

© Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2018

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία καθώς και τα αποτελέσματα αυτής, αποτελούν συνιδιοκτησία του ΕΑΠ και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης, αναπαραγωγής και αναδιανομής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα της Εργασίας καθώς και το όνομα του ΕΑΠ όπου εκπονήθηκε.

Επιτροπή Επίβλεψης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Μπάρκας Νικόλαος

καθηγητής Οικοδομικής Τεχνολογίας - Αρχιτεκτονικής Ακουστικής
Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Δ.Π.Θ.

Χουρμουζιάδου Καλλιόπη

Δρ. Αρχιτέκτων Μηχανικός Α.Π.Θ. – Σύμβουλος Ακουστικής

Ευχαριστίες,

στον επιβλέποντα Δρ. Μπάρκα Νικόλαο καθώς και στην συνεπιβλέπουσα Δρ. Χουρμουζιάδου Καλλιόπη για την υποστήριξη και την καθοδήγηση, συμπληρώνοντας επιμορφωτικά την αντίληψη μου σχετικά με τα γνωσιακά αντικείμενα που πραγματεύεται η παρούσα εργασία, συντελώντας παράλληλα στη βελτίωση της ποιότητας αυτής.

Επιπλέον, στους υπευθύνους του υπό μελέτη κτιριακού συγκροτήματος που μου επέτρεψαν την πρόσβαση σε αυτό ώστε να αντληθούν τα απαραίτητα στοιχεία για την ψηφιακή αποτύπωση του χώρου.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εξετάζει τα γενικά χαρακτηριστικά διάδοσης του ήχου, τους τρόπους ηχομετάδοσης καθώς και τους αντίστοιχους τρόπους αποτελεσματικής αντιμετώπισης του θορύβου με στόχο τη συμμόρφωση με την ισχύουσα νομοθεσία και προτυποποίηση αναφορικά με την ηχορύπανση και την ηχοπροστασία, δείχνοντας που επιδεικνύουν το πολιτισμικό επίπεδο μια σύγχρονης κοινωνίας. Ειδικότερα εξετάζεται η περίπτωση υφιστάμενου κτιριακού συγκροτήματος που βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας όπου η κεντρική αίθουσα λειτουργεί ως κέντρο διασκέδασης ενώ ο υπαίθριος χώρος έχει σχεδόν ανάλογη χρήση, αλλά με χαμηλότερες ηχητικές στάθμες. Σκοπεύοντας σε μία προσπάθεια αναβάθμισης ολοκλήρου του κτιρίου ως μουσικού πολυχώρου, ενσωματώθηκαν ένα στούντιο εκπομπής ζωντανού προγράμματος διαδικτυακού ραδιοφώνου και ένα δισκοπωλείο. Η παρούσα μελέτη περιλαμβάνει αρχικά μία βιβλιογραφική επισκόπηση στο θεωρητικό υπόβαθρο της πρόβλεψης, εκτίμησης και αντιμετώπισης του θορύβου σε ανοικτούς και κλειστούς χώρους. Στη συνέχεια εξετάζεται το υφιστάμενο κέλυφος και δίδεται ψηφιακή αρχιτεκτονική απεικόνιση του κτιρίου αλλά και της ευρύτερης περιοχής, σε ακτίνα οικοδομικού τετραγώνου. Ακολουθούν οι ηχομετρήσεις προσδιορισμού ηχητικών σταθμών εντός και εκτός του κέντρου διασκέδασης κατά τη λειτουργία καθώς και στο στούντιο μετάδοσης ψηφιακού ήχου ώστε να αποτιμηθούν τα κατάλληλα δεδομένα όσον αφορά την ηχομονωτική ικανότητα των απαραίτητων ενισχύσεων, ανάλογα με τα κριτήρια ησυχίας ως προς τις εκάστοτε γειτνιάσεις. Αναλύεται η μεθοδολογία της έρευνας και παρουσιάζονται υπολογιστικά αποτελέσματα με τη βοήθεια λογιστικών φύλλων και λογισμικών προγραμμάτων του εμπορίου. Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας.

Λέξεις Κλειδιά: Ηχομόνωση, Ηχοπροστασία, Αερόφερτος Θόρυβος, Δείκτης Ηχομείωσης, Κατάταξη ηχομείωσης, Νόμος της Μάζας, Ικανότητα Μετάδοσης Θορύβου, Ηχοπέτασμα, Αριθμός Fresnel, Κλωβός, Χάρτης Θορύβου.

ABSTRACT

The present study investigates the general characteristics of sound production generation and effective transmission methods in closed and open spaces, which are compliant with current regulations pertaining to noise pollution and protection, thus providing a level guideline for a modern society. The case study is that of an existing building complex in Athens city centre, specifically its central hall, used as an entertainment venue. The outdoor area hosts similar events, which are more subdued as regards noise levels. In an attempt to designate the entire building as a multi-purpose entertainment facility, it is proposed that a currently unused room be remodeled to accommodate a live web radio broadcast studio and a record store. In the present study, there is an initial review of open and closed space noise assessment based on previous studies and literature. The existing building is then presented as a shell and a computer generated architectural design is proposed for the facility as well as an area within a specified radius of the building block. Analyses and measurements of sound levels are calculated within and outside the entertainment center and broadcast studio during operation, in order to identify and adhere to the noise criteria of the neighborhood. Methods of planning and design for all proposals are outlined and supported by computer generated statistics, spread sheets and available commercial software for more accurate results. In conclusion, the results and summaries are drafted and presented.

Keywords: Soundproofing, Sound Insulation, Sound Protection, Airborne Noise, Noise Reduction Index, Noise Reduction Rank, Law of Mass, Noise Transmission Capacity, Noise Barrier, Cage , Noise Map.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	7
Abstract	9
Ευρετήριο Εικόνων.....	15
Ευρετήριο Πινάκων	21
Ευρετήριο Παρουσιάσεων.....	25
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	27
1.1. Γενικά.....	27
1.2. Στόχος της Έρευνας	27
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	29
2.1. Μετάδοση του ήχου σε κλειστούς χώρους	29
2.1.1. Τρόποι μετάδοσης και κατηγορίες θορύβου.....	29
2.1.2. Τρόποι μετάδοσης.....	28
2.1.3. Κατηγορίες θορύβου.....	31
2.2. Αερόφερτος Θόρυβος	32
2.2.1. Δείκτης ηχομείωσης αερόφερτου θορύβου.....	32
2.2.2. Πρόβλεψη και υπολογισμός ηχομείωσης απλών τοιχωμάτων.....	33
Το φαινόμενο της σύμπτωσης	34
Το φαινόμενο του συντονισμού	36
Ηχομονωτική συμπεριφορά απλών τοιχωμάτων	36
Προσεγγιστικός υπολογισμός δείκτη ηχομείωσης απλών τοιχωμάτων	36
2.2.3. Υπολογισμός δείκτη ηχομείωσης σύνθετων τοιχωμάτων	39
2.2.4. Πρόβλεψη και υπολογισμός ηχομείωσης διπλών τοιχωμάτων.....	39
Κατασκευαστικές προϋποθέσεις και πρακτικές εφαρμογές ηχομόνωσης αερόφερτου θορύβου για διπλά τοιχώματα	41

2.2.5. Επιδράσεις στην ηχομείωση του αερόφερτου θορύβου	43
2.2.6. Κατάταξη ηχομείωσης R_w	45
2.3. Ηχομείωση θορύβου σε κλειστούς χώρους.....	46
2.3.1. Υπολογισμός Ηχομείωσης Αερόφερτου θορύβου.....	46
Μετάδοση από κλειστό χώρο σε ανοικτό χώρο	46
Μετάδοση από κλειστό χώρο σε κλειστό χώρο.....	47
2.4. Ηχομείωση θορύβου σε ανοικτούς χώρους με εφαρμογές ηχοπετασμάτων..	47
2.4.1. Ηχομείωση από ηχοφράγματα.....	48
2.4.2. Επίδραση του εδάφους στην ηχομείωση.....	49
2.4.3. Επίδραση της απορρόφησης της επιφάνειας του ηχοπετάσματος.....	50
2.4.4. Επίδραση του πάχους του ηχοπετάσματος	50
2.4.5. Επίδραση της διαμόρφωσης των άκρων του ηχοπετάσματος.....	51
2.5. Ενόχληση από Θόρυβο – Καμπύλες κατάταξης θορύβου NR	52
2.6. Νομοθεσία σχετική με το θόρυβο.....	53
2.6.1. Κτιριοδομικός Κανονισμός	53
2.6.2. Θόρυβος στεγασμένων κέντρων διασκέδασης.....	54
2.7. Περιεχόμενα και Φάσεις μίας μελέτης.....	55
2.8. Θεωρητικό υπόβαθρο του λογισμικού Insul.....	56
2.9. Θεωρητικό υπόβαθρο του λογισμικού Olive Tree Lab.....	58
3. Ο ΧΩΡΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	59
3.1. Η αναζήτηση του χώρου.....	59
3.2. Ψηφιακή αποτύπωση του κτιριακού συγκροτήματος	59
3.3. Η υφιστάμενη λειτουργία του κτιριακού συγκροτήματος.....	63
3.4. Νέες διαμορφώσεις και πρόσθετες λειτουργίες στους χώρους του κτιριακού συγκροτήματος.....	64
3.5. Περιγραφές περιοχών μελέτης.....	67
3.5.1. Το κτιριακό συγκρότημα.....	67
3.5.2. Η ευρύτερη περιοχή.....	69
3.5.3. Ο υπαίθριος χώρος που λειτουργεί ηλεκτροακουστική εγκατάσταση.....	70

