματος για να εκτιμηθεί η αξιοπιστία του πειράματος.

Ο "θόρυβος υποβάθρου" ορίζεται ως οποιαδήποτε ηχητική συνιστώσα είναι διαφορετική από το περιεχόμενο του εκπεμπόμενου και μετρούμενου σήματος. Κατά τους Cremer & Muller(1982), "Το ύστερο κομμάτι στην εξασθένηση της αντήχησης που διεγείρεται από συγκεκριμένο παλμό στον τρέχοντα λόγο ή μουσική είναι ήδη επικαλυπτόμενο από τα μεταγενέστερα σήματα, εφόσον έχει πέσει κατά 60dB σε στάθμη ηχητικής πίεσης".

Εξαιτίας της γρηγορότερης πρώιμης εξασθένησης, η αντήχηση γίνεται αντιληπτή ως βραχύτερη απ'ότι είναι στην πραγματικότητα. Το ψυχοακουστικό φαινόμενο που προκύπτει, είναι ν'ακούγεται ο χώρος λιγότερο "ζωντανός" απ'όσο θ'αναμενόταν με βάση τον υπολογισμό του RT60. Ο Χρόνος Πρώιμης εξασθένησης απασχολεί έντονα τους σύγχρονους ακουστικούς μηχανικούς κατά τη σχεδίαση αιθουσών.

Συγκρίνοντας τα νούμερα των συντελεστών που προκύπτουν από τις μετρήσεις, με τις τιμές που προτείνονται στην διεθνή βιβλιογραφία, συναρτήσε του όγκου της αίθουσας, μπορεί κανείς να έχει μια εικόνα της ακουστικής ικανότητας, μιας αίθουσας, για την εκάστοτε χρήση.

Η ποικιλία των απαιτήσεων, η υποκειμενικότητα των στόχων, η μη ύπαρξη κοινών σημείων αναφοράς, καθώς και το ότι δεν υπάρχει κανένας ορισμός για το ποια είναι η καλύτερη ακουστική για μια αίθουσα, οδήγησαν τους μηχανικούς να ορίσουν εκτός από το χρόνο αντήχησης πληθώρα δεικτών ακουστικών παραμέτρων για να κατανοήσουν καλύτερα την ακουστική συμπεριφορά των κτηρίων.

Επομένως λόγω της πολυπλοκότητας των προβλημάτων που τίθενται στην ακουστική, ο χρόνος αντήχησης μιας αίθουσας, από μόνος του δε μπορεί να μας δώσει καθαρή εικόνα για την ακουστική ικανότητα ενός χώρου. Παρακάτω θα οριστούν ορισμένοι από άλλους δείκτες που χρησιμοποιούνται σε τέτοιες μελέτες.

2.1.3. Πρώιμος Χρόνος Αντήχησης EDT (Early Decay Time)

Η μέτρηση των ανακλάσεων που συμβαίνουν ύστερα από κάποιο χρονικό διάστημα, δεν επιδρούν στην διαμόρφωση του συμπεράσματος της ακουστικής ενός χώρου, καθώς έχουν χάσει σημαντικό μέρος της ενέργειας τους ως σήματα. Αντίθετα, οι πρώιμες ανακλάσεις μεταφέρουν την απαραίτητη ενέργεια ώστε να διαμορφωθεί σωστό συμπέρασμα για την ακουστική συμπεριφορά μιας αίθουσας. Σε περιπτώσεις ειδικά όπου το πεδίο δεν είναι 100% διάχυτο και ο ρυθμός μείωσης της στάθμης αλλάζει μη ομαλά, ως δείκτης προτιμάται ο πρώιμος χρόνος αντήχησης (Early Decay Time). Ως πρώιμος χρόνος αντήχησης, ορίζεται το γινόμενο του χρόνου που χρειάζεται η στάθμη του ήχου να μειωθεί κατά 10 dB με το έξι (6), δηλαδή έξι (6) φορές ο χρόνος που χρειάζεται στάθμη του ήχου να μειωθεί κατά 10 dB.

Ο πρώιμος χρόνος αντήχησης έχει κατά κανόνα μικρότερη τιμή από τον χρόνο αντήχησης RT ή T60.

2.1.4. Χρόνοι αντήχησης T30, T20, T10

Χρόνο T30 ορίζουμε το χρόνο που προκύπτει πολλαπλασιάζοντας τη χρονική διάρκεια που απαιτείται ώστε ο ήχος να μειωθεί κατά 30 dB (-5 έως -35), μετά τον μηδενισμό της ηχητικής πηγής, με το δύο (2). Με παρόμοια λογική ορίζονται και οι χρόνοι T20 και T10 ως η χρονική διάρκεια που απαιτείται ώστε να μειωθεί ο ήχος κατά 20 ή κατά 10 dB πολλαπλασιάζοντας τους με το 3 ή με το 6 αντίστοιχα, για να προκύψει αποτέλεσμα να συγκρίσιμο με τους άλλους χρόνους αντήχησης.

2.1.5. Κατανόηση ομιλίας

Κατά την μελέτη αιθουσών, όπου η χρήση για την οποία προορίζονται, περιλαμβάνει λόγο και ομιλία, για παράδειγμα αίθουσες συνεδριών ή αίθουσες θεάτρου, βασική προϋπόθεση για να εκπληρώνουν τη λειτουργία τους είναι να γίνεται κατανοητός ο λόγος από τους θεατές-δέκτες που παρακολουθούν από τις θέσεις του ακροατήριου.

Ο δείκτης που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση κατανόησης του λόγου σε έναν χώρο ονομάζεται STI (Speech Transmission Index). Ο δείκτης αυτός προσδιορίζεται με την παραδοχή πως τα ηχητικά σήματα, που προέρχονται από ομιλία μπορούν να θεωρηθούν κατά πλάτος διαμορφωμένα σήματα, για τα οποία ο βαθμός διαμόρφωσης καθορίζει την χρήσιμη πληροφορία (ομιλία).

Εάν στο μονοπάτι μετάδοσης ενταχθεί θόρυβος ή αντήχηση στο σήμα ομιλίας, ο βαθμός διαμόρφωσης του σήματος μειώνεται, με συνέπεια τη μείωση της καταληπτότητας (Ζαρούχας Θ., 2013)

Η μέθοδος προσδιορισμού του δείκτη STI μπορεί να απλουστευτεί υπολογιστικά. Έτσι ορίζεται μια δεύτερη μέθοδος που αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως RASTI (Rapid Speech Transmission Index).

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας που αντιστοιχεί τον βαθμό καταληπτότητας με τις τιμές RASTI.

RASTI	Καταληπτότητα
0 - 0.3	κακή
0.3 - 0.45	ικανοποιητική
0.45 - 0.6	καλή
0.6 - 0.75	πολύ καλή
0.75 - 1	τέλεια

Πίνακας 2.1.1: Κλίμακα αξιολόγησης της καταληπτότητας της ομιλίας με βάση τις τιμές RASTI. [Πηγή: Βαχαβιόλος, 2018:9]

2.1.6. Θόρυβος – Ηχοπροστασία

Θόρυβος είναι κάθε ακανόνιστος, απεριοδικός, σύνθετος ήχος του οποίου η στιγμιαία τιμή αυξομειώνεται, γενικώς, με τυχαίο τρόπο. Θόρυβος επίσης θεωρείται, κάθε δυσάρεστος ή ανεπιθύμητος απλός ή σύνθετος ήχος (Αθανασόπουλος Χ. σελ. 161).

Η στάθμη του θορύβου που προκαλείται από εξωτερικές αιτίες αξιολογείται με βάση τα επίσημα ή διεθνώς αναγνωρισμένα κριτήρια θορύβου [ΚρΘ] ή [NC] (noise criteria) (Αθανασόπουλος Χ. σελ.143).

Στόχος του θορυβικού ελέγχου (ηχοπροστασία) αποτελεί η ρύθμιση της στάθμης θορύβου ενός χώρου, σε επίπεδο τέτοιο ώστε να εξασφαλίζεται η «ακουστική άνεση». Όταν ο θόρυβος μεταδίδεται με τη βοήθεια του αέρα ονομάζεται αερόφερτος ήχος, ενώ όταν παράγεται από την σύγκρουση δυο στερεών σωμάτων, ονομάζεται κτυπογενής ή κρούση. (Αθανασόπουλος Χ. σελ.139)

«Ακουστική άνεση» είναι η ικανότητα μια αίθουσας να παρέχει προστασία από θορύβους και να αποτελεί ακουστικό περιβάλλον κατάλληλο για τις προβλεπόμενες δραστηριότητες.

Σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό Κτιριακής Ηχοπροστασίας η ακουστική άνεση ενός χώρου καθορίζεται από ένα σύνολο ακουστικών παραμέτρων που αφορούν στην ηχοπροστασία του χώρου από:

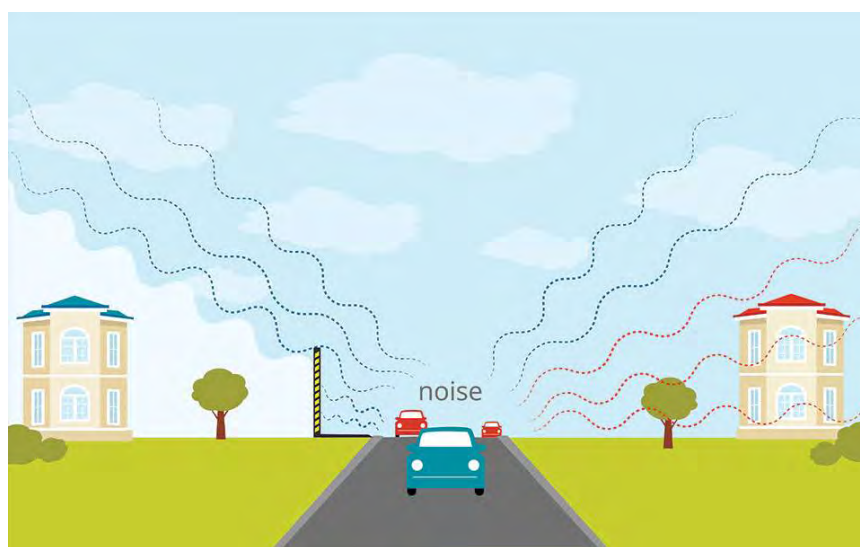
α. τον αερόφερτο θόρυβο που παράγεται σε γειτονικούς χώρους, σε κοινόχρηστους χώρους και σε γειτονικούς επαγγελματικούς ή εμπορικούς χώρους

β. τον κτυπογενή θόρυβο που παράγεται σε γειτονικούς χώρους, σε κοινόχρηστους χώρους και σε γειτονικούς επαγγελματικούς ή εμπορικούς χώρους

γ. τον αερόφερτο εξωτερικό θόρυβο (κυκλοφοριακό θόρυβο, αστικό θόρυβο κλπ)

δ. τον αερόφερτο θόρυβο που παράγεται από κοινόχρηστες εγκαταστάσεις του κτιρίου ή από ιδιωτικές εγκαταστάσεις γειτονικών χώρων ή κτιρίων.

Οι πιο σημαντικές πηγές θορύβου στο αστικό περιβάλλον, που οφείλονται για την υποβάθμιση του ακουστικού περιβάλλοντος, είναι η κυκλοφορία των μέσων κάθε είδους, οι βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις και οι εγκαταστάσεις αναψυχής και διασκέδασης. (Βογιατζής, 2009)



Εικόνα 2.1.8: Οι πηγές θορύβου στο αστικό περιβάλλον, οφείλονται για την υποβάθμιση του ακουστικού περιβάλλοντος. [Πηγή: <https://www.kathimerini.gr/1058921/article/yegeia/yegeia-epikairothta/hxorypansh-o-yroylos-exdros-ths-ka8hmerinothtas>, last access 19/02/2020]

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι παράμετροι ακουστικής άνεσης (όνομα, μέγεθος, μονάδα, πρότυπο) που αντιστοιχούν στο είδος ηχοπροστασίας.

Τα κτήρια που βρίσκονται στην Ελλάδα, δε έχουν κατά κανόνα ηχοαπορροφητικές ιδιότητες.

ΕΙΔΟΣ ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ			
	ΟΝΟΜΑ	ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΡΟΤΥΠΟ
Ηχοπροστασία από τον αερόφερτο θόρυβο που παράγεται σε γειτονικούς χώρους, σε κοινόχρηστους χώρους και σε γειτονικούς επαγγελματικούς ή εμπορικούς χώρους	Σταθμισμένη τυποποιημένη διαφορά ηχοστάθμης	$D_{nT,w}$	dB	EN ISO 717-1
Ηχοπροστασία από τον κτυπογενή θόρυβο που παράγεται σε γειτονικούς χώρους, σε κοινόχρηστους χώρους και σε γειτονικούς επαγγελματικούς ή εμπορικούς χώρους	Σταθμισμένη τυποποιημένη ηχοστάθμη κτυπογενούς ήχου	$L'_{nT,w}$	dB	EN ISO 717-2
Ηχοπροστασία από τον αερόφερτο εξωτερικό κυκλοφοριακό και αστικό θόρυβο	Ωριαία ισοδύναμη A-ηχοστάθμη	$L_{eq,AF,1h}$	dB(A)	DIN 4109 και ΕΛΟΤ 565
	Ωριαία μέση τιμή των μεγίστων A-ηχοστάθμης	$L_{1,AF,1h}$	dB(A)	ΕΛΟΤ 565
Ηχοπροστασία από τον αερόφερτο θόρυβο που παράγεται από κοινόχρηστες εγκαταστάσεις ή ιδιωτικές εγκαταστάσεις γειτονικού επαγγελματικού χώρου.	Μέγιστη τιμή στιγμιαίας A-ηχοστάθμης	$L_{AF,max}$	dB(A)	DIN 4109

Πίνακας 2.1.2: Παράμετροι ακουστικής άνεσης [Πηγή: ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΑΚΗΣ ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ, Πρόταση ομάδας εργασίας του ΕΛΙΝΑ, 2010: 7]

2.2. L_{eq} - Ισοδύναμη στάθμη θορύβου L_{eq}

Ο «χρονικός μέσος όρος της στάθμης του θορύβου» ή αλλιώς η «ισοδύναμη στάθμη του σταθερού θορύβου», μετρούμενη σε dB ονομάζεται ισοδύναμη στάθμη θορύβου L_{eq} («Equivalent Continuous Sound level»). Έχει σταθερή τιμή σε συνάρτηση με το χρόνο και το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με το πραγματικό σήμα το οποίο κυμαίνεται. Άμεση συνέπεια του ορισμού του είναι ότι προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με το πραγματικό σήμα. Συχνά συναντάμε ως τρόπο προσδιορισμού του μεγέθους αυτού το $L_{Aeq,T}$, όπου το A υποδεικνύει την A – σταθμισμένη ηχοστάθμη και T το χρόνο μέτρησης του θορύβου. Σταθμίζουμε με αυτό το τρόπο τα δεδομένα θορύβου γιατί το ανθρώπινο αυτί αντιλαμβάνεται ορισμένες συχνότητες διαφορετικά από άλλες και περιγράφουμε την αίσθηση ενός θορύβου όπως την αντιλαμβάνεται ένας ακροατής.

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου δίνεται από τον παρακάτω τύπο :

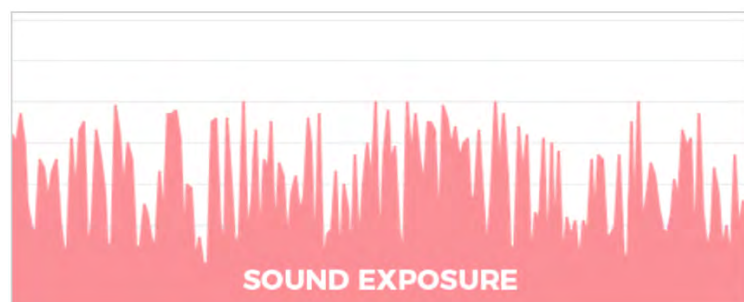
$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p(t)}{p_0(t)} \right)^2 dt \quad [2]$$

Ένας μετρητής πίεσης λαμβάνει ως σήμα την αλλαγή της αέριας πίεσης που δημιουργείται από ένα ηχητικό σήμα. Αυτή η αλλαγή μετριέται σε μονάδες Pascal (Pa) που μετατρέπονται σε dB στο παρασκήνιο από το μετρητή. Από εκεί ορίστηκε και ο όρος Επίπεδο Ηχητικής Στάθμης (Sound Pressure Level, SPL). Αν βάλει κανείς σε ένα γραμμικό διάγραμμα τις τιμές αυτές σε dB, το διάγραμμα παίρνει την παρακάτω μορφή.



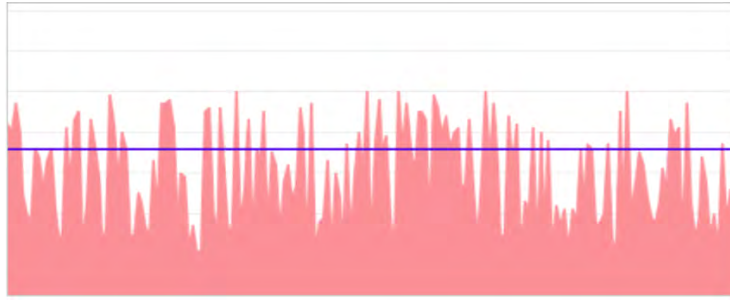
Εικόνα 2.2.1: Μορφή διαγράμματος dB στο χρόνο, για ένα τυχαίο ηχητικό γεγονός. [Πηγή: <https://www.atp-instrumentation.co.uk/blog/what-is-leq-integrating-sound-level-meters/>, last access 19/02/2020]

Η περιοχή που περικλείεται από το διάγραμμα απεικονίζει το σύνολο της ακουστικής ενέργειας που υπήρξε κατά της διάρκεια της μέτρησης. Είναι δηλαδή ο συνολικός ήχος που θα εισερχόταν στο αυτί ενός παρατηρητή κατά τη διάρκεια αυτού το ηχητικού γεγονότος. Ολοκληρώνοντας και παίρνοντας το συνολικό εμβαδό ο μετρητής σου υπολογίζει το συνολικό ποσό ήχου που ηχογραφήθηκε. Αυτός ο υπολογισμός ονομάζεται “Sound Exposure” και μετριέται σε ($\text{Pa}^2 \text{ p/Hour}$, Pa^2/Hr). Αυτός ο υπολογισμός γίνεται συνήθως από το μετρητή ακαριαία και μετατρέπεται σε dB για να σου δώσει το “Sound Exposure Level” (SEL) or LE.



Εικόνα 2.2.2: Διαγράμματα που απεικονίζει το Sound Exposure για το παραπάνω τυχαίο ηχητικό γεγονός. [Πηγή: <https://www.atp-instrumentation.co.uk/blog/what-is-leq-integrating-sound-level-meters/>, last access 19/02/2020]

Μετά από αυτούς τους υπολογισμούς μπορούμε πια να πάρουμε το Leq. Διαιρούμε το Sound Exposure με το χρόνο και βρίσκουμε το μέσο όρο. Αυτό το μέγεθος ονομάζεται Leq ή αλλιώς το Equivalent Continuous Sound Level.



Εικόνα 2.2.3: Το ευθύγραμμο τμήμα στο παραπάνω διάγραμμα απεικονίζει την τιμή του Leq για το παραπάνω τυχαίο ηχητικό γεγονός. [Πηγή: <https://www.atp-instrumentation.co.uk/blog/what-is-leq-integrating-sound-level-meters/>, last access 19/02/2020]

2.3. Φάσμα (Spectrum)

Οι οκταβικές ζώνες χρησιμοποιούνται συχνά ως μια μέθοδος για να διαιρεθεί το ακουστικό φάσμα σε μικρότερα μέρη τις οκτάβες, βοηθώντας το μελετητή να αναγνωρίσει διαφορετικά επίπεδα θορύβου με μεμονωμένες συχνότητες.

2.3.1. «A», «C» και «Z» σταθμισμένες μετρήσεις θορύβου

Οι μετρήσεις θορύβου που είναι φασματικά σταθμισμένες ως «A», «C» και «Z» αποτελούν συνηθισμένους τρόπους να μετρήσουμε ήχο και χρησιμοποιούνται κάθε φασματική στάθμιση για διαφορετικές μετρήσεις. Ουσιαστικά το ηχόμετρο ανταποκρίνεται διαφορετικά σε κάθε σήμα εισόδου (θόρυβο) για να μας δώσει δεδομένα σε συνάρτηση με την εφαρμογή για την οποία γίνεται η μέτρηση.

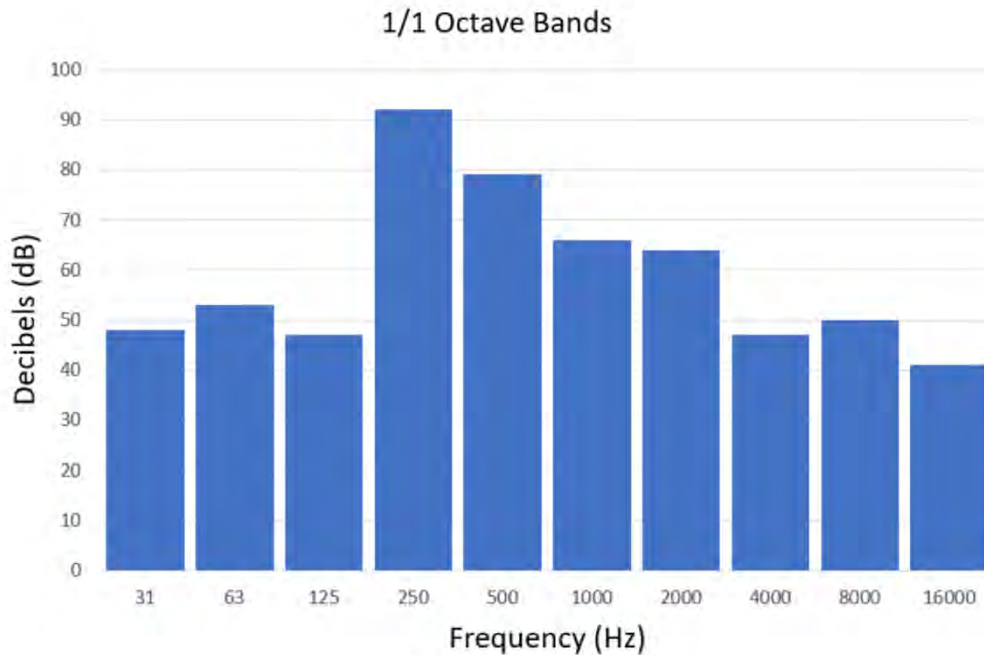
Για παράδειγμα η «A» στάθμιση θορύβου χρησιμοποιείται όπου εμπλέκεται σαν μεταβλητή η ανθρώπινη αντίληψη, καθώς το ηχόμετρο ανταποκρίνεται στον ήχο όπως ένα ανθρώπινο αυτί.

Η μέθοδος φασματικής στάθμιση μπορεί να μας προμηθεύσει με μια καλή βάση για να αναλύσουμε τα δεδομένα, αλλά είναι αδύνατο να αναλύσουμε διαφορετικές πηγές θορύβου πολλές φορές χωρίς τη χρήση των οκταβικών ζωνών.

2.3.2. 1/1 Οκταβική Ζώνη Μετρήσεων Θορύβου

Οι μετρήσεις σε οκταβική ζώνη 1/1 χρησιμοποιούνται όταν η φασματική σύνθεση ενός ηχητικού πεδίου πρέπει να οριστεί. Η οκταβική ανάλυση χρησιμοποιείται συχνά για τον περιορισμό θορύβου, σε προστασία της ακοής και κάποιες φορές σε θορυβικές οχλήσεις στο περιβάλλον.

Οι συνήθεις οκτάβες συχνοτήτων είναι : 31Hz, 63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz, 8kHz and 16kHz και αποτελούνται από το όριο συχνοτήτων χαμηλής ζώνης (Lower Band Limit), τις κεντρικές συχνότητες (Centre Frequency) και το όριο συχνοτήτων υψηλής ζώνης (Upper Band Limit)



Εικόνα 2.3.1: Το γράφημα παρουσιάζει ένα παράδειγμα ενός τυπικού φάσματος οκταβικής ζώνης όπου το επίπεδο των 250 Hz είναι το υψηλότερο. [Πηγή: <https://www.castlegroup.co.uk/guidance/octave-bands/> last access 21/02/2020]

Αν και η οκταβική ζώνη συχνοτήτων (που διαιρείται σε 10 οκτάβες) ορίζεται από την «Κεντρική Συχνότητα», τα χαρακτηριστικά τους είναι τα χαρακτηριστικά είναι αρκετά ευρέα και διεθνώς τυποποιημένα.

Ο εύκολος τρόπος να υπολογίσει κανείς το εύρος των ζωνών είναι να πολλαπλασιάσει τη Κεντρική Συχνότητα:

Υπολογισμός του ορίου συχνοτήτων χαμηλής ζώνης (Lower Band Limit):

Κεντρική Συχνότητα x 0.707

Υπολογισμός του ορίου συχνοτήτων υψηλής ζώνης (Upper Band Limit):

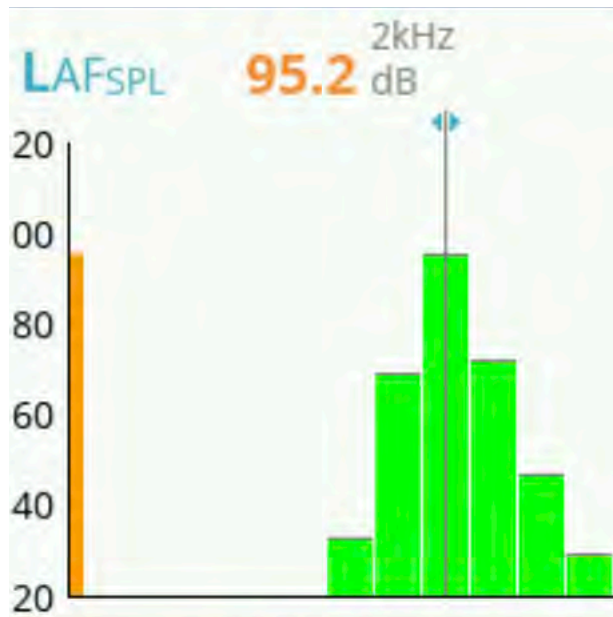
Κεντρική Συχνότητα x 1.412

Για παράδειγμα η ζώνη 2 kHz αποτελείται από :

Όριο συχνοτήτων χαμηλής ζώνης (Lower Band Limit) → 1.41 kHz

Κεντρική Συχνότητα (Centre Frequency) → 2 kHz

Όριο συχνοτήτων υψηλής ζώνης (Upper BandLimit) → 2.82 kHz

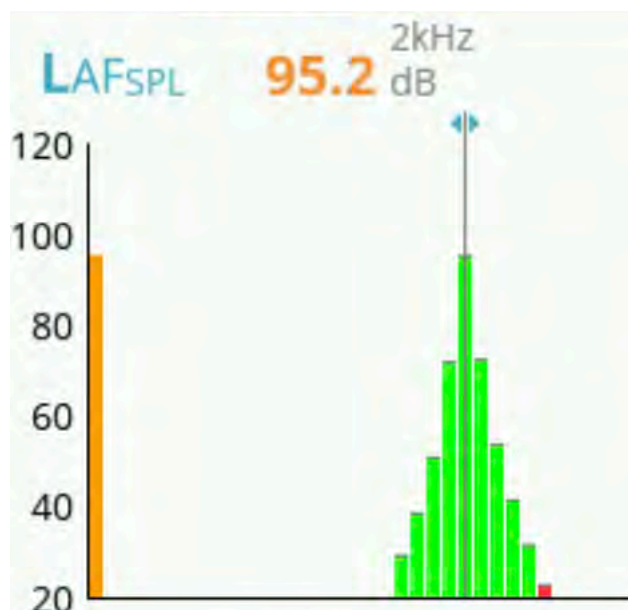


Εικόνα 2.3.2: Στιγμιότυπο οθόνης από ηχόμετρο dBair σε 1/1 οκταβική ζώνη και σε αυτή τη περίπτωση βλέπει κανείς τα 2kHz να δίνουν τη μεγαλύτερη τιμή θορύβου. [Πηγή: <https://www.castlegroup.co.uk/guidance/octave-bands/> last access 21/02/2020]

2.3.3. 1/3 Οκταβική Ζώνη Μετρήσεων Θορύβου

Για τις εφαρμογές που έχουν να κάνουν με τον περιβαλλοντικό θόρυβο, η 2.3.3. 1/3 οκταβική ζώνη μετρήσεων θορύβου παρέχει μια πιο λεπτομερή καταγραφή των επιπέδων θορύβου στο φάσμα συχνοτήτων.

Κάθε 1/1 (ξεχωριστή) οκτάβα διαιρείται σε τρία μέρη, έτσι παρέχεται μια πιο λεπτομερή καταγραφή του θορύβου που μελετάται.



Εικόνα 2.3.3: : Στιγμιότυπο οθόνης από ηχόμετρο dBair σε 1/3 οκταβική ζώνη, για το ίδιο ηχητικό γεγονός (τον ίδιο θόρυβο) με την παραπάνω εικόνα. Όπως διακρίνεται εύκολα κάθε 1/1 οκτάβα έχει διαιρεθεί σε τρία μέρη. [Πηγή: <https://www.castlegroup.co.uk/guidance/octave-bands/> last access 21/02/2020]

2.3.4. Οκταβικές ζώνες σε Μέτρηση Ήχου και Θορύβου

Αν και οι οκταβικές ζώνες απαιτούνται μόνο για συγκεκριμένες εφαρμογές μετρήσεων θορύβου, πολλά ηχόμετρα του εμπορίου παρέχουν επιλογή ανάλυσης σε οκταβικές ζώνες.

Κάποια παραδείγματα όπου η κατανόηση του περιεχομένου συχνοτήτων μετρήσεων είναι απαραίτητη είναι :

- Μείωση - Έλεγχος Θορύβου
- Ακουστική κτηρίων
- Δοκιμές μηχανών και προϊόντων

2.1. Πρότυποι δείκτες μόνωσης (Dn, DnA, DnT) και Raw Insulation Index

Ο δείκτης Dn δίνει τη διαφορά (για κάθε μια 1/3 οκταβική ζώνη ή για κάθε οκταβική ζώνη) ανάμεσα στη τιμή της ηχητικής πίεσης στην περιοχή εκπομπής και στην τιμή της ηχητικής πίεσης στην περιοχή (αίθουσα) λήψης. Χρησιμοποιείται για μετρήσεις «in situ», δηλαδή μετρήσεις στο πεδίο.

Αν χρησιμοποιηθεί μια πρότυπη περιοχή 10 m² απορρόφησης, για να μετατραπεί η τιμή του Dn, τότε η μετατροπή αυτή μας δίνει τον δείκτη DnA.

Αν χρησιμοποιηθεί μια πρότυπη τιμή του χρόνου αντήχησης, για να μετατραπεί η τιμή του Dn, τότε η μετατροπή αυτή μας δίνει τον δείκτη DnT.

Οι τιμές DnA, DnT and Dn υπολογίζονται (ή μετρούνται) σε ζώνη συχνοτήτων ανάμεσα σε 100 Hz and 5000 Hz. Οι τιμές τους δεν είναι μοναδικοί αριθμοί, αλλά αλλάζουν με τη συχνότητα.

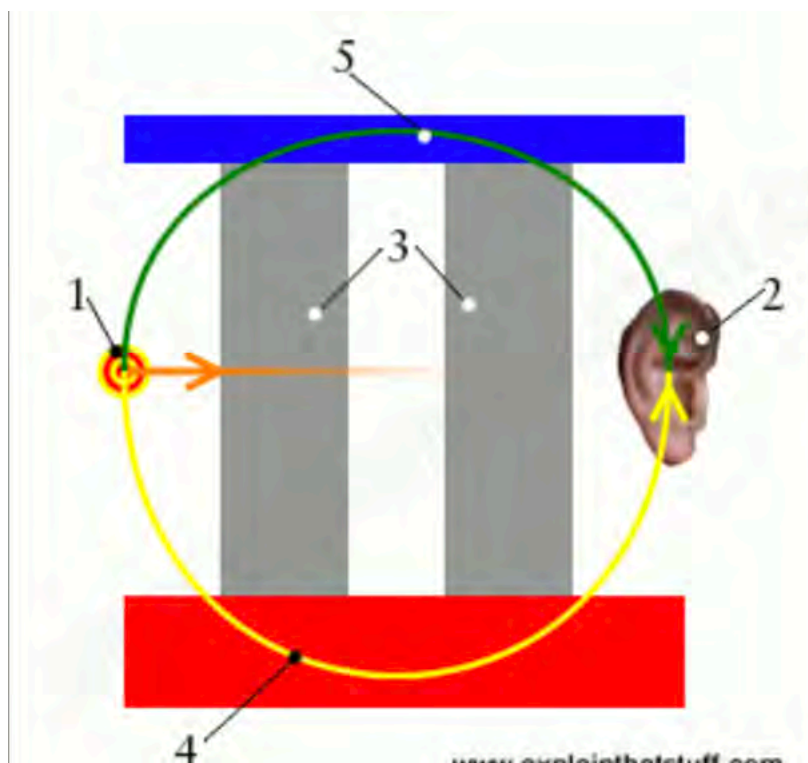
Με βάση τα παραπάνω και δεδομένου ότι στην παρούσα μελέτη χρειαζόμαστε μια μοναδική αριθμητική τιμή για να μετρήσουμε την μόνωση των αιθουσών θα χρησιμοποιηθεί ένας διαφοροποιημένος δείκτης Raw Insulation Dn :

$$Dn = Leq_{out} - Leq_{in} \quad \text{σε dB (A)} \quad [3]$$

το Leq που είναι ο (λογαριθμικός) μέσος όρος μετρήσεων θορύβου, στη διάρκεια κάποιου χρονικού διαστήματος, ενώ το out και in έχει να κάνει με το που μετρήθηκαν τα δεδομένα θορύβου (μέσα ή έξω από το κέλυφος του κτηρίου). Έτσι παίρνουμε το Dn όπως ορίστηκε πιο πάνω και παίρνουμε τη διαφορά των μέσων όρων των

θορυβικών δεδομένων για μια χρονική στιγμή ώστε να έχουμε μια άποψη για την ηχομονωτική των αιθουσών ανεξάρτητη του φάσματος συχνοτήτων.

Στη παρακάτω εικόνα βλέπουμε μια τομή του εξωτερικού κελύφους των κτηρίων που μελετήθηκαν. Το σημείο 2 (όπου βρίσκεται το ανθρώπινο αυτί) είναι το εσωτερικό του κτηρίου όπου πάρθηκε η μέτρηση Leq_{in} και το σημείο 1 είναι στο εξωτερικό του κτηρίου όπου πάρθηκε η μέτρηση Leq_{out} . Με τους αριθμούς 4,3 και 5 είναι τα υλικά που παρεμβάλλονται και παρέχουν την ηχομόνωση του κελύφους.