3.6. Ηχομονωτική αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης.....	70
3.6.1. Στάθμες επί της πρόσοψης.....	70
3.7. Ηχητικές στάθμες λειτουργίας.....	74
3.7.1. Ηχητικές στάθμες λειτουργίας του κέντρου διασκέδασης.....	74
3.7.2. Ηχητικές στάθμες λειτουργίας στο στούντιο του διαδικτυακού ραδιοφώνου.....	77
3.8. Απεικόνιση ηχομετρήσεων στους χώρους του κτιρίου.....	79
4. Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ της ΕΡΕΥΝΑΣ.....	83
4.1. Ηχομόνωση κέντρου διασκέδασης	83
4.2. Ηχομόνωση μεταξύ αίθουσας διαδικτυακού ραδιοφώνου και δισκοπωλείου.....	84
4.3. Ηχοπροστασία γειτονικών κτιρίων κατά τη λειτουργία ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης στον υπαίθριο χώρο.....	84
5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ και ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	87
5.1. Ηχομόνωση κέντρου διασκέδασης.....	87
5.1.1. Ηχομόνωση της βόρειας όψης του κτιριακού συγκροτήματος	87
5.1.2. Ηχομόνωση της στέψης του κτιριακού συγκροτήματος.....	93
5.1.3. Ηχομόνωση της ανατολικής όψης του κτιριακού συγκροτήματος.....	97
5.1.4. Ηχομόνωση της δυτικής όψης (πρόσοψη) του κέντρου διασκέδασης.....	102
5.1.5. Μέτρα ηχοπροστασίας του γραφείου στον ημιώροφο από τη λειτουργία του κέντρου διασκέδασης.....	104
5.2. Μέτρα ηχομόνωσης μεταξύ αίθουσας διαδικτυακού ραδιοφώνου και δισκοπωλείου.....	109
5.2.1. Πρώτη διαμόρφωση στούντιο εκπομπής διαδικτυακού ραδιοφώνου.....	111
5.2.2. Δεύτερη διαμόρφωση στούντιο εκπομπής διαδικτυακού ραδιοφώνου...	121
5.3. Μέτρα ηχοπροστασίας των γειτονικών κτιρίων από τη λειτουργία ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης στον υπαίθριο χώρο.....	130
5.4. Μέτρα ηχοπροστασίας των γειτονικών κτιρίων κατά τη λειτουργία εξωτερικής μονάδας κλιματισμού.....	156

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	161
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	169
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	171
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	177

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 : Απεικόνιση τρόπου μετάδοσης θορύβου μέσω τοιχωμάτων με απευθείας διάδοση.....	30
Εικόνα 2 : Απεικόνιση τρόπου μετάδοσης θορύβου από πλευρικές διαδόσεις μέσω των δομικών στοιχείων.....	30
Εικόνα 3 : Απεικόνιση τρόπου μετάδοσης θορύβου από ανοίγματα.....	30
Εικόνα 4 : Απεικόνιση τρόπου μετάδοσης θορύβου με διέγερση των δομικών στοιχείων από χτυπήματα.....	31
Εικόνα 5 : Απεικόνιση τρόπου μετάδοσης θορύβου μέσα από αεραγωγούς.....	31
Εικόνα 6 : Το φαινόμενο της σύμπτωσης.....	34
Εικόνα 7 : Επίδραση της συχνότητας σύμπτωσης f_c στην καμπύλη δείκτη Ηχομείωσης (Τροχίδης, 2013).....	35
Εικόνα 8 : Επίδραση της συχνότητας σύμπτωσης f_c στην καμπύλη δείκτη Ηχομείωσης για μονά τοιχώματα (Χατζηλάστρου, 2008).....	35
Εικόνα 9 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης συναρτήσει της συχνότητας για μία ομογενή επιφάνεια (Σκαρλάτος, 2015).....	37
Εικόνα 10 : Σύγκριση δεικτών ηχομείωσης απλών επιφανειών και σύνθετης επιφάνειας. Λόγω του ότι οι δύο συχνότητες σύμπτωσης δεν συμπίπτουν οι τελική καμπύλη ηχομείωσης είναι σχετικά ομαλή (Σκαρλάτος, 2015).....	40
Εικόνα 11 : Συνδετήρας τύπου πεταλούδας (αριστερά), μεταλλικός συνδετήρας (δεξιά).....	44
Εικόνα 12 : Ενδεικτική απεικόνιση ελαστικής στήριξης ή ανάρτησης. 1)πλάκα(σκυρόδεμα), 2)ειδικό ελαστικό (κατά περίπτωση), 3)έλασμα ή σκελετός, 4)βίδα.....	44
Εικόνα 13 : Μείωση του συντελεστή ηχομείωσης συναρτήσει του % ποσοστού ανοίγματος ως προς το συνολικό εμβαδό της επιφάνειας. Η διακεκομμένη γραμμή αναφέρεται στα 40dB αναφέρεται στο δείκτη ηχομείωσης που έχει ο χώρισμα χωρίς άνοιγμα. Στην περίπτωση που υπάρχει στο χώρισμα αυτό άνοιγμα που να καλύπτει το 1% ($x=1$) του συνολικού εμβαδού του χωρίσματος τότε η ηχομείωση μειώνεται στα 20dB.....	45
Εικόνα 14 : Κατάταξη ηχομείωσης R_w συστήματος γυψοσανίδων (Insul Media Seminar, 2014)	46
Εικόνα 15 : Ανάκλαση του ήχου από το έδαφος στη θέση του δέκτη. (Engineering Noise Control, 2003).....	49
Εικόνα 16 : Επίδραση της απορρόφησης του φράγματος (Environmental and Architectural Acoustics, 1994).....	50
Εικόνα 17 : Επίδραση του πάχους τους φράγματος (Environmental and Architectural Acoustics, 1994).....	51
Εικόνα 18: Σύγκριση διαφόρων τύπων φραγμάτων με διαμορφωμένη ακμή σε σχέση με επίπεδα. Οι αριθμοί στο πλαίσιο δηλώνουν την βελτίωση της ηχομείωσης (Predicting Outdoor Sound, 2007).....	52
Εικόνα 19 : Προτεινόμενες τιμές βέλτιστου χρόνου αντήχησης (sec) ανάλογα του όγκου και του είδους ακρόασης.....	56
Εικόνα 20 : Πρόβλεψη ηχομείωσης διπλών επιφανειών (Insul Media Seminar, 2014).....	57
Εικόνα 21 : Επίδραση συνδέσμων στην ηχομείωση (Insul Media Seminar, 2014).....	57
Εικόνα 22 : Γενική απεικόνιση του υπό μελέτη κτηριακού συγκροτήματος με χρήση του λογισμικού Google Sketch Up (ανατολικά πρόσοψης).....	60
Εικόνα 23 : Τομή από την πρόσοψη του κτιρίου υπό διαφορετικές γωνίες (από επάνω προς τα κάτω βορειοανατολικά, ανατολικά, νοτιοανατολικά της πρόσοψης).....	61
Εικόνα 24 : Τομή του κτιρίου από την πίσω πλευρά του υπό διαφορετικές γωνίες (δυτικά του υπαίθριου).....	62

Εικόνα 25 : Κάτοψη ισογείου υπό μελέτη χώρου, χρωματικός περιγραμματος προσδιορισμός της έκτασης των χώρων του ισογείου και διευκρίνιση υφιστάμενης χρήσης των επιμέρους τμημάτων του.....	63
Εικόνα 26 : Κάτοψη υπό μελέτη χώρου, χρωματικός περιγραμματος προσδιορισμός της έκτασης των ημιώροφων και διευκρίνιση υφιστάμενης χρήσης των επιμέρους τμημάτων του.....	64
Εικόνα 27 : Κάτοψη υπό μελέτη χώρου και διευκρίνιση νέας χρήσης των επιμέρους τμημάτων του βοηθητικού χώρου του ισογείου.....	66
Εικόνα 28 : Κάτοψη υπό μελέτη χώρου και διευκρίνιση νέας χρήσης τμήματος του βοηθητικού χώρου του ημιώροφου.....	66
Εικόνα 29 : Χρωματική απεικόνιση των επιμέρους τμημάτων του κτιριακού συγκροτήματος-μουσικού πολυχώρου υπό διαφορετικές γωνίες και προσδιορισμός της έκτασης των τμημάτων του ισογείου και των ημιώροφων από επάνω προς τα κάτω νότια και νοτιοδυτικά της πρόσοψης.....	67
Εικόνα 30 : Αποτύπωση χρήσεων χώρων που βρίσκονται περιμετρικά του υπό μελέτη χώρου. Το στιγμιότυπο εξάχθηκε μέσω Google Earth.....	69
Εικόνα 31 : Προσδιορισμός θέσης Ηχόμετρου.....	71
Εικόνα 32 (α, β, γ από επάνω προς τα κάτω) : Μετρήσεις ηχητικής στάθμης επί της προσόψεως σε διαφορετικές χρονικές στιγμές κατά την πραγματοποίηση μουσικών δραστηριοτήτων εντός του κτηρίου. Ο οριζόντιος άξονας αναφέρεται στη χρονική διάρκεια της μέτρησης σε λεπτά(min).....	72
Εικόνα 33 (α, β, γ από επάνω προς τα κάτω) : Μετρήσεις ηχητικής στάθμης επί της προσόψεως σε διαφορετικές χρονικές στιγμές κατά την πραγματοποίηση μουσικών δραστηριοτήτων εντός του κτηρίου. Ο οριζόντιος άξονας αναφέρεται στη χρονική διάρκεια της μέτρησης σε λεπτά (min).....	73
Εικόνα 34: Μέτρηση ηχητικής στάθμης στην αίθουσα χορού 1.....	74
Εικόνα 35 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στην αίθουσα χορού 2.....	75
Εικόνα 36 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στο βοηθητικό χώρο της αίθουσας χορού 2.	75
Εικόνα 37 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στο χώρο στην αίθουσα χορού 3, σε απόσταση 3μέτρων από το αριστερά ηχείο.....	75
Εικόνα 38 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στο χώρο της αίθουσας χορού 3, σε απόσταση 3μέτρων από το δεξιά ηχείο.	75
Εικόνα 39 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στο χώρο της αίθουσας χορού 3, σε απόσταση 5μέτρων από το κέντρο των ηχείων.....	76
Εικόνα 40 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στο χώρο της αίθουσας χορού 3 στο σημείο που βρίσκεται ο ηχολήπτης.....	76
Εικόνα 41 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στο χώρο της αίθουσας χορού 4.....	76
Εικόνα 42 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στο χώρο της αίθουσας χορού που βρίσκεται το bar 2.....	76
Εικόνα 43 : Μετρήσεις ηχητικής στάθμης σε στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά την πραγματοποίηση εκπομπής 1.....	78
Εικόνα 44 : Μετρήσεις ηχητικής στάθμης σε στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά την πραγματοποίηση εκπομπής 2.....	78
Εικόνα 45 : Μετρήσεις ηχητικής στάθμης σε στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά την πραγματοποίηση εκπομπής 3.....	78
Εικόνα 46 : Μετρήσεις ηχητικής στάθμης σε στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά την πραγματοποίηση εκπομπής 4.....	78

Εικόνα 47 : Μετρήσεις ηχητικής στάθμης σε στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά την πραγματοποίηση εκπομπής 5.....	79
Εικόνα 48: Κάτοψη υπό μελέτη χώρου με αποτύπωση ηχητικών σταθμών, επιθυμητών επιπέδων ησυχίας και σταθμισμένου φαινομένου δείκτη Ηχομείωσης.....	80
Εικόνα 49 : Κάτοψη ημιώροφου του υπό μελέτη χώρου με αποτύπωση ηχητικών σταθμών, επιθυμητών επιπέδων ησυχίας και σταθμισμένου φαινομένου δείκτη Ηχομείωσης.....	80
Εικόνα 50 : Αριθμητικός και χρωματικός προσδιορισμός των επιφανειών που αποτελούν τη βόρεια όψη του κέντρου διασκέδασης.....	87
Εικόνα 51 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R για τοιχοποιία από απλό τούβλο με σοβά στις δύο όψεις (Insul v.9.0.8).....	88
Εικόνα 52 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R για Alpha Block τύπου Ytong G5/800 (Insul v.9.0.8).....	89
Εικόνα 53 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R για βισκοελαστική μεμβράνη (Insul v.9.0.8).	90
Εικόνα 54 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R για γυψοσανίδα Knauf Silent board (Insul v.9.0.8).....	90
Εικόνα 55 : Απεικόνιση κατασκευής βόρειας όψης σε 3D (αριστερά), 2D (δεξιά). Υλικά κατασκευής (από αριστερά προς τα δεξιά): σπατουλαρισμένα Alpha Block Ytong G5/800, βισκοελαστική μεμβράνη, γυψοσανίδα, πετροβάμβακας, ορθοστάτης, διάκενο, ορθοστάτης, βισκοελαστική μεμβράνη, τούβλο με σοβά στις δύο όψεις. (Insul v.9.0.8).....	91
Εικόνα 56 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R της προτεινόμενης κατασκευής βόρειας όψης (Insul v.9.0.8).....	91
Εικόνα 57 : Χρωματική Αριθμητικός και χρωματικός προσδιορισμός των επιφανειών που αποτελούν τη στέψη του κέντρου διασκέδασης.....	93
Εικόνα 58 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R πλάκας μπετόν 400mm (Insul v.9.0.8).....	94
Εικόνα 59 : Ελαστικοί ορθοστάτες και τρόπος στήριξης σε οροφή.....	95
Εικόνα 60 : Απεικόνιση κατασκευής στέψης σε 3D (αριστερά), 2D (δεξιά). Υλικά κατασκευής (από πάνω προς τα κάτω): πλάκα μπετόν, πετροβάμβακας, ελαστικοί ορθοστάτες, κανάλι στήριξης, βισκοελαστική μεμβράνη, σπατουλαρισμένη γυψοσανίδα (Insul v.9.0.8).....	95
Εικόνα 61 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R της προτεινόμενης κατασκευής στέψης (Insul v.9.0.8).....	96
Εικόνα 62 : Αριθμητικός και χρωματικός προσδιορισμός των επιφανειών που αποτελούν την ανατολική όψη του κέντρου διασκέδασης προς τον υπαίθριο χώρο.....	97
Εικόνα 63 : Απεικόνιση κατασκευής της ανατολικής όψης που συνορεύει με τον κήπο σε 3D (αριστερά), 2D (δεξιά). Υλικά κατασκευής (από αριστερά προς τα δεξιά): σπατουλαρισμένα Alpha Block Ytong G5/800, πάνελ οξειδωμένης ασφάλτου, πετροβάμβακας, ορθοστάτης, διάκενο, ορθοστάτης, πάνελ οξειδωμένης ασφάλτου, τούβλο με σοβά στις δύο όψεις. (Insul v.9.0.8).....	100
Εικόνα 64 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R της προτεινόμενης κατασκευής ανατολικής όψης που συνορεύει με τον κήπο (Insul v.9.0.8).....	100
Εικόνα 65 : Αριθμητικός και χρωματικός προσδιορισμός των επιφανειών που αποτελούν τη δυτική όψη (πρόσοψη) του κέντρου διασκέδασης.....	102
Εικόνα 66 : Αριθμητικός και χρωματικός προσδιορισμός των επιφανειών που αποτελούν τον προστατευόμενο χώρο του γραφείου.	104
Εικόνα 67 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R για τοιχοποιία από τούβλο με σοβά στις δύο όψεις (Insul v.9.0.8)..	105
Εικόνα 68 : Απεικόνιση κατασκευής μεσοτοιχίας γραφείου με αίθουσα χορού κέντρου διασκέδασης σε 3D (αριστερά), 2D (δεξιά) Υλικά κατασκευής (από αριστερά προς τα δεξιά): σπατουλαρισμένη γυψοσανίδα 15mm, βισκοελαστική μεμβράνη, γυψοσανίδα 25mm, ξύλινος ορθοστάτης, διάκενο, ξύλινος ορθοστάτης, τούβλο με σοβά στις δύο όψεις. (Insul v.9.0.8).	106