Εικόνα 2.1.1: Σκαρίφημα που δείχνει πως παρεμβαίνει το κέλυφος και παρέχει την ηχομόνωση σε ένα κτήριο. [Πηγή: <https://www.explainthatstuff.com/soundproofing.html> last access 20/02/2020]

Επομένως σε αυτό το παράδειγμα που απεικονίζεται στη παραπάνω εικόνα θα είχαμε $D_n = Leq_1 - Leq_2$

2.2. Ελληνικός Κανονισμός Ηχοπροστασίας

Οι απαιτήσεις για ηχομόνωση – ηχορύπανση αναφέρονται στο άρθρο 12 του Ελληνικού Κτηριοδομικού Κανονισμού. Παρατίθενται στο κεφάλαιο αυτό όπως παρουσιάζονται στο κανονισμό που εκδόθηκε στο ΦΕΚ -59/Δ/3-2-89., άρθρο 12

ΑΡΘΡΟΝ-12

ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ - ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗ.

1. Σ τ ό χ ο ς .

Τα κτίρια πρέπει να σχεδιάζονται και κατασκευάζονται έτσι, ώστε να προστατεύονται οι ένοικοι από κάθε μορφής θορύβους μέσα στα όρια της κατοικίας, του τόπου εργασίας και διαμονής τους, όταν οι θόρυβοι προέρχονται από άλλους. Δηλαδή, να εξασφαλίζεται αποδεκτάκουστική άνεση, λαμβάνοντας τα απαραίτητα μέτρα κτιριακής ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας.

Οι παράμετροι και τα κτίρια ακουστικής άνεσης, από όπου εξαρτάται η ηχομόνωση - ηχοπροστασία για κάθε είδους κτιρίου ή χώρου αυτού, και οι κατηγορίες ακουστικής άνεσης καθορίζονται στις επόμενες παραγράφους. Σε ειδικά κτίρια είναι δυνατόν να εφαρμόζονται κανονισμοί με αυστηρότερα κριτήρια.

2. Παράμετροι ακουστικής άνεσης.

Η ακουστική άνεση ενός κτιρίου είναι η ικανότητά του να προστατεύει τους ενοίκους του από εξωγενείς θορύβους και να παρέχει ακουστικό περιβάλλον κατάλληλο για διαμονή ή για διάφορες δραστηριότητες.

Η ακουστική άνεση ενός χώρου καθορίζεται από ένα σύνολο ηχητικών παραμέτρων, που αφορούν την ηχομόνωση και ηχοπροστασία του χώρου από:

τον αερόφερτο ήχο, που παράγεται σε γειτονικούς χώρους,

τον κτυπογενή ήχο, που παράγεται σε γειτονικούς χώρους,

τον αερόφερτο ήχο, που παράγεται από κοινόχρηστες ή ιδιωτικές εγκαταστάσεις του ίδιου κτιρίου,

τον αερόφερτο ήχο, που παράγεται από εξωτερικές πηγές. Οι ορισμοί των παραμέτρων ακουστικής άνεσης, R_w , $R'w$, $L'n.w$ L A_{eqh} L_pA φαίνονται στον πίνακα 1 της παρ.8 του παρόντος άρθρου.

3. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

Όλα τα νέα κτίρια που κατασκευάζονται μετά την ισχύ του παρόντος υπάγονται σε μια από τις πιο κάτω "κατηγορίες ακουστικής άνεσης".

α. Κατηγορία Α', "υψηλή ακουστική άνεση".

Όταν πληρούνται όλα τα κριτήρια του πίνακα 2 της παρ.8.

β. Κατηγορία Β', "κανονική ακουστική άνεση".

Όταν πληρούνται όλα τα κριτήρια του πίνακα 3 της παρ.8.

γ. Κατηγορία Γ', "χαμηλή ακουστική άνεση".

Όταν δεν πληρούνται όλα τα κριτήρια του πίνακα 3.

4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ - ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Τα κριτήρια ηχομόνωσης - ηχοπροστασίας είναι οι οριακές τιμές των παραμέτρων ακουστικής άνεσης για κάθε είδος ηχομόνωσης

ηχοπροστασίας και κάθε κατηγορία ακουστικής άνεσης.

Οι απαιτήσεις για όλα τα είδη των κτιρίων εκφράζονται με εννέα συνολικά κριτήρια που περιλαμβάνονται στους πίνακες 2 και 3.

Κατά τη σύνταξη μελετών, είναι δυνατόν να λαμβάνεται μεταξύ R_w & $R'w$ η σχέση που ορίζεται στον πίνακα 4. Κατά την κατασκευή, θα πρέπει να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα, ώστε οι διαφορές μεταξύ R_w & $R'w$ - που οφείλονται στις πλευρικές μεταδόσεις - να μην είναι μεγαλύτερες από τις τιμές που προκύπτουν από τον πίνακα 4. Μέτρα μείωσης των πλευρικών μεταδόσεων είναι, μεταξύ άλλων η διακοπή συνέχειας των οικοδομικών στοιχείων μεταξύ των δύο χώρων και η αύξηση της επιφανειακής μάζας των πλευρικών στοιχείων (π.χ. άνω των 350 kg/m²). Αν λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα για τη μείωση των πλευρικών μεταδόσεων, είναι δυνατόν να γίνονται αποδεκτές τιμές για τη διαφορά αυτή.

4.1. Ηχομόνωση από γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης και ηχομόνωση από χώρους κοινής χρήσης του κτιρίου.

Αφορά όλα τα οριζόντια και κατακόρυφα χωρίσματα ανάμεσα σε:

δύο διαμερίσματα του ίδιου κτιρίου (κατοικίες),

χώρος κύριας χρήσης και γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης (όλα τα άλλα κτίρια εκτός από κατοικίες).

ένα διαμέρισμα ή ένα χώρο κύριας χρήσης και τους κοινής χρήσης χώρους του κτιρίου (εκτός από μονοκατοικίες),

Το κριτήριο ηχομόνωσης στην περίπτωση αερόφερτου ήχου για τα κατακόρυφα και τα οριζόντια χωρίσματα είναι ελάχιστες τιμές του μονότιμου μεγέθους $R'w$ σε ντεσιμπέλ (db).

Το κριτήριο ηχομόνωσης στην περίπτωση κτυπογενή ήχου για τα οριζόντια χωρίσματα είναι οι μέγιστες τιμές του μονότιμου μεγέθους $L'_{n,w}$ σε ντεσιμπέλ (db).

4.2. Ηχομόνωση κατοικίας (διαμερίσματος) από άλλο χώρο κύριας χρήσης. Αφορά όλα τα οριζόντια και κατακόρυφα χωρίσματα ανάμεσα σε:

ένα διαμέρισμα και χώρους κτιρίου, που προορίζονται για άλλη κύρια χρήση εκτός κατοικίας.

Το κριτήριο ηχομόνωσης στην περίπτωση αερόφερτου ήχου για τα κατακόρυφα και οριζόντια χωρίσματα είναι οι ελάχιστες τιμές του μονότιμου μεγέθους $R'w$ σε ντεσιμπέλ (db).

Το κριτήριο ηχομόνωσης στην περίπτωση κτυπογενή ήχου για τα οριζόντια χωρίσματα είναι οι μέγιστες τιμές του μονότιμου μεγέθους $L'_{n,w}$ σε ντεσιμπέλ (db).

4.3. Ηχοπροστασία από εξωτερικούς θορύβους. Αφορά τον εξωτερικό θόρυβο περιβάλλοντος (κυκλοφοριακό, αστικό) που μεταδίδεται μέσα από όλα τα εξωτερικά οριζόντια και κατακόρυφα χωρίσματα για όλα ανεξαιρέτως τα κτίρια.

Το κριτήριο ηχοπροστασίας είναι οι μέγιστες τιμές της ωριαίας ισοδύναμης A-ηχοστάθμης $L_{Aeq,h}$ σε ντεσιμπέλ - $A(db(A))$.

4.4. Ηχοπροστασία από εγκαταστάσεις. Αφορά το θόρυβο που προέρχεται από τις κοινόχρηστες και ιδιωτικές εγκαταστάσεις, που μεταδίδεται μέσα από όλα τα οριζόντια και κατακόρυφα χωρίσματα και από όλες τις άλλες ηχητικές διαδρομές για όλα ανεξαιρέτως τα κτίρια.

Το κριτήριο ηχοπροστασίας είναι οι μέγιστες τιμές της A - ηχοστάθμης L_{pA} σε ντεσιμπέλ - $A(db(A))$ μέσα στους χώρους κύριας χρήσης.

Κοινόχρηστες εγκαταστάσεις, για την εφαρμογή του παρόντος άρθρου, είναι η υδραυλική, η ηλεκτρική, η εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης-ψύξης- ερισμού, οι ανελκυστήρες, οι αντλίες και τα κάθε είδους μηχανήματα που εξυπηρετούν από κοινού τα διαμερίσματα και τους άλλους χώρους.

Ιδιωτικές εγκαταστάσεις είναι εγκαταστάσεις ανάλογες με τις κοινόχρηστες που εξυπηρετούν αποκλειστικά μια κατοικία ή ένα άλλο χώρο.

4.5. Ηχομόνωση ανάμεσα στους χώρους της ίδιας κατοικίας. Αφορά τα εσωτερικά κατακόρυφα και οριζόντια χωρίσματα της ίδιας κατοικίας.

Το κριτήριο ηχομόνωσης στην περίπτωση αερόφερτου ήχου για τα κατακόρυφα και οριζόντια χωρίσματα είναι οι ελάχιστες τιμές του μονότιμου μεγέθους R'_{w} σε ντεσιμπέλ (dB).

4.6. Ηχομόνωση χώρου κύριας χρήσης από χώρους εγκαταστάσεων. Αφορά τα κατακόρυφα και οριζόντια χωρίσματα ανάμεσα σε χώρους κύριας χρήσης και χώρους εγκαταστάσεων για όλες τις περιπτώσεις των κτιρίων εκτός από το κτίρια κατοικίας.

Το κριτήριο ηχομόνωσης στην περίπτωση αερόφερτου ήχου για τα κατακόρυφα και τα οριζόντια χωρίσματα είναι οι ελάχιστες τιμές του μονότιμου μεγέθους R'_{w} σε ντεσιμπέλ (dB).

Το κριτήριο ηχομόνωσης στην περίπτωση κτυπογενή ήχου για τα οριζόντια χωρίσματα είναι οι μέγιστες τιμές του μονότιμου μεγέθους $L_{n,w}$ σε ντεσιμπέλ - (dB).

5. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ.

Όλα ανεξαιρέτως τα νέα κτίρια πρέπει να καλύπτουν τουλάχιστον τις απαιτήσεις της κατηγορίας ακουστικής άνεσης B.

6. ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Για την αντιμετώπιση των αναγκών σε μετρήσεις - πιστοποιήσεις που απορρέουν από την εφαρμογή του παρόντος άρθρου, χρησιμοποιούνται εργαστήρια μετρήσεων κτιριακής ηχοπροστασίας.

Αυτά λειτουργούν κάτω από την επίβλεψη εξειδικευμένου διπλωματούχου μηχανικού και διαθέτουν εξοπλισμό για τις εργαστηριακές και επιτόπιες μετρήσεις σύμφωνα με τα πρότυπα ΕΛΟΤ.

7. ΕΛΕΓΧΟΣ

Ο έλεγχος των εργασιών ηχομόνωσης - ηχοπροστασίας γίνεται από τις κατά τόπους αρμόδιες πολεοδομικές υπηρεσίες. Σε περιπτώσεις ελέγχου που απαιτούν ειδικές συσκευές και εξειδίκευση, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν τα εργαστήρια μετρήσεων της προηγούμενης παραγράφου 6.

8. Οι πίνακες 1, 2 και 3 που ακολουθούν προσδιορίζουν τις παραμέτρους ακουστικής άνεσης $R'w$, $R'n,w$, $L_{Aeq,h}$, L_{pA} καθώς και τις τιμές των κριτηρίων ηχομόνωσης - ηχοπροστασίας για τις κατηγορίες (A) και (B). Ο πίνακας 4 προσδιορίζει την σχέση μεταξύ RW και $R'W$.

Παρατηρήσεις:

1. Οι τιμές σε παρενθέσεις αποτελούν μόνο οδηγό για σχεδιασμό θεάτρων, κινηματογράφων, αιθ. συγκεντρώσεων, αιθ. Μουσικής χώρων ηχογράφησης και επεξεργασίας ήχου, εκκλησιών και άλλων χώρων, στους οποίους η αυξημένη ηχοπροστασία αποτελεί προϋπόθεση για τη διαμόρφωση της εσωτερικής ακουστικής τους.
2. Για κτίρια στα οποία συνυπάρχουν επιμέρους τμήματα διαφορετικών κυρίων χρήσεων, η επιλογή των τιμών των κριτηρίων γίνεται έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σε ηχομόνωση, ηχοπροστασία κάθε χώρου κύριας χρήσης. Η επιλογή ακολουθεί τις τιμές των χώρων με περισσότερο αυξημένες απαιτήσεις, έτσι ώστε να καλύπτονται και οι απαιτήσεις των άλλων χώρων.
3. Οι τιμές της στήλης 9 αφορούν μόνο την επιφάνεια έδρασης των μηχανημάτων.
9. Οι αποδεκτές κατασκευαστικές λύσεις είναι αυτές που αναφέρονται στις ισχύουσες κάθε φορά τεχνικές οδηγίες. Σε περίπτωση κατασκευαστικών λύσεων που δεν περιλαμβάνονται σε τεχνικές οδηγίες, απαιτούνται εργαστηριακές μετρήσεις, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου αυτού.

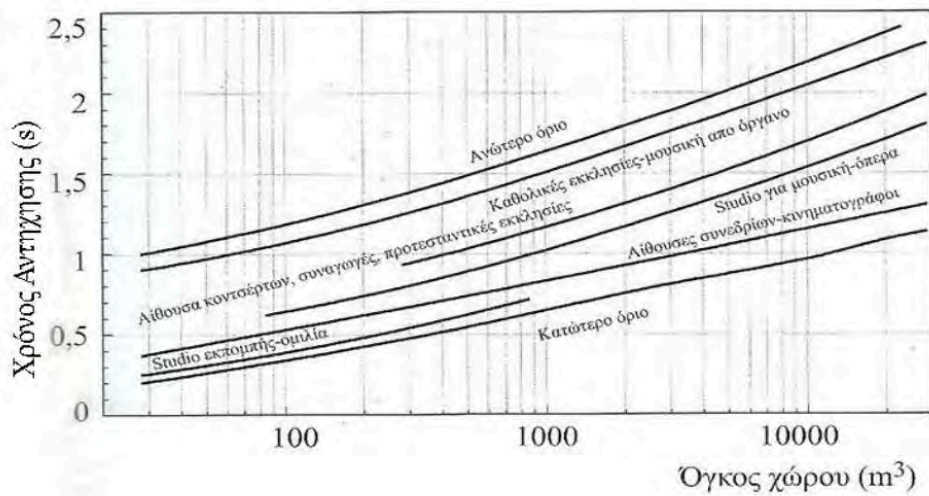
(Ελληνικός Κτηριοδομικός Κανονισμός, 1989)

ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	ΣΤΑΘΜΗ ΘΟΡΥΒΟΥ Leq σε dB(A)	
	ΗΜΕΡΑ	ΝΥΧΤΑ (23:00-07:00)
Περιοχές στις οποίες επικρατεί το βιομηχανικό-βιοτεχνικό στοιχείο έναντι της κατοικίας.	60	50
Περιοχές στις οποίες επικρατεί το αστικό στοιχείο έναντι της βιομηχανίας-βιοτεχνίας – Ημι-αγροτικές και τουριστικές περιοχές σε γειτνίαση με κατοικίες ή η άμεση γειτνίαση με ευαίσθητες οικολογικά περιοχές.	50	40
Περιοχές των οποίων πρέπει να προστατευτεί το υφιστάμενο διαμορφωμένο ηχητικό τοπίο ως καθοριστικό στοιχείο της φυσιογνωμίας της.	Μέγιστη εκπεμπόμενη στάθμη θορύβου από την πλήρη λειτουργία της δραστηριότητας ≤ 10 dB(A) τουλάχιστον κάτω από τη στάθμη του διαμορφωμένου ηχητικού τοπίου	

Πίνακας 2.2.1: Προτεινόμενα όρια θορύβου για λειτουργία εγκαταστάσεων και διαφόρων σημειακών δραστηριοτήτων στο αστικό περιβάλλον. [Πηγή: Βογιατζής Κωνσταντίνος «Προστασία του Ελληνικού Ακουστικού Τοπίου Θεσμικό πλαίσιο για τον Περιβαλλοντικό Θόρυβο»:220]

2.3. Συνιστώμενες τιμές ακουστικών παραμέτρων

Η γεωμετρία της αίθουσας αποτελεί σημαντικό παράγοντα του ακουστικού σχεδιασμού. Ανάλογα με τον όγκο του χώρου, η παρουσία ακροατών επηρεάζει ή όχι την ακουστική συμπεριφορά μιας αίθουσας. Σε αίθουσες με όγκο μεγαλύτερο των 10 m³ ανά ακροατή η παρουσία των ακροατών δε λαμβάνεται υπ' όψη, γιατί δεν αλλάζει την ακουστική συμπεριφορά τους. Από την άλλη σε χώρους με όγκο μικρότερο των 4 m³ ανά ακροατή, η ακουστική συμπεριφορά τους αλλάζει σημαντικά κάτι που δε μπορεί να αγνοηθεί από το μελετητή.



Εικόνα 2.3.1: Βέλτιστες τιμές χρόνου αντήχησης για διάσημους δημόσιους χώρους κατά τον Beranek [Πηγή: Γκέκα Σπυριδούλα, Διορθωτική Ακουστική Νεοκλασικών Αιθουσών Διαλέξεων Μνημειακού Μεγέθους: 17]

Είδος χώρου	Όγκος (m ³)/ Άτομο
Μουσικές εκδηλώσεις, Κονσέρτα	6 και πάνω
Χώροι για ομιλία	3 έως 5
Χώροι πολλαπλής χρήσης	5
Κινηματογράφοι, Θέατρα (με θεωρεία)	3
Κινηματογράφοι, Θέατρα (χωρίς θεωρεία)	4

Πίνακας 2.3.1: Ειδικοί όγκοι αιθουσών. [Πηγή :Σκαρλάτος, 2015]

2.4. Συνιστώμενος Χρόνος Αντήχησης

Οι αποδεκτοί ιδανικοί χρόνοι αντήχησης δίνονται από την σχέση :

$$T60 = A \log V + B \quad [3]$$

όπου A και B σταθερές που εξαρτώνται από την χρήση του χώρου και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Είδος Χώρου	Σταθερά A	Σταθερά B
Καθολικοί Ναοί – Αίθουσες συναυλιών	0.4	0.22
Ναοί διαμαρτυρομένων	0.35	0.19
Ορθόδοξες εκκλησίες – Όπερες	0.3	0.16
Κινηματογράφοι – Αίθουσες μουσικής (Music Hall)	0.22	0.11
Χώροι διαλέξεων – Στούντιο	0.2	0.11
Χώροι ελέγχου (Control Rooms)	0.11	0.148

Πίνακας 2.4.1: Σταθερές για υπολογισμό του χρόνου αντήχησης σε διάφορους χώρους. [Πηγή: Σκαρλάτος, 2015].

Στους παραπάνω πίνακες ο όγκος αναφέρεται σε m^3 και ο χρόνος αντήχησης αντιστοιχεί στην συχνοτική ζώνη των 500Hz. Ο χρόνος αντήχησης όμως διαφέρει ανάλογα με την ζώνη συχνοτήτων. Στις υψηλές συχνότητες (δηλαδή πάνω από τα 1000Hz) ο χρόνος αντήχησης παρουσιάζει μείωση, εξαιτίας της απορρόφησης του αέρα. Στις χαμηλότερες συχνότητες ο χρόνος αντήχησης μπορεί να μειωθεί με σωστό ακουστικό σχεδιασμό. Σε αίθουσες που προορίζονται για ομιλίες ενδείκνυται να διατηρείται σταθερός ο χρόνος αντήχησης σε όλες τις συχνότητες. Τυχόν αύξηση του χρόνου αντήχησης στις χαμηλές συχνότητες έχει ως αποτέλεσμα μείωση της καταληπτότητας.

Παρ'όλα αυτά σε αίθουσες μουσικής προτιμώνται αυξημένες τιμές χρόνου αντήχησης των χαμηλών συχνοτήτων από τους περισσότερους ακροατές, καθώς προσδίδουν ζεστασιά στον ήχο (Barron, 2010).

Η εξήγηση στο φαινόμενο αυτό βρίσκεται αν εξετάσει κανείς τον τρόπο λειτουργίας της ανθρώπινης ακοής. Η ανθρώπινη ακοή σε υψηλές στάθμες έντασης, χονδρικά, έχει την ίδια ευαισθησία σε όλες τις συχνότητες. Σε χαμηλότερες στάθμες έντασης, όμως, είναι λιγότερο ευαίσθητη στις χαμηλές συχνότητες.

Για να ισοσταθμιστεί το παραπάνω φαινόμενο σε μουσικές παραστάσεις χρησιμοποιείται ως λύση η αύξηση του χρόνου αντήχησης των χαμηλών συχνοτήτων, κατά 40% σε σχέση με τις μεσαίες συχνότητες.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι βέλτιστες τιμές χρόνου αντήχησης για δύο κατηγορίες αιθουσών που προορίζονται για μουσική και για συμφωνική ορχήστρα αντίστοιχα. Οι τιμές του πίνακα αναφέρονται σε κενές αίθουσες, διότι είναι συνήθως δύσκολο να πραγματοποιηθούν μετρήσεις παρουσία ακροατών (Σκαρλάτος, 2015).

Δείκτης	Αίθουσα για Μουσική	Αίθουσα για Συμφωνική Ορχήστρα
Μέγεθος / Αριθμός Θέσεων	2500 /300	25000 /2000
Χρόνος αντήχησης (T60)	1.5s	2-2.4s

Πίνακας 2.4.2: Βέλτιστες τιμές χρόνου αντήχησης. [Πηγή: Σκαρλάτος, 2015]

2.5. Συνιστώμενες τιμές ακουστικής άνεσης

Πηγή θορύβου	Κατηγορία Ακουστικής Άνεσης						
	5	4	3	2	1	1+	
Δυνατή φωνή	γίνεται καθαρά αντιληπτή, ακούγεται πολύ καθαρά		γίνεται καθαρά αντιληπτή, ακούγεται καθαρά	γίνεται εν μέρει αντιληπτή, συνήθως ακούγεται	συνήθως δεν γίνεται αντιληπτή, ακούγεται εν μέρει	δεν γίνεται αντιληπτή, ακούγεται ακόμη λίγο	δεν γίνεται αντιληπτή, δεν ακούγεται
Ανεβασμένη φωνή	γίνεται καθαρά αντιληπτή, ακούγεται πολύ καθαρά	γίνεται καθαρά αντιληπτή, ακούγεται καθαρά	γίνεται εν μέρει αντιληπτή, συνήθως ακούγεται	συνήθως δεν γίνεται αντιληπτή, ακούγεται εν μέρει	δεν γίνεται αντιληπτή, ακούγεται ακόμη λίγο	δεν γίνεται αντιληπτή, δεν ακούγεται	
Κανονική φωνή	γίνεται καθαρά αντιληπτή, ακούγεται καθαρά	γίνεται εν μέρει αντιληπτή, συνήθως ακούγεται	συνήθως δεν γίνεται αντιληπτή, ακούγεται εν μέρει	δεν γίνεται αντιληπτή, ακούγεται ακόμη λίγο	δεν γίνεται αντιληπτή, δεν ακούγεται		
Πολύ δυνατή μουσική	ακούγεται πολύ καθαρά					ακούγεται καθαρά	ακούγεται
Δυνατή μουσική	ακούγεται πολύ καθαρά					ακούγεται καθαρά	ακούγεται ακόμη λίγο
Κανονική μουσική	ακούγεται πολύ καθαρά					ακούγεται καθαρά	ακούγεται ακόμη λίγο δεν ακούγεται
Υδραυλικές εγκαταστάσεις	ακούγονται πολύ καθαρά	ακούγονται καθαρά	ακούγονται	ακούγονται ακόμη λίγο	συνήθως δεν ακούγονται		
Μέγιστες τιμές θορύβων χρήσης	ακούγονται πολύ καθαρά	ακούγονται καθαρά	ακούγονται	ακούγονται ακόμη λίγο	συνήθως δεν ακούγονται	ακούγονται πολύ καθαρά	ακούγονται καθαρά
Κανονικοί θόρυβοι χρήσης	ακούγονται πολύ καθαρά		ακούγονται καθαρά	ακούγονται	ακούγονται ακόμη λίγο	συνήθως δεν ακούγονται	
Περπάτημα	ακούγεται πολύ καθαρά		ακούγεται καθαρά	ακούγεται	ακούγεται ακόμη λίγο	συνήθως δεν ακούγεται	δεν ακούγεται
Παιδιά που παίζουν	ακούγονται πολύ καθαρά			ακούγονται καθαρά	ακούγονται	ακούγονται ακόμη λίγο	συνήθως δεν ακούγονται
Οικιακές συσκευές	ακούγονται πολύ καθαρά			ακούγονται καθαρά	ακούγονται	ακούγονται ακόμη λίγο	συνήθως δεν ακούγονται

Προϋποθέσεις για να ισχύουν οι περιγραφές:
 1. Χρόνος αντήχησης χώρου λήψης $T = 0,5 \text{ s}$ (αντιστοιχεί σε επιφάνεια ηχοαπορρόφησης $A = 10 \text{ m}^2$) και όγκος χώρου λήψης από 30 ως 60 m^3
 2. Επιφάνεια μετάδοσης μεταξύ χώρων από 10 ως 15 m^2
 3. Σταθερό φάσμα ηχομόνωσης ή κτιριογενούς ήχου, χωρίς απότομες μεταπτώσεις
 4. Στάθμη θορύβου βάθους $L_{eq} = 20 \text{ dB(A)}$, χρονική και φασματική κατανομή κατ' αναλογία προς τον ροζ θόρυβο

Πίνακας 2.5.1: Περιγραφή της υποκειμενικής αντίληψης των καθημερινών θορύβων από γειτονικές χρήσεις [Πηγή: ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΑΚΗΣ ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ, Πρόταση ομάδας εργασίας του ΕΛΙΝΑ, 2010: 10]

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ	Α		Β		Γ		Δ	Ε		Ζ	Η		
	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ										ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ		
	ΜΟΝΩΣΗ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΚΥΡΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ		ΜΟΝΩΣΗ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΚΥΡΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΕ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ		ΜΟΝΩΣΗ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΚΥΡΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ		ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΘΥΡΩΝ	ΗΧΟΣΤΑΘΜΗ ΑΠΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΘΟΡΥΒΟΥΣ	ΗΧΟΣΤΑΘΜΗ ΑΠΟ ΘΟΡΥΒΟΥΣ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	ΗΧΟΣΤΑΘΜΗ ΑΠΟ ΘΟΡΥΒΟΥΣ ΞΕΝΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ			
ΧΩΡΟΙ ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΕΩΝ ΚΟΙΝΟΥ	ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΚΤΙΡΙΟΥ		ΕΜΠΟΡΙΚΟΙ Η ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ		ΧΩΡΟΙ ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΕΩΝ ΚΟΙΝΟΥ	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΘΟΡΥΒΟΙ ΚΑΘΕ ΕΙΔΟΥΣ	ΘΟΡΥΒΟΙ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΘΟΡΥΒΟΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΧΩΡΩΝ					
ΚΡΙΤΗΡΙΟ	$D_{nT,w}$	$L'_{nT,w}$	$D_{nT,w}$	$L'_{nT,w}$	$D_{nT,w}$	$L'_{nT,w}$	R'_w	$L_{eq,AF,1h}$	$L_{AF,max}$	$L_{AF,max}$	$L_{AF,max}$		
ΜΟΝΑΔΑ	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)		
1	≥65	≤36	≥65	≤36			≥52	≤20	≤23	≤23	≤23		
2	≥60	≤43	≥60	≤43			≥47	≤25	≤28	≤28	≤28		
3	≥56	≤50	≥56	≤50	≥66	≤30	≥42	≤30	≤33	≤33	≤33		
4	≥53	≤57	≥53	≤57	≥63	≤27	≥37	≤35	≤38	≤38	≤38		
5	≥50	≤64	≥50	≤64	≥60	≤24	≥32	≤40	≤43	≤43	≤43		

Πίνακας 2.5.2: Χώροι συναθροίσεως κοινού. [Πηγή: ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΑΚΗΣ ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ, Πρόταση ομάδας εργασίας του ΕΛΙΝΑ, 2010: 23]

Στην ίδια κατηγορία εντάσσονται θέατρα, αίθουσες ακροατηρίων, χώροι μουσικής, αίθουσες κοινωνικών εκδηλώσεων, κινηματογράφοι, αίθουσες συνεδρίων, αίθουσες δικαστηρίων και κάθε αίθουσα που προορίζεται για συνάθροιση κοινού.

Επεξηγήσεις πίνακα :

- Για τα γραφεία των χώρων συναθροίσεως κοινού εφαρμόζονται οι απαιτήσεις του κανονισμού για τα γραφεία.
- Η γειτνίαση χώρων ειδικών χρήσεων (στήλη Γ) με χώρους συναθροίσεως κοινού Κατηγορίας 1 και 2 δεν επιτρέπεται.
- Στους χώρους ειδικών χρήσεων περιλαμβάνονται εκτός από εμπορικούς και επαγγελματικούς χώρους, χώροι εγκαταστάσεων σκηνής, χώροι ελέγχου ήχου και φωτισμού (μόνο προς την αίθουσα), εργαστήρια και χώροι με ανάλογες χρήσεις.
- Ειδικά στους χώρους της σκηνής η μέγιστη επιτρεπόμενη στάθμη θορύβου σε κατάσταση stand by (μη συμπεριλαμβανομένων των κινήσεων των σταγγοινιών) προσαυξάνεται κατά 5 dB εφόσον πρόκειται για θορύβους χωρίς τονικές ή παλμικές συνιστώσες.
- Η ηχομόνωση πτυσσόμενων διαχωριστικών σε χώρους Κατηγορίας 3 ως 5 πρέπει να είναι ίση προς $D_{nT,w}$ 55 dB. Δεν επιτρέπεται η χρήση πτυσσόμενων διαχωριστικών σε χώρους Κατηγορίας 1 και 2.
- Στις Κατηγορίες 1 και 2 η χρήση διπλών θυρών με προθάλαμο στους χώρους κύριας χρήσης είναι υποχρεωτική. Στην Κατηγορία 3 συνιστάται η χρήση διπλών θυρών με προθάλαμο.
- Η απαίτηση ηχομόνωσης θυρών εισόδου που οδηγούν στο ύπαιθρο προσδιορίζεται με τη μέθοδο υπολογισμού της ηχομόνωσης παραθύρων.

(ΕΛ.ΙΝ.Α. Ε.Κ.Κ.Η., 2010)

Για τον προσδιορισμό της ποιότητας της ακουστικής μιας αίθουσας υπάρχουν δεκάδες δείκτες που μπορούν να υπολογιστούν, μερικοί από αυτούς παρατίθενται στο κεφάλαιο 2. Σε αρχικό στάδιο, με βάση τη βιβλιογραφία, αποφασίστηκε στα πλαίσια αυτού του πονήματος, να γίνει η απόπειρα υπολογισμών των εξής μεγεθών: Reverberation Time (RT60), RASTI – STI, EDT ενώ για την απορροφητική ικανότητα του κελύφους επιλέχθηκε ο δείκτης $D_n = Leq_{out} - Leq_{in}$. Η επιλογή αυτή έγινε, γιατί αυτοί οι δείκτες θα μας δίνουν μια γενική εικόνα για την εσωτερική ακουστική συμπεριφορά των κτηρίων και κατ' επέκταση των αιθουσών και το επίπεδο ηχοπροστασίας από εξωτερικές οχλήσεις.

3. Καμπάνια μετρήσεων ακουστικής αίθουσας

Για την παρούσα εργασία επιλέχθηκαν τέσσερις (4) αίθουσες στο Π.Σ. Βόλου ειδικών ακουστικών απαιτήσεων.

Σε αυτές τις αίθουσες συλλέχθηκαν ηχητικά δεδομένα, με τη βοήθεια οργάνων, τα οποία δεδομένα αναλύθηκαν, με σκοπό την εκτίμηση της ακουστικής επάρκειας τους, για το σκοπό που χρησιμοποιείται η κάθε μία.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από το ηχόμετρο και τη συσκευή ηχογράφησης, αναλύθηκαν με τη βοήθεια των προγραμμάτων dBbati και dbTrait. Software της εταιρίας 01dB, της ίδιας εταιρίας, όπου ανήκει και το ηχόμετρο που χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη.

Οι αίθουσες προτάθηκαν και επιλέχθηκαν σε συμφωνία με τον διδάσκοντα, κατά την κρίση της συγγραφέως αυτής της διπλωματικής εργασίας, καθώς είχε βρεθεί είτε ως ακροατής, είτε ως ομιλήτρια - ερμηνεύτρια και στις τέσσερις από αυτές και έκρινε πως είχαν ακουστικό ενδιαφέρον.

Επιλέχθηκαν καλοκαιρινοί μήνες για την διεξαγωγή των μετρήσεων, για την αποφυγή βροχής, καθώς στη καλοκαιρινή περίοδο είναι λιγότερο πιθανή. Τυχόν μέτρηση κατά τη διάρκεια βροχής θα ήταν καταστροφική για τη μέτρηση γιατί θα υπήρχε θόρυβος εσωτερικά και εξωτερικά των αιθουσών, από την πρόσκρουση βροχής στο κτήριο και τα ηχόμετρα πιθανό να έπιαναν και τυχαία ηχητικά δεδομένα από βροντές.

Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά τα πρωτόκολλα μέτρησης δεδομένων, η χρονική σειρά των μετρήσεων, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή δεδομένων, η παρουσίαση κάθε αίθουσας και ο λόγος που επιλέχθηκε και τέλος το πρωτόκολλο ανάλυσης των μετρήσεων.

3.1. Πρωτόκολλα μέτρησης

Η εκτίμηση της ακουστικής ικανότητας και καταλληλότητας για την εκάστοτε χρήση, κάθε αίθουσας έγινε με την συλλογή ηχητικών δεδομένων, τα οποία παράγονταν από μια πηγή «ροζ» θορύβου.

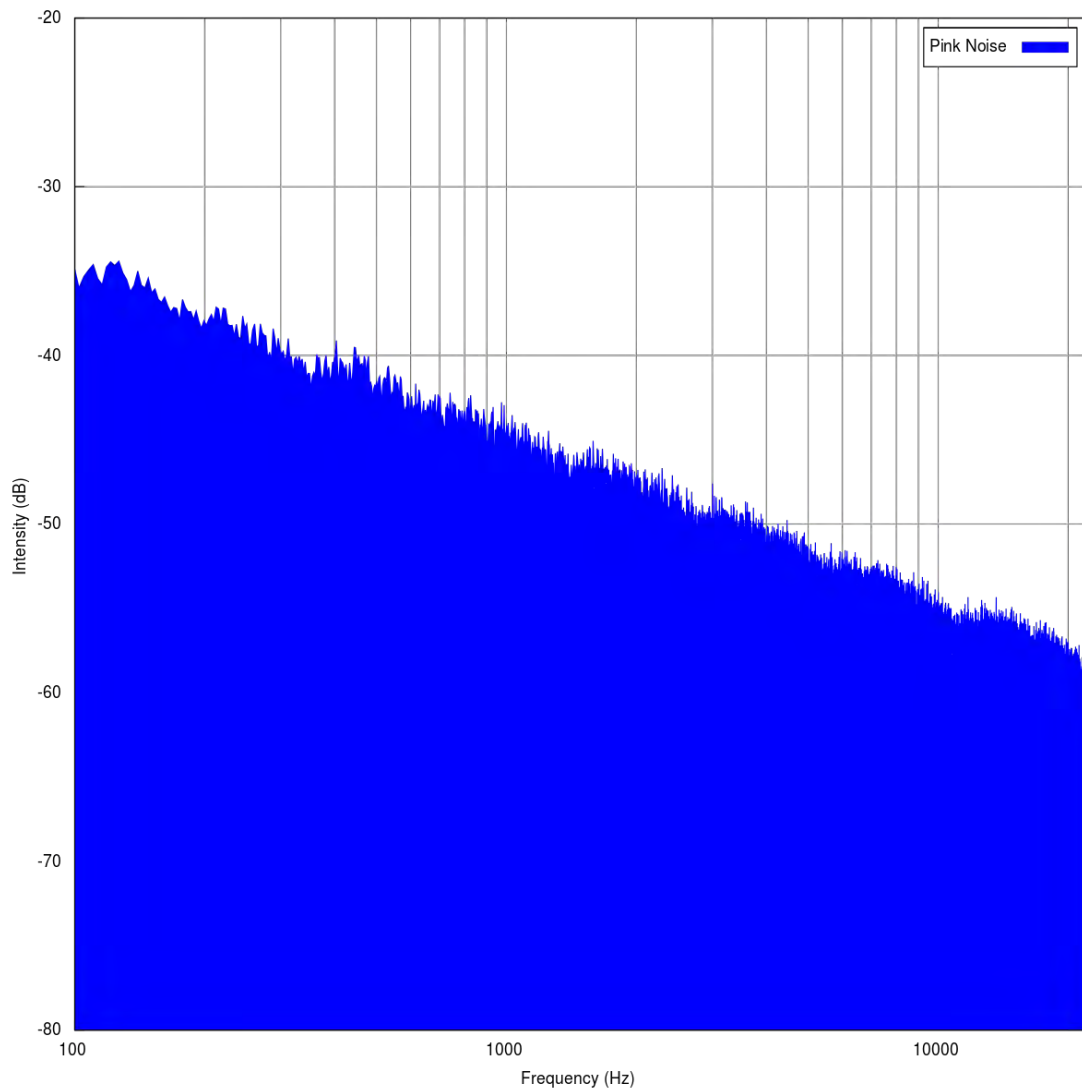
Πριν συνεχίσουμε παραθέτουμε μια επεξήγηση για το τι εννοούμε όταν λέμε «χρώμα» θορύβου και συγκεκριμένα τι είναι ο «ροζ» θόρυβος που χρησιμοποιήθηκε για την συλλογή δεδομένων.

Οι πηγές θορύβου χρησιμοποιούνται συχνά για να κάνουμε μετρήσεις, σε προβλήματα όπου υπολογίζουμε την απόκριση κάποια συσκευής, κάποιου κυκλώματος ή και μιας αίθουσας, στην ακουστική, σε σχέση με ένα φάσμα συχνοτήτων και μπορούμε να αποφανθούμε για τα χαρακτηριστικά και την ποιότητα τους. Αυτές οι πηγές χαρακτηρίζονται από τη συχνότητα λειτουργείας τους και την κατανομή ισχύος σε αυτό το φάσμα συχνοτήτων.

Ανάλογα το πρόβλημα και τα αποτελέσματα που θέλουμε χρειαζόμαστε ένα διεγέρτη με ίση κατανομή ισχύος σε κάθε συχνότητα, ίση κατανομή ισχύος σε κάθε οκτάβα, ή συγκεκριμένη κλίση (αύξηση ή μείωση) της ισχύος σε κάθε συχνότητα ή οκτάβα. Σε άλλες περιπτώσεις ο διεγέρτης πρέπει να είναι καμπύλη θορύβου με "κεντρική συχνότητα" και πλευρικές με κλίση ή κάποια εντελώς προσδιορισμένη καμπύλη για να καλύψει ειδική ανάγκη (π.χ. ακουστότητα κοντά σε εκείνη της απόκρισης του ανθρώπινου αυτιού).

Ο προσδιορισμός του θορύβου με χρώμα προκύπτει από το τι χρώμα θα είχαμε ως οπτικό ερέθισμα αν είχαμε την ίδια καμπύλη στο ορατό φάσμα συχνοτήτων.

Δεδομένου ότι στο οπτικό φάσμα το μπλε έχει μεγαλύτερη συχνότητα από το κόκκινο, ο ροζ θόρυβος έχει μεγαλύτερη στάθμη σε μια χαμηλή συχνότητα απ' ότι σε μια υψηλή. Ο ροζ θόρυβος (pink noise) περιέχει ίδια ενέργεια σε όλες τις οκτάβες. Οκτάβα είναι το φάσμα συχνοτήτων μεταξύ μιας συχνότητας και της διπλάσιάς της (λ.χ. 1KHz-2KHz). Επειδή όσο ανεβαίνει η συχνότητα έχουμε μεγαλύτερο φάσμα (λ.χ. BW=1KHz για την οκτάβα 1KHz-2KHz και BW=16KHz για την οκτάβα 16KHz-32KHz) η μορφή του σε φασματικό αναλυτή είναι όπως το παρακάτω σχήμα. (acomelectronics, 2013)



Εικόνα 3.1.1: Γραφική απεικόνιση ροζ θορύβου σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων. Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνει η συχνότητα μειώνεται το πλάτος του σήματος. [Πηγή: <https://acomelectronics.com/forum/viewtopic.php?t=25>, last access 20/02/2020]

Η συλλογή δεδομένων είχε δύο διαφορετικές φάσεις. Η πρώτη φάση περιλάμβανε δύο διαφορετικά στησίματα εξοπλισμού με κοινή πηγή θορύβου και δύο διαφορετικούς δέκτες. Ο πρώτος δέκτης ήταν μια συσκευή εγγραφής ήχου και ο δεύτερος ένα ηχόμετρο. (βλέπε κεφάλαιο 3.2. Εργαλεία)



Εικόνα 3.1.2: Σχηματική απεικόνιση τοποθέτησης εξοπλισμού για την διεξαγωγή του πειράματος. [Πηγή: Βαγιαβιώλος, 2018: 6, ίδια επεξεργασία]

Σε κάθε αίθουσα εντοπίστηκε το κέντρο της σκηνής και τοποθετήθηκε εκεί η πηγή. Έπειτα επιλέχθηκαν τουλάχιστον δέκα (10) διαφορετικά σημεία μέσα στην αίθουσα, ώστε να καλύπτεται όλη η έκταση της. Η μέτρηση έγινε σε δύο κύκλους με δύο διαφορετικούς δέκτες. Σε κάθε μέτρηση τοποθετείται ο δέκτης σε ένα από αυτά τα δέκα (10) σημεία. Η πηγή παράγει συνεχές, σταθερό, ίδιας έντασης και συχνότητας θόρυβο. Για να γίνει κάθε μέτρηση κλείνουμε ακαριαία τη πηγή. Το σήμα που μας ενδιαφέρει να καταγράψουμε με τους δέκτες, είναι αυτό που διαμορφώνεται στην αίθουσα από τη στιγμή που διακόπτεται ακαριαία ο θόρυβος της πηγής, μέχρι αυτός να σβήσει εντελώς η αντήχηση του μέσα στην αίθουσα.

Στη παρουσίαση των αιθουσών παρακάτω παρατίθενται κατόψεις κάθε αίθουσας με αριθμημένα τα σημεία όπου έχουν γίνει οι μετρήσεις για το πείραμα, που εκπονήθηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας, καθώς και η θέση του ηχείου.

Η δεύτερη φάση είχε ως στόχο τη μέτρηση του περιβαλλοντικού θορύβου. Γι' αυτή τη φάση χρησιμοποιήθηκε μόνο το ηχόμετρο. Τοποθετήθηκε μέσα στην αίθουσα σε στιγμή που αυτή δε χρησιμοποιούνταν για χρόνο δεκαπέντε (15) λεπτών και στον εξωτερικό χώρο του κτηρίου για ίδιο χρόνο.

Το ηχόμετρο κατέγραφε τη ισοδύναμη στάθμη θορύβου Leq για 15 λεπτά, ανά 1 λεπτό και εντός και εκτός του κελύφους του κτηρίου χρόνου σε 1/3 ζώνη οκτάβας για μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις.



Εικόνα 3.1.3: Τοποθέτηση ηχόμετρου στον προαύλιο χώρο του θεάτρου της Παλαιάς Ηλεκτρικής. [Πηγή: Προσωπικό αρχείο, ημερομηνία λήψης 12/03/2019]

3.2. Εργαλεία

Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν μια συσκευή ηχογράφησης, μια πηγή παραγωγής θορύβου και ένα ηχόμετρο. Παρακάτω αναφέρονται συνοπτικά τα μοντέλα και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Η συσκευή ηχογράφησης TASCAM PORTABLE RECORDER DR-100MKII 24bit/96kHz Linear PCM Recorder, χρησιμοποιήθηκε για τη καταγραφή ηχητικών σημάτων μέσα στις αίθουσες που δημιουργήθηκαν με τη βοήθεια της πηγής. Η συσκευή αυτή διαθέτει ικανότητα εγγραφής στερεοφωνικού ήχου και τα αρχεία εγγραφής που λήφθηκαν από αυτήν ήταν αρχικά σε μορφή wav αρχείων και σε στερεοφωνική μορφή (stereo - 2 channels).



Εικόνα 3.2.1: Μπροστινή όψη TASCAM PORTABLE RECORDER DR-100MKII [Πηγή: <https://tascam.com/us/product/dr-100mkii/spec>, last access 15/03/2019]

Το ηχόμετρο 01dB - Model SOLO Black Edition - Modular Sound Level Meter που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του χρόνου αντήχησης της αίθουσας, με τη βοήθεια της πηγής και για τον υπολογισμό του περιβαλλοντικού θορύβου που περνάει μέσα στο κέλυφος κάθε αίθουσας. Το SOLO είναι μια συσκευή μέτρησης που βρίσκει εφαρμογή στη μέτρηση ηχητικών οχλήσεων που δημιουργούνται από οχήματα, στην ακουστική αξιολόγηση κτιρίων και αιθουσών και στη μέτρηση βιομηχανικού θορύβου.



Εικόνα 3.2.2: Πλάγια δεξιά όψη 01dB - Model SOLO Black Edition - Modular Sound Level Meter. [Πηγή: <https://www.01db.com/sound-level-meters/>, last access 15/03/2019]

Η πηγή 01db GBS-S DIRECTIONAL NOISE SOURCE, είναι μια συσκευή παραγωγής ροζ θορύβου (pink noise), με ισχύ που του επιτρέπει να στείλει ήχο στάθμης 107dB_Lin το λεπτό. Ο «ροζ θόρυβος» περιέχει ίδια ενέργεια σε όλες τις οκτάβες και χρησιμοποιείται για να μετρήσουμε ή να ρυθμίσουμε συσκευές και συστήματα ήχου. Ως οκτάβα ορίζεται το φάσμα συχνοτήτων μεταξύ μιας συχνότητας και της διπλάσιας της (λ.χ. 1KHz-2KHz).



Εικόνα 3.2.3: Πλάγια αριστερή όψη 01db GBS-S DIRECTIONAL NOISE SOURCE [Πηγή: <https://www.01db.com/our-solutions/our-products/accessories/noise-sources/>, last access 17/03/2020]

Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκε αυτού του τύπου η πηγή για τη μέτρηση του χρόνου αντήχησης, και όχι 12-εδρη πολυκατευθυντική πηγή (omnidirectional source) είναι γιατί για τον υπολογισμό του χρόνου αντήχησης απαιτείται πηγή χαμηλής κατευθυντικότητας (ευρεία πολική απόκριση), καθώς και δέκτης μέτρησης του ρυθμού μείωσης της ηχητικής πίεσης μετά την παύση εκπομπής από την πηγή. Ως πιο πρόσφορη πηγή θεωρείται ένα ηχείο που εκπέμπει ροζ θόρυβο (μείωση ηχητικής πίεσης κατά 3dB για κάθε ανερχόμενη οκτάβα). Η δεδομένη ιδιότητα του ροζ θορύβου καθίσταται αναγκαία έτσι ώστε να εξασφαλίζει σταθερή μετάδοση ενέργειας μέσω ενός φίλτρου με εύρος ζώνης που επεκτείνεται προοδευτικά (φίλτρο οκτάβας ή 1/3 οκτάβας), διπλασιαζόμενο ανεβαίνοντας στην εκάστοτε ανώτερη οκτάβα. (Πρότυπο ISO 3382)

3.3. Αίθουσες - Παρουσίαση

3.3.1. Εξωραϊστική Λέσχη - πρώην μέγαρο Σαραφοπούλου (1930)

Η κατοικία του Ιωάννη Σαραφόπουλου, η σημερινή Εξωραϊστική κτίστηκε το 1894. Αποτέλεσε, ίσως, το πιο ενδιαφέρον αρχιτεκτονικά κτήριο, στη πόλη του Βόλου, πριν τους μεγάλους σεισμούς, που ισοπέδωσαν τη πόλη το 1955. Διέθετε εντυπωσιακό εξωτερικό και εσωτερικό διάκοσμο. (volosmagnisia, 2013). Σε επιμέλεια του αρχιτέκτονα Κωνσταντίνου Δημάδη, συνδύαζε στυλ μπαρόκ και ροκοκό. Δυστυχώς ούτε ο ίδιος ο ιδιοκτήτης ούτε οι απόγονοί του, είχαν καλή μοίρα για να χαρούν αυτό το απείρου κάλλους οικοδόμημα. Το 1897 το μέγαρο κατοίκησε ο Τούρκος Πάσας Ετέμ. (Τριάντου, 1994, σ.σ. 32-80-176)

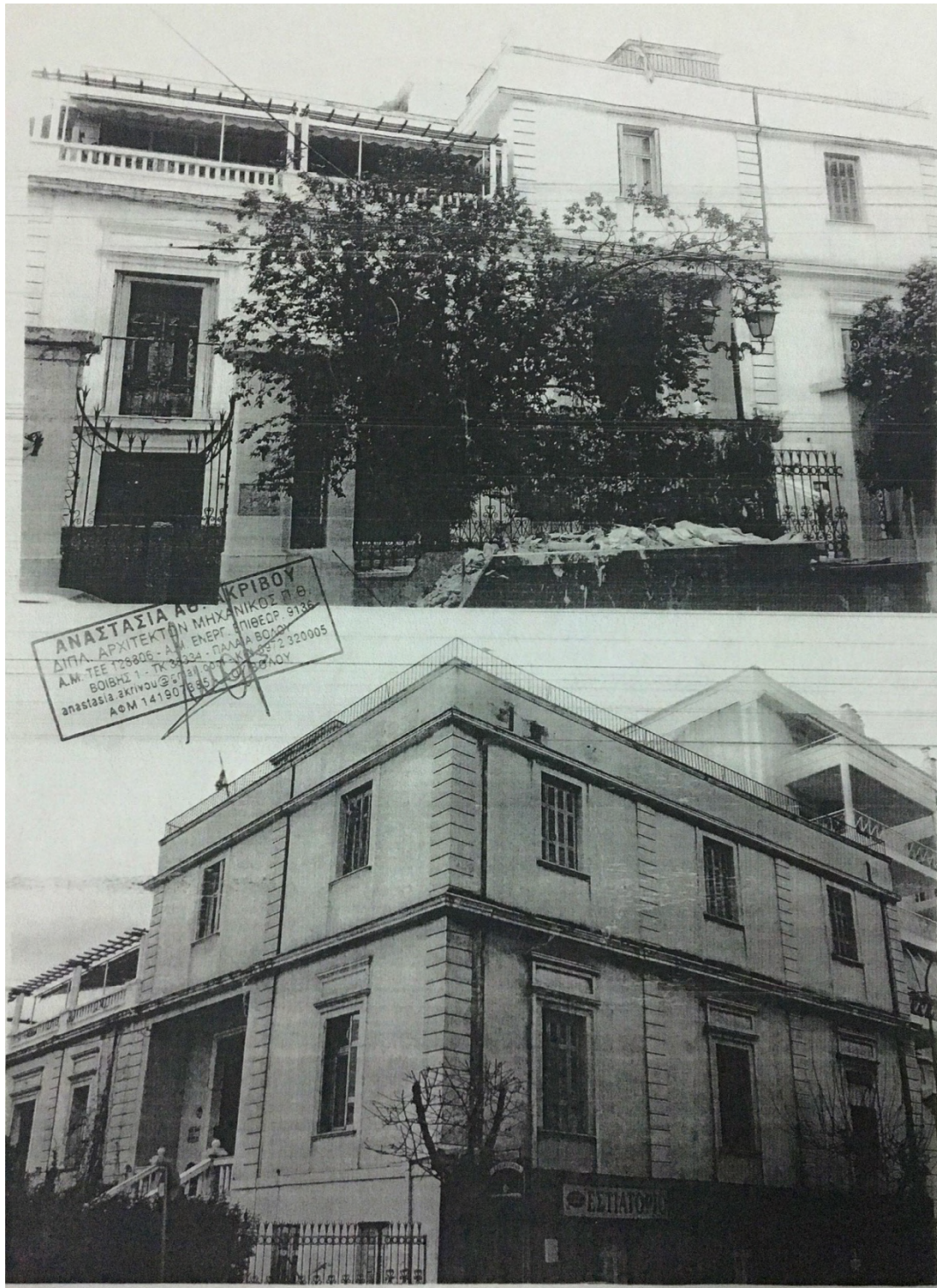
Το κτήριο γκρεμίστηκε με τους σεισμούς του '55 και έμεινε μόνο το ισόγειο. Οι προσθήκες που έγιναν αργότερα, έδωσαν στο κτήριο τη μορφή που έχει σήμερα.

Αν και είχε κτιστεί για κατοικία της οικογένειας Σαραφόπουλου, στη συνέχεια δέσποζε στην κοινωνική, αρχιτεκτονική και χωροταξική ζωή της πόλης του Βόλου. (Ψαρρέας, 2004)



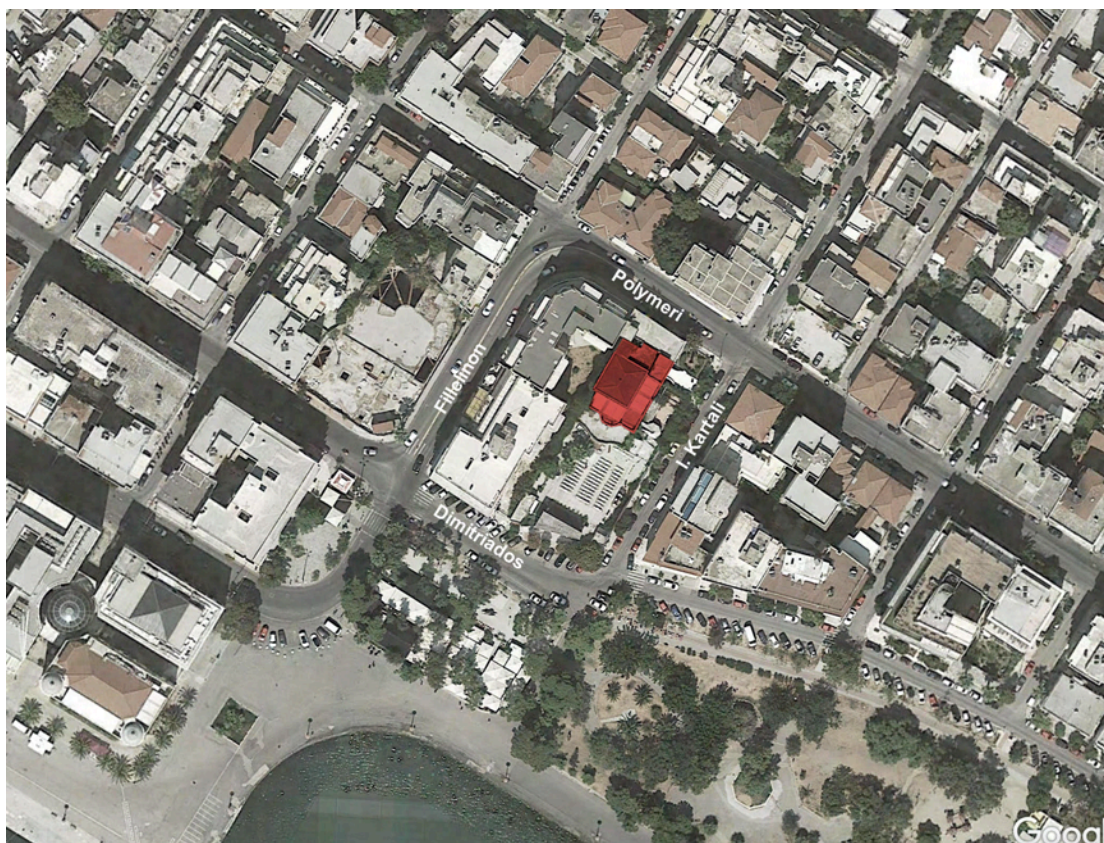
Εικόνα 3.3.1: Στην φωτογραφία το αρχικό κτήριο, σε μια φωτογραφία του Ιωσαφάτ. [Πηγή: Εν Βόλω, τ.5]

Περί το 1930 στη πόλη του Βόλου θα εμφανιστούν και θα ανθίσουν βιομηχανίες, όπως αυτή των σιγαρέτων του Ματσάγγου, του Παπαγεωργίου της υφαντουργίας, του Γκλαβάνη της σιδηρουργίας, της μεταλλοβιομηχανίας Παπαρήγα. Με την οικονομική άνθιση, η αστική τάξη της πόλης, επηρεασμένη από την Ευρώπη και ακολουθώντας το ευρωπαϊκό μοντέλο, δημιουργεί μία λέσχη, όπου θα συναντάται και θα ψυχαγωγείται. Η λέσχη αυτή λειτουργεί έως σήμερα στο κτήριο αυτό. Παρακάτω, η εξωτερική όψη του κτηρίου όπως δεσπόζει σήμερα.



Εικόνα 3.3.2: Η εξωτερική μορφή του κτηρίου, όπου στεγάζεται η εξωραϊστική λέσχη, όπως απεικονίζεται σε φωτογραφίες από το αρχείο της Διεύθυνση Υπηρεσίας Δόμησης Δήμου Βόλου. [Πηγή: Αρχείο Δ/σης Υπηρεσίας Δόμησης Βόλου]

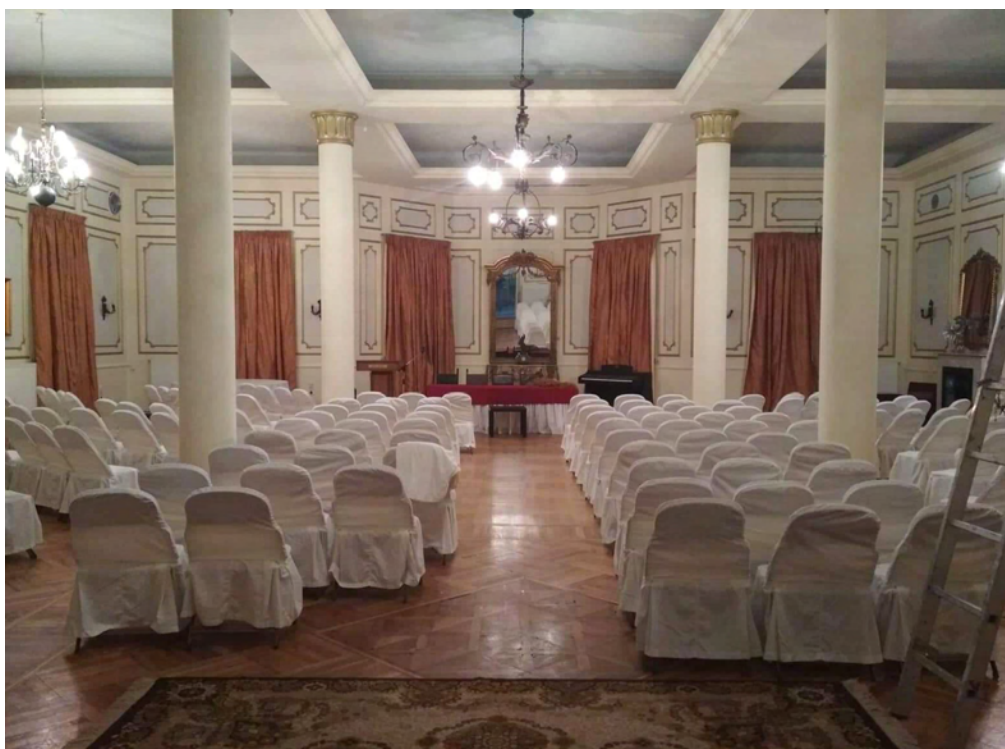
Το κτήριο βρίσκεται στο κέντρο της πόλης του Βόλου, ενώ βλέπει σε πλέον πολυσύχναστο δρόμο της πόλης.



Εικόνα 3.3.3: Το κτήριο της εξωραϊστικής από ψηλά. Δορυφορική εικόνα από το google maps, όπου βλέπουμε τη θέση του κτηρίου μέσα στη πόλη. [Πηγή: Στιγμιότυπο από την υπηρεσία google maps, ημερομηνία λήψης 17/03/19, ίδια επεξεργασία]

Η πρώτη αίθουσα που επιλέχθηκε για την πραγματοποίηση μετρήσεων, βρίσκεται σε αυτό το κτήριο. Πρόκειται για την αίθουσα τελετών του πρώην μεγάρου με εμβαδό 270 τ.μ., (17.76 μ. x 15μ.) ύψος αίθουσας 3m, συνολικού όγκου 810 m³, χωρητικότητας περίπου 150 θέσεων.

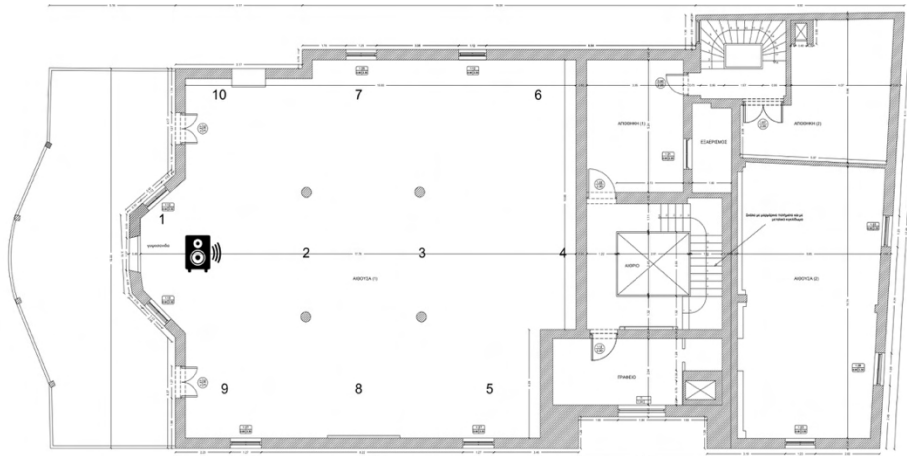
Βρίσκεται στο ισόγειο του κτηρίου, στο μέρος του κτηρίου που σώθηκε από τους σεισμούς και είναι πολύ κοντά στην αρχική μορφή της κατασκευής όπως αυτή σχεδιάστηκε από τον Κ. Δημάδη. Παρακάτω παρατίθεται φωτογραφικό υλικό από το εσωτερικό της αίθουσας, καθώς και μια κάτοψή της, ευγενική παραχώρηση από το προσωπικό αρχείο του κ. Αδαμάκη αρχιτέκτονα και διδάσκοντα στο τμήμα της Αρχιτεκτονικής του πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η εν λόγω κάτοψη εκπονήθηκε από φοιτητές του τμήματος Αρχιτεκτονικής του πανεπιστημίου Θεσσαλίας υπό την επίβλεψη του κ. Αδαμάκη.



Εικόνα 3.3.4: Φωτογραφία που απεικονίζει το εσωτερικό της αίθουσας εκδηλώσεων της Εξωραϊστικής λέσχης Βόλου, όπως ήταν διαμορφωμένη τη ημέρα των μετρήσεων, πιθανόν για κάποια εκδήλωση. [Πηγή: Προσωπικό αρχείο, ημερομηνία λήψης 5/10/2018]



Εικόνα 3.3.5: Η αίθουσα κατά τη διάρκεια συναυλίας της “Κιθαριστικής Ορχήστρας Βόλου” στην Εξωραϊστική Λέσχη Βόλου. [Πηγή: <http://www.myvolos.net/κοσμικό-γεγονός-η-συναυλία-της-κιθαρ/>, last access 20/02/2020]



Εικόνα 3.3.6: Κάτοψη της ισογείου της εξωραϊστικής. – Κλίμακα 1 : 100 [Πηγή: Προσωπικό αρχείο Κωνσταντίνου Αδαμάκη καθηγητή του τμήματος αρχιτεκτόνων μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας]

Στην κάτοψη αυτή φαίνονται με νούμερα, τα σημεία όπου έχουν γίνει οι μετρήσεις για το πείραμα, που εκπονήθηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας, καθώς και η θέση του ηχείου.

ΕΞΩΡΑΙΣΤΙΚΗ ΛΕΣΧΗ	
ΥΛΙΚΑ	
ΠΑΤΩΜΑ	ΠΛΑΚΑΚΙ
ΣΚΕΠΗ	ΓΥΨΟΣ
ΤΟΙΧΟΣ 1	ΓΥΨΟΣ - ΚΟΥΡΤΙΝΕΣ
ΤΟΙΧΟΣ 2	ΓΥΨΟΣ - ΚΟΥΡΤΙΝΕΣ
ΤΟΙΧΟΣ 3	ΓΥΨΟΣ - ΚΟΥΡΤΙΝΕΣ
ΤΟΙΧΟΣ 4	ΓΥΨΟΣ - ΚΟΥΡΤΙΝΕΣ

Πίνακας 3.3.1: Υλικά αίθουσας Εξωραϊστικής Λέσχης. [Πηγή: Ίδια Επεξεργασία]

3.3.2. Θέατρο Παλαιάς Ηλεκτρικής - πρώην εργοστάσιο Ηλεκτρικής Εταιρείας Βόλου (1911)

Το θέατρο της Παλαιάς Ηλεκτρικής στεγάζεται, από τα μέσα της δεκαετίας του '90, στο κτήριο που κάποτε φιλοξενούσε την Ηλεκτρική Εταιρεία Βόλου. Η Ηλεκτρική εταιρεία, με έτος ίδρυσης το 1911, υπήρξε η πρώτη ανώνυμη εταιρεία στη πόλη με

τοπικό κεφαλαίο και μια από της μεγαλύτερες εταιρίες παραγωγής ηλεκτρισμού σε πανελλήνιο επίπεδο (Μαυρατζάς Βασίλης, 2005).

Το 1912 ένα μόλις έτος μετά την ίδρυση της εταιρίας μπήκαν τα θεμέλια του κτηρίου. Από το 1994 χαρακτηρίστηκε διατηρητέο από το υπουργείο πολιτισμού, ανήκει στη δικαιοδοσία του Δήμου Βόλου και αποτελεί τμήμα του Καλλιτεχνικού Οργανισμού του δήμου, οργανισμός ο οποίος αποτελείται από πολλά τμήματα (Κέντρα Νεότητας, Εργαστήρια Τεχνών κλπ.) και διοργανώνει από πλήθος δραστηριοτήτων. (Μαυρατζάς Βασίλης, 2005)



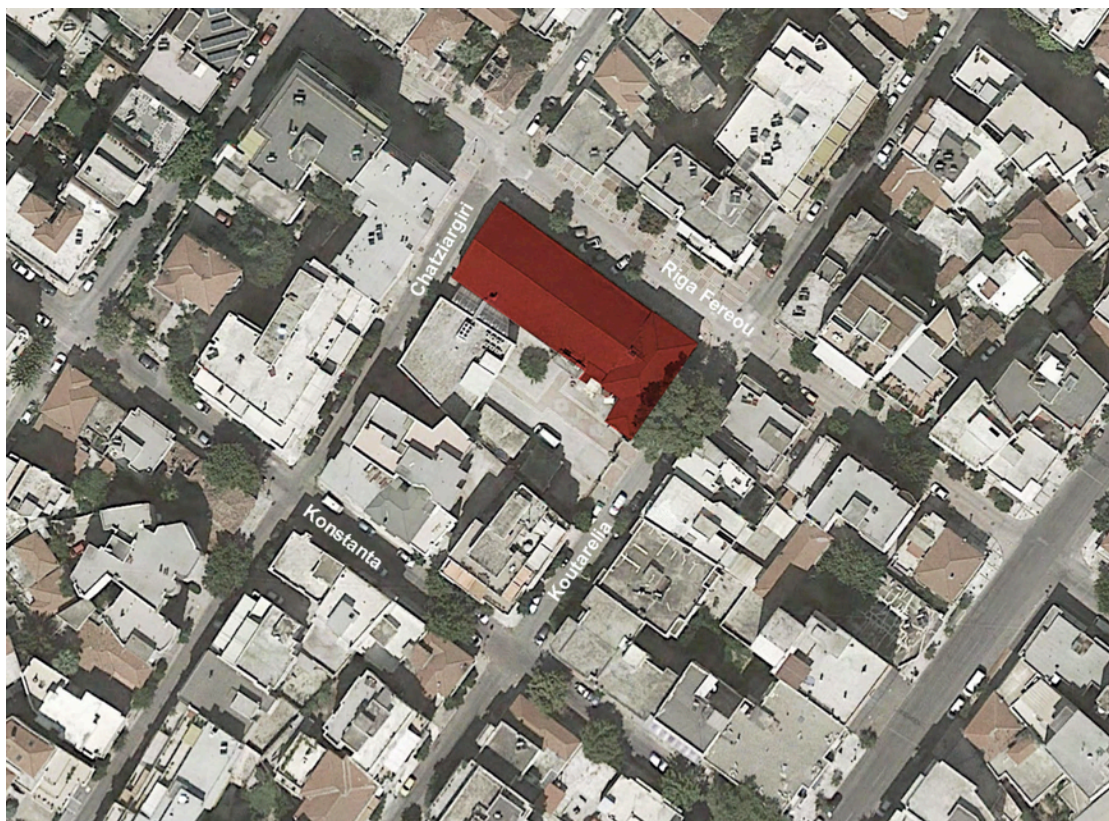
Εικόνα 3.3.7: Η όψη της Παλαιάς ηλεκτρικής το 1998, πριν την αποκατάσταση. [Πηγή: <https://volospres.gr/palia-ilektriki-volou-fdb-15-2-1998/> last access 20/02/2020]

Αγοράζεται από το Δήμο Βόλου προκειμένου να στεγαστούν εκεί οι δραστηριότητες του Κέντρου Μουσικού Θεάτρου στα πλαίσια του Εθνικού Πολιτιστικού Δικτύου Πόλεων (δραστηριότητες του ΚΕ.Μ.Θ. για την Επικράτεια Πολιτισμού. Ήδη, όμως, από το 1980 με ενέργειες της Θεατρικής Λέσχης Βόλου, παραχωρείται στη Λέσχη η μεγάλη αίθουσα του παλαιού εργοστασίου, η οποία μετά από μερικές εργασίες βελτίωσης άρχισε να χρησιμοποιείται πλέον σαν αίθουσα θεάτρου (Κολτσάρας Λευτέρης, 2012).