Εικόνα 69 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R για κατασκευή επένδυσης της υπάρχουσας τοιχοποιίας του γραφείου (Insul v.9.0.8).....	106
Εικόνα 70 : Απεικόνιση κατασκευής μεσοτοιχίας τμήματος οροφής αίθουσας χορού κέντρου διασκέδασης με δάπεδο γραφείου σε 3D (αριστερά), 2D (δεξιά). Υλικά κατασκευής (από πάνω προς τα κάτω): πλάκα μπετόν, πετροβάμβακας, ελαστικοί ορθοστάτες, κανάλι στήριξης, γυψοσανίδα 25mm, βισκοελαστική μεμβράνη, σπατουλαρισμένη γυψοσανίδα 15mm (Insul v.9.0.8).....	107
Εικόνα 71 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R για κατασκευή επένδυσης τμήματος οροφής αίθουσας χορού κέντρου διασκέδασης (Insul v.9.0.8)	108
Εικόνα 72 : Αρχική διαμόρφωση βοηθητικού χώρου ισογείου και ημιώροφων.....	110
Εικόνα 73 : Απεικόνιση τρόπου μετάδοσης θορύβου. Ο πομπός και ο δέκτης βρίσκονται σε κλειστούς γειτονικούς χώρους.	111
Εικόνα 74 : Χρωματική απεικόνιση διαμόρφωσης του χώρου μετά την πρώτη παρέμβαση.....	111
Εικόνα 75 : Χρωματική απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν το χώρο εκπομπής ήχου με χρήση ως στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά τη πρώτη διαμόρφωση.....	112
Εικόνα 76 : Αριθμητικός και χρωματικός προσδιορισμός των επιφανειών που αποτελούν το χώρο λήψης, δισκοπωλείο.....	115
Εικόνα 77 : Πτυσσόμενη Γυάλινη πόρτα Winab 2000.....	116
Εικόνα 78 : Διάγραμμα βέλτιστου χρόνου Αντήλησης σε σχέση με τον όγκο του δισκοπωλείου και το είδος ακρόασης.....	119
Εικόνα 79 : Απεικόνιση τρόπου μετάδοσης θορύβου. Ο πομπός και οι δέκτες βρίσκονται σε κλειστούς γειτονικούς χώρους.....	121
Εικόνα 80 : Χρωματική απεικόνιση των χώρων μετά τη δεύτερη παρέμβαση. Με κίτρινο χρώμα παριστάνεται ο χώρος του διαδικτυακού ραδιοφώνου.....	122
Εικόνα 81 : Χρωματική απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν το νέο χώρο εκπομπής ήχου με χρήση ως στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά τη δεύτερη διαμόρφωση.....	123
Εικόνα 82 : Αριθμητικός και χρωματικός προσδιορισμός των επιφανειών που αποτελούν το νέο χώρο λήψης, εξωτερικός χώρος στούντιο.....	124
Εικόνα 83 : Απεικόνιση κατασκευής από διπλή γυψοσανίδα και στις δύο επιφάνειες με μεταλλικό σύνδεσμο 150mm και πετροβάμβακα 80mm στο εσωτερικό τους (Insul).....	126
Εικόνα 84 : Απεικόνιση δείκτης ηχομείωσης R κατασκευής από διπλή γυψοσανίδα και στις δύο επιφάνειες με μεταλλικό σύνδεσμο 150mm και πετροβάμβακα 80mm στο εσωτερικό τους (Insul).....	126
Εικόνα 85 : Διαδρομή P1.....	131
Εικόνα 86 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση πηγής – ακμής φράγματος.....	131
Εικόνα 87 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση ακμής φράγματος - δέκτη.....	132
Εικόνα 88 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση πομπού - δέκτη.....	132
Εικόνα 89 : Διαδρομή P2.....	133
Εικόνα 90 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση είδωλο πηγής – ακμή πετάσματος.....	133
Εικόνα 91 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση ακμή πετάσματος -δέκτης	134

Εικόνα 92 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση είδωλο πηγής – δέκτης.....	134
Εικόνα 93 : Διαδρομή P3.....	135
Εικόνα 94 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση πηγής – ακμή πετάσματος.....	135
Εικόνα 95 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση ακμή πετάσματος – είδωλο δέκτη.....	135
Εικόνα 96 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση πηγής – ακμή πετάσματος.....	136
Εικόνα 97 : Διαδρομή P4.....	136
Εικόνα 98 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση είδωλο πηγής – ακμή πετάσματος.....	137
Εικόνα 99 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση ακμή πετάσματος – είδωλο δέκτη.....	137
Εικόνα 100 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση είδωλο πηγής – είδωλο δέκτη.....	137
Εικόνα 101 : Υπολογισμός απόστασης για προσδιορισμός υλικού εδάφους.....	138
Εικόνα 102 : Υπολογισμός γωνίας περίθλασης.....	139
Εικόνα 103 : Επίδραση της απορρόφησης (Environmental and Architectural Acoustics, 1994).....	140
Εικόνα 104 : Υπολογισμός γωνιών θ και ϑ	140
Εικόνα 105 : Επίδραση του πάχους του φράγματος (Environmental and Architectural Acoustics, 1994).....	141
Εικόνα 106 : Επίδραση της απορρόφησης στην ηχομείωση φράγματος από πέτρα, συναρτήσει γωνίας περίθλασης και συντελεστή ανάκλασης Q	142
Εικόνα 107 : Απεικόνιση περιοχής για δέκτη R1 (Olive Tree Lab v.4.0).....	144
Εικόνα 108 : Στάθμη στο δέκτη R1 κατά την απευθείας μετάδοση στο ελεύθερο πεδίο με την ενδεικτική μέθοδο υπολογισμού (Indicative) (Olive Tree Lab v.4.0).....	144
Εικόνα 109 : Στάθμη στο δέκτη R1 κατά την απευθείας μετάδοση στο ελεύθερο πεδίο με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).....	144
Εικόνα 110 : Απεικόνιση ανακλάσεων στο δέκτη R1 για επίπεδο ανακλαστικό φράγμα 5m (Olive Tree Lab v.4.0).....	145
Εικόνα 111 : Απεικόνιση αποτελεσμάτων για επίπεδο φράγμα ύψους 5m με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).....	146
Εικόνα 112 : Απεικόνιση ανακλάσεων στο δέκτη R1 για επίπεδο ανακλαστικό φράγμα 8m (Olive Tree Lab v.4.0).....	147
Εικόνα 113 : Απεικόνιση αποτελεσμάτων για φράγμα ύψους 8m, πάχους 60cm, με διαμόρφωση άκρου σε σχήμα "Γ" 90° και μήκους 2m (Olive Tree Lab v.4.0).....	147
Εικόνα 114 : Απεικόνιση αποτελεσμάτων κατά την εκπομπή πηγής 85dB στο 1m και για φράγμα ύψους 8m, πάχους 60cm, με διαμόρφωση άκρου σε σχήμα "Γ" 90° και μήκους 2m (Olive Tree Lab v.4.0).....	148
Εικόνα 115 : Απεικόνιση αποτελεσμάτων για φράγμα ύψους 8m, πάχους 60cm, με διαμόρφωση άκρου σε σχήμα "Γ" 90° και μήκους 2m (Olive Tree Lab v.4.0).....	149