Η μελέτη του θεάτρου έγινε το Νοέμβριο του 1995 από τους μελετητές-αρχιτέκτονες Γεωργίου Ρέα, Παπανάτσου Κατερίνα, Κιουπελόγλου Άρτεμη και Σισμάνη Γιώργο. (Μαυρατζάς Βασίλης, 2005)



Εικόνα 3.3.8: Η όψη του κτηρίου που στεγάζει το Θέατρο της Παλαιάς Ηλεκτρικής σήμερα. [Πηγή: Μαυράντζας Βασίλης, 2005:9]



Εικόνα 3.3.9: Το κτήριο της Παλαιάς Ηλεκτρικής από ψηλά. Δορυφορική εικόνα από το google maps, όπου βλέπουμε τη θέση του κτηρίου μέσα στη πόλη. [Πηγή: Στιγμιότυπο από την υπηρεσία google maps, ημερομηνία λήψης 17/03/19, ίδια επεξεργασία]

Η δεύτερη αίθουσα που επιλέχθηκε προς μέτρηση στα πλαίσια αυτής της εργασίας, είναι αυτή του παλαιού εργοστασίου της Παλαιάς Ηλεκτρικής εταιρίας. Έχει εμβαδό 380 τ.μ. (14.22 μ. x 26.73 μ.), ύψος 7.50 m και συνολικό όγκο 2850 m³ και χρησιμοποιείται πλέον για θεατρικά και όχι μόνο δρώμενα.

Η αίθουσα αυτή έχει διαμορφωθεί σε ένα θέατρο 212 θέσεων, με διαστάσεις σκηνης 9m x 9m, 10 Καμαρίνια (6 ισόγειο και 4 στον β' όροφο), ενώ διαθέτει ηχητικό και φωτιστικό εξοπλισμό, οθόνη για προβολή και πιάνο με ουρά. (doepar.gr, χ.χ.). Εφόσον το κτήριο ανήκει στην διεύθυνση πολιτισμού Δ.Ο.Ε.Π.Α.Π. – Δ.Η.Π.Ε.Θ.Ε. Δήμου Βόλου η πρόσβαση και η αναζήτηση αρχιτεκτονικών σχεδίων στο αρχείο της Υπηρεσίας Δόμησης εξασφαλίστηκε με γραπτή εξουσιοδότηση, η οποία παρατίθεται στο παράρτημα αυτής της εργασίας.

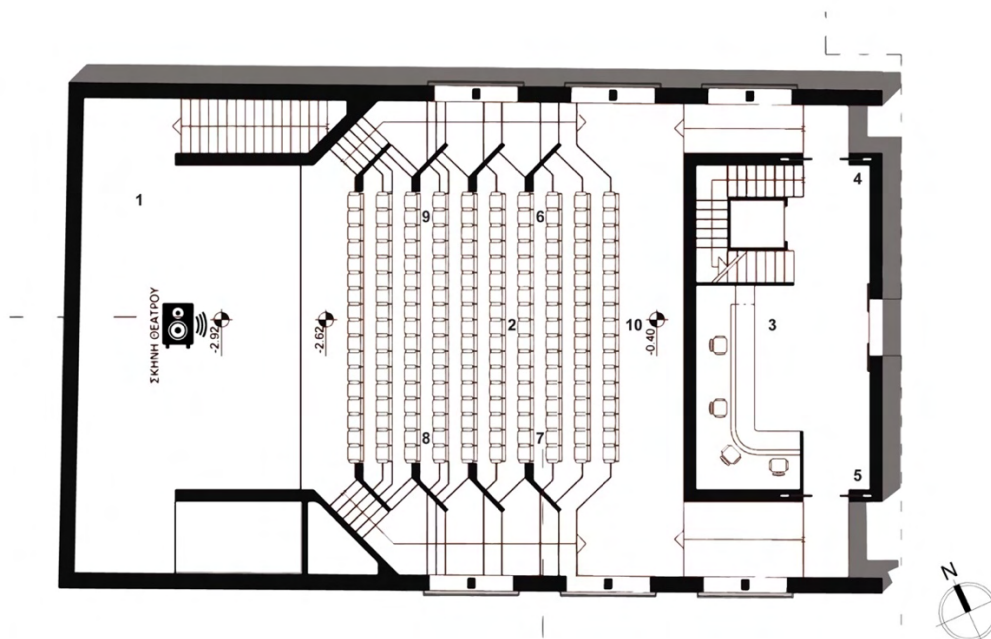


Εικόνα 3.3.10: Φωτογραφία που απεικονίζει το εσωτερικό της αίθουσας του θεάτρου σήμερα. [Πηγή: <http://doepar.gr/theatro-palias-ilektrikis-eterias/>, last access 20/02/2020]



Εικόνα 3.3.11: Φωτογραφία που απεικονίζει το εσωτερικό της αίθουσας του θεάτρου σήμερα, τραβηγμένη από τη σκηνή. [Πηγή: <http://doepar.gr/theatro-palias-ilektrikis-eterias/>, last access 20/02/2020]

Παρακάτω παρατίθεται μια κάτοψη της αίθουσας όπως απεικονίζεται στη διπλωματική εργασία «Αστικοί Διάδρομοι Ενοποίηση ακαλύπτων, δημιουργία πεζογέφυρας- χώρων πολιτισμού και αναδιαμόρφωση της Παλαιάς Ηλεκτρικής στην πόλη του Βόλου, που βρίσκεται στην βιβλιοθήκη του πανεπιστημίου Θεσσαλίας» (Μαυρατζάς Βασίλης, 2005).



Εικόνα 3.3.12: Κάτοψη του θεάτρου της Παλαιάς Ηλεκτρικής – Κλίμακα 1:50. [Πηγή: «Αστικοί Διάδρομοι Ενοποίηση ακαλύπτων, δημιουργία πεζογέφυρας- χώρων πολιτισμού και αναδιαμόρφωση της Παλαιάς Ηλεκτρικής στην πόλη του Βόλου, που βρίσκεται στην βιβλιοθήκη του πανεπιστημίου Θεσσαλίας», Μαυρατζάς Βασίλης, 2005:30, ίδια επεξεργασία]

Στην κάτοψη αυτή φαίνονται με νούμερα, τα σημεία όπου έχουν γίνει οι μετρήσεις για το πείραμα, που εκπονήθηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας, καθώς και η θέση του ηχείου

ΘΕΑΤΡΟ ΠΑΛΑΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ	
ΥΛΙΚΑ	
ΠΑΤΩΜΑ	ΠΛΑΚΑΚΙ
ΣΚΕΠΗ	ΚΕΡΑΜΙΔΙΑ
ΤΟΙΧΟΣ 1	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
ΤΟΙΧΟΣ 2	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
ΤΟΙΧΟΣ 3	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
ΤΟΙΧΟΣ 4	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

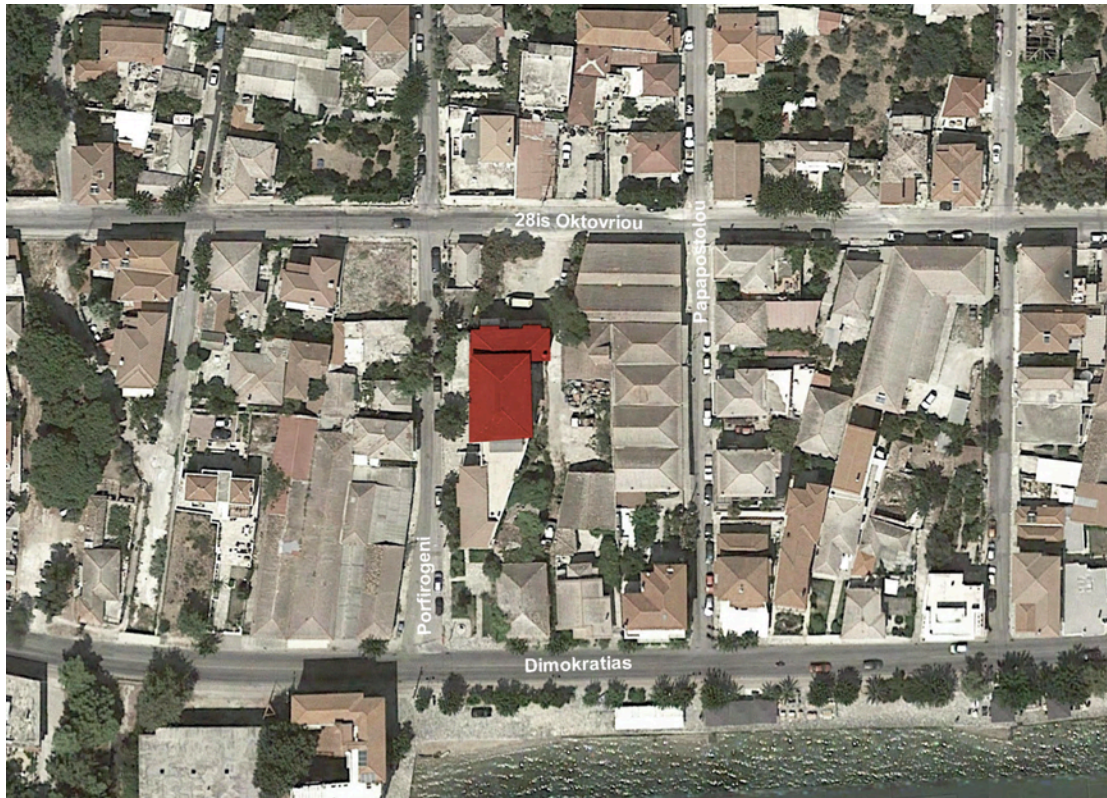
Πίνακας 3.3.2: Υλικά αίθουσας Παλαιάς Ηλεκτρικής. [Πηγή: Ίδια Επεξεργασία]

3.3.3. Κοινωφελές Ίδρυμα Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη (1994)

Το ίδρυμα Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη υφίσταται από το 1978. Η ίδρυση του οφείλεται στους δημότες Αγριάς και διεθνώς διακεκριμένους επαγγελματίες Νικόλαο Πορφυρογένη και τη σύζυγό του Ελένη Πορφυρογένη. Φιλοδοξεί από την αρχή της ιδρύσεως του να καταστήσει την Αγριά κέντρο πολιτιστικών εκδηλώσεων που παράδειγμα προς μίμηση. Μέσα στις δράσεις του ιδρύματος ανήκει η ανέγερση του κτηρίου, που ολοκληρώθηκε το 1994 και φιλοξενεί το πολιτιστικό κέντρο Αγριάς και τη μεγάλη βιβλιοθήκη. (dimosvolos, 2013)



Εικόνα 3.3.13: Εξωτερική όψη του πολιτιστικού κέντρου Αγριάς – Ίδρυμα Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη όπως φαίνεται από την εφαρμογή google street view. [Πηγή: Στιγμιότυπο οθόνης από την εφαρμογή street views, ημερομηνία λήψης 20/02/2020]



Εικόνα 3.3.14: Το κτήριο του Πορφυρογένιου ιδρύματος από ψηλά. Δορυφορική εικόνα από το google maps, όπου βλέπουμε τη θέση του κτηρίου μέσα στον οικισμό της Αγριάς. [Πηγή: Στιγμιότυπο από την υπηρεσία google maps, ημερομηνία λήψης 17/03/19, ίδια επεξεργασία]

3.3.3.1. Αίθουσα Θεάτρου

Η πρώτη από τις δυο αίθουσες που μελετήθηκαν για την ακουστική τους στο κτήριο βρίσκεται στο ισόγειο. Είναι ένα θέατρο εμβαδού 170 τ.μ. (10 μ. x 17 μ.), ύψους 3m και συνολικού όγκου 510 m³. Διαθέτει σκηνής 40 τ.μ. και 150 καθίσματα.

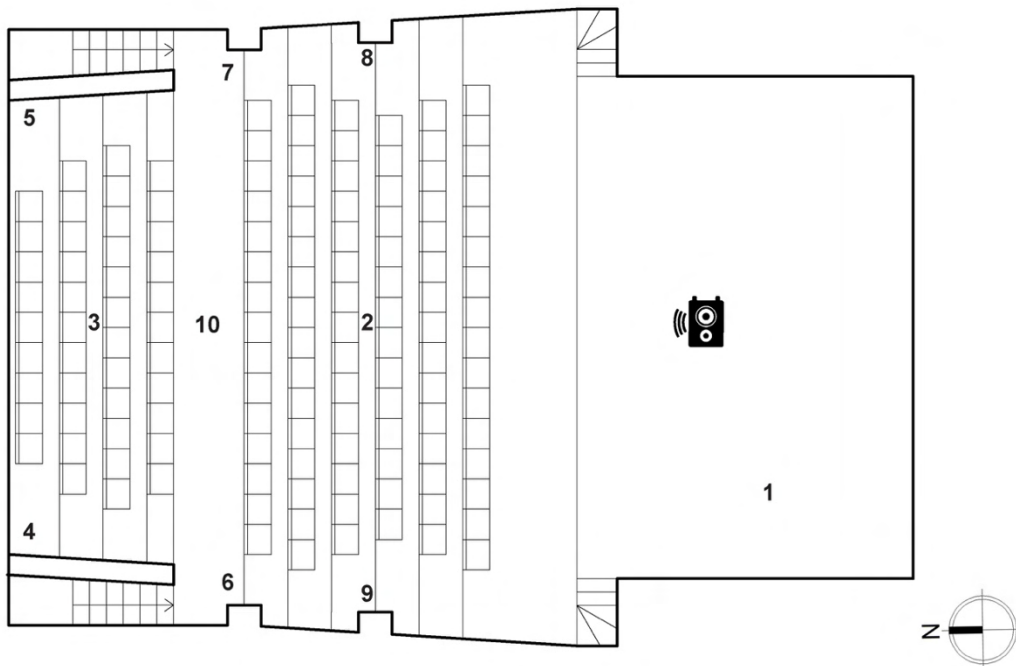
Διαθέτει αίθουσα εισόδου 80 τ.μ. που οδηγεί προς το υπόγειο και προς τον όροφο και χρησιμεύει σαν προθάλαμος τους θεάτρου. Περιλαμβάνει ιματιοθήκη και θέση διανομής πληροφοριακών εντύπων. (dimosvolos, 2013)



Εικόνα 3.3.15: Φωτογραφία του θεάτρου όπως φαίνεται από τη σκηνή που τραβήχτηκε κατά την διάρκεια των μετρήσεων με το ηχόμετρο. [Πηγή: Προσωπικό αρχείο, ημερομηνία λήψης 20/07/2018]



Εικόνα 3.3.16: Στιγμιότυπο από συναυλία στα πλαίσια του φεστιβάλ Ευμέλια που διοργανώνει το Ίδρυμα. [Πηγή: <https://www.kathimerini.gr/761228/article/politismos/moysikh/festival-eymeleia-me-moysikh-dwmatioy-sth-skia-toy-phlioy>, last access 20/02/2020]



Εικόνα 3.3.17: Κάτοψη του θεάτρου του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. – Κλίμακα 1 : 100. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Στην κάτοψη αυτή φαίνονται με νούμερα, τα σημεία όπου έχουν γίνει οι μετρήσεις για το πείραμα, που εκπονήθηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας, καθώς και η θέση του ηχείου.

ΠΟΡΦΥΡΟΓΕΝΕΙΟ ΙΔΡΥΜΑ ΑΙΘΟΥΣΑ ΕΚΔΗΛΩΣΕΩΝ	
ΥΛΙΚΑ	
ΠΑΤΩΜΑ	ΠΛΑΚΑΚΙ
ΣΚΕΠΗ	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
ΤΟΙΧΟΣ 1	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
ΤΟΙΧΟΣ 2	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
ΤΟΙΧΟΣ 3	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
ΤΟΙΧΟΣ 4	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Πίνακας 3.3.3: Υλικά αίθουσας εκδηλώσεων Πορφυρογένιου Ιδρύματος. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]

3.3.3.2. Αίθουσα Βιβλιοθήκης

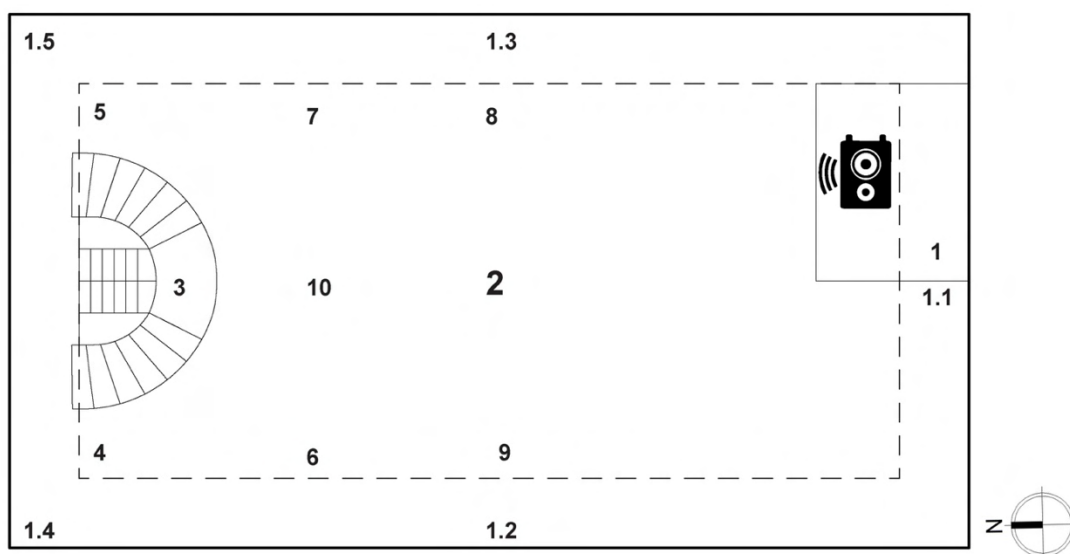
Η δεύτερη αίθουσα που μελετήθηκε στο κτήριο βρίσκεται στον όροφο του κτηρίου. Ο λόγος για την αίθουσα όπου λειτουργεί η βιβλιοθήκη του πολιτιστικού κέντρου. Έχει εμβαδό 180 τ.μ. (10 μ. x 18 μ.), ύψος 5 m και συνολικό όγκο 900 m³, χωρητικότητας περίπου 100 θέσεων και χρησιμοποιείται και ως αίθουσα εκδηλώσεων κυρίως κατά το θέρος. Έχει φιλοξενεί πληθώρα εκδηλώσεων εικαστικών (ζωγραφικής, γλυπτικής, χαρακτικής), καλλιτεχνικών, επιστημονικών, θεατρικές παραστάσεις συνέδρια, ομιλίες.



Εικόνα 3.3.18: Φωτογραφία από το εσωτερικό της βιβλιοθήκης. [Πηγή: Προσωπικό αρχείο, ημερομηνία λήψης 20/07/18]



Εικόνα 3.3.19: Στιγμιότυπο από το φεστιβάλ Ευμέλια του 2018. [Πηγή: <https://e-thessalia.gr/ekthamvotiki-i-kamerara-neon-sto-festival-toy-porfyrogeneioy-stin-agria/>, last access 20/02/2020]



Εικόνα 3.3.20: Κάτοψη της βιβλιοθήκης του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. – Κλίμακα 1 : 100. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Στην κάτοψη αυτή φαίνονται με νούμερα, τα σημεία όπου έχουν γίνει οι μετρήσεις για το πείραμα, που εκπονήθηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας, καθώς και η θέση του ηχείου.

ΠΟΡΦΥΡΟΓΕΝΕΙΟ ΙΔΡΥΜΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	
ΥΛΙΚΑ	
ΠΑΤΩΜΑ	ΠΛΑΚΑΚΙ
ΣΚΕΠΗ	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
ΤΟΙΧΟΣ 1	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - ΚΑΛΥΨΗ ΜΕ ΒΙΒΛΙΑ
ΤΟΙΧΟΣ 2	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - ΚΑΛΥΨΗ ΜΕ ΒΙΒΛΙΑ
ΤΟΙΧΟΣ 3	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - ΚΑΛΥΨΗ ΜΕ ΒΙΒΛΙΑ
ΤΟΙΧΟΣ 4	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - ΚΑΛΥΨΗ ΜΕ ΒΙΒΛΙΑ

Πίνακας 3.3.4: Υλικά αίθουσας εκδηλώσεων Πορφυρογένιου Ιδρύματος. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]

3.4. Πρωτόκολλα ανάλυσης

Το ηχόμετρο λαμβάνοντας τα σήματα υπολογίζει απευθείας τις τιμές του χρόνου αντήχησης (RT60). Με τη βοήθεια του software dBbati δημιουργήθηκαν γραφικές παραστάσεις των δεδομένων και να ανακτήθηκαν τα αποτελέσματα με τη μορφή πινάκων του Excel για περεταίρω επεξεργασία.

Από την άλλη τα δεδομένα που ηχογραφήθηκαν με τη μορφή wav αρχείου με τη βοήθεια της πηγής συνεχόμενου θορύβου, επεξεργάστηκαν με το πρόγραμμα επεξεργασίας κυματομορφών Audacity και μετασχηματίστηκε η κυματομορφή σε μορφή DIRAC. Έπειτα με τη βοήθεια του dBTrait υπολογίστηκαν τα RASTI-STI.

Στη δεύτερη φάση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε μόνο το ηχόμετρο.

Υπολογίστηκε η ηχοαπορροφητική ικανότητα του κελύφους των αιθουσών, που περιγράφει τον περιβαλλοντικό θόρυβο που περνά μέσα στην αίθουσα. Μετρήθηκε η μέση στάθμη θορύβου που καταγράφηκε για 15 λεπτά έξω από το κτήριο και για 15 λεπτά μέσα στην αίθουσα, ενώ αυτή δε χρησιμοποιούταν. Η μέτρηση γινόταν σημειακά κάθε ένα λεπτό. Το ηχόμετρο υπολόγισε αυτόματα τους δείκτες L_{eq} κάθε λεπτό της μέτρησης, καθώς και το μέσο όρο. Τα δεδομένα επεξεργάστηκαν με τη βοήθεια του dBbati και ανακτήθηκαν και σε πίνακες του Excel για περεταίρω επεξεργασία. Η διαφορά του μέσου θορύβου μέσα και έξω από τις αίθουσες είναι ο συντελεστής που περιγράφει τελικά, την ηχοαπορροφητική ικανότητα του κελύφους.

4. Αποτελέσματα

4.1. Εξωραϊστική λέσχη – περιγραφή αποτελεσμάτων – διαγράμματα

Στο κτήριο της εξωραϊστικής λέσχης πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις μέσα στην αίθουσα, σε κάθε ένα από δέκα σημεία, όπως αυτά φαίνονται στην παρακάτω κάτοψη και δύο μετρήσεις 15 λεπτών περίπου, της στάθμης του περιβαλλοντικού θορύβου. Μια μέτρηση έξω από το κέλυφος του κτηρίου και μία μέσα στην αίθουσα. Με τις μετρήσεις αυτές έγινε προσπάθεια εκτίμησης της ακουστικής ικανότητας της αίθουσας μέσα από τρεις μεταβλητές RT (Reverberation Time), RASTI-STI (Rapid Sound Transmission Index) και Leq (dB (A)). Κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων στην αίθουσα αυτή (πιθανών επειδή χρησιμοποιήθηκε πηγή παραγωγής συνεχόμενου ροζ θορύβου και όχι ακαριαίου κρότου) τα αποτελέσματα της μεταβλητής RASTI δε μπόρεσαν να μας δώσουν αποτελέσματα που να μπορούν να μας οδηγήσουν σε ένα ασφαλές συμπέρασμα για την καταληπτότητα του λόγου. Τα αποτελέσματα που κατά την επεξεργασία θεωρήθηκαν αξιόπιστα παρατίθενται παρακάτω.

4.1.1. Εσωτερική Ακουστική Ικανότητα

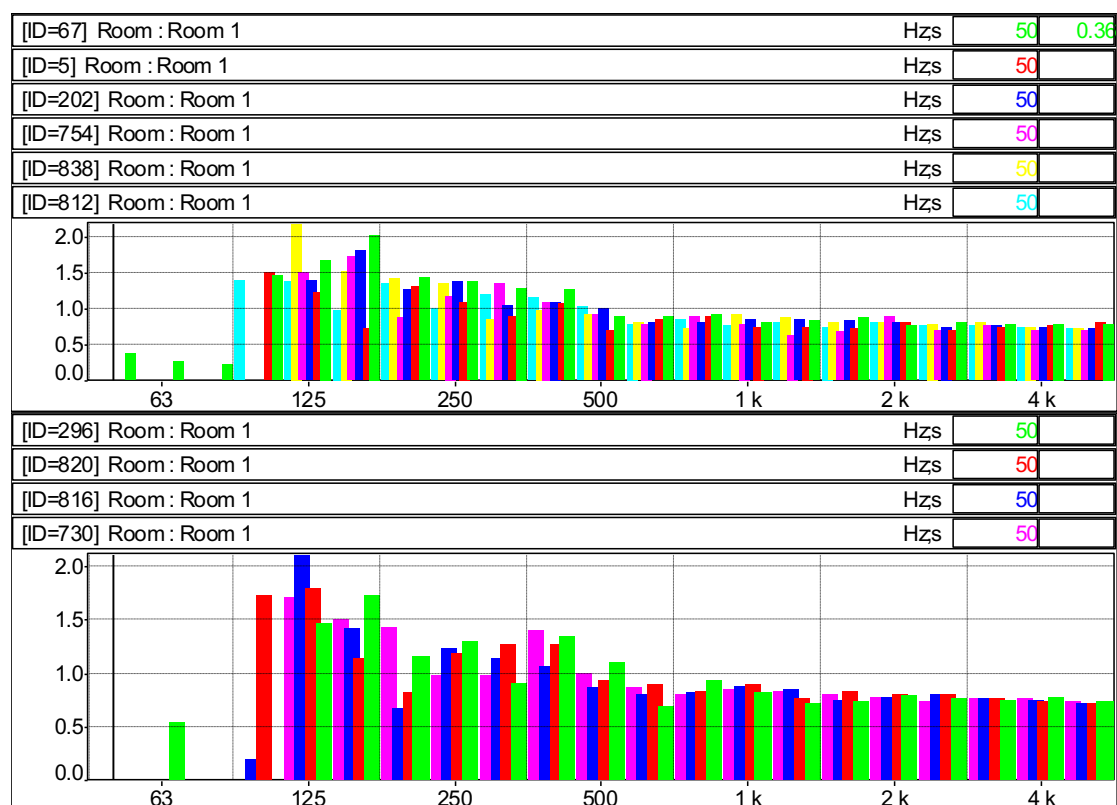
TYPE	ROOM										
DATE	18.10.18										
TIME	5:36:00 πμ										
MARK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hz	sec										
50	0,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
63	0,26	-	-	-	-	-	0,53	-	-	-	
80	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
100	1,45	1,5	-	-	-	1,4	-	1,72	0,18	-	
125	1,67	1,21	1,38	1,5	2,18	1,37	1,46	1,8	2,11	1,7	
160	2,03	0,72	1,79	1,72	1,51	0,98	1,72	1,13	1,41	1,51	
200	1,42	1,3	1,26	0,86	1,41	1,35	1,15	0,82	0,67	1,43	
250	1,37	1,08	1,37	1,17	1,34	0,98	1,29	1,17	1,22	0,97	
315	1,28	0,89	1,04	1,34	0,85	1,19	0,91	1,27	1,14	0,98	
400	1,25	1,06	1,07	1,09	0,97	1,15	1,34	1,27	1,06	1,4	
500	0,89	0,69	1	0,91	0,9	1,01	1,09	0,93	0,86	0,98	
630	0,88	0,85	0,79	0,77	0,8	0,78	0,68	0,89	0,8	0,85	
800	0,9	0,9	0,81	0,88	0,71	0,84	0,93	0,83	0,82	0,79	
1 k	0,79	0,74	0,85	0,77	0,91	0,74	0,81	0,88	0,88	0,84	
1.25 k	0,82	0,72	0,85	0,63	0,87	0,8	0,71	0,75	0,84	0,82	
1.6 k	0,85	0,7	0,82	0,66	0,79	0,74	0,73	0,83	0,73	0,8	
2 k	0,76	0,79	0,8	0,88	0,8	0,8	0,78	0,8	0,76	0,77	
2.5 k	0,8	0,68	0,73	0,69	0,78	0,76	0,76	0,8	0,8	0,73	
3.15 k	0,78	0,74	0,75	0,75	0,8	0,76	0,73	0,75	0,75	0,76	
4 k	0,77	0,75	0,73	0,69	0,73	0,73	0,77	0,72	0,75	0,75	
5 k	0,78	0,8	0,71	0,69	0,71	0,72	0,73	0,71	0,71	0,72	
AVG RT	0,81333333	0,74	0,883333	0,853333	0,87	0,85	0,893333	0,87	0,833333	0,863333	
TOTAL AVG RT	0,85074074										

Πίνακας 4.1.1: Τα αποτελέσματα του χρόνου αντήχησης (Reverberation Time), όπως μετρήθηκαν με το ηχώμετρο, στην αίθουσα εκδηλώσεων της εξωραϊστικής λέσχης Βόλου. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]

Παρατηρώ ότι τα δεδομένα RT παρουσιάζουν σχετικά ομαλές τιμές στις αντίστοιχες συχνότητες ανά σημείο και στο μέσο όρο των αποτελεσμάτων.

Ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων υπολογίζεται ως ο αριθμητικός μέσος όρος των 500,1000 και 2000Hz.

$$\overline{RT} = \frac{RT(500Hz)+RT(1000Hz)+RT(2kHz)}{3} \quad [4]$$



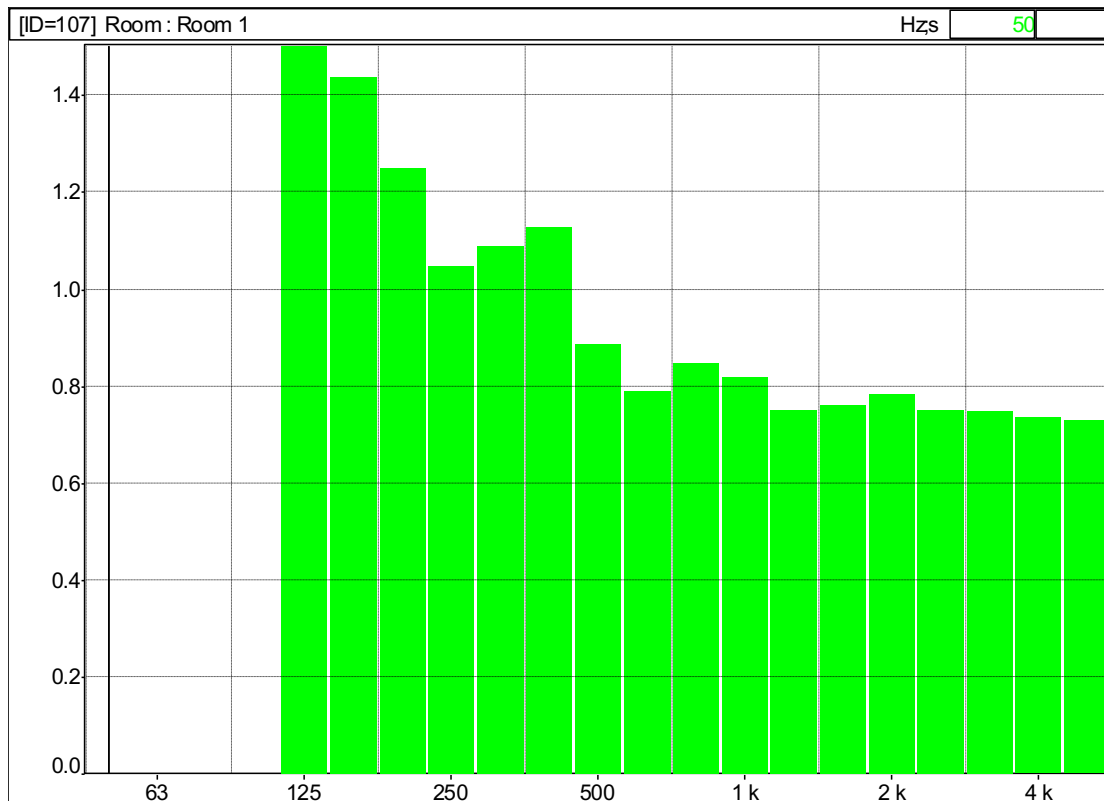
Εικόνα 4.1.1: Γραφική αναπαράσταση του χρόνου αντίχλησης στα 10 σημεία που επιλέχθηκαν και φαίνονται στην κάτωψη της Εξωραϊστικής. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Στις πολύ χαμηλές συχνότητες παρατηρώ ότι δεν εμφανίζονται δεδομένα. Δεν έβγαλε δεδομένα ο μετρητής, λόγω της ιδιομορφίας που παρουσιάζουν οι χαμηλές συχνότητες.

DATE	5.10.18
TIME	17:36
Hz	sec
50	---
63	---
80	---
100	---
125	1,5
160	1,44
200	1,25
250	1,04
315	1,09
400	1,12
500	0,89
630	0,79
800	0,85
1 k	0,82
1.25 k	0,75
1.6 k	0,76
2 k	0,78
2.5 k	0,75
3.15 k	0,75
4 k	0,73
5 k	0,73
TOTAL AVG RT	0,83

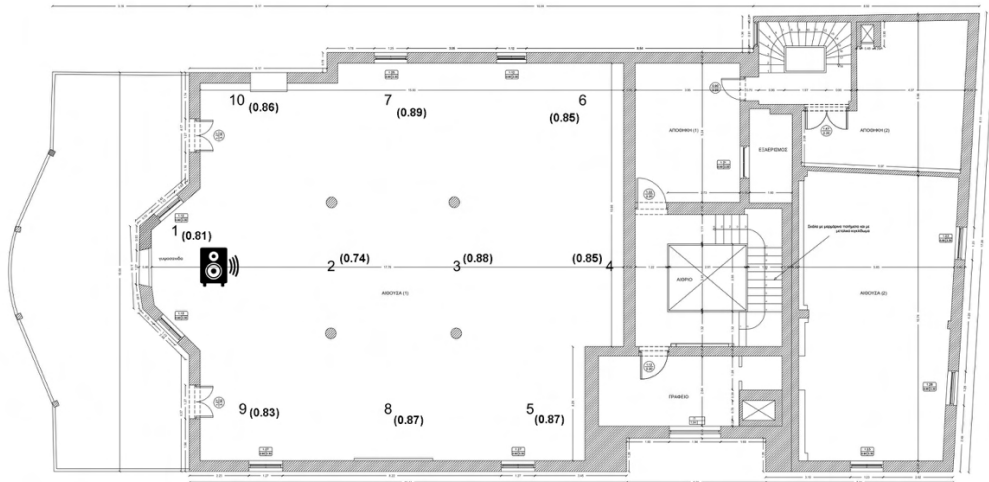
Πίνακας 4.1.2: Ο μέσος χρόνος αντήχησης σε κάθε συχνότητα μέτρησης στην αίθουσα εκδηλώσεων της Εξωραϊστικής Λέσχης Βόλου. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Στους παραπάνω πίνακες βλέπουμε τα αποτελέσματα του χρόνου αντήχησης για την αίθουσα της Εξωραϊστικής Λέσχης Βόλου. Στα σημεία που έγιναν οι μετρήσεις ο χρόνος αντήχησης έχει σχεδόν την ίδια τιμή με το μέσο όρο αντήχησης. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι εφόσον τα δεδομένα δεν διαφοροποιούνται πολύ ανάλογα με τη θέση, η αίθουσα παρουσιάζει ομοιομορφία ως προς το χρόνο αντήχησης. Άρα η χρήση της εξίσωσης του Sabine για τον προσδιορισμό του χρόνου αντήχησης ήταν μια καλή επιλογή.



Εικόνα 4.1.2: Γραφική αναπαράσταση του μέσου χρόνου αντήχησης όπως υπολογίστηκε από τις μετρήσεις στην αίθουσα της Εξωραϊστικής Λέσχης. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]

Παρατηρώ ότι στις χαμηλές συχνότητες δεν έχω τιμή μέτρησης. Αυτό συμβαίνει γιατί οι χαμηλές συχνότητες έχουν μεγάλο μήκος κύματος και σε μικρές αίθουσες ακόμα και με αριθμό μετρήσεων, το ηχόμετρο αρκετά συχνά δεν έχει μέτρηση. Αυτό δε σημαίνει ότι δεν υπάρχουν τέτοιες συχνότητες στο φάσμα του θορύβου. Η μέτρηση των χαμηλών συχνοτήτων του θορύβου (και όχι μόνο), είναι μάλιστα θέμα που απασχολεί σημαντικά τους σύγχρονους μηχανικούς και προτείνονται διαφορετικές προσεγγίσεις τη βιβλιογραφία, διαφορετικές από μια απλή μέτρηση με ηχόμετρο, για να πραγματοποιηθούν σωστά μετρήσεις.



Εικόνα 4.1.3: Ο μέσος όρος χρόνου αντήχησης, όπως μετρήθηκε σε κάθε σημείο που επιλέχθηκε για το πείραμα.
[Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Για να βρεθεί ο μέσος όρος του χρόνου αντήχησης χρησιμοποιήθηκε ο αριθμητικός μέσος όρος του χρόνου αντήχησης για 500,1000 και 2k Hz, γιατί μας παρέχει καλύτερο αποτέλεσμα, σύμφωνα με τον τρόπο που αποκρίνεται η ανθρώπινη ακοή. Το ίδιο έγινε και με τον γενικό μέσο όρο του χρόνου αντήχησης, με κάθε δηλαδή χρόνο αντήχησης σε φάσμα συχνοτήτων.

Π.χ. Για το σημείο 5 της αίθουσας της εξωραϊστικής που φαίνεται και στη κάτοψη έχω :

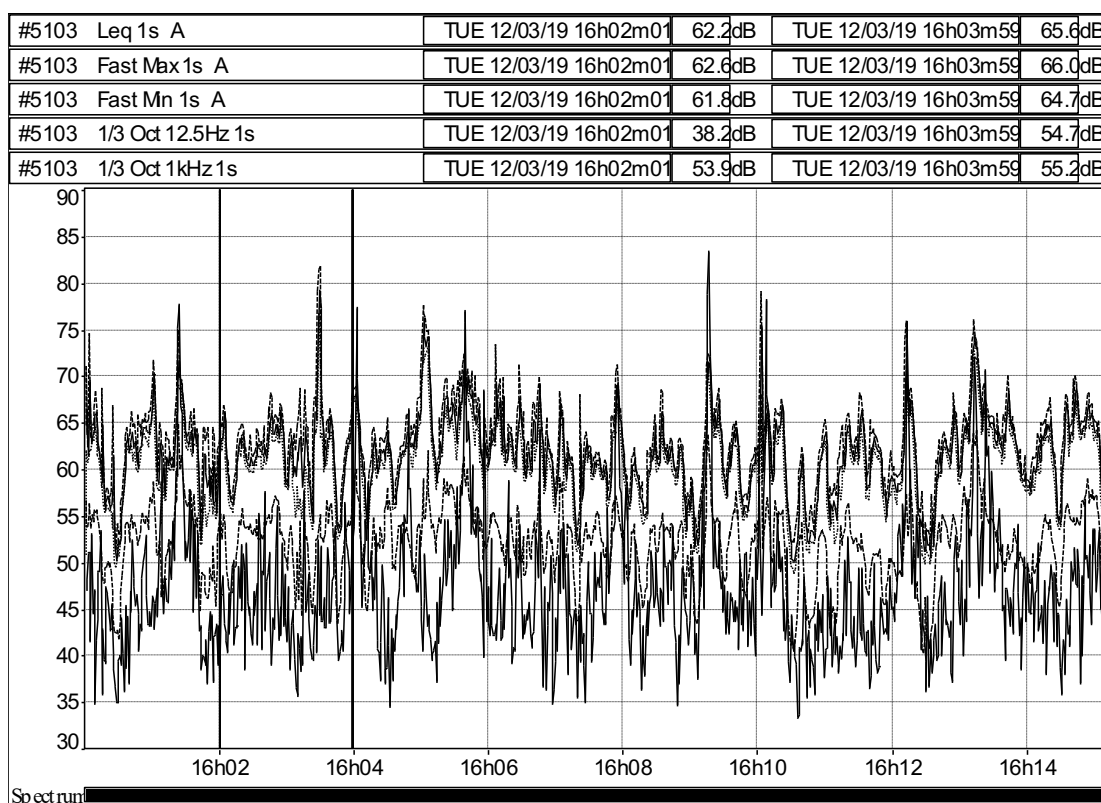
$$\overline{RT5} = \frac{RT5 (500Hz) + RT5 (1000 Hz) + RT5 (2kHz)}{3} = 0,87 \quad [5]$$

4.1.2. Ηχοπροστασία

Η μέτρηση της ισοδύναμης στάθμης θορύβου έξω από κέλυφος του κτηρίου, έγινε στις 12/03/19. Ξεκίνησε στις 16:00 και τελείωσε στις 16:15. Το ηχόμετρο έπαιρνε μια μέτρηση κάθε ένα λεπτό. Η μέτρηση έγινε σε 1/3 ζώνη οκτάβας, για μεγαλύτερη ακρίβεια.

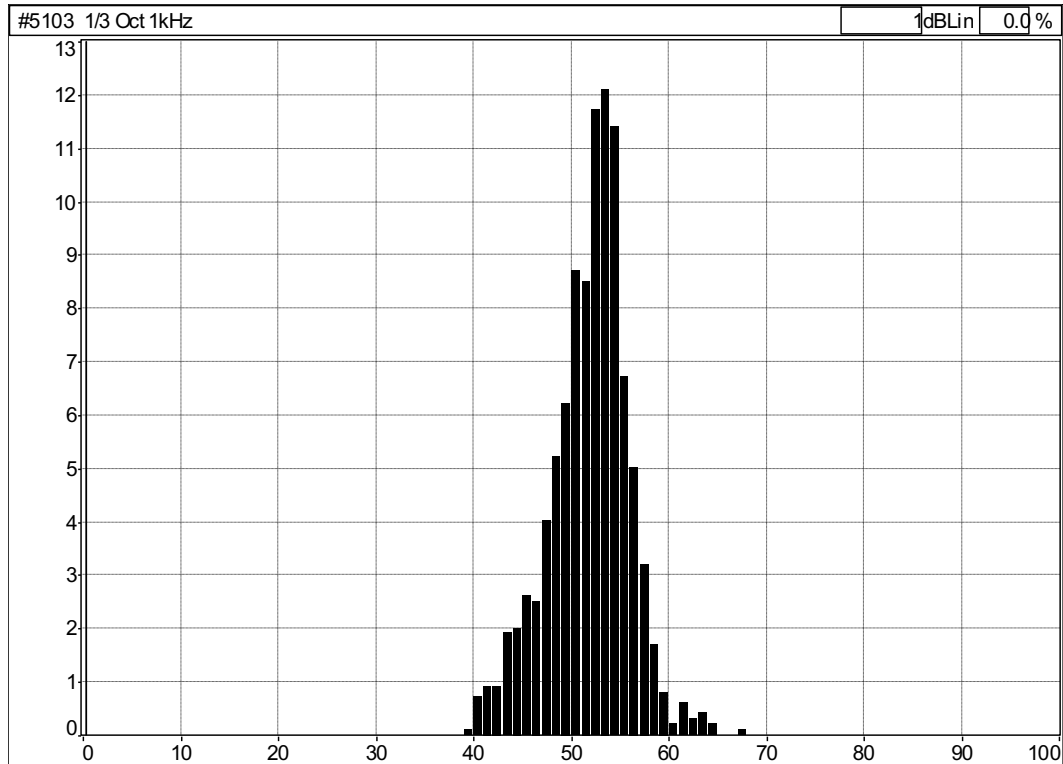
DATE	12.3.19			
TIME	16.00			
Wght	Unit	Leq	Lmin	Lmax
A	dB	64	49,4	79,2

Πίνακας 4.1.3: Δείκτης Leq_{out} καθώς και οι min και max τιμές που πήρε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένες σε dB(A). [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]



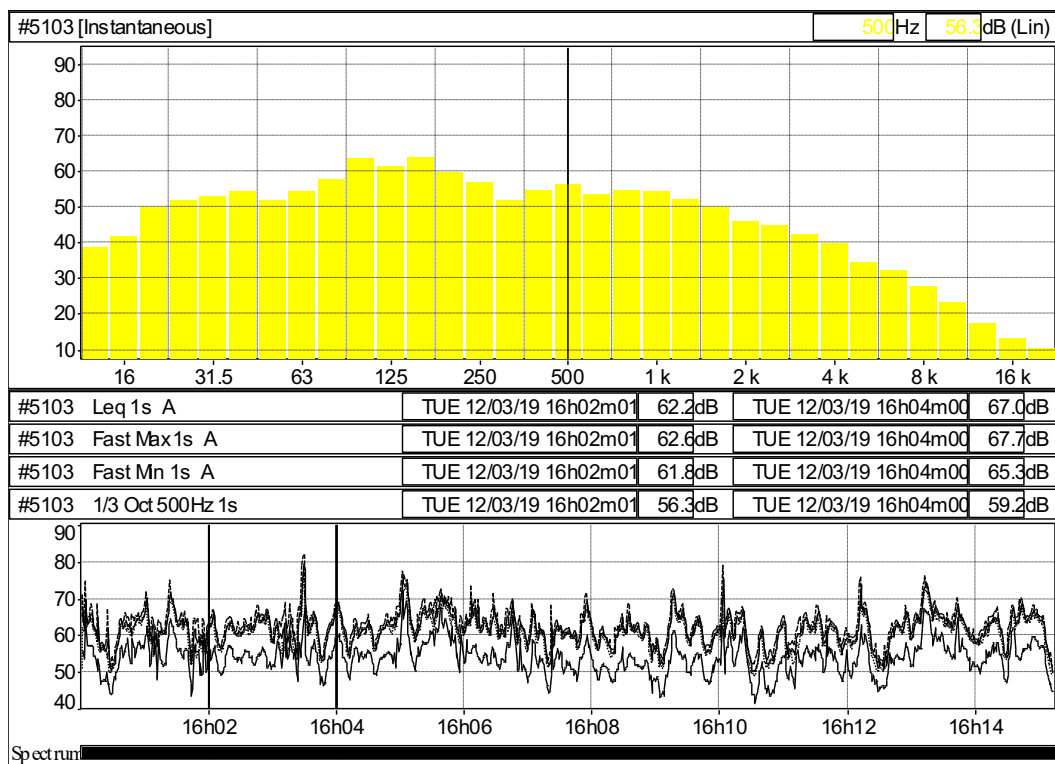
Εικόνα 4.1.4: Χρονική ιστορία στάθμης θορύβου κατά τη διάρκεια της μέτρησης έξω από την αίθουσα Leq_{out} . [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]

Ομοιόμορφα δεδομένα θορύβου σύμφωνα με το χρόνο, χωρίς ακραίες διακυμάνσεις.



Εικόνα 4.1.5: Κατανομή ύψους θορύβου. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Τα δεδομένα φαίνονται ομοιόμορφα κατανεμημένα σύμφωνα με το γράφημα.



Εικόνα 4.1.6: Φασματική χρονική ιστορία θορύβου στη χρονική διάρκεια των μετρήσεων. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]

Δεδομένα θορύβου εμφανίζονται σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

DATE	12.3.19	
TIME	16.30	
Wght	Unit	Leq
A	dB	46,3

Πίνακας 4.1.4: Η τιμή του δείκτη Leq_{in} , που διαμορφώθηκε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένη σε dB(A).
[Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Για τη στάθμη Leq_{in} δεν έχω φασματική ανάλυση δεδομένων γιατί δεν επαρκούσε η μνήμη του ηχόμετρου. Χρησιμοποιήθηκε ο σταθμευμένος μέσος όρος τιμών.

Wght	Unit	Leq out	Leq in	Dn
A	dB	64	46,3	17,7

Πίνακας 4.1.5: Συγκεντρωτικός πίνακας με τους δείκτες Leq_{out} , Leq_{in} και Dn για το κτήριο της εξωραϊστικής.
[Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Παρατηρώ ότι $Dn < 20$ dB (A) επομένως έχω μικρή ηχοαπορροφητικότητα κελύφους.

4.2. Παλιά Ηλεκτρική – περιγραφή αποτελεσμάτων – διαγράμματα

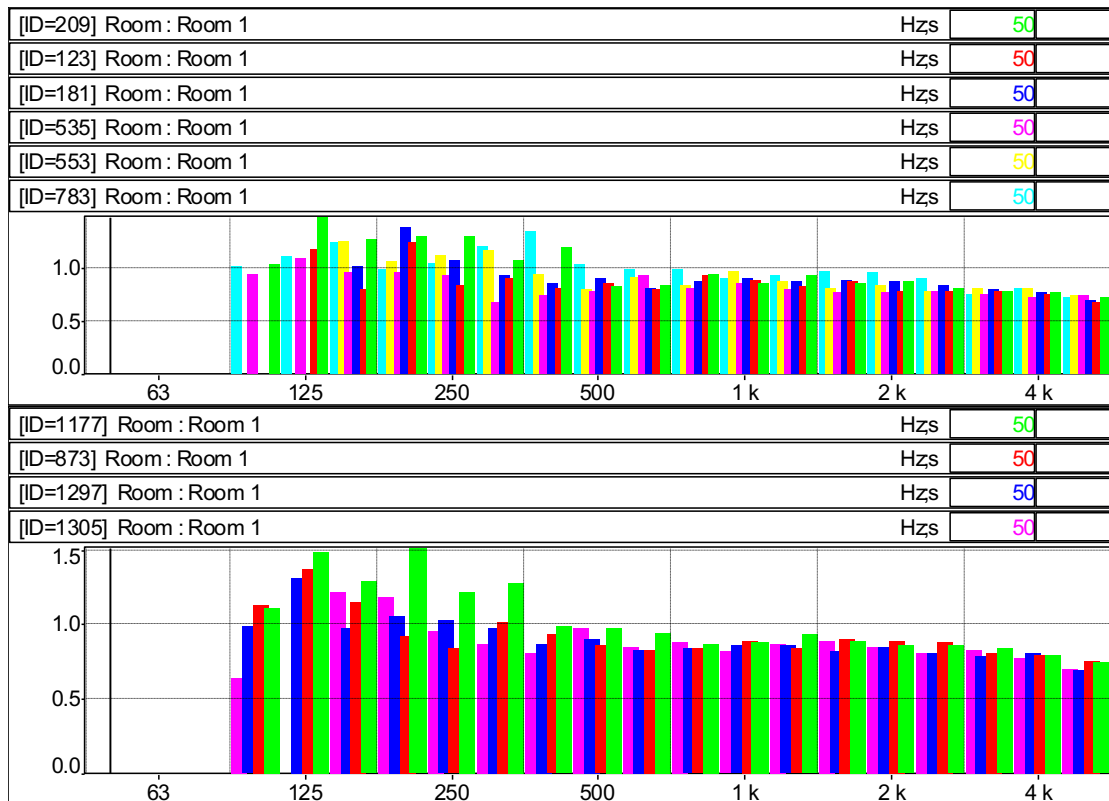
Στο κτήριο της Παλαιάς Ηλεκτρικής Εταιρίας πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις μέσα στην αίθουσα, σε κάθε ένα από δέκα σημεία, όπως αυτά φαίνονται στην παρακάτω κάτοψη και δύο μετρήσεις 15 λεπτών περίπου, της στάθμης του περιβαλλοντικού θορύβου. Μια μέτρηση έξω από το κέλυφος του κτηρίου και μία μέσα στην αίθουσα. Με τις μετρήσεις αυτές έγινε προσπάθεια εκτίμησης της ακουστικής ικανότητας της αίθουσας μέσα από τρεις μεταβλητές RT (Reverberation Time), RASTI-STI (Rapid Sound Transmission Index) και Leq (dB (A)). Κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων στην αίθουσα αυτή (πιθανών επειδή χρησιμοποιήθηκε πηγή παραγωγής συνεχόμενου ροζ θορύβου και όχι ακαριαίου κρότου) τα αποτελέσματα της μεταβλητής RASTI δε μπόρεσαν να μας δώσουν αποτελέσματα που να μπορούν να μας οδηγήσουν σε ένα ασφαλές συμπέρασμα για την καταληπτότητα του λόγου. Τα αποτελέσματα που κατά την επεξεργασία θεωρήθηκαν αξιόπιστα παρατίθενται παρακάτω.

4.2.1. Εσωτερική Ακουστική Ικανότητα

TYPE	ROOM									
DATE	3.7.20									
TIME	11:53 π.μ.									
MARK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hz	sec									
50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
63	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
100	1,13	---	---	1,03	0,94	---	1,01	1,11	0,98	0,63
125	1,37	1,18	---	1,47	1,09	---	1,1	1,48	1,3	---
160	1,15	0,79	1	1,26	0,95	1,25	1,23	1,28	0,97	1,21
200	0,91	1,23	1,37	1,29	0,96	1,06	0,98	1,51	1,05	1,18
250	0,83	0,83	1,06	1,29	0,92	1,11	1,03	1,21	1,02	0,95
315	1,01	0,89	0,91	1,06	0,66	1,15	1,2	1,27	0,97	0,86
400	0,92	0,8	0,85	1,18	0,73	0,93	1,34	0,98	0,86	0,8
500	0,86	0,84	0,89	0,82	0,77	0,79	1,02	0,97	0,9	0,97
630	0,83	0,78	0,8	0,83	0,93	0,91	0,98	0,94	0,82	0,84
800	0,83	0,92	0,87	0,93	0,8	0,84	0,98	0,86	0,84	0,87
1 k	0,88	0,88	0,89	0,84	0,85	0,97	0,89	0,87	0,85	0,81
1.25 k	0,83	0,81	0,86	0,93	0,79	0,86	0,92	0,93	0,85	0,86
1.6 k	0,9	0,86	0,88	0,85	0,76	0,81	0,97	0,88	0,81	0,89
2 k	0,88	0,78	0,87	0,87	0,76	0,84	0,95	0,86	0,84	0,84
2.5 k	0,87	0,77	0,83	0,81	0,78	0,78	0,9	0,85	0,8	0,81
3.15 k	0,8	0,78	0,79	0,78	0,75	0,8	0,75	0,83	0,78	0,82
4 k	0,79	0,74	0,76	0,76	0,72	0,8	0,8	0,79	0,8	0,76
5 k	0,75	0,67	0,68	0,71	0,72	0,73	0,72	0,74	0,68	0,69
AVG RT	0,87333333	0,833333	0,883333	0,843333	0,793333	0,866667	0,953333	0,9	0,863333	0,873333
TOTAL AVG RT	0,8677778									

Πίνακας 4.2.1: Τα αποτελέσματα του χρόνου αντήχησης (Reverberation Time), όπως μετρήθηκαν με το ηχόμετρο, στην αίθουσα του θεάτρου της Παλαιάς Ηλεκτρικής Εταιρίας Βόλου. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]

Ομοίμορφα δεδομένα για το χρόνο αντήχησης ανά συχνότητα, δεν έχω τιμές για τις χαμηλές συχνότητες.

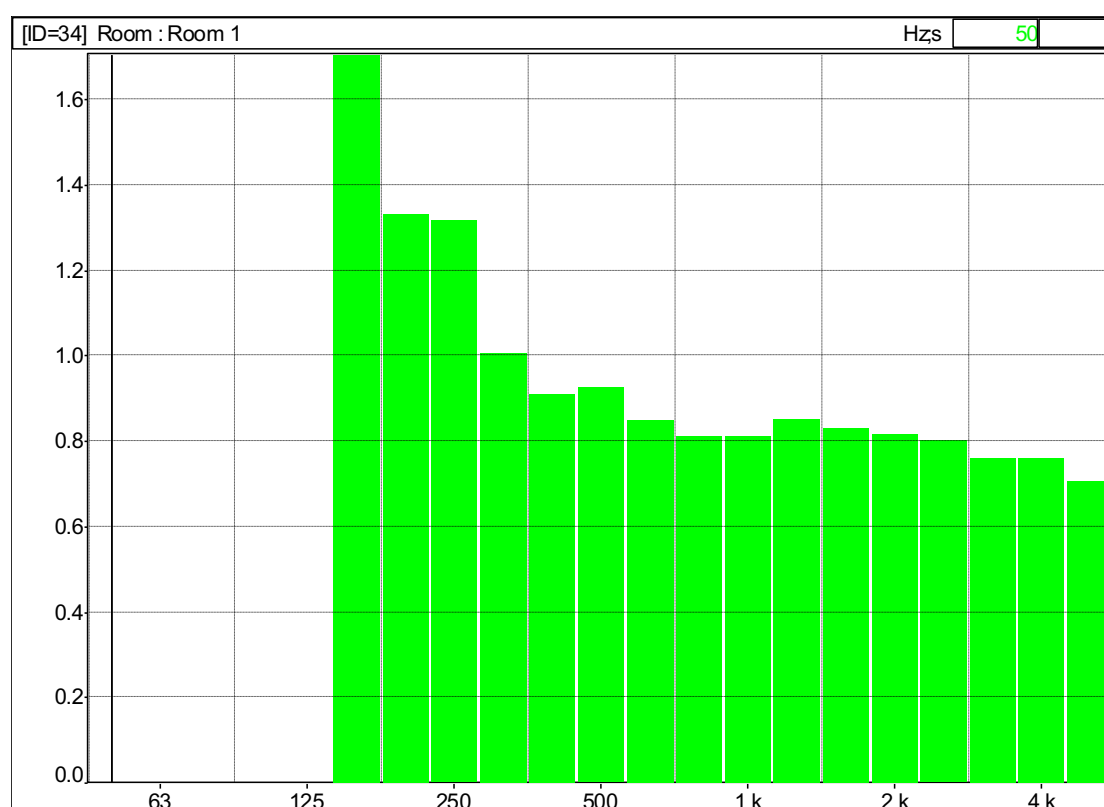


Εικόνα 4.2.1: Γραφική αναπαράσταση του χρόνου αντίληψης στα 10 σημεία που επιλέχθηκαν και φαίνονται στην κάτωψη του θεάτρου της Παλαιάς Ηλεκτρικής. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]

DATE	3.7.18
TIME	11:53
Hz	sec
50	---
63	---
80	---
100	---
125	---
160	1,7
200	1,33
250	1,31
315	1
400	0,91
500	0,92
630	0,85
800	0,81
1 k	0,81
1.25 k	0,85
1.6 k	0,83
2 k	0,81
2.5 k	0,8
3.15 k	0,76
4 k	0,76
5 k	0,7
TOTAL AVG RT	0,846666667

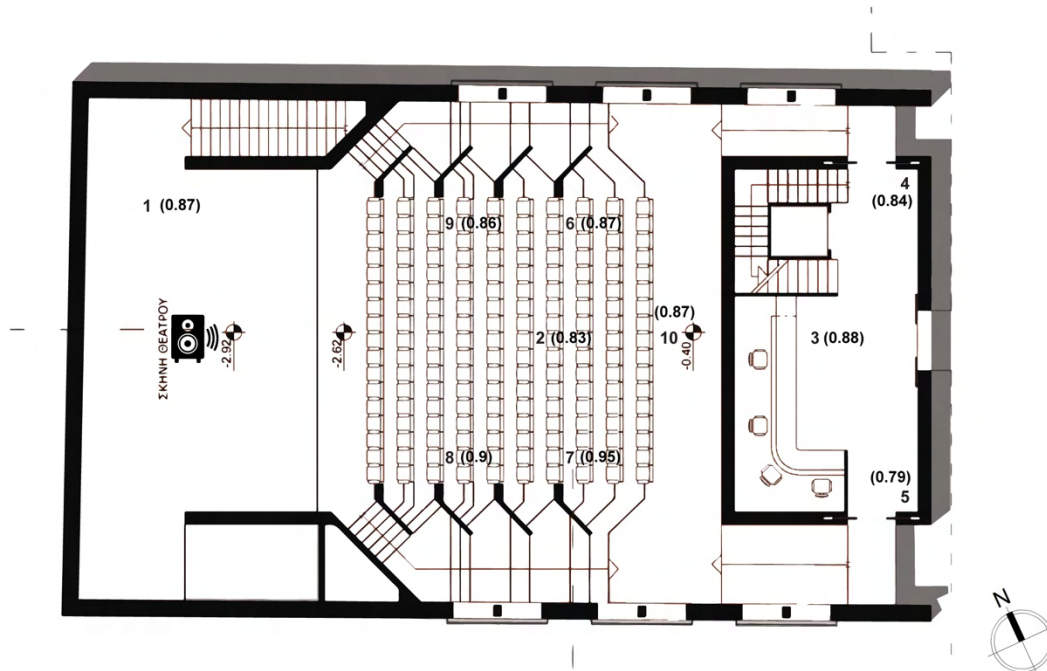
Πίνακας 4.2.2: Ο μέσος χρόνος αντίληψης σε κάθε συχνότητα μέτρησης στην αίθουσα του θεάτρου της Παλαιάς Ηλεκτρικής. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]

Στους παραπάνω πίνακες βλέπουμε τα αποτελέσματα του χρόνου αντήχησης για την αίθουσα του θεάτρου της Παλαιάς Ηλεκτρικής. Στα σημεία που έγιναν οι μετρήσεις ο χρόνος αντήχησης έχει σχεδόν την ίδια τιμή με το μέσο όρο αντήχησης. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι εφόσον τα δεδομένα δεν διαφοροποιούνται πολύ ανάλογα με τη θέση, η αίθουσα παρουσιάζει ομοιομορφία ως προς το χρόνο αντήχησης. Άρα η χρήση της εξίσωσης του Sabine για τον προσδιορισμό του χρόνου αντήχησης ήταν μια καλή επιλογή.



Εικόνα 4.2.2: Γραφική αναπαράσταση του μέσου χρόνου αντήχησης όπως υπολογίστηκε από τις μετρήσεις του θεάτρου της Παλαιάς Ηλεκτρικής. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Το ηχόμετρο δεν μπόρεσε να καταγράψει τιμή στις χαμηλές συχνότητες. Συχνό πρόβλημα στις μετρήσεις ακουστικής γιατί οι χαμηλές συχνότητες παρουσιάζουν ιδιομορφία, έχουν μεγάλο μήκος κύματος.



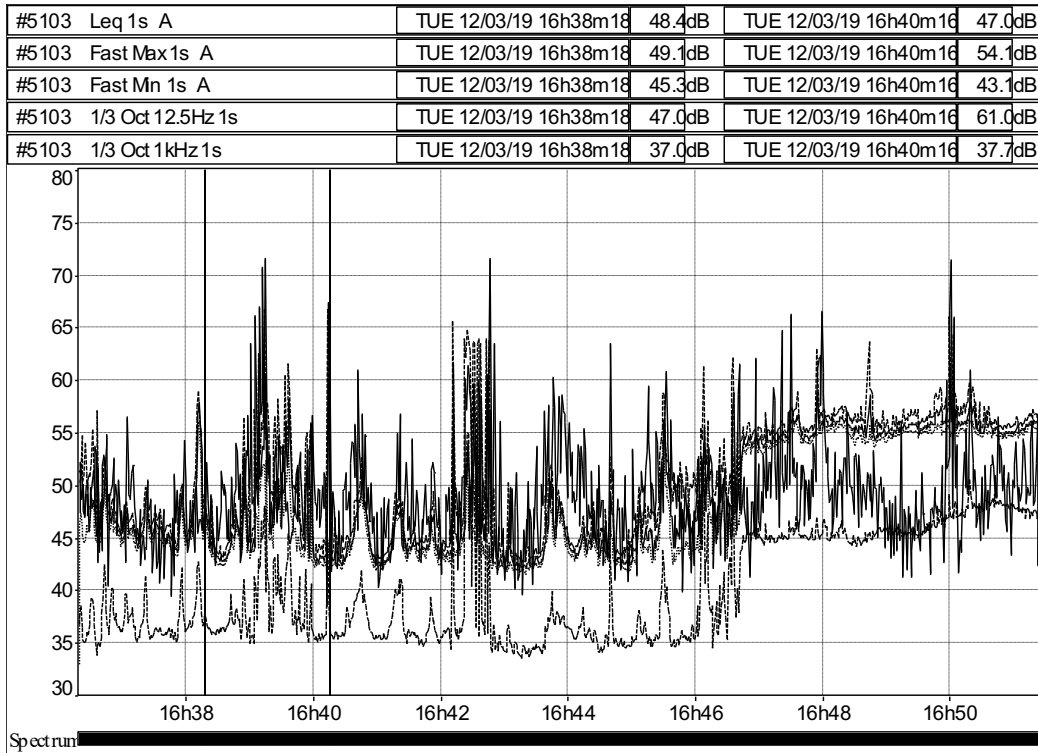
Εικόνα 4.2.3: Ο μέσος όρος χρόνου αντήχησης, όπως μετρήθηκε σε κάθε σημείο που επιλέχθηκε για το πείραμα. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

4.2.2. Ηχοπροστασία

Η μέτρηση της ισοδύναμης στάθμης θορύβου έξω από κέλυφος του κτηρίου, έγινε στις 12/03/19. Ξεκίνησε στις 16:51 και τελείωσε στις 17:06. Το ηχόμετρο έπαιρνε μια μέτρηση κάθε ένα λεπτό. Η μέτρηση έγινε σε 1/3 ζώνη οκτάβας, για μεγαλύτερη ακρίβεια.

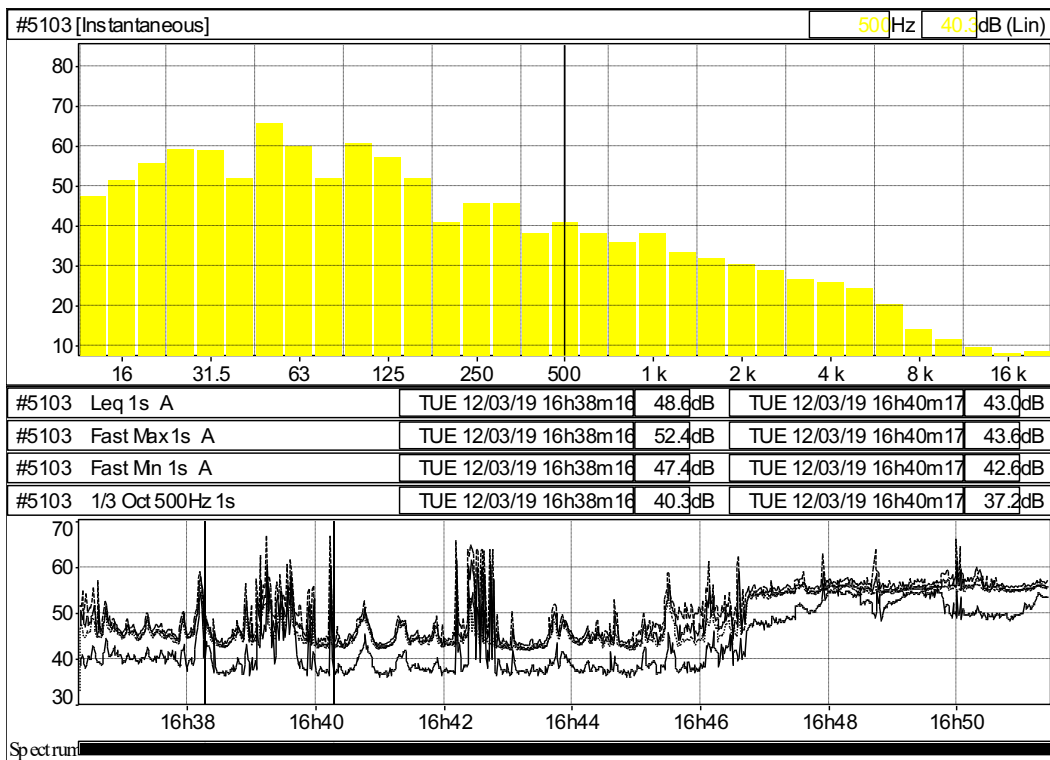
DATE	12.03.19			
TIME	16.51			
Wght	Unit	Leq	Lmin	Lmax
A	dB	52,2	42,1	61,6

Πίνακας 4.2.3: Δείκτης Leq_{out} καθώς και οι l_{min} και l_{max} τιμές που πήρε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένες σε dB(A). [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]



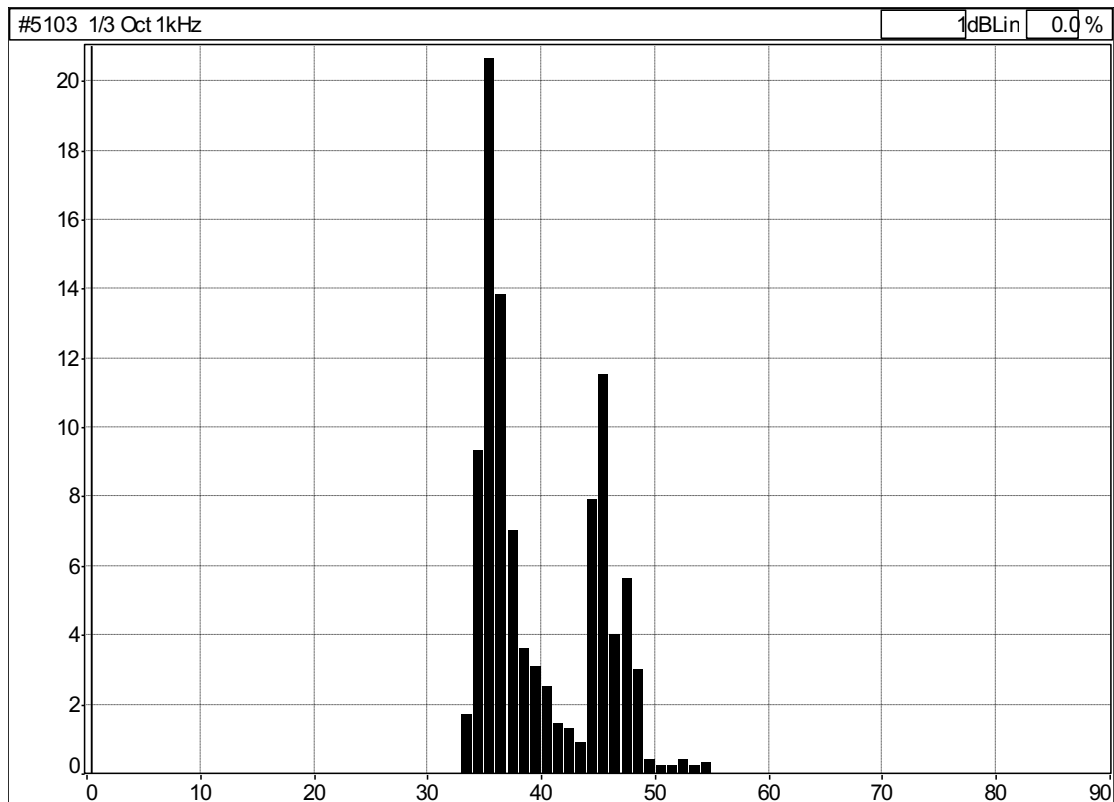
Εικόνα 4.2.4: Χρονική ιστορία στάθμης θορύβου κατά τη διάρκεια της μέτρησης έξω από την αίθουσα Leq_{out}. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]

Ο θόρυβος με το χρόνο φαίνεται να αλλάζει, παρ' όλα αυτά κινείται πάντα σε μια σταθερή τιμή δεν έχει μεγάλες διακυμάνσεις.