Εικόνα 116 : Απεικόνιση αποτελεσμάτων κατά την εκπομπή πηγής 85dB στο 1m και για φράγμα ύψους 8m, πάχους 60cm, με διαμόρφωση άκρου σε σχήμα "Γ" 90° και μήκους 2m (Olive Tree Lab v.4.0).....	149
Εικόνα 117 : Γενική απεικόνιση περιοχής, πηγής και επιφάνειας που πραγματοποιήθηκε χαρτογράφηση θορύβου (θέση δέκτη) (Olive Tree Lab v.4.0).....	150
Εικόνα 118 : Χάρτης θορύβου για την πρόσοψη κτιρίου που βρίσκεται ο δέκτης R1, πριν την τοποθέτηση του ηχοπετάσματος (πάνω) και μετά την τοποθέτηση (κάτω) (Olive Tree Lab v.4.0).....	151
Εικόνα 119 : Χάρτης θορύβου για την επιφάνεια κτιρίου που βρίσκεται γειτονικά του υπό μελέτη υπαίθριου χώρου, πριν την τοποθέτηση του ηχοπετάσματος (πάνω) και μετά την τοποθέτηση (κάτω) (Olive Tree Lab v.4.0).....	152
Εικόνα 120 : Απεικόνιση περιοχής για δέκτη R2 (Google Sketch Up).....	153
Εικόνα 121 : Απεικόνιση περιοχής για δέκτη R2 (Olive Tree Lab v.4.0).....	153
Εικόνα 122 : Απεικόνιση αποτελεσμάτων για το δέκτη R2 με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).....	154
Εικόνα 123 : Απεικόνιση περιοχής για δέκτη R3 (Google Sketch Up).....	155
Εικόνα 124 : Προσδιορισμός συντελεστή k.....	156
Εικόνα 125: Προφίλ πέτασματος Alfafon-MB (Alpha Acoustic).....	157
Εικόνα 126 : Διάγραμμα συντελεστή ηχομείωσης και απορρόφησης για το πέτασμα Alfafon-MB (Alpha Acoustic).....	157
Εικόνα 127 : Καθορισμός υλικών επίστρωσης για περιμετρικό πέτασμα ως προς τον εξωτερικό μονάδα κλιματισμού (Olive Tree Lab v.4.0).....	158
Εικόνα 128 : Απεικόνιση περιοχής (Olive Tree Lab v.4.0).....	158
Εικόνα 129 : Στάθμη στο δέκτη κατά την απευθείας μετάδοση στο ελεύθερο πεδίο με την προσεγγιστική μέθοδο (Indicative) (Olive Tree Lab v.4.0).....	158
Εικόνα 130 : Στάθμη στο δέκτη κατά την απευθείας μετάδοση στο ελεύθερο πεδίο με την αναλυτική μέθοδο (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).....	158
Εικόνα 131 : Χάρτης θορύβου ως προς την πρόσοψη γειτονικού κτιρίου χωρίς ηχοπέτασμα (πάνω) και με ηχοπέτασμα (κάτω) (Olive Tree Lab v.4.0).....	159
Εικόνα 132 : Χάρτης θορύβου ως προς την στέψη του υπό μελέτη κτιρίου που είναι τοποθετημένη η πηγή, χωρίς ηχοπέτασμα (πάνω) και με ηχοπέτασμα (κάτω) (Olive Tree Lab v.4.0).....	160

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1 : Τιμές ηχητικής στάθμης για τους δύο διαφορετικούς τρόπους μέτρησης και η διαφορά αυτών για την πρώτη ημέρα μετρήσεων.....	72
Πίνακας 2 : Τιμές ηχητικής στάθμης για τους δύο διαφορετικούς τρόπους μέτρησης και η διαφορά αυτών για τη δεύτερη ημέρα μετρήσεων.....	73
Πίνακας 3 : Τιμές ηχητικής στάθμης στους εσωτερικούς χώρους του κέντρου διασκέδασης (club).....	77
Πίνακας 4 : Τιμές ηχητικής στάθμης για τους δύο διαφορετικούς τρόπους μέτρησης και η διαφορά αυτών για κάθε ραδιοφωνική εκπομπή.....	79
Πίνακας 5 : Κριτήρια Ηχομόνωσης και Ηχοπροστασίας ανάμεσα στους χώρους του υπό μελέτη κτιριακού συγκροτήματος - μουσικού πολυχώρου.....	81
Πίνακας 6 : Δείκτης ηχομείωσης R τοιχοποιίας από απλό τούβλο με σοβά στις δύο όψεις (Insul v.9.0.8).....	88
Πίνακας 7 : Δείκτης ηχομείωσης R Alpha Block τύπου Ytong G5/800 (Insul v.9.0.8).....	89
Πίνακας 8 : Δείκτης ηχομείωσης R βισκοελαστικής μεμβράνης (Insul v.9.0.8).....	89
Πίνακας 9 : Δείκτης ηχομείωσης R γυψοσανίδας Knauf Silent board (Insul v.9.0.8).....	90
Πίνακας 10 : Δείκτης ηχομείωσης R της προτεινόμενης κατασκευής βόρειας όψης (Insul v.9.0.8).....	91
Πίνακας 11 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\alpha}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά την ενίσχυση της υφιστάμενης τοιχοποιίας.....	91
Πίνακας 12 : Δείκτης ηχομείωσης R πλάκας μπετόν πάχους 400mm.....	94
Πίνακας 13 : Δείκτης ηχομείωσης R της προτεινόμενης κατασκευής στέψης.....	95
Πίνακας 14 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\alpha}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά την ενίσχυση της στέψης.....	96
Πίνακας 15 : Συγκριτικός πίνακας δείκτη ηχομείωσης R κατά την ενίσχυσης κατασκευής.....	99
Πίνακας 16 : Επιθυμητή ηχομείωση R για υαλοπίνακα που θα επικάλυπτε την επιφάνεια 9 τη ανατολικής όψης που συνορεύει με τον υπαίθριο.....	99
Πίνακας 17 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\alpha}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά την διαμόρφωση της υφιστάμενης κατασκευής.....	101
Πίνακας 18 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\alpha}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά την διαμόρφωση της δυτικής όψης του κτιρίου (πρόσοψη).....	103
Πίνακας 19 : Χρόνος Αντήρησης RT για το χώρο του γραφείου.....	105
Πίνακας 20 : Δείκτης ηχομείωσης R για τοιχοποιία από τούβλο με σοβά στις δύο όψεις (Insul v.9.0.8).....	105
Πίνακας 21 : Δείκτης ηχομείωσης R για κατασκευή επένδυσης της υπάρχουσας τοιχοποιίας του γραφείου (Insul v.9.0.8).....	107
Πίνακας 22 : Δείκτης ηχομείωσης R για κατασκευή επένδυσης του υποβαθμισμένου τμήματος οροφής αίδουσας χορού κέντρου διασκέδασης (Insul v.9.0.8).....	108

Πίνακας 23 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά τη επένδυση των μεσοτοιχιών της αίθουσας του γραφείου.....	109
Πίνακας 24 : Χρόνος Αντήρησης RT για το χώρο του δισκοπωλείου.	116
Πίνακας 25 : Δείκτης ηχομείωσης R Πτυσσόμενης Γυάλινης πόρτας Winab 2000.....	116
Πίνακας 26 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της σύνθετης διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109.....	117
Πίνακας 27 : Δείκτης ηχομείωσης R Διπλού Υαλοπίνακα 10mm – 120mm – 12mm (Εφαρμοσμένη Ακουστική, 2015).....	117
Πίνακας 28 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109.....	118
Πίνακας 29 : Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειών για την επίτευξη του επιθυμητού Χρόνου Αντήρησης RT για το δισκοπωλείο. Οι συντελεστές απορρόφησης αντλήθηκαν από το βιβλίο της Εφαρμοσμένης Ακουστικής, Σκαρλάτος, 2015.....	120
Πίνακας 30 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά τη βελτιστοποίηση του χρόνου αντήρησης του χώρου λήψης (δισκοπωλείο).....	120
Πίνακας 31 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, ηχομείωσης R της διαχωριστικής επιφάνειας και πρόβλεψη μέγιστης ηχητικής στάθμης στο σημείο λήψης $Lp2$	125
Πίνακας 32 : Δείκτης ηχομείωσης R κατασκευής από διπλή γυψοσανίδα και στις δύο επιφάνειες με μεταλλικό σύνδεσμο 150mm και πετροβάμβακα 80mm στο εσωτερικό τους (Insul).....	126
Πίνακας 33 : Χρόνος Αντήρησης RT για το χώρο του δισκοπωλείου.....	127
Πίνακας 34 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά τη βελτιστοποίηση του χρόνου αντήρησης του χώρου λήψης (δισκοπωλείο).....	128
Πίνακας 35 : Συντελεστές απορρόφησης διάτρητης γυψοσανίδας με ποσοστό διάτρησης : 8,7%, διάμετρο οπών : 6mm και βάθος κοιλότητας : 400mm (Εφαρμοσμένη Ακουστική, Σκαρλάτος, 2015).....	128
Πίνακας 36 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά τη βελτιστοποίηση της απορρόφησης στον πρώτο χώρο μετάδοσης.....	129
Πίνακας 37 : Μήκος κύματος λ για οκταβικές στάθμες.....	130
Πίνακας 38 : Υπολογισμός αριθμού Fresnel και ηχομείωσης R για τη διαδρομή P1.....	132
Πίνακας 39 : Υπολογισμός αριθμού Fresnel και ηχομείωσης R για τη διαδρομή P2.....	134
Πίνακας 40 : Υπολογισμός αριθμού Fresnel και ηχομείωσης R για τη διαδρομή P3.....	136
Πίνακας 41 : Υπολογισμός αριθμού Fresnel και ηχομείωσης R για τη διαδρομή P4.....	138
Πίνακας 42 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για επίπεδο φράγμα ύψους 5m.....	139
Πίνακας 43 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για επίπεδο φράγμα ύψους 8m.....	141
Πίνακας 44 : Συντελεστής απορρόφησης πέτρας, συντελεστής ανάκλασης Q και ηχομείωση R φράγματος.....	142
Πίνακας 45 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για επίπεδο φράγμα ύψους 7m.....	144
Πίνακας 46 : Τιμές ηχητικής στάθμης στο δέκτη $R1$ κατά την απευθείας μετάδοση στο ελεύθερο πεδίο με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).....	145

Πίνακας 47 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα από την εξομοίωση επίπεδο φράγμα ύψους 5m με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).....	145
Πίνακας 48 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα από την εξομοίωση για φράγμα ύψους 8m με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).....	147
Πίνακας 49 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα από την εξομοίωση για φράγμα ύψους 8m, πάχους 60cm, με διαμόρφωση άκρου σε σχήμα "Γ" 90° και μήκους 2m (Olive Tree Lab v.4.0).....	148
Πίνακας 50 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα από την εξομοίωση για το δέκτη R2 με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).....	153
Πίνακας 51 : Ηχομείωση λόγω πάχους φράγματος-κτιρίου.....	155
Πίνακας Π 1 : Τιμές παράγοντα απωλειών n για μερικά υλικά.....	171
Πίνακας Π 2 : Τιμές καμπυλών NR.....	172
Πίνακας Π 3 : Χαρακτηρισμός Χώρων με βάση τα κριτήρια NR.....	172
Πίνακας Π 4 : Προσδιορισμός χρήσης χώρων με βάση τα κριτήρια NR.....	173
Πίνακας Π 5 : Συχνοτικές στάθμες καμπυλών θορύβου NC.....	173
Πίνακας Π 6 : Όρια θορύβου για κέντρα διασκέδασης.....	173
Πίνακας Π 7 : Παράμετροι ακουστικής άνεσης.....	174
Πίνακας Π 8 : Κριτήρια Ηχομόνωσης - Ηχοπροστασίας για "Υψηλή ακουστική άνεση" - Κατηγορία A.....	175
Πίνακας Π 9 : Κριτήρια Ηχομόνωσης - Ηχοπροστασίας για "Κανονική ακουστική άνεση" - Κατηγορία B.....	176
Πίνακας Π 10 : Σχέση μεταξύ $R'w$ και Rw	176
Πίνακας Π 11 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν τη θόρυβα όψη του κέντρου διασκέδασης.....	177
Πίνακας Π 12 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν τη στέψη του κέντρου διασκέδασης.....	178
Πίνακας Π 13 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν την ανατολική όψη του κέντρου διασκέδασης.....	178
Πίνακας Π 14 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν τη δυτική όψη (πρόσοψη) του κέντρου διασκέδασης.....	179
Πίνακας Π 15 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν το χώρο του γραφείου.....	180
Πίνακας Π 16 : Υπολογισμός συνολικής απορρόφησης A , μέσου συντελεστή απορρόφησης $\bar{\alpha}$ και απορρόφηση A_N του προστατευόμενου χώρου λήψης.....	180
Πίνακας Π 17 : Υπολογισμός εμβαδού της διαχωριστικής επιφάνειας μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος, A_w και όγκος γραφείου, V	180
Πίνακας Π 18 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν το χώρο του δισκοπωλείου.....	181
Πίνακας Π 19 : Υπολογισμός συνολικής απορρόφησης A , μέσου συντελεστή απορρόφησης $\bar{\alpha}$ και απορρόφηση A_N του δισκοπωλείου.....	182
Πίνακας Π 20 : Υπολογισμός εμβαδού της διαχωριστικής επιφάνειας μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος, A_w και όγκος δισκοπωλείου, V	182

Πίνακας Π 21 : Προσδιορισμός υλικών ηχομείωσης των τμημάτων που αποτελούν τη σύνθετη διαχωριστική επιφάνεια μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος.....	183
Πίνακας Π 22 : Προσδιορισμός υλικών ηχομείωσης των τμημάτων που αποτελούν τη διαχωριστική επιφάνεια μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος.....	183
Πίνακας Π 23 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν το χώρο εξωτερικά του στούντιο.....	184
Πίνακας Π 24 : Υπολογισμός συνολικής απορρόφησης A , μέσου συντελεστή απορρόφησης $\bar{\alpha}$ και απορρόφηση A_N του χώρου λήψης.....	185
Πίνακας Π 25 : Υπολογισμός εμβαδού της διαχωριστικής επιφάνειας μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος, A_w	178
Πίνακας Π 26 : Προσδιορισμός υλικών ηχομείωσης των τμημάτων που αποτελούν τη διαχωριστική επιφάνεια μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος.....	186
Πίνακας Π 27 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν το χώρο του δισκοπωλείου.....	186
Πίνακας Π 28 : Υπολογισμός συνολικής απορρόφησης A , μέσου συντελεστή απορρόφησης $\bar{\alpha}$ και απορρόφηση A_N του χώρου λήψης.....	187
Πίνακας Π 29 : Υπολογισμός εμβαδού της διαχωριστικής επιφάνειας μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος, A_w και όγκος δισκοπωλείου, V	187
Πίνακας Π 30 : Προσδιορισμός υλικών ηχομείωσης των τμημάτων που αποτελούν τη διαχωριστική επιφάνεια μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος.....	188

Ευρετήριο Παρουσιάσεων

- Παρουσίαση 1 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν τη βόρεια όψη του κέντρου διασκέδασης. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μονό για Word αρχεία (όχι pdf).....87*
- Παρουσίαση 2 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν τη στέψη του κέντρου διασκέδασης. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μονό για Word αρχεία (όχι pdf).....93*
- Παρουσίαση 3 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν την ανατολική όψη του κέντρου διασκέδασης με τον υπαίθριο χώρο. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μονό για Word αρχεία (όχι pdf).....98*
- Παρουσίαση 4 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν τη δυτική όψη (πρόσοψη) του κέντρου διασκέδασης. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μονό για Word αρχεία (όχι pdf)..... 102*
- Παρουσίαση 5 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν τον προστατευόμενο χώρο του γραφείου. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μονό για Word αρχεία (όχι pdf)....104*
- Παρουσίαση 6 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν το χώρο εκπομπής του στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά την πρώτη διαμόρφωση. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μονό για Word αρχεία (όχι pdf).....113*
- Παρουσίαση 7 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν το χώρο λήψης, του δισκοπωλείου. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μονό για Word αρχεία (όχι pdf).....115*
- Παρουσίαση 8 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν το νέο χώρο εκπομπής του στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά τη δεύτερη διαμόρφωση. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μονό για Word αρχεία (όχι pdf).....123*
- Παρουσίαση 9 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν το νέο χώρο λήψης εξωτερικά του στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά την δεύτερη διαμόρφωση. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μονό για Word αρχεία (όχι pdf).....124*

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Η παρούσα μελέτη εκπονήθηκε ως Διπλωματική Εργασία κατά τη διάρκεια του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου του τμήματος «Ακουστικός Σχεδιασμός & Ψηφιακός Ήχος» για το ακαδημαϊκό έτος 2017-2018. Το αντικείμενο της εργασίας τοποθετείται κατά κύριο λόγο στο πεδίο της θεματικής ενότητας ΑΣΠ 51 – Ηχομόνωση και Ηχοπροστασία.