Εικόνα 4.2.5: Φασματική χρονική ιστορία θορύβου στη χρονική διάρκεια των μετρήσεων. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Δεν εμφανίζονται δεδομένα θορύβου ανά συχνότητα σε υψηλές συχνότητες, πάνω από 8KHz.



Εικόνα 4.2.6: Κατανομή ύψους θορύβου. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

DATE	12.03.19	
TIME	16.51	
Wght	Unit	Leq
A	dB	32,6

Πίνακας 4.2.4: Η τιμή του δείκτη Leq_{in} , που διαμορφώθηκε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένη σε dB(A). [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Δεν έχουμε φασματική ανάλυση για το Leq_{in} λόγω αδυναμίας του εξοπλισμού, ανεπαρκής μνήμη για να αποθηκεύσει δεδομένα σε 1/3 οκταβική ζώνη. Παρουσιάζουμε μόνο το σταθμισμένο σε dB (A) μέσο όρο.

Wght	Unit	Leq out	Leq in	Dn
A	dB	52,2	32,6	19,6

Πίνακας 4.2.5: Συγκεντρωτικός πίνακας με τους δείκτες Leqout , Leqin και Dn για το κτήριο της Παλαιάς Ηλεκτρικής. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Το Dn είναι μικρότερο από 20 dB άρα παρουσιάζει χαμηλή ηχοαπορροφητικότητα σύμφωνα με τον κανονισμό.

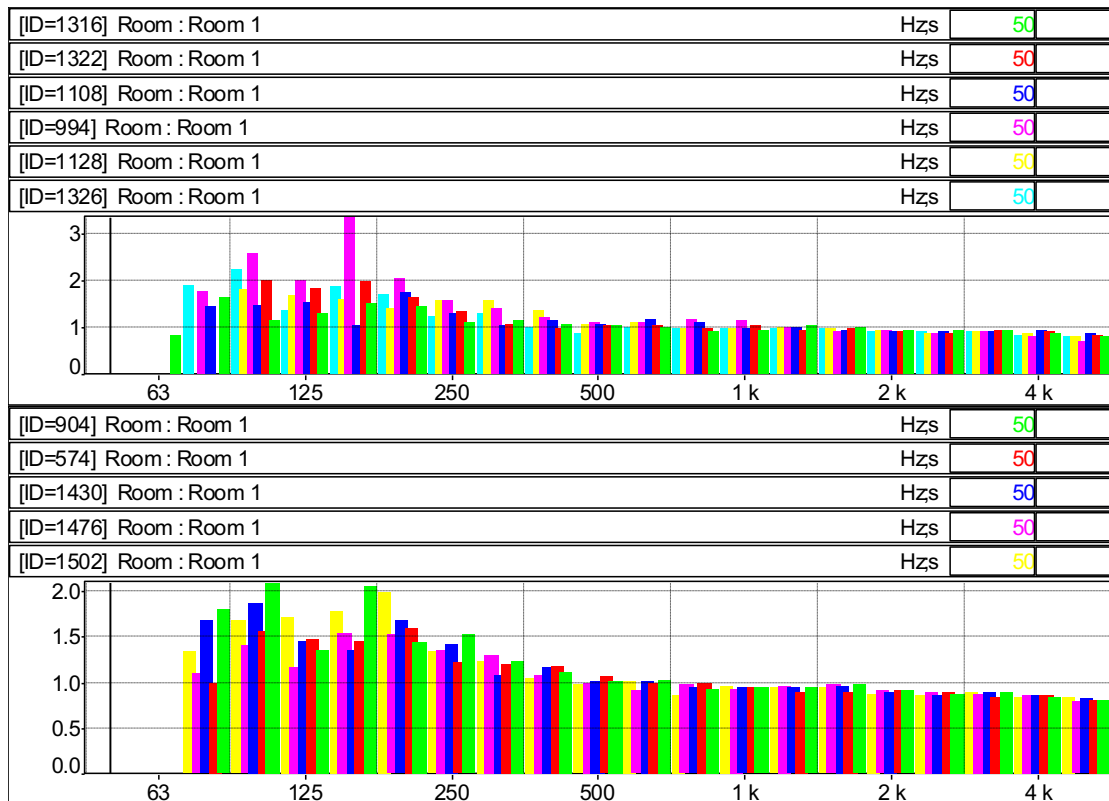
4.3. Κοινωφελές ίδρυμα Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη αμφιθέατρο– περιγραφή αποτελεσμάτων – διαγράμματα

4.3.1. Εσωτερική Ακουστική Ικανότητα

TYPE	ROOM										
DATE	20.07.18										
TIME	10:59										
MARK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hz	sec										
50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
63	0,8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
80	1,61	---	1,41	---	1,9	1,79	0,98	1,66	1,09	1,33	
100	1,12	1,99	1,46	1,79	2,2	2,09	1,55	1,85	1,4	1,67	
125	1,29	1,81	1,51	1,64	1,33	1,34	1,46	1,44	1,15	1,7	
160	1,48	1,94	1,02	1,58	1,85	2,05	1,45	1,34	1,53	1,76	
200	1,41	1,63	1,7	1,37	1,67	1,43	1,59	1,66	1,51	1,97	
250	1,08	1,33	1,29	1,56	1,23	1,51	1,21	1,41	1,34	1,33	
315	1,13	1,04	1,02	1,55	1,28	1,22	1,2	1,07	1,29	1,22	
400	1,05	0,93	1,13	1,34	1	1,1	1,17	1,15	1,08	1,03	
500	1,01	1,03	1,05	1,05	0,84	1	1,06	1	0,98	0,97	
630	0,97	1,03	1,15	1,07	0,98	1,01	0,98	1	0,9	0,99	
800	0,9	0,93	1,09	0,95	0,93	0,91	0,98	0,93	0,97	0,85	
1 k	0,92	1,02	0,96	0,95	0,96	0,94	0,93	0,92	0,92	0,95	
1.25 k	1,01	0,91	0,97	0,97	0,95	0,93	0,88	0,93	0,95	0,92	
1.6 k	0,97	0,95	0,91	0,96	0,95	0,97	0,88	0,95	0,96	0,94	
2 k	0,91	0,88	0,89	0,92	0,88	0,9	0,9	0,88	0,9	0,86	
2.5 k	0,91	0,86	0,87	0,85	0,88	0,87	0,88	0,84	0,88	0,84	
3.15 k	0,91	0,9	0,88	0,88	0,88	0,87	0,84	0,88	0,87	0,88	
4 k	0,84	0,87	0,91	0,85	0,82	0,83	0,85	0,84	0,85	0,82	
5 k	0,79	0,81	0,86	0,78	0,79	0,8	0,8	0,81	0,78	0,82	
AVG RT	0,94666667	0,976667	0,966667	0,9733333	0,8933333	0,946667	0,9633333	0,9333333	0,9333333	0,926667	
TOTAL AVG RT	0,94592593										

Πίνακας 4.3.1: Τα αποτελέσματα του χρόνου αντήχησης (Reverberation Time), όπως μετρήθηκαν με το ηχώμετρο, στην αίθουσα εκδηλώσεων του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Τα δεδομένα του χρόνου αντήχησης φαίνονται ομοίμορφα άρα η αίθουσα έχει μια ομοιογένεια ως προς την ακουστική συμπεριφορά.

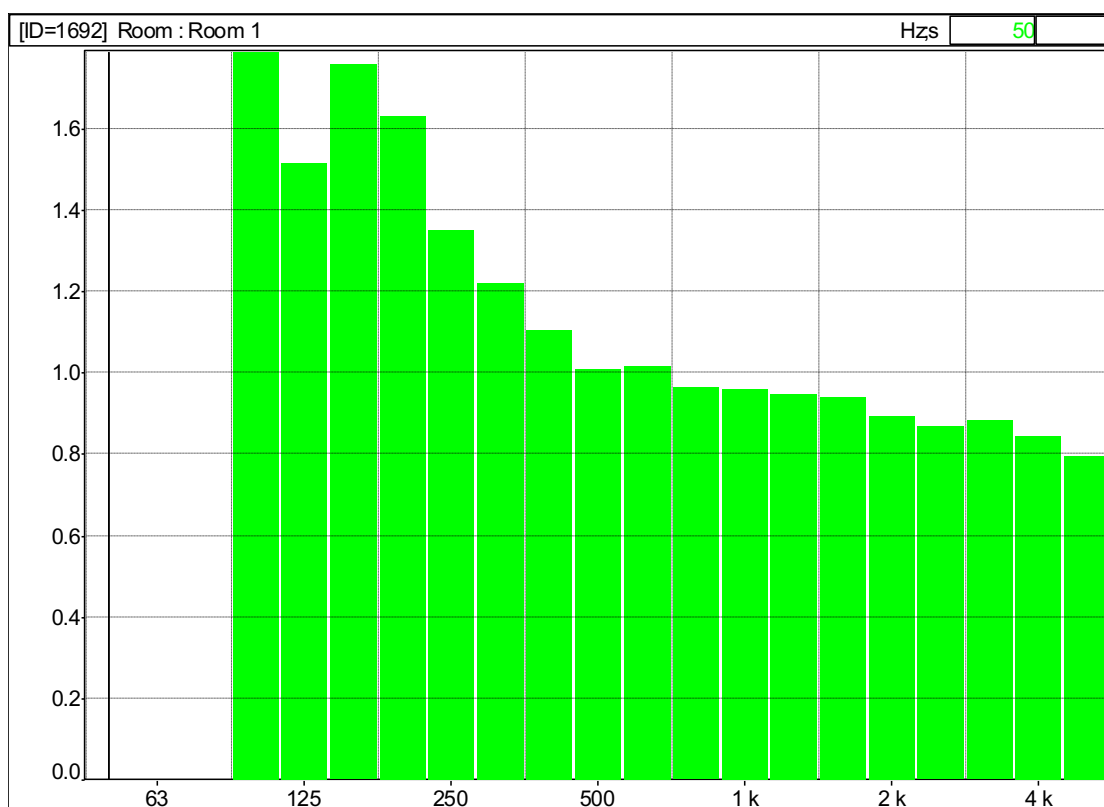


Εικόνα 4.3.1: Γραφική αναπαράσταση του χρόνου αντίληξης στα 10 σημεία που επιλέχθηκαν και φαίνονται στην κάτωψη της αίθουσας εκδηλώσεων του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

TYPE	ROOM
DATE	20.07.18
TIME	10:59
Hz	sec
50	---
63	---
80	---
100	1,79
125	1,51
160	1,76
200	1,63
250	1,35
315	1,22
400	1,1
500	1,01
630	1,01
800	0,96
1 k	0,96
1.25 k	0,94
1.6 k	0,94
2 k	0,89
2.5 k	0,87
3.15 k	0,88
4 k	0,84
5 k	0,79
TOTAL AVG RT	0,953333333

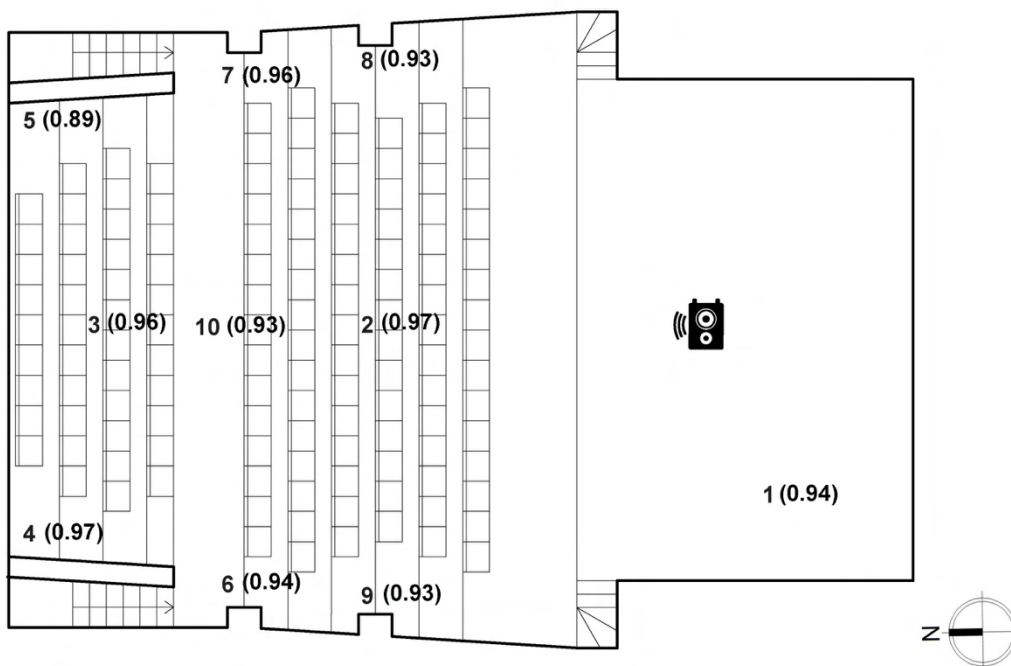
Πίνακας 4.3.2: : Ο μέσος χρόνος αντίληξης σε κάθε συχνότητα μέτρησης στην αίθουσα εκδηλώσεων του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Στους παραπάνω πίνακες βλέπουμε τα αποτελέσματα του χρόνου αντήχησης για την αίθουσα εκδηλώσεων του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. Στα σημεία που έγιναν οι μετρήσεις ο χρόνος αντήχησης έχει σχεδόν την ίδια τιμή με το μέσο όρο αντήχησης. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι εφόσον τα δεδομένα δεν διαφοροποιούνται πολύ ανάλογα με τη θέση, η αίθουσα παρουσιάζει ομοιομορφία ως προς το χρόνο αντήχησης. Άρα η χρήση της εξίσωσης του Sabine για τον προσδιορισμό του χρόνου αντήχησης ήταν μια καλή επιλογή.



Εικόνα 4.3.2: Γραφική αναπαράσταση του μέσου χρόνου αντήχησης όπως υπολογίστηκε από τις μετρήσεις στην αίθουσα εκδηλώσεων του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Απουσία δεδομένων στις χαμηλές συχνότητες.



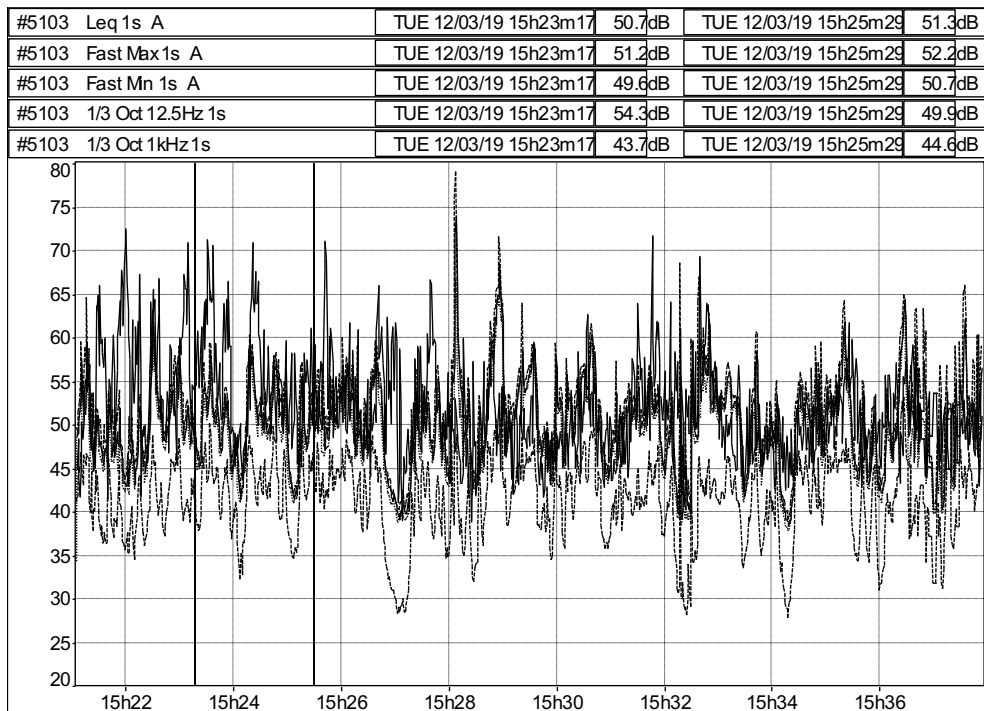
Εικόνα 4.3.3: Ο μέσος όρος χρόνου αντήχησης, όπως μετρήθηκε σε κάθε σημείο που επιλέχθηκε για το πείραμα. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

4.3.2. Ηχοπροστασία

Η μέτρηση της ισοδύναμης στάθμης θορύβου έξω από κέλυφος του κτηρίου, έγινε στις 12/03/19. Ξεκίνησε στις 15:21 και τελείωσε στις 15:36. Το ηχόμετρο έπαιρνε μια μέτρηση κάθε ένα λεπτό. Η μέτρηση έγινε σε 1/3 ζώνη οκτάβας, για μεγαλύτερη ακρίβεια.

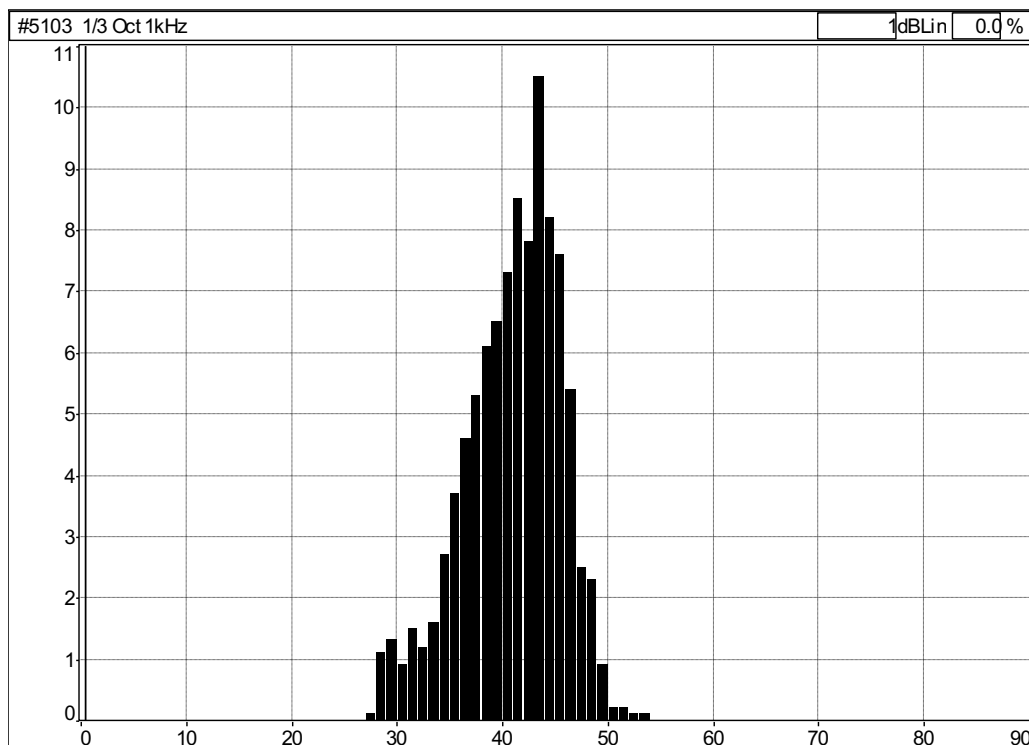
DATE	12.03.19			
TIME	15.21			
Wght	Unit	Leq	Lmin	Lmax
A	dB	53,8	38,3	73,9

Πίνακας 4.3.3: Δείκτης Leq_{out} καθώς και οι min και max τιμές που πήρε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένες σε $dB(A)$. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]



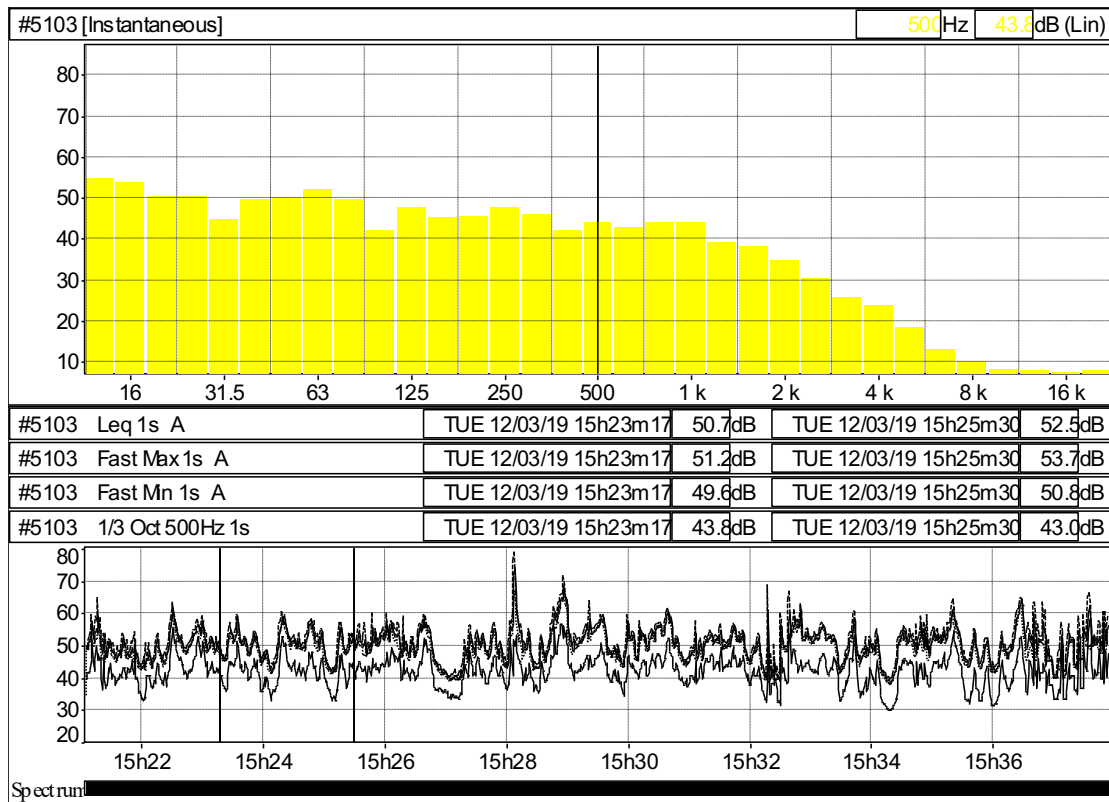
Εικόνα 4.3.4: Χρονική ιστορία στάθμης θορύβου κατά τη διάρκεια της μέτρησης έξω από την αίθουσα Leq_{out}. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]

Η χρονική ιστορία θορύβου, δε φαίνεται να έχει διακυμάνσεις σύμφωνα με το γράφημα.



Εικόνα 4.3.5: Κατανομή ύψους θορύβου. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]

Η κατανομή των συχνοτήτων φαίνεται να ακολουθεί κατανομή κοντά στη μορφή της κανονικής κατανομής.



Εικόνα 4.3.6: Φασματική χρονική ιστορία θορύβου στη χρονική διάρκεια των μετρήσεων. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]

Στο διάγραμμα φαίνεται ότι θόρυβος έχει μεγαλύτερο φορτίο στις χαμηλές συχνότητες, ενώ στις πολύ υψηλές (πάνω από 8kHz) δεν έχει τιμή.

DATE	12.03.19	
TIME	16.00	
Wght	Unit	Leq
A	dB	35,9

Πίνακας 4.3.4: Η τιμή του δείκτη Leq_{in} , που διαμορφώθηκε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένη σε dB(A). [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Δεν ήταν δυνατό να έχουμε φασματική ανάλυση για το Leq_{in} με το ηχόμετρο. Ανακτήθηκε ο σταθμισμένος μέσος όρος του γεγονότος.

Wght	Unit	Leq out	Leq in	Dn
A	dB	53,8	35,9	17,9

Πίνακας 4.3.5: Συγκεντρωτικός πίνακας με τους δείκτες Leqout , Leqin και Dn για την αίθουσα εκδηλώσεων στο ίδρυμα Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]

Dn <20 dB (A) που σημαίνει μικρή ηχοαπορροφητικότητα κελύφους.

4.4. Κοινοφελές ίδρυμα Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη βιβλιοθήκη – περιγραφή αποτελεσμάτων – διαγράμματα

4.4.1. Εσωτερική Ακουστική Ικανότητα

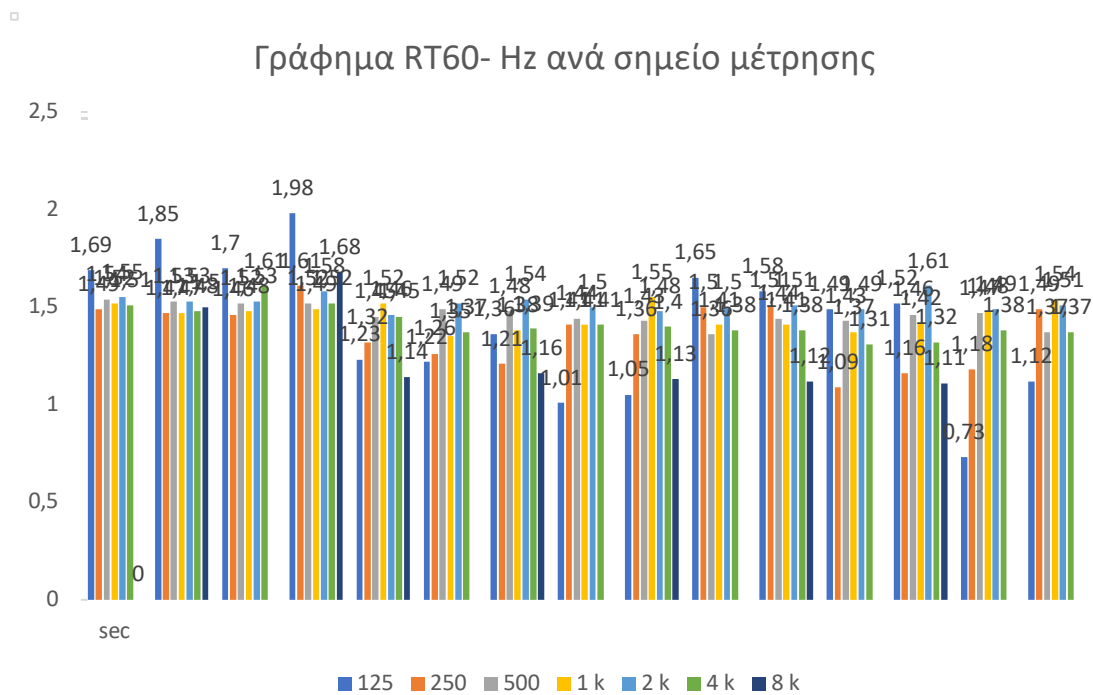
TYPE	ROOM									
1st FLOOR										
DATE	4.11.19									
TIME	10:48									
MARK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hz	sec									
125	1,69	1,85	1,7	1,98	1,23	1,22	1,36	1,01	1,05	1,65
250	1,49	1,47	1,46	1,61	1,32	1,26	1,21	1,41	1,36	1,5
500	1,54	1,53	1,52	1,52	1,45	1,49	1,48	1,44	1,43	1,36
1 k	1,52	1,47	1,48	1,49	1,52	1,35	1,38	1,41	1,55	1,41
2 k	1,55	1,53	1,53	1,58	1,46	1,52	1,54	1,5	1,48	1,5
4 k	1,51	1,48	1,61	1,52	1,45	1,37	1,39	1,41	1,4	1,38
8 k	---	1,5		1,68	1,14		1,16		1,13	
AVG RT	1,536666667	1,51	1,51	1,53	1,476666667	1,453333333	1,466666667	1,45	1,486666667	1,423333333
TOTAL AVG RT	1,474285714									

Πίνακας 4.4.1: Τα αποτελέσματα του χρόνου αντήχησης (Reverberation Time), όπως μετρήθηκαν με το ηχώμετρο, στην βιβλιοθήκη του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη (σημεία 1-10). [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]

TYPE	ROOM				
2nd FLOOR					
DATE	4.11.19				
TIME	10:48				
MARK	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Hz	sec				
125	1,58	1,49	1,52	0,73	1,12
250	1,51	1,09	1,16	1,18	1,49
500	1,44	1,43	1,46	1,47	1,37
1 k	1,41	1,37	1,42	1,48	1,54
2 k	1,51	1,49	1,61	1,49	1,51
4 k	1,38	1,31	1,32	1,38	1,37
8 k	1,12		1,11		
AVG RT	1,453333333	1,43	1,496666667	1,48	1,473333333
TOTAL AVG RT	1,474285714				

Πίνακας 4.4.2: Τα αποτελέσματα του χρόνου αντήχησης (Reverberation Time), όπως μετρήθηκαν με το ηχώμετρο, στην βιβλιοθήκη του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη (σημεία 1.1. – 1.5.). [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]

Παρατηρώ δεδομένα του χρόνου αντήχησης παρουσιάζουν μια σχετική ομοιογένεια ανά συχνότητα.



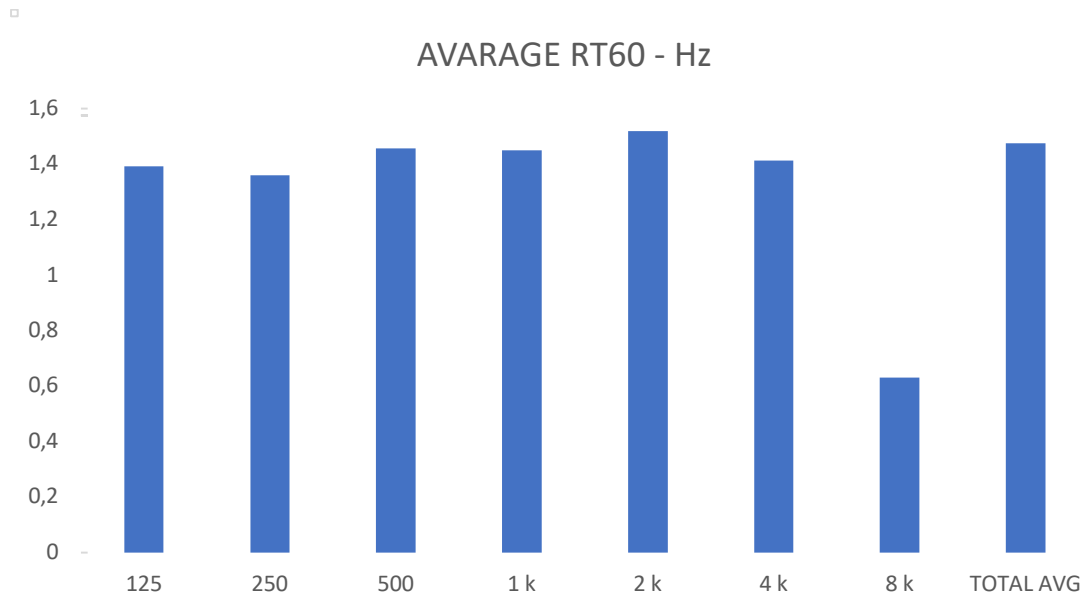
Εικόνα 4.4.1: Γραφική αναπαράσταση του χρόνου αντήχησης στα 10 σημεία που επιλέχθηκαν και φαίνονται στην κάτοψη της αίθουσας της βιβλιοθήκης του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]

TYPE	ROOM
DATE	4.11.2019
TIME	10:48
Hz	sec
125	1,392142857
250	1,359285714
500	1,456428571
1 k	1,448571429
2 k	1,517857143
4 k	1,412142857
8 k	0,631428571
TOTAL AVG	1,474285714

Πίνακας 4.4.3: : Ο μέσος χρόνος αντήχησης σε κάθε συχνότητα μέτρησης στην αίθουσα της βιβλιοθήκης του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]

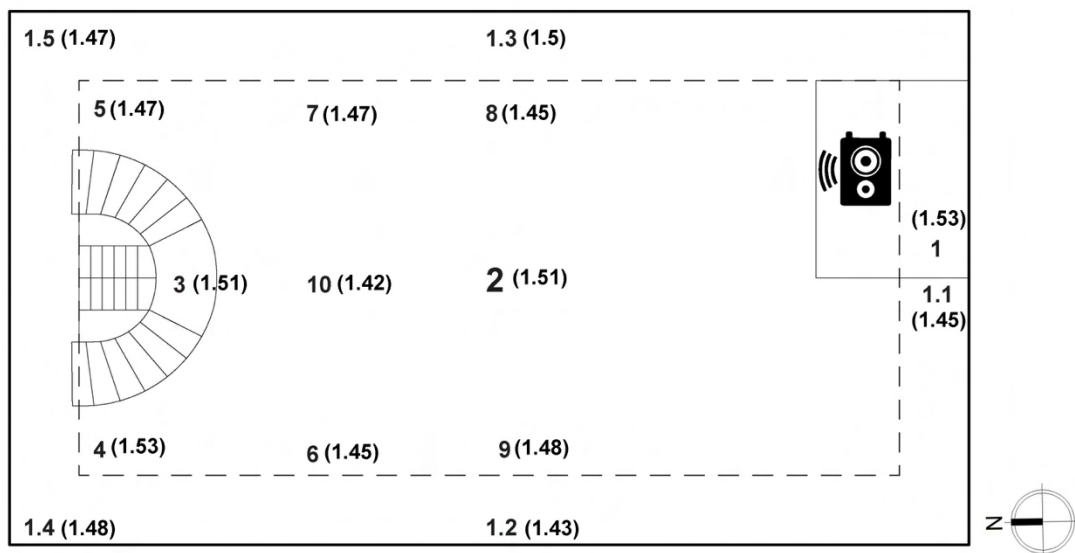
Στους παραπάνω πίνακες βλέπουμε τα αποτελέσματα του χρόνου αντήχησης για αίθουσα της βιβλιοθήκης του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. Στα σημεία που έγιναν οι μετρήσεις ο χρόνος αντήχησης έχει σχεδόν την ίδια τιμή με το

μέσο όρο αντήχησης. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι εφόσον τα δεδομένα δεν διαφοροποιούνται πολύ ανάλογα με τη θέση, η αίθουσα παρουσιάζει ομοιομορφία ως προς το χρόνο αντήχησης. Άρα η χρήση της εξίσωσης του Sabine για τον προσδιορισμό του χρόνου αντήχησης ήταν μια καλή επιλογή.