Ο ήχος αν και στις περισσότερες περιπτώσεις αποτελεί ένα ευχάριστο ερέθισμα λόγω της πληροφoρίας που μεταδίδει, συχνά μπορεί να προκαλέσει ενοχλήσεις εξαιτίας της διαρκούς έκθεση σε αυτόν ακόμα και σε ηχητικές στάθμες χαμηλής έντασης. Επομένως η αποτελεσματική αντιμετώπιση του θορύβου αποτελεί βασική προτεραιότητα.

Αντικείμενο της ηχομόνωσης είναι η προστασία ενός κτιρίου ή μίας αίθουσας από θορύβους που δημιουργούνται σε κλειστούς γειτονικούς χώρους καθώς και από θορύβους που προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον. Σε κάθε περίπτωση κρίνεται απαραίτητο να προσδιοριστούν οι πιθανοί δρόμοι μετάδοσης του θορύβου με στόχο να αντιμετωπιστούν κατάλληλα ώστε οι ηχητικές στάθμες να συνάδουν με τα επιθυμητά κριτήρια ησυχίας που έχουν οριστεί για τον εκάστοτε προστατευόμενο χώρο και ταυτόχρονα να διευκολύνεται η όποια εργασία ορίζει η χρήση του. Ο τρόπος αντιμετώπισης βασίζεται στην ηχομείωση, ο προσδιορισμός της οποίας εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τις κατασκευαστικές λύσεις και την ένταση της πηγής ενώ μικρότερη σημασία έχει η θέση του αποδέκτη. Η στρατηγική αντιμετώπισης απαιτεί οργανωμένες σχεδιαστικές ενέργειες με στόχο να ικανοποιούνται οι προϋποθέσεις που ορίζονται από το γενικότερο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Η συμβολή του μηχανικού ήχου αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι σε μία μελέτη που απευθύνεται είτε σε υφιστάμενο κτίριο που απαιτεί ηχομονωτική βελτίωση είτε σε κτίριο που πρόκειται να ανεγερθεί εξ αρχής.

1.2. Στόχος της έρευνας

Κύριος στόχος της εργασίας είναι να μελετηθεί η ηχομόνωση ενός κτιριακού συγκροτήματος (στεγασμένου κέντρου διασκέδασης, στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου) ώστε να εξυπηρετηθούν οι ανταγωνιστικές χρήσεις των επιμέρους γειτονικών χώρων και η ηχοπροστασία των γειτονικών κτιρίων της περιοχής. Σε πρώτο στάδιο σκοπεύουμε να εξεταστούν οι προσεγγιστικοί τρόποι υπολογισμού με

χρήση τύπων που παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία του έντυπου εκπαιδευτικού υλικού ώστε να γίνει μία αρχική εκτίμηση. Παράλληλα, μέσα από την εφαρμογή της εκάστοτε μεθοδολογίας αποσκοπούμε στο να δημιουργηθεί ενός τύπου υπολογιστής που θα βοηθήσει σε γρήγορες πρώτες προσεγγίσεις σε αντίστοιχες μελλοντικές μελέτες. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, η οποία περιλαμβάνει και το στάδιο εξαγωγής ακριβέστερων αποτελεσμάτων μέσω των εργαλείων που μας παρέχουν τα λογισμικά προγράμματα, θα αποκτήσουμε την ανάλογη εμπειρία ώστε να γίνουν κτήμα μας οι ενέργειες που πρέπει να ακολουθηθούν σε μελλοντικές προσεγγίσεις αντίστοιχων θεμάτων.

Ακολουθεί συνοπτική περιγραφή του περιεχομένου των ακόλουθων κεφαλαίων:

Κεφάλαιο 2: Αναπτύσσεται το θεωρητικό υπόβαθρο που αφορά την αντιμετώπιση του αερόφερτου θορύβου κατά τη μετάδοση του σε κλειστούς και ανοικτούς χώρους. Ορίζονται οι τύποι προσεγγιστικού υπολογισμού του δείκτη ηχομείωσης και επεξηγούνται οι παράγοντες που επιδρούν στην ηχομείωση για την κάθε περίπτωση. Τέλος, παρουσιάζεται το νομοθετικό πλαίσιο ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας.

Κεφάλαιο 3: Πραγματοποιείται ψηφιακή απεικόνιση και περιγραφή του χώρου της έρευνας και της ευρύτερης περιοχής. Γίνεται προσδιορισμός των υφιστάμενων και των πρόσθετων λειτουργιών των επιμέρους χώρων του κτιριακού συγκροτήματος, καθώς και αποτύπωση στα αρχιτεκτονικά σχέδια των μετρούμενων και προβλεπόμενων ηχητικών σταθμών.

Κεφάλαιο 4: Καθορίζονται τα βήματα μεθοδολογίας ώστε να ικανοποιούνται τα κριτήρια ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας μεταξύ των χώρων ανταγωνιστικών χρήσεων.

Κεφάλαιο 5: Αναπτύσσεται υπολογιστής σε λογιστικό φύλλο excel μέσω του οποίου ελέγχεται η ηχομονωτική επάρκεια κατασκευών σύμφωνα με το πρότυπο DIN 4109. Απεικονίζονται οι κατασκευαστικές προτάσεις ηχομονωτικής ενίσχυσης των διαχωριστικών τοιχωμάτων με χρήση του λογισμικού πρόβλεψης ηχομείωσης Insul. Πραγματοποιείται πρόβλεψη θορύβου, σε προσόψεις γειτονικών κτιρίων πριν και μετά την τοποθέτηση ηχοφράγματος σε υπαίθριο χώρο όπου λειτουργεί ηλεκτροακουστική εγκατάσταση, μέσω του λογισμικού Olive Tree Lab.

Κεφάλαιο 6: Αξιολόγηση μελέτης ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας, καταγραφή συμπερασμάτων και βελτιωτικών προτάσεων.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1. Μετάδοση του ήχου σε κλειστούς χώρους

Η αύξηση του παραγόμενου θορύβου από ηλεκτροακουστικές εγκαταστάσεις, μηχανήματα, οχήματα κ.α. έχει ως επακόλουθό την αύξηση του εκπεμπόμενου θορύβου πράγμα που αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρώπη καθιστώντας τη μελέτη του αναγκαία. Έρευνες σχετικά με τις επιπτώσεις του εκπεμπόμενου θορύβου στον άνθρωπο συνιστούν τη μείωση των κατωτάτων ορίων της στάθμης του θορύβου που εκτιθέμεθα και τονίζουν τη λήψη μέτρων μέσω διαφόρων επεμβάσεων, με στόχο τη μείωση της ηχητικής στάθμης τόσο του παραγόμενου όσο και του μεταδιδόμενου θορύβου.

Για τον αποτελεσματικό έλεγχο του θορύβου απαιτείται γνώση αφενός του είδους του μεταδιδόμενου θορύβου και αφετέρου των τρόπων αντιμετώπισής του. Η αντιμετώπιση του θορύβου έχει δύο σημαντικές δυσκολίες. Η πρώτη έχει σχέση με τη συχνότητα του ήχου, καθώς μία κατασκευή θα πρέπει να παρέχει επαρκή προστασία από το θόρυβο σε όλες τις συχνότητες. Η δεύτερη αφορά τον τρόπο μετάδοσης του θορύβου καθώς ανάλογα το είδος του, απαιτείται και διαφορετικός τρόπος αντιμετώπισης.

Κατά την πρώτη προσέγγιση του όλου θέματος κρίνεται απαραίτητο να διευκρινιστούν και να αναλυθούν οι υπάρχουσες κατηγορίες θορύβου.

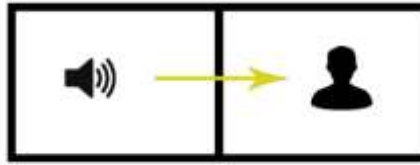
2.1.1. Τρόποι μετάδοσης και κατηγορίες θορύβου.

Αρχικά θα αναφερθούμε στην πολυπλοκότητα του φαινομένου μετάδοσης του ήχου. Όταν η ηχητική πηγή βρίσκεται σε κλειστούς χώρους, ο ήχος που παράγει μεταδίδεται είτε μέσω του αέρα είτε μέσω των δομικών στοιχείων του κτιρίου. Ο ήχος που μεταδίδεται μέσω των δομικών στοιχείων της κατασκευής μεταδίδεται με μεγαλύτερη ταχύτητα και μικρότερη απόσβεση απ' ό,τι στον αέρα. Ταυτόχρονα μπορεί να διεγείρει τις στερεές επιφάνειες του κτιρίου σε ταλάντωση. Αυτό οδηγεί στη δημιουργία δευτερογενών πηγών παραγωγής ήχου (Σκαρλάτος, 2015).