Εικόνα 4.4.2: Γραφική αναπαράσταση του μέσου χρόνου αντήχησης όπως υπολογίστηκε από τις μετρήσεις στην αίθουσα της βιβλιοθήκης του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Τα δεδομένα του χρόνου αντήχησης παρουσιάζουν μια σχετική ομοιογένεια ανά συχνότητα εκτός από τις πολύ υψηλές, πάνω από 8kHz.



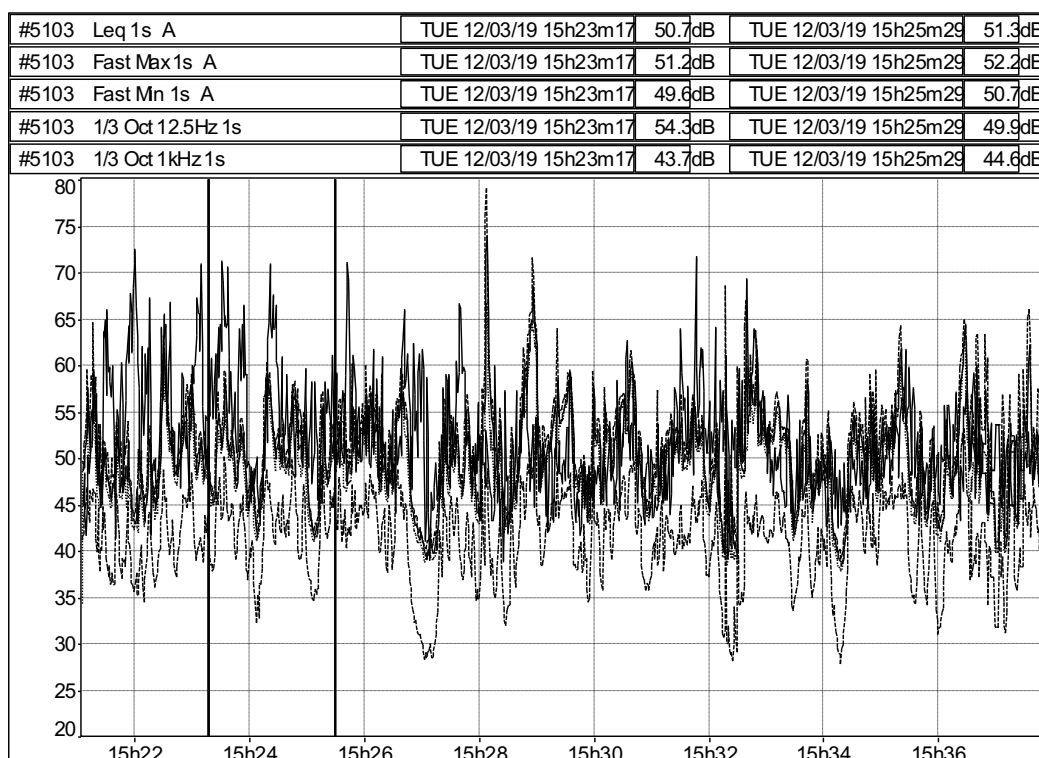
Εικόνα 4.4.3: Ο μέσος όρος χρόνου αντήχησης, όπως μετρήθηκε σε κάθε σημείο που επιλέχθηκε για το πείραμα. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

4.4.2. Ηχοπροστασία (Raw Insulation)

Η μέτρηση της ισοδύναμης στάθμης θορύβου έξω από κέλυφος του κτηρίου, έγινε στις 12/03/19. Ξεκίνησε στις 15:21 και τελείωσε στις 15:36. Το ηχόμετρο έπαιρνε μια μέτρηση κάθε ένα λεπτό. Η μέτρηση έγινε σε 1/3 ζώνη οκτάβας, για μεγαλύτερη ακρίβεια.

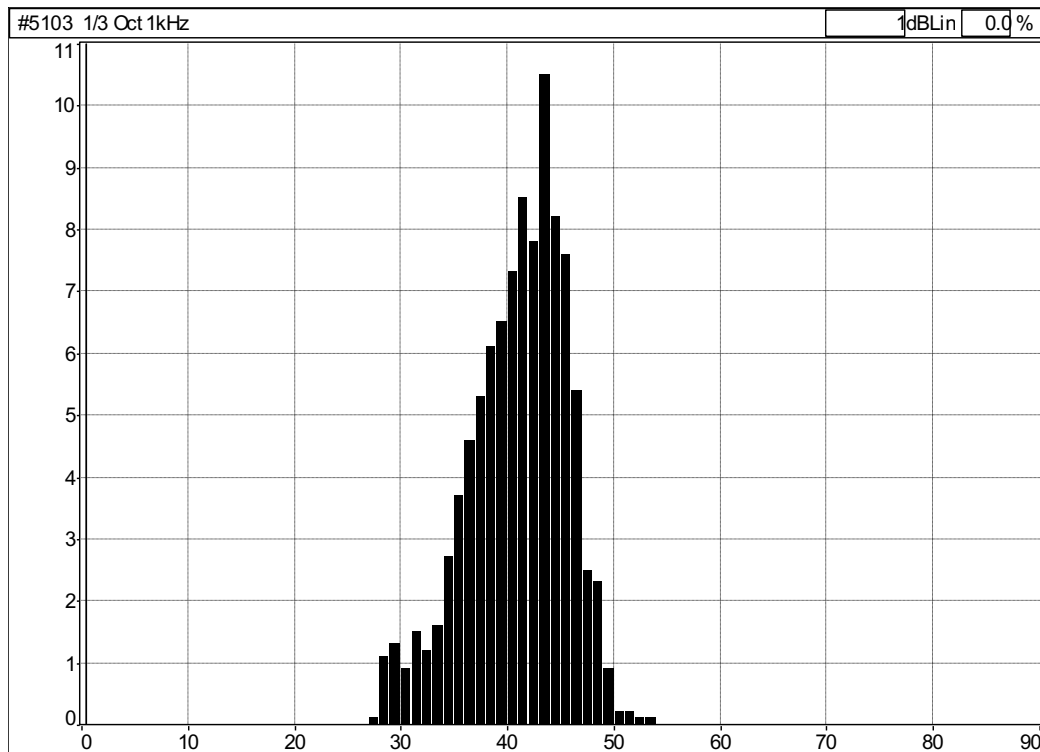
DATE	12.03.19			
TIME	15.21			
Wght	Unit	Leq	Lmin	Lmax
A	dB	53,8	38,3	73,9

Πίνακας 4.4.4: Δείκτης Leq_{out} καθώς και οι min και max τιμές που πήρε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένες σε dB(A). [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]



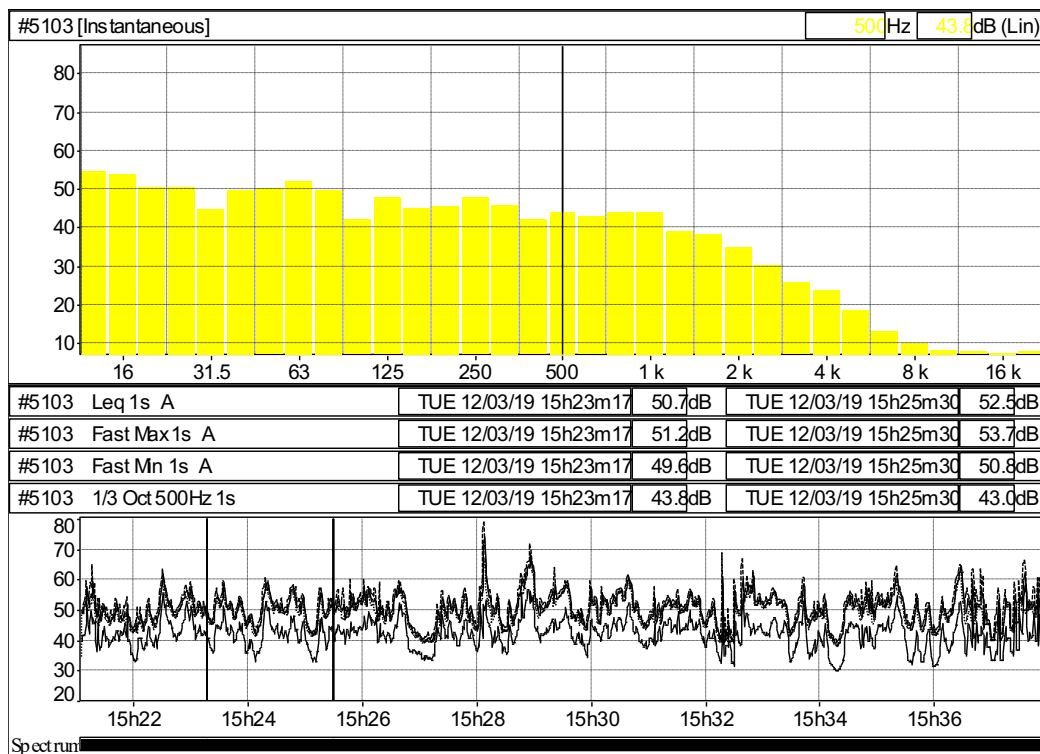
Εικόνα 4.4.4: Χρονική ιστορία στάθμης θορύβου κατά τη διάρκεια της μέτρησης έξω από την αίθουσα Leq_{out} . [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]

Παρατηρώ ότι τα δεδομένα θορύβου παρουσιάζουν μια σχετική ομοιογένεια χωρίς πολύ μεγάλη διακύμανση στο χρόνο.



Εικόνα 4.4.5: Κατανομή ύψους θορύβου. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Η κατανομή των συχνοτήτων φαίνεται να ακολουθεί κατανομή κοντά στη μορφή της κανονικής κατανομής.



Εικόνα 4.4.6: Φασματική χρονική ιστορία θορύβου στη χρονική διάρκεια των μετρήσεων. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Στο διάγραμμα φαίνεται ότι θόρυβος έχει μεγαλύτερο φορτίο στις χαμηλές συχνότητες, ενώ στις πολύ υψηλές (πάνω από 8kHz) δεν έχει τιμή.

DATE	12.03.19	
TIME	15.40	
Wght	Unit	Leq
A	dB	36,4

Πίνακας 4.4.5: Η τιμή του δείκτη Leq_{in} , που διαμορφώθηκε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένη σε dB(A). [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

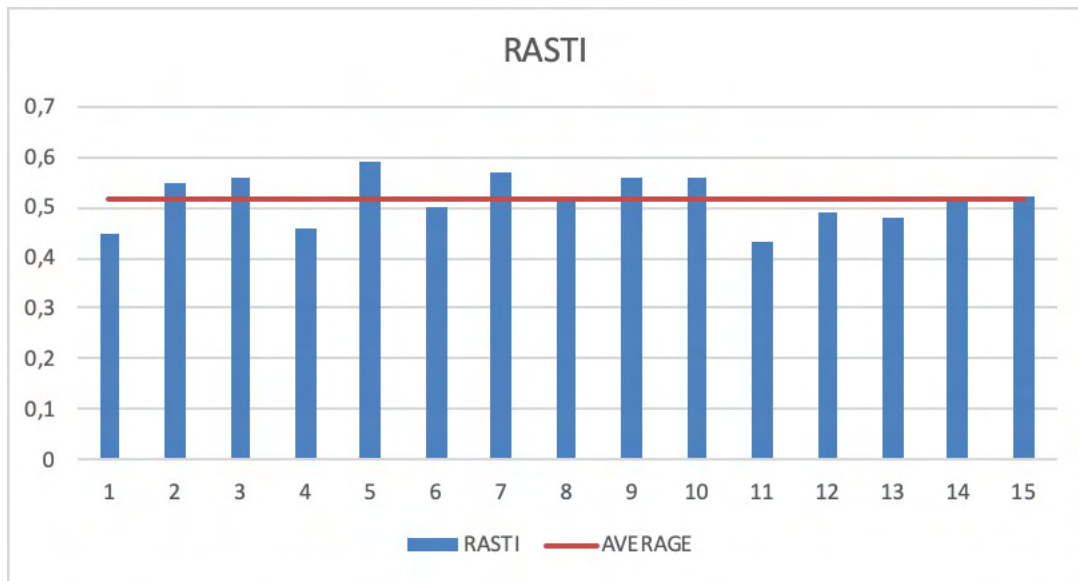
Για τον προσδιορισμό του δείκτη Leq_{in} λόγω τεχνικού προβλήματος (ο αριθμός των δεδομένων για 1/3 οκταβική ζώνη δεν μπορούσε για αποθηκευτεί στο ηχόμετρο γιατί δεν έφτανε η μνήμη) επομένως δεν έχουμε φασματική ανάλυση. Χρησιμοποιήθηκε μόνο την ένδειξη που έβγαλε σαν μέσο όρο το ηχόμετρο στο πεδίο.

Wght	Unit	Leq out	Leq in	Dn
A	dB	53,8	36,4	17,4

Πίνακας 4.4.6: Συγκεντρωτικός πίνακας με τους δείκτες Leq_{out} , Leq_{in} και Dn για την αίθουσα της βιβλιοθήκης στο ίδρυμα Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

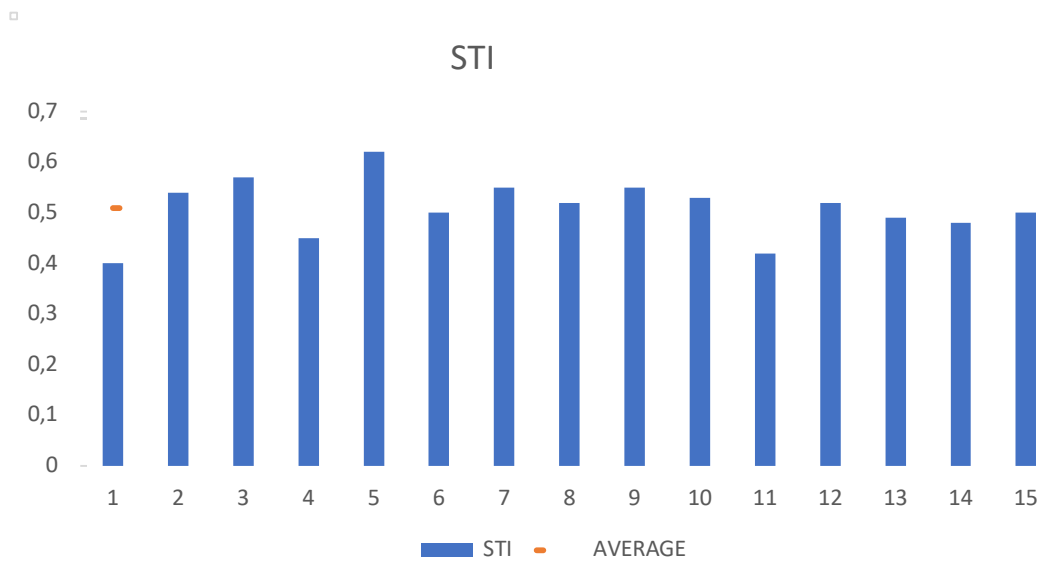
Το Dn . Είναι κάτω από 20 dB επομένως το κτήριο υπάγεται με βάση την ηχοαπορροφητικότητα στη χειρότερη κατηγορία. Δηλαδή δεν προστατεύει σχεδόν καθόλου από τον περιβαλλοντικό θόρυβο.

Στην αίθουσα της βιβλιοθήκης καταφέραμε να εξάγουμε δεδομένα, που φαίνονται ασφαλή για τους δείκτες RASTI και STI.



Εικόνα 4.4.7: Αποτελέσματα RASTI σε κάθε ένα σημείο της αίθουσας της βιβλιοθήκης σε σύγκριση με τον Μ.Ο. των αποτελεσμάτων. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]

Avarage RASTI = 0,517333333



Εικόνα 4.4.8: Αποτελέσματα STI σε κάθε ένα σημείο της αίθουσας της βιβλιοθήκης σε σύγκριση με τον Μ.Ο. των αποτελεσμάτων. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]

Avarage STI = 0,509333333

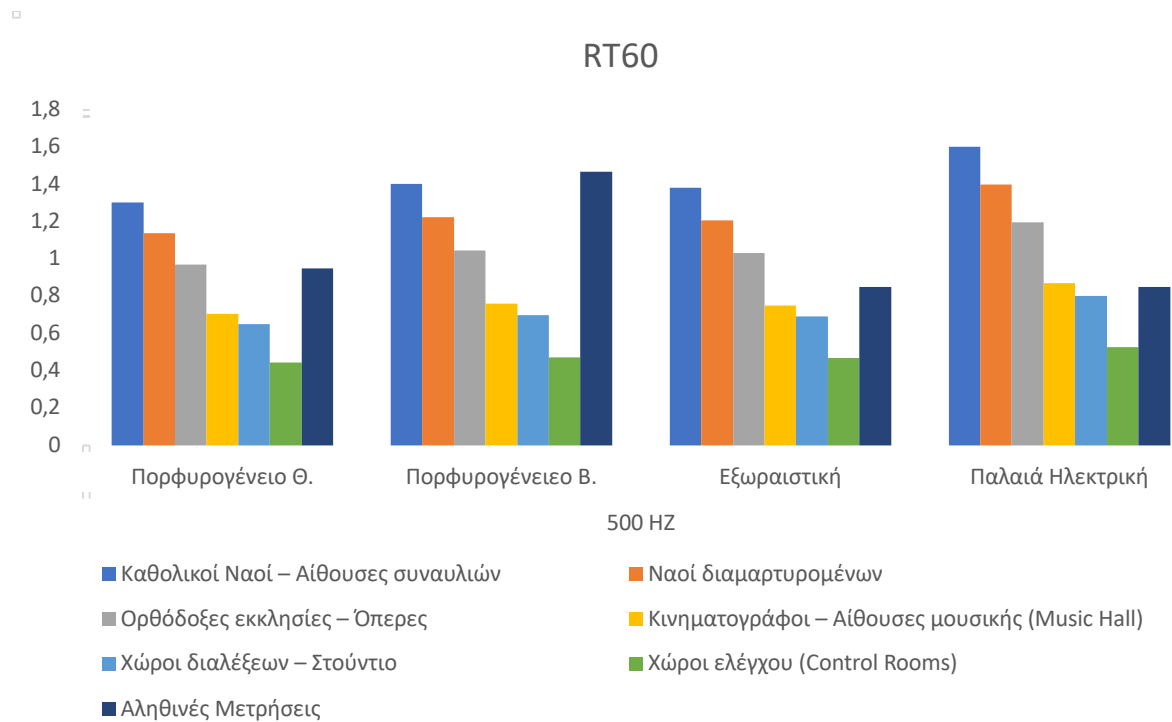
Σύμφωνα με τον πίνακα 2.1.1. η τιμή του RASTI = 0,517 μας δίνει καλή καταληπτότητα ομιλίας ακριβώς στη μέση της κλίμακας από 0 (κακή καταληπτότητα) έως 1 (τέλεια καταληπτότητα). Επίσης παρατηρούμε πως όλα τα δεδομένα είναι ομοιόμορφα καταναμημένα, επομένως η αίθουσα έχει μια σχετική ομοιογένεια.

5. Ανάλυση

Αίθουσες	Όγκος (m ³)	Αριθμός θέσεων	Όγκος/άτομο
Εξωραϊστική	810	150	5,4
Παλαιά Ηλεκτρική	2850	212	13,44
Πορφ. Αμφιθέατρο	510	150	3,4
Πορφ. Βιβλιοθήκη	900	100	9

Πίνακας 4.4.7: Συγκεντρωτικός πίνακας όγκου που αντιστοιχεί κατά άτομο στις αίθουσες. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]

Σε αίθουσες με όγκο ανά ακροατή μικρότερο των 4 m³ η παρουσία των ακροατών επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ακουστική συμπεριφορά ενός χώρου, ενώ σε αίθουσες με αναλογία όγκου ανά ακροατή μεγαλύτερη των 10 m³ η παρουσία ή όχι των ακροατών δε λαμβάνεται υπ' όψιν. Σύμφωνα με αυτό βλέπουμε πως η αίθουσα του αμφιθεάτρου επηρεάζεται σημαντικά από την παρουσία ή μη ακροατηρίου και πως το θέατρο της Παλαιάς Ηλεκτρικής δεν παρουσιάζει καμία διαφορά στην ακουστική συμπεριφορά του είτε είναι γεμάτη είτε άδεια από ακροατές.



Εικόνα 4.4.9: Συγκεντρωτικός πίνακας αληθινών μετρήσεων $RT(60)$ στο πεδίο σε συνάρτηση με τους θεωρητικούς ιδανικούς χρόνους αντίληψης σε κάθε χρήση. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]

Σύμφωνα με τα όρια που αναφέρει ο πίνακας τα αποτελέσματα της ισοδύναμης στάθμης του θορύβου αναγράφονται παρακάτω. Όπου LA_{eq} η διαφορά της στάθμης του θορύβου έξω από το κτήριο και μέσα στην αίθουσα (το LA_{eq} είναι η σταθμισμένη A – σταθμισμένη ηχοστάθμη του μεγέθους Leq).

	LA_{eq} out	LA_{eq} in	Dn
Βιβλιοθήκη	53,8	36,4	17,4
Θέατρο	53,8	35,9	17,9
Παλαιά Ηλεκτρική	52,2	32,6	19,6
Εξωραιοτική	64	46,3	17,7

Πίνακας 4.4.8: Συγκεντρωτικός πίνακας δεικτών ηχοαπορροφητικότητας (Raw Insulation) σε $db(A)$. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]

Σύμφωνα με τον πίνακα 2.5.2. η ηχοαπορροφητικότητα των κτηρίων είναι κάτω από 20 dB (A), επομένως ανήκουν στη Κατηγορία Πολύ Χαμηλής Ακουστικής Άνεσης, υπάγονται όλα τα κτίρια που παρέχουν μικρότερη ηχοπροστασία.

	Πορφυρογένειο Θ.	Πορφυρογένειο Β.	Εξωραϊστική	Παλαιά Ηλεκτρική
	Reverberation Time (sec)			
Καθολικοί Ναοί – Αίθουσες συναυλιών	1,30302807	1,401697004	1,383394008	1,601937944
Ναοί διαμεταρτομένων	1,137649562	1,223984878	1,207969757	1,399195701
Ορθόδοξες εκκλησίες – Οπερες	0,972271053	1,046272753	1,032545506	1,196453458
Κινηματογράφοι – Αίθουσες μουσικής (Music Hall)	0,705665439	0,759933352	0,749866704	0,870065869
Χώροι διαλέξεων – Στούντιο	0,651514035	0,700848502	0,691697004	0,800968972
Χώροι ελέγχου (Control Rooms)	0,445832719	0,472966676	0,467933352	0,528032935
Αληθινές Μετρήσεις	0,95	1,47	0,85	0,85
	A (m ²)			
Καθολικοί Ναοί – Αίθουσες συναυλιών	62,62336311	102,732616	93,68263798	284,6552213
Ναοί διαμεταρτομένων	71,72683289	117,6485123	107,2874543	325,9015159
Ορθόδοξες εκκλησίες – Οπερες	83,92721326	137,6314155	125,5150493	381,1264007
Κινηματογράφοι – Αίθουσες μουσικής (Music Hall)	115,6355342	189,4903015	172,8307168	524,0982507
Χώροι διαλέξεων – Στούντιο	125,2467262	205,4652319	187,365276	569,3104427
Χώροι ελέγχου (Control Rooms)	183,0282894	304,4611963	276,9625192	863,5824967
Αληθινές Μετρήσεις	85,89473684	97,95918367	152,4705882	536,4705882
	ΔA (m ²)			
Καθολικοί Ναοί – Αίθουσες συναυλιών	-23,26663689	4,782615973	-58,78736202	-251,8147787
Ναοί διαμεταρτομένων	-14,16316711	19,69851229	-45,18254575	-210,5684841
Ορθόδοξες εκκλησίες – Οπερες	-1,962786737	39,68141553	-26,95495075	-155,3435993
Κινηματογράφοι – Αίθουσες μουσικής (Music Hall)	29,74553423	91,54030149	20,36071682	-12,37174935
Χώροι διαλέξεων – Στούντιο	39,35672622	107,5152319	34,89527597	32,84044265
Χώροι ελέγχου (Control Rooms)	97,13828943	206,5111963	124,4925192	327,1124967

Πίνακας 4.4.9: Συγκεντρωτικός πίνακας ιδανικού RT σύμφωνα με τη θεωρία συναρτήσει του όγκου της αίθουσας και των αληθινών μετρήσεων και ΔA. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]

Οι τύποι του χρόνου αντήχησης θεωρίας και μέτρησης στο πεδίο περιγράφονται παρακάτω:

$$\text{Μέτρηση: } TR_1 = \frac{0.16 \cdot V}{A_1}$$

$$\text{Θεωρία: } TR_2 = \frac{0.16 \cdot V}{A_2}$$

Αφαιρώντας τα δύο σκέλη βρίσκω τον δείκτη ΔA:

$$\Delta A = A_2 - A_1 \quad (\text{ m}^2). \quad [6]$$

Το ΔA περιγράφει (ανάλογα με το πρόσημο) αν πρέπει να τοποθετήσεις ή να αφαιρέσεις ηχοαπορροφητικά υλικά για να φτάσει ο χρόνος αντήχησης την τιμή της θεωρίας, ανάλογα με τη χρήση.

Στο παραπάνω πίνακα ανάλογα με το χρώμα, φαίνεται αν και πόσα m² ηχοαπορροφητικού υλικού πρέπει να αφαιρεθούν (κόκκινο χρώμα, αρνητικό πρόσημο) ή να προστεθούν (πράσινο χρώμα, θετικό πρόσημο) για να αποκτήσει η αίθουσα την ιδανική ακουστική συμπεριφορά για κάθε χρήση.

6. Συμπεράσματα

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, έγινε απόπειρα εκτίμησης της ηχοπροστασίας και της ακουστικής συμπεριφοράς τεσσάρων αιθουσών στο Π.Σ. Βόλου.

Υπολογίστηκαν οι χρόνους αντήχησης (RT60) και οι δείκτες RASTI – STI και Dn και βγήκαν συμπεράσματα για την ακουστική συμπεριφορά τους.

Τα αποτελέσματα που βρήκα μας δείχνουν αρκετά καλή συμπεριφορά στην εσωτερική ακουστική και των τεσσάρων αιθουσών. Παρ' όλα αυτά όσο αφορά την ηχοαπορροφητικότητα του κελύφους, καμία αίθουσα δε φαίνεται να απορροφά σημαντικό ποσοστό του θορύβου. Βέβαια η πόλη του Βόλου δεν έχει ιδιαίτερα υψηλό αστικό θόρυβο, ώστε να είναι απαραίτητη υψηλή ηχοπροστασία στα κτήρια.

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, ήταν αδύνατο να βγάλω ασφαλή συμπεράσματα για το RASTI – STI, σε τρεις από τις τέσσερις αίθουσες, επομένως πρόταση για περεταίρω μελέτη είναι ίσως επιπλέον υπολογισμός των RASTI – STI ,με άλλα εργαλεία και άλλων δεικτών εκτίμησης ακουστικής συμπεριφοράς, για να αποκτηθεί πιο καθαρή εικόνα για την ακουστική συμπεριφορά των αιθουσών.

7. Βιβλιογραφία

7.1. Ελληνική βιβλιογραφία

Αγγελοπούλου Σοφία.,2005. Η ιστορία του Βόλου μετά την απελευθέρωση (1881 - 1897), μέσα από την εικονοπλαστική πραγματικότητα», Πρόγραμμα Σπουδών Επιλογής - Μουσειοπαιδαγωγική Εκπαίδευση. Πτυχιακή εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Αθανασόπουλος Χ., 2005. Προστασία κτηρίων θερμομόνωση ηχομόνωση ηχοπροστασία. Αθήνα. Έκδοση γ.Χρήστος Αθανασόπουλος

Αθανασόπουλος Χρ.,1991. Προστασία κτιρίων, θερμομόνωση - ηχομόνωση - ηχοπροστασία. Αθήνα.

Βαχαβιώλος Κ. Δημήτριος., Σεπτέμβριος 2018, Ακουστικός σχεδιασμός αίθουσα ακροατηρίου, μελέτη ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης για την εν λόγω αίθουσα και σύνθεση διαδραστικής ηλεκτροακουστικής μουσικής για παράσταση χοροθεάτρου. Πάτρα. Διπλωματική εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Βογιατζής Κωνσταντίνος., Χαϊκάλη Σοφία., Τζίκα – Χατζοπούλου Αλίκη., 2009. Προστασία του Ελληνικού Ακουστικού Τοπίου Θεσμικό πλαίσιο για τον Περιβαλλοντικό Θόρυβο. Αθήνα. Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

Γεωργιοπούλου Βασιλική.,Νοέμβριος 2014. Προστασία από θορύβους μουσικής κέντρων διασκέδασης στην Ελλάδα· Συμβολή στη μελέτη του σχετικού νομοθετικού πλαισίου. Αθήνα. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Γκέκα Σπυριδούλα., Νοέμβριος 2016. Διορθωτική Ακουστική Νεοκλασικών Αιθουσών Διαλέξεων Μνημειακού Μεγέθους. Αθήνα. Διπλωματική εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Δήμος Βόλου, Καλλιτεχνικός οργανισμός, “Τμήματα”. Τεύχος που διανέμεται φωτοτυπημένο από το Δημοτικό θέατρο Βόλου

Δήμος Βόλου, Δημοτική επιχείρηση μελετών και κατασκευών., Δεκέμβριος 1994. Παλιά Ηλεκτρική Εταιρία Βόλου Old Electric Power Plant. Βόλος.

Ζαρούχας Θ., Χατζηαντωνίου Π., Τσιλφίδης Α., 2013. Πολυμεσικές Εφαρμογές Ήχου. Πάτρα. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Ζαρούχας Θ., Χατζηαντωνίου Π., Τσιλφίδης Α., 2013. Πολυμεσικές Εφαρμογές Ήχου. Πάτρα. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

- Κολτσάρας Λευτέρης, 2012. 'Παλαιά Ηλεκτρική Βόλου': Μία τοπική αξία 100 ετών [Online] 2 (Νοεμβρίου), Διαθέσιμο στη: <https://www.citybranding.gr/2012/11/100.html> [Ανακτήθηκε 3 Δεκεμβρίου 2019]
- Κοντομίχος Φ., Ποτηράκης Σ., Χατζηαντωνίου Π., 2013. Λογισμικό και Μέθοδοι για Ακουστικό Σχεδιασμό. Πάτρα. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Μαυρατζάς Βασίλης., Στραγαλινού Μαρία, 2005. Αστικοί Διάδρομοι Ενοποίηση ακαλύπτων, δημιουργία πεζογέφυρας- χώρων πολιτισμού και αναδιαμόρφωση της Παλαιάς Ηλεκτρικής στην πόλη του Βόλου. Διπλωματική εργασία. Επιβλέποντες καθηγητές: Γαβρήλου Έβελυν Γιαννίση Φοίβη. Βιβλιοθήκη Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
- Ομάδα εργασίας ΕΛ.ΙΝ.Α., 2010. Νέος Ελληνικός Κανονισμός Κτιριακής Ηχοπροστασίας. Αθήνα. ΕΛ.ΙΝ.Α.
- Παλιούρας Δημήτρης., 2004. Η αρχιτεκτονική εξέλιξη της πόλης του Βόλου, Ο Βόλος και η περιοχή του στην ιστορική τους διαδρομή. Βόλος. Εταιρία Θεσσαλικών Ερευνών, Γενική Γραμματεία Ολυμπιακών αγώνων, Υπουργείο Πολιτισμού.
- Σιάτρα Ε. Μυρτώ., Φεβρουάριος 2010. Μέτρηση και ανάλυση ακουστικής και ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης του Συνεδριακού Κέντρου Πανεπιστημίου Πατρών. Πάτρα. Πανεπιστήμιο Πατρών, τμήμα Ηλεκτρολογων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών.
- Σκαρλάτος Δ., 2012. Εφαρμοσμένη Ακουστική. Πάτρα. Εκδόσεις Gotsis.
- Σκαρλάτος Δ., 2013. Εισαγωγή στις Μεθόδους Ηχομόνωσης και Ηχοπροστασίας. Πάτρα. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Σκαρλάτος Δ., 2013. Εισαγωγή στις Μεθόδους Ηχομόνωσης και Ηχοπροστασίας. Πάτρα. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Τριάντου Γ. Ελένη., 1994. Ο Βόλος μέσα από την ομίχλη του χρόνου. Βόλος. Γραφή.
- Τσιλφίδης Α., 2013. Ακουστική και Αρχιτεκτονική. Πάτρα. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Τσινίκας, Νίκος., 2005. Ακουστικός σχεδιασμός χώρων θέατρα – αμφιθέατρα – αίθουσες συναυλιών – χώροι πολλαπλών χρήσεων. Δεύτερη έκδοση. Θεσσαλονίκη. University Studio Press.
- Ψαρρέας, Ηλίας, 2004. Δημόσια κτίρια του Βόλου που δεν υπάρχουν πια. Εν Βόλω 15. ΔΗ.Κ.Ι. Δήμου Βόλου.

7.2. Ξένη βιβλιογραφία

A. P. Oliveira Carvalho, Amorim Faria., 3-4 December 1998. Acoustic Regulations in European Union Countries. Dublin Ireland. Conference in Building Acoustics - Acoustic Performance of Medium-Rise Timber Buildings.

Barron Michael., 2010. Auditorium Acoustics and Architectural Design. Second edition. Abingdon, Spon Press.

Vogiatzis K., 2014. Building acoustics throughout Europe - Volume 2: Housing and construction types country by country, © COST Office and authors

Vogiatzis Konstantinos, Strategic noise mapping in Greece & Cyprus - Some considerations regarding delays and particularities in South European countries from the implementation of the Directive 2002/49/ EC, Internoise 2013 - Noise Control for Quality of Life, 15-18 Sept 2013, Innsbruck.

Rossing Thomas D., 2007. Handbook of Acoustics.2nd edition. New York. Springer.

7.3. Online σύνδεσμοι

<https://tascam.com/us/product/dr-100mkii/spec>, last access 15/03/2019

<http://dimosvolos.gr/agria/?cat=22> last access 17/03/2019

<https://www.01db.com/sound-level-meters/>, last access 15/03/2019

<https://volosmagnisia.wordpress.com/2013/05/17/εξωραϊστική-λέσχη-πρώην-μέγαρο-σαραφ/> last access 20/2/2020

<http://doepap.gr/theatro-palias-ilektrikis-eterias/> last access 20/02/2020

<http://www.am-acoustics.com/index.php/our-products/brand-acoem/building-acoustic/31-dbbati-software-for-building-acoustics> last access 20/02/2020

<http://www.myvolos.net/κοσμικό-γεγονός-η-συναυλία-της-κιθαρ/> last access 20/02/2020

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-65002008000300007&script=sci_arttext, last access 21/02/2020

<https://acomelectronics.com/forum/viewtopic.php?t=25>, last access 20/02/2020

<https://e-thessalia.gr/ekthamvotiki-i-kamerara-neon-sto-festival-toy-porfyrogeneioy-stin-agria/>, last access 20/02/2020

<https://www.01db.com/our-solutions/our-products/accessories/noise-sources/>, last access 17/03/2020

<https://www.atp-instrumentation.co.uk/blog/what-is-leq-integrating-sound-level-meters/> last access 19/02/2020

<https://www.avsite.gr/forum/threads/Ανατομία-Ακουστικής-Χώρων-remastered.79626/page-5> last access 21/02/2020

<https://www.kathimerini.gr/1058921/article/ygeia/ygeia-epikairothta/hxorypansh-o-yroylos-ex8ros-ths-ka8hmerinothtas> last access 19/03/2020

<https://www.kathimerini.gr/761228/article/politismos/moysikh/festival-eymeleia-me-moysikh-dwmatioy-sth-skia-toy-phlioy> last access 20/02/2020

<https://www.castlegroup.co.uk/guidance/octave-bands/>, last access 23/02/2020

<https://volospress.gr/palia-ilektriki-volou-fdb-15-2-1998/> last access 20/02/2020

8. Ευρετήρια

8.1. Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 2.1.1: Γραφική απεικόνιση απευθείας ήχου και ανακλάσεων, σε συνάρτηση με το χρόνο. [Πηγή: Βαχιαβώλος, 2018:5]	7
Εικόνα 2.1.2: Απεικόνιση μορφής κρουστικής απόκρισης πραγματική αίθουσας εκδηλώσεων. [Πηγή: https://www.researchgate.net/figure/Impulse-response-of-the-real-concert-hall_fig5_4321278 , last access 21/02/2020]	8
Εικόνα 2.1.3: Προσέγγιση της εξίσωσης του δέλτα του Dirac. [Πηγή: https://www.researchgate.net/figure/Approximation-of-Dirac-delta-function_fig11_258379289 , last access 21/02/2020]	8
Εικόνα 2.1.4: Απεικόνιση μείωσης στάθμης του ανακλώμενου σήματος κατά 30dB (T30). [Πηγή: Rossing, 2007]	10
Εικόνα 2.1.5: Προτεινόμενος χρόνος αντήχησης για 500 – 1000 Hz για αίθουσες ομιλίας σε σχέση με τον όγκο. [Πηγή: Cremer & Müller, 1982]	11
Εικόνα 2.1.6: Προτεινόμενος χρόνος αντήχησης 500 – 1000 Hz για αίθουσες μουσικής σε σχέση με τον όγκο. [Πηγή: Cremer & Müller, 1982]	11
Εικόνα 2.1.7: Επιθυμητές τιμές Χρόνου Αντήχησης για αίθουσες ακρόασης ομιλίας συναρτήσει του όγκου (V). Άνω όριο: Επιτυγχάνονται σχετικά υψηλές στάθμες θορύβου, Κάτω όριο: Επιτυγχάνεται σχετικά υψηλή υποκειμενική ευκρίνεια. (Cremer et al 1982). [Πηγή: Σ. Γκέκα, 2016:32]	12
Εικόνα 2.1.8: Οι πηγές θορύβου στο αστικό περιβάλλον, οφείλονται για την υποβάθμιση του ακουστικού περιβάλλοντος. [Πηγή: https://www.kathimerini.gr/1058921/article/ygeia/ygeia-epikairothta/hxorypansh-o-yroylos-ex8ros-ths-ka8hmerinothtas , last access 19/02/2020]	16
Εικόνα 2.2.1: Μορφή διαγράμματος dB στο χρόνο, για ένα τυχαίο ηχητικό γεγονός. [Πηγή: https://www.atp-instrumentation.co.uk/blog/what-is-leq-integrating-sound-level-meters/ , last access 19/02/2020]	18
Εικόνα 2.2.2: Διαγράμματα που απεικονίζει το Sound Exposure για το παραπάνω τυχαίο ηχητικό γεγονός. [Πηγή: https://www.atp-instrumentation.co.uk/blog/what-is-leq-integrating-sound-level-meters/ , last access 19/02/2020]	18

Εικόνα 2.2.3: Το ευθύγραμμο τμήμα στο παραπάνω διάγραμμα απεικονίζει την τιμή του L_{eq} για το παραπάνω τυχαίο ηχητικό γεγονός. [Πηγή: https://www.atp-instrumentation.co.uk/blog/what-is-leq-integrating-sound-level-meters/ , last access 19/02/2020]	19
Εικόνα 2.3.1: Το γράφημα παρουσιάζει ένα παράδειγμα ενός τυπικού φάσματος οκταβικής ζώνης όπου το επίπεδο των 250 Hz είναι το υψηλότερο. [Πηγή: https://www.castlegroup.co.uk/guidance/octave-bands/ last access 21/02/2020]	20
Εικόνα 2.3.2: Στιγμιότυπο οθόνης από ηχόμετρο dBAir σε 1/1 οκταβική ζώνη και σε αυτή τη περίπτωση βλέπει κανείς τα 2kHz να δίνουν τη μεγαλύτερη τιμή θορύβου. [Πηγή: https://www.castlegroup.co.uk/guidance/octave-bands/ last access 21/02/2020]	21
Εικόνα 2.3.3: : Στιγμιότυπο οθόνης από ηχόμετρο dBAir σε 1/3 οκταβική ζώνη, για το ίδιο ηχητικό γεγονός (τον ίδιο θόρυβο) με την παραπάνω εικόνα. Όπως διακρίνεται εύκολα κάθε 1/1 οκτάβα έχει διαιρεθεί σε τρία μέρη. [Πηγή: https://www.castlegroup.co.uk/guidance/octave-bands/ last access 21/02/2020]	21
Εικόνα 2.1.1: Σκαρίφημα που δείχνει πως παρεμβαίνει το κέλυφος και παρέχει την ηχομόνωση σε ένα κτήριο. [Πηγή: https://www.explainthatstuff.com/soundproofing.html last access 20/02/2020]	23
Εικόνα 2.3.1: Βέλτιστες τιμές χρόνου αντήχησης για διάσημους δημόσιους χώρους κατά τον Beranek [Πηγή: Γκέκα Σπυριδούλα, Διορθωτική Ακουστική Νεοκλασικών Αιθουσών Διαλέξεων Μνημειακού Μεγέθους:17]	29
Εικόνα 3.1.1: Γραφική απεικόνιση ροζ θορύβου σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων. Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνει η συχνότητα μειώνεται το πλάτος του σήματος. [Πηγή: https://acomelectronics.com/forum/viewtopic.php?t=25 , last access 20/02/2020]	35
Εικόνα 3.1.2: Σχηματική απεικόνιση τοποθέτησης εξοπλισμού για την διεξαγωγή του πειράματος.[Πηγή: Βαχιαβιώλος, 2018: 6, ίδια επεξεργασία]	36
Εικόνα 3.1.3: Τοποθέτηση ηχομέτρου στον προαύλιο χώρο του θεάτρου της Παλαιάς Ηλεκτρικής. [Πηγή: Προσωπικό αρχείο, ημερομηνία λήψης 12/03/2019]	37
Εικόνα 3.2.1: Μπροστινή όψη TASCAM PORTABLE RECORDER DR-100MKII [Πηγή: https://tascam.com/us/product/dr-100mkii/spec , last access 15/03/2019]	38
Εικόνα 3.2.2: Πλάγια δεξιά όψη 01dB - Model SOLO Black Edition - Modular Sound Level Meter. [Πηγή: https://www.01db.com/sound-level-meters/ , last access 15/03/2019]	38
Εικόνα 3.2.3: Πλάγια αριστερή όψη 01dB GBS-S DIRECTIONAL NOISE SOURCE [Πηγή: https://www.01db.com/our-solutions/our-products/accessories/noise-sources/ , last access 17/03/2020]	39
Εικόνα 3.3.1: Στην φωτογραφία το αρχικό κτήριο, σε μια φωτογραφία του Ιωσαφάτ. [Πηγή: Εν Βόλω, τ.5]	40
Εικόνα 3.3.2: Η εξωτερική μορφή του κτηρίου, όπου στεγάζεται η εξωραϊστική λέσχη, όπως απεικονίζεται σε φωτογραφίες από το αρχείο της Διεύθυνση Υπηρεσίας Δόμησης Δήμου Βόλου. [Πηγή: Αρχείο Δ/νσης Υπηρεσίας Δόμησης Βόλου]	41
Εικόνα 3.3.3: Το κτήριο της εξωραϊστικής από ψηλά. Δορυφορική εικόνα από το google maps, όπου βλέπουμε τη θέση του κτηρίου μέσα στη πόλη. [Πηγή: Στιγμιότυπο από την υπηρεσία google maps, ημερομηνία λήψης 17/03/19, ίδια επεξεργασία]	42
Εικόνα 3.3.4: Φωτογραφία που απεικονίζει το εσωτερικό της αίθουσας εκδηλώσεων της Εξωραϊστικής Λέσχης Βόλου, όπως ήταν διαμορφωμένη τη ημέρα των μετρήσεων, πιθανόν για κάποια εκδήλωση.[Πηγή: Προσωπικό αρχείο, ημερομηνία λήψης 5/10/2018]	43
Εικόνα 3.3.5: Η αίθουσα κατά τη διάρκεια συναυλίας της “Κιθαριστικής Ορχήστρας Βόλου” στην Εξωραϊστική Λέσχη Βόλου.[Πηγή: http://www.mynolos.net/κοσμικό-γεγονός-η-συναυλία-της-κιθαρ/ , last access 20/02/2020]	43
Εικόνα 3.3.6: Κάτοψη της ισογείου της εξωραϊστικής. – Κλίμακα 1 : 100 [Πηγή: Προσωπικό αρχείο Κωνσταντίνου Αδαμάκη καθηγητή του τμήματος αρχιτεκτόνων μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας]	44

Εικόνα 3.3.7: Η όψη της Παλαιάς ηλεκτρικής το 1998, πριν την αποκατάσταση. [Πηγή: https://volospress.gr/palia-ilektriki-volou-fdb-15-2-1998/ last access 20/02/2020]	45
Εικόνα 3.3.8: Η όψη του κτηρίου που στεγάζει το Θέατρο της Παλαιάς Ηλεκτρικής σήμερα. [Πηγή: Μαυράντζας Βασίλης, 2005:9]	46
Εικόνα 3.3.9: Το κτήριο της Παλαιάς Ηλεκτρικής από ψηλά. Δορυφορική εικόνα από το google maps, όπου βλέπουμε τη θέση του κτηρίου μέσα στη πόλη. [Πηγή: Στιγμιότυπο από την υπηρεσία google maps, ημερομηνία λήψης 17/03/19, ίδια επεξεργασία]	46
Εικόνα 3.3.10: Φωτογραφία που απεικονίζει το εσωτερικό της αίθουσας του θεάτρου σήμερα. [Πηγή: http://doerap.gr/theatro-palias-ilektrikis-eterias/ , last access 20/02/2020]	47
Εικόνα 3.3.11: Φωτογραφία που απεικονίζει το εσωτερικό της αίθουσας του θεάτρου σήμερα, τραβηγμένη από τη σκηνή. [Πηγή: http://doerap.gr/theatro-palias-ilektrikis-eterias/ , last access 20/02/2020]	47
Εικόνα 3.3.12: Κάτοψη του θεάτρου της Παλαιάς Ηλεκτρικής – Κλίμακα 1:50. [Πηγή: «Αστικοί Διάδρομοι Ενοποίηση ακαλύπτων, δημιουργία πεζογέφυρας- χώρων πολιτισμού και αναδιαμόρφωση της Παλαιάς Ηλεκτρικής στην πόλη του Βόλου, που βρίσκεται στην βιβλιοθήκη του πανεπιστημίου Θεσσαλίας», Μαυράντζας Βασίλης, 2005:30, ίδια επεξεργασία]	48
Εικόνα 3.3.13: Εξωτερική όψη του πολιτιστικού κέντρου Αγριάς – Ίδρυμα Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη όπως φαίνεται από την εφαρμογή google street view. [Πηγή: Στιγμιότυπο οθόνης από την εφαρμογή street views, ημερομηνία λήψης 20/02/2020]	49
Εικόνα 3.3.14: Το κτήριο του Πορφυρογένιου ιδρύματος από ψηλά. Δορυφορική εικόνα από το google maps, όπου βλέπουμε τη θέση του κτηρίου μέσα στον οικισμό της Αγριάς. [Πηγή: Στιγμιότυπο από την υπηρεσία google maps, ημερομηνία λήψης 17/03/19, ίδια επεξεργασία]	50
Εικόνα 3.3.15: Φωτογραφία του θεάτρου όπως φαίνεται από τη σκηνή που τραβήχτηκε κατά την διάρκεια των μετρήσεων με το ηχώμετρο. [Πηγή: Προσωπικό αρχείο, ημερομηνία λήψης 20/07/2018]	51
Εικόνα 3.3.16: Στιγμιότυπο από συναυλία στα πλαίσια του φεστιβάλ Ευμέλια που διοργανώνει το Ίδρυμα. [Πηγή: https://www.kathimerini.gr/761228/article/politismos/moysikh/festival-eymeleia-moysikh-dwmatioy-sth-skia-toy-phlioy , last access 20/02/2020]	51
Εικόνα 3.3.17: Κάτοψη του θεάτρου του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. – Κλίμακα 1 : 100. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]	52
Εικόνα 3.3.18: Φωτογραφία από το εσωτερικό της βιβλιοθήκης. [Πηγή: Προσωπικό αρχείο, ημερομηνία λήψης 20/07/18]	53
Εικόνα 3.3.19: Στιγμιότυπο από το φεστιβάλ Ευμέλια του 2018. [Πηγή: https://e-thessalia.gr/ekthamvotiki-i-kamerara-neon-sto-festival-toy-porfyrogeneioy-stin-agria/ , last access 20/02/2020]	54
Εικόνα 3.3.20: Κάτοψη της βιβλιοθήκης του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. – Κλίμακα 1 : 100. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]	54
Εικόνα 4.1.1: Γραφική αναπαράσταση του χρόνου αντήχησης στα 10 σημεία που επιλέχθηκαν και φαίνονται στην κάτοψη της Εξωραϊστικής. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]	57
Εικόνα 4.1.2: Γραφική αναπαράσταση του μέσου χρόνου αντήχησης όπως υπολογίστηκε από τις μετρήσεις στην αίθουσα της Εξωραϊστικής Λέσχης. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]	59
Εικόνα 4.1.3: Ο μέσος όρος χρόνου αντήχησης, όπως μετρήθηκε σε κάθε σημείο που επιλέχθηκε για το πείραμα. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]	60
Εικόνα 4.1.4: Χρονική ιστορία στάθμης θορύβου κατά τη διάρκεια της μέτρησης έξω από την αίθουσα Leq_{out} . [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]	61
Εικόνα 4.1.5: Κατανομή ύψους θορύβου. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]	62
Εικόνα 4.1.6: Φασματική χρονική ιστορία θορύβου στη χρονική διάρκεια των μετρήσεων. [Πηγή: Ίδια επεξεργασία]	62

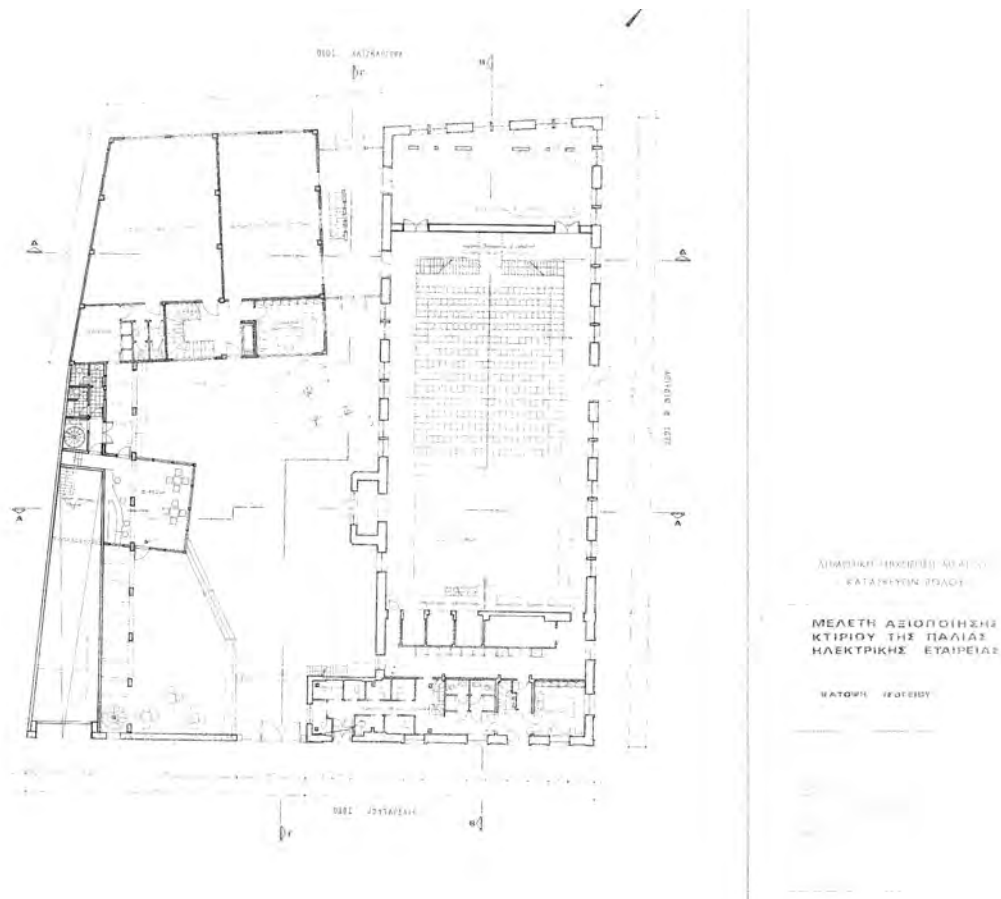
Εικόνα 4.2.1: Γραφική αναπαράσταση του χρόνου αντήχησης στα 10 σημεία που επιλέχθηκαν και φαίνονται στην κάτοψη του θεάτρου της Παλαιάς Ηλεκτρικής. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	65
Εικόνα 4.2.2: Γραφική αναπαράσταση του μέσου χρόνου αντήχησης όπως υπολογίστηκε από τις μετρήσεις του θεάτρου της Παλαιάς Ηλεκτρικής. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	66
Εικόνα 4.2.3: Ο μέσος όρος χρόνου αντήχησης, όπως μετρήθηκε σε κάθε σημείο που επιλέχθηκε για το πείραμα. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	67
Εικόνα 4.2.4: Χρονική ιστορία στάθμης θορύβου κατά τη διάρκεια της μέτρησης έξω από την αίθουσα Leq_{out} . [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]	68
Εικόνα 4.2.5: Φασματική χρονική ιστορία θορύβου στη χρονική διάρκεια των μετρήσεων. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	68
Εικόνα 4.2.6: Κατανομή ύψους θορύβου. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	69
Εικόνα 4.3.1: Γραφική αναπαράσταση του χρόνου αντήχησης στα 10 σημεία που επιλέχθηκαν και φαίνονται στην κάτοψη της αίθουσας εκδηλώσεων του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	71
Εικόνα 4.3.2: Γραφική αναπαράσταση του μέσου χρόνου αντήχησης όπως υπολογίστηκε από τις μετρήσεις στην αίθουσα εκδηλώσεων του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	72
Εικόνα 4.3.3: Ο μέσος όρος χρόνου αντήχησης, όπως μετρήθηκε σε κάθε σημείο που επιλέχθηκε για το πείραμα. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	73
Εικόνα 4.3.4: Χρονική ιστορία στάθμης θορύβου κατά τη διάρκεια της μέτρησης έξω από την αίθουσα Leq_{out} . [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]	74
Εικόνα 4.3.5: Κατανομή ύψους θορύβου. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]	74
Εικόνα 4.3.6: Φασματική χρονική ιστορία θορύβου στη χρονική διάρκεια των μετρήσεων. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]	75
Εικόνα 4.4.1: Γραφική αναπαράσταση του χρόνου αντήχησης στα 10 σημεία που επιλέχθηκαν και φαίνονται στην κάτοψη της αίθουσας της βιβλιοθήκης του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	77
Εικόνα 4.4.2: Γραφική αναπαράσταση του μέσου χρόνου αντήχησης όπως υπολογίστηκε από τις μετρήσεις στην αίθουσα της βιβλιοθήκης του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	78
Εικόνα 4.4.3: Ο μέσος όρος χρόνου αντήχησης, όπως μετρήθηκε σε κάθε σημείο που επιλέχθηκε για το πείραμα. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	78
Εικόνα 4.4.4: Χρονική ιστορία στάθμης θορύβου κατά τη διάρκεια της μέτρησης έξω από την αίθουσα Leq_{out} . [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]	79
Εικόνα 4.4.5: Κατανομή ύψους θορύβου. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	80
Εικόνα 4.4.6: Φασματική χρονική ιστορία θορύβου στη χρονική διάρκεια των μετρήσεων. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	80
Εικόνα 4.4.7: Αποτελέσματα RASTI σε κάθε ένα σημείο της αίθουσας της βιβλιοθήκης σε σύγκριση με τον Μ.Ο. των αποτελεσμάτων. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]	82
Εικόνα 4.4.8: Αποτελέσματα STI σε κάθε ένα σημείο της αίθουσας της βιβλιοθήκης σε σύγκριση με τον Μ.Ο. των αποτελεσμάτων. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]	82
Εικόνα 4.4.9: Συγκεντρωτικός πίνακας αληθινών μετρήσεων $RT(60)$ στο πεδίο σε συνάρτηση με τους θεωρητικούς ιδανικούς χρόνους αντήχησης σε κάθε χρήση. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	84
Εικόνα 8.2.1: Κάτοψη ισογείου της Παλιάς Ηλεκτρικής Εταιρίας – Κλίμακα 1:50, μελετητές: Γεωργίου Ρέα, Παπανάτσιου Κατερίνα, Κιουτέλογλου Άρτεμις, Σισμάνης Γιώργος, Νοέμβριος 1995. [Πηγή: Αρχείο Υπηρεσίας Δόμησης Βόλου]	96
Εικόνα 8.2.2: Τομές Α-Α και Β-Β του κτηρίου Παλιάς Ηλεκτρικής Εταιρίας – Κλίμακα 1:100, μελετητές: Γεωργίου Ρέα, Παπανάτσιου Κατερίνα, Κιουτέλογλου Άρτεμις, Σισμάνης Γιώργος, Νοέμβριος 1995. [Πηγή: Αρχείο Υπηρεσίας Δόμησης Βόλου]	97

8.2. Ευρετήριο πινάκων

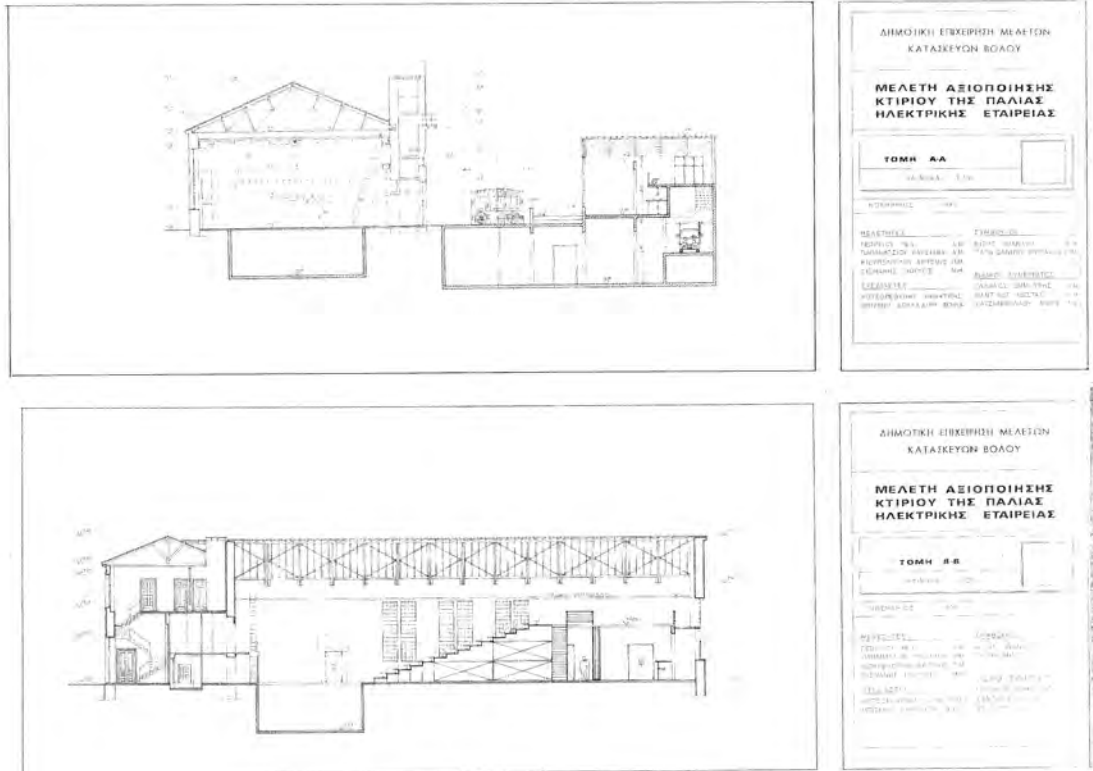
Πίνακας 2.1.1: Κλίμακα αξιολόγησης της καταληπτότητας της ομιλίας με βάση της τιμές RASTI. [Πηγή: Βαχαβιώλος, 2018:9]	15
Πίνακας 2.1.2: Παράμετροι ακουστικής άνεσης [Πηγή: ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΑΚΗΣ ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ, Πρόταση ομάδας εργασίας του ΕΛΙΝΑ, 2010: 7]	17
Πίνακας 2.2.1: Προτεινόμενα όρια θορύβου για λειτουργία εγκαταστάσεων και διαφόρων σημειακών δραστηριοτήτων στο αστικό περιβάλλον. [Πηγή: Βογιατζής Κωνσταντίνος «Προστασία του Ελληνικού Ακουστικού Τοπίου Θεσμικό πλαίσιο για τον Περιβαλλοντικό Θόρυβο»:220]	28
Πίνακας 2.3.1: Ειδικοί όγκοι αιθουσών. [Πηγή :Σκαρλάτος, 2015]	29
Πίνακας 2.4.1: Σταθερές για υπολογισμό του χρόνου αντήχησης σε διάφορους χώρους. [Πηγή: Σκαρλάτος, 2015].	30
Πίνακας 2.4.2: Βέλτιστες τιμές χρόνου αντήχησης. [Πηγή: Σκαρλάτος, 2015]	31
Πίνακας 2.5.1: Περιγραφή της υποκειμενικής αντίληψης των καθημερινών θορύβων από γειτονικές χρήσεις [Πηγή: ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΑΚΗΣ ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ, Πρόταση ομάδας εργασίας του ΕΛΙΝΑ, 2010: 10]	31
Πίνακας 2.5.2: Χώροι συναθροίσεως κοινού. [Πηγή: ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΑΚΗΣ ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ, Πρόταση ομάδας εργασίας του ΕΛΙΝΑ, 2010: 23]	32
Πίνακας 3.3.1: Υλικά αίθουσας Εξωραϊστικής Λέσχης. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]	44
Πίνακας 3.3.2: Υλικά αίθουσας Παλαιάς Ηλεκτρικής. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]	48
Πίνακας 3.3.3: Υλικά αίθουσας αίθουσας εκδηλώσεων Πορφυρογένιου Ιδρύματος. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]	52
Πίνακας 3.3.4: Υλικά αίθουσας εκδηλώσεων Πορφυρογένιου Ιδρύματος. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	55
Πίνακας 4.1.1: Τα αποτελέσματα του χρόνου αντήχησης (Reverberation Time), όπως μετρήθηκαν με το ηχόμετρο, στην αίθουσα εκδηλώσεων της εξωραϊστικής λέσχης Βόλου. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	56
Πίνακας 4.1.2: Ο μέσος χρόνος αντήχησης σε κάθε συχνότητα μέτρησης στην αίθουσα εκδηλώσεων της Εξωραϊστικής Λέσχης Βόλου. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	58
Πίνακας 4.1.3: Δείκτης Leq_{out} , καθώς και οι min και max τιμές που πήρε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένες σε dB(A). [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	61
Πίνακας 4.1.4: Η τιμή του δείκτη Leq_{in} , που διαμορφώθηκε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένη σε dB(A). [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	63
Πίνακας 4.1.5: Συγκεντρωτικός πίνακας με τους δείκτες Leq_{out} , Leq_{in} και Dn για το κτήριο της εξωραϊστικής. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	63
Πίνακας 4.2.1: Τα αποτελέσματα του χρόνου αντήχησης (Reverberation Time), όπως μετρήθηκαν με το ηχόμετρο, στην αίθουσα του θεάτρου της Παλαιάς Ηλεκτρικής Εταιρίας Βόλου. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	64
Πίνακας 4.2.2: Ο μέσος χρόνος αντήχησης σε κάθε συχνότητα μέτρησης στην αίθουσα του θεάτρου της Παλαιάς Ηλεκτρικής. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	65
Πίνακας 4.2.3: Δείκτης Leq_{out} , καθώς και οι min και max τιμές που πήρε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένες σε dB(A). [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	67
Πίνακας 4.2.4: Η τιμή του δείκτη Leq_{in} , που διαμορφώθηκε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένη σε dB(A). [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	69

Πίνακας 4.2.5: Συγκεντρωτικός πίνακας με τους δείκτες Leq_{out} , Leq_{in} και D_n για το κτήριο της Παλαιάς Ηλεκτρικής. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	70
Πίνακας 4.3.1: Τα αποτελέσματα του χρόνου αντήχησης (Reverberation Time), όπως μετρήθηκαν με το ηχόμετρο, στην αίθουσα εκδηλώσεων του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	70
Πίνακας 4.3.2: : Ο μέσος χρόνος αντήχησης σε κάθε συχνότητα μέτρησης στην αίθουσα εκδηλώσεων του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	71
Πίνακας 4.3.3: Δείκτης Leq_{out} , καθώς και οι min και max τιμές που πήρε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένες σε $dB(A)$. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	73
Πίνακας 4.3.4: Η τιμή του δείκτη Leq_{in} , που διαμορφώθηκε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένη σε $dB(A)$. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	75
Πίνακας 4.3.5: Συγκεντρωτικός πίνακας με τους δείκτες Leq_{out} , Leq_{in} και D_n για την αίθουσα εκδηλώσεων στο ίδρυμα Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	76
Πίνακας 4.4.1: Τα αποτελέσματα του χρόνου αντήχησης (Reverberation Time), όπως μετρήθηκαν με το ηχόμετρο, στην βιβλιοθήκη του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη (σημεία 1-10). [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	76
Πίνακας 4.4.2: Τα αποτελέσματα του χρόνου αντήχησης (Reverberation Time), όπως μετρήθηκαν με το ηχόμετρο, στην βιβλιοθήκη του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη (σημεία 1.1. – 1.5.). [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	76
Πίνακας 4.4.3: : Ο μέσος χρόνος αντήχησης σε κάθε συχνότητα μέτρησης στην αίθουσα της βιβλιοθήκης του Ιδρύματος Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	77
Πίνακας 4.4.4: Δείκτης Leq_{out} , καθώς και οι min και max τιμές που πήρε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένες σε $dB(A)$. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	79
Πίνακας 4.4.5: Η τιμή του δείκτη Leq_{in} , που διαμορφώθηκε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, σταθμισμένη σε $dB(A)$. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	81
Πίνακας 4.4.6: Συγκεντρωτικός πίνακας με τους δείκτες Leq_{out} , Leq_{in} και D_n για την αίθουσα της βιβλιοθήκης στο ίδρυμα Νικολάου και Ελένης Πορφυρογένη. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	81
Πίνακας 4.4.7: Συγκεντρωτικός πίνακας όγκου που αντιστοιχεί κατά άτομο στις αίθουσες. [Πηγή: Ιδία Επεξεργασία]	83
Πίνακας 4.4.8: Συγκεντρωτικός πίνακας δεικτών ηχοαπορροφητικότητας (Raw Insulation) σε $db(A)$. [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	84
Πίνακας 4.4.9: Συγκεντρωτικός πίνακας ιδανικού RT σύμφωνα με τη θεωρία συναρτήσεων του όγκου της αίθουσας και των αληθινών μετρήσεων και DA . [Πηγή: Ιδία επεξεργασία]	85

9. Παράρτημα



Εικόνα 8.2.1: Κάτοψη ισογείου της Παλιάς Ηλεκτρικής Εταιρίας – Κλίμακα 1:50, μελετητές: Γεωργίου Ρέα, Παπανάτσιου Κατερίνα, Κιουτέλογλου Άρτεμις, Σισμάνης Γιώργος, Νοέμβριος 1995. [Πηγή: Αρχείο Υπηρεσίας Δόμησης Βόλου]



Εικόνα 8.2.2: Τομές Α-Α και Β-Β του κτηρίου Παλιάς Ηλεκτρικής Εταιρείας – Κλίμακα 1:100, μελετητές: Γεωργίου Ρέα, Παπανάτσιου Κατερίνα, Κιουτέλογλου Αρτεμης, Σισμάνης Γιώργος, Νοέμβριος 1995. [Πηγή: Αρχείο Υπηρεσίας Δόμησης Βόλου]



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΝΟΜΟΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ
ΝΟΜΙΚΟ ΠΡΟΣΩΠΟ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΔΙΚΑΙΟΥ ΔΗΜΟΥ ΒΟΛΟΥ
«ΔΗΜΟΤΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΠΑΙΔΙΟΥ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ
ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ - ΔΗ.Π.Ε.ΘΕ.
(Δ.Ο.Ε.Π.Α.Π. - ΔΗ.Π.Ε.ΘΕ.)»

Διεύθυνση : Πολιτισμού
Ταχ. Δ/ση : ΜΑΝΔΗΛΑΡΑ ΜΕ ΣΤΑΔΙΟΥ
Τ.Κ : 38446
Πληροφορίες : Δραντάκη Χρύσα
Τηλ./Φαξ : 2421082870
Email : infopolitismos@doepap.gr
Πληροφορίες : Δραντάκη Χρύσα

Ημερομηνία: 25/1/2019
Αριθμ. Πρωτ:1160/ΔΠ237

ΠΡΟΣ: Δ/ση Πολεοδομίας Βόλου

Θέμα: Εξουσιοδότηση

Εξουσιοδοτούμε την Λιαπίκου Ειρήνη, με αριθμό ταυτότητας ΑΖ 277529, να αναζητήσει και να παραλάβει αντίγραφα αρχιτεκτονικών σχεδίων του Θεάτρου της Παλαιάς Ηλεκτρικής Εταιρίας από το αρχείο της Υπηρεσίας σας. Παρακαλείσθε για τις δικές σας ενέργειες.

Η Προϊστάμενη της Διεύθυνσης Πολιτισμού
του Δ.Ο.Ε.Π.Α.Π. - ΔΗ.Π.Ε.ΘΕ. Δήμου Βόλου



Δραντάκη Χρύσα



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΝΟΜΟΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ
Δ.Ο.Ε.Π.Α.Π. - ΔΗ.Π.Ε.ΘΕ.

ΜΑΝΔΗΛΑΡΑ ΜΕ ΣΤΑΔΙΟΥ
Τηλ 2421091047
fax 2421091198

Εικόνα 8.2.3: Εξουσιοδότηση που εξασφαλίστηκε από την διεύθυνση πολιτισμού Δ.Ο.Ε.Π.Α.Π. - Δ.Η.Π.Ε.Θ.Ε. Δήμου Βόλου. [Πηγή: Δ.Ο.Ε.Π.Α.Π. - ΔΗ.Π.Ε.ΘΕ.]