2.1.2. Τρόποι μετάδοσης

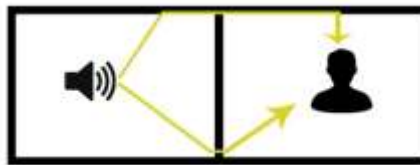
Οι τρόποι μετάδοσης του θορύβου σε κλειστούς χώρους μπορεί να γίνουν με τους τρόπους που επεξηγούνται και απεικονίζονται παρακάτω. (Σκαρλάτος, 2013):

1. Μέσω τοιχωμάτων με απευθείας διάδοση. Ο ήχος διαπερνά τον τοίχο και έπειτα διαδίδεται μέσω του αέρα στο χώρο του δέκτη.



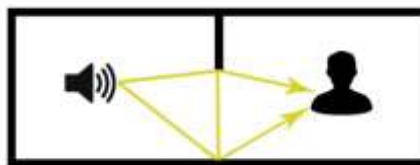
Εικόνα 1 : Απεικόνιση τρόπου μετάδοσης θορύβου μέσω τοιχωμάτων με απευθείας διάδοση.

2. Από πλευρικές διαδόσεις μέσω των δομικών στοιχείων των τοιχωμάτων και του σκελετού. Ο ήχος ακολουθώντας μία πολύπλοκη διαδρομή διαδίδεται μέσω των υλικών στο χώρο που βρίσκεται ο δέκτης.



Εικόνα 2 : Απεικόνιση τρόπου μετάδοσης θορύβου από πλευρικές διαδόσεις μέσω των δομικών στοιχείων.

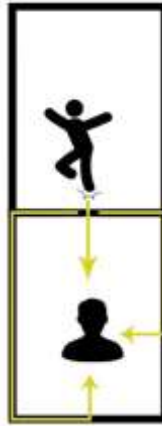
3. Μετάδοση μέσα από ανοίγματα, αρμούς ή σχισμές. Όταν ο ήχος κατά τη διάδοση του συναντήσει κάποια μορφής εμπόδιο ή σχισμή, διαδίδεται ή εισχωρεί φτάνοντας σε σημεία που βρίσκονται στη γεωμετρική σκιά που αφήνει το εκάστοτε εμπόδιο από την πηγή, επιτρέποντας του να γίνει αντιληπτός σε κάποιον που βρίσκεται στο χώρο γιατί το μήκος κύματος του ήχου για μία μεγάλη περιοχή συχνοτήτων είναι συγκρίσιμο με τις διαστάσεις των ανοιγμάτων.



Εικόνα 3 : Απεικόνιση τρόπου μετάδοσης θορύβου από ανοίγματα.

4. Μέσω της διέγερσης των δομικών στοιχείων των τοιχωμάτων προς ταλάντωση. Η διέγερση μπορεί να προκληθεί από κρούσεις, χτύπους, κακή τοποθέτηση μηχανών κ.α. Τα τοιχώματα διευκολύνουν τη διάδοση του ήχου γιατί ο ήχος στα στερεά διαδίδεται με μεγαλύτερη ταχύτητα και μικρότερη

εξασθένηση σε αντίθεση με τη μετάδοση στον αέρα. Ο ήχος αυτός εκπέμπεται από εύκαμπτες επιφάνειες οι οποίες λειτουργούν ως δευτερογενείς πηγές εκπομπής θορύβου, όπως για παράδειγμα τα σώματα καλοριφέρ.



Εικόνα 4 : Απεικόνιση τρόπου μετάδοσης θορύβου με διέγερση των δομικών στοιχείων από χτυπήματα.

5. Με μετάδοση μέσα από αεραγωγούς συστημάτων κλιματισμού - εξαερισμού. όπου οι αεραγωγοί λειτουργούν σαν δίοδος μετάδοσης του θορύβου διευκολύνοντας τη μετάδοση του ήχου μέσα από αυτά.



Εικόνα 5 : Απεικόνιση τρόπου μετάδοσης θορύβου μέσα από αεραγωγούς.

2.1.3. Κατηγορίες θορύβου

Ο διαδιδόμενος ήχος ανάλογα με τον τρόπο που διαδίδεται διακρίνεται σε (Τροχίδης, 2013):

1. Αερόφερτο.

Διαδίδεται μέσω του αέρα και στη συνέχεια διέρχεται από την κατασκευή. Για παράδειγμα η ομιλία, η μουσική, η λειτουργία οικιακών συσκευών κ.α. διαδίδονται αρχικά μέσω του αέρα και έπειτα μέσω ενός τοίχου ή ενός ελαφρού χωρίσματος σε γειτονικό χώρο.

2. Στερεόφερτο.

Διαδίδεται μέσω στερεών δηλαδή των τμημάτων της κατασκευής. Για παράδειγμα ο ήχος που παράγει ο καυστήρας ενός καλοριφέρ διαδίδεται σε όλη το κτήριο μέσω των μεταλλικών σωληνώσεων. Όπως προαναφέρθηκε στα στερεά ο ήχος μεταδίδεται με μεγαλύτερη ταχύτητα και υφίσταται μικρότερη απόσβεση απ' ό,τι στον αέρα.

3. Κτυπογενή.

Διαδίδεται είτε ως αερόφερτος είτε ως στερεόφερτος. Πρόκειται για ήχο που παράγεται από την πρόσκρουση στέρεων σωμάτων. Για παράδειγμα ο βηματισμός των ενοίκων που βρίσκονται σε επάνω ορόφους διαδίδεται εύκολα στους κάτω ορόφους.

Ευνόητα κατά τη συνολική μελέτη μόνωσης μιας κατασκευής πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη όχι μόνο τον τρόπο διάδοσης και παραγωγής του ήχου αλλά και τη στάθμη και το φάσμα του (Σκαρλάτος, 2013).

2.2. Αερόφερτος θόρυβος.

Βασική προϋπόθεση μίας κατασκευής είναι να μας παρέχει την επιθυμητή ηχομόνωση. Για την επίτευξη αυτής απαιτείται αφενός οικονομικό και αφετέρου χωροταξικό κόστος με το δεύτερο να συνδέεται άμεσα με τον περιορισμό των διαθέσιμων χώρων, καθώς ένας τοίχος με ηχομονωτικές ιδιότητες έχει συνήθως μεγαλύτερο βάρος και πάχος από έναν κοινό τοίχο με περιορισμένη ηχομείωση. Για το λόγο αυτό οι κατασκευαστικές εταιρίες έχουν επικεντρωθεί σε μελέτες με βασικό άξονα την ανακάλυψη και την κατασκευή ελαφρύτερων και ταυτόχρονα λεπτότερων ηχομονωτικών κατασκευών εξετάζοντας παράλληλα τη μείωση των οικονομικών μεγεθών.

2.2.1. Δείκτης ηχομείωσης αερόφερτου θορύβου

Κατά τη διάδοση του ήχου μέσω επιφανειών βασικό ρόλο παίζει ο συντελεστής μετάδοσης που ορίζεται ως ο λόγος της διερχόμενης ηχητικής ισχύος w_τ ή έντασης I_τ από μία επιφάνεια προς αυτήν που προσπίπτει αντίστοιχα (w_i ή I_i) και δίνεται από τη σχέση (Σκαρλάτος, 2013)

$$\tau = \frac{w_\tau}{w_i} = \frac{I_\tau}{I_i} \quad (2.1)$$

Για τον υπολογισμό της ηχομονωτικής ικανότητας ενός σύνθετου διαχωριστικού τοιχώματος σε αερόφερτο θόρυβο χρησιμοποιείται ο όρος σύνθετος δείκτης ηχομείωσης (Σκαρλάτος, 2013).

$$R_w = 10 * \log \frac{1}{\tau} \quad (2.2)$$

όπου τ ο συντελεστής μετάδοσης του ήχου.

Ο δείκτης ηχομείωσης εκφράζει σε dB το ποσό της ηχητικής ενέργειας που διέρχεται μέσα από τα τοιχώματα σε σχέση με αυτήν που προσπίπτει.

Ο φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης καθορίζεται συνήθως για την κεντρική συχνότητα κάθε οκτάβας 1/3 και για την περιοχή συχνοτήτων από 125 έως 4000 Hz που ενδιαφέρει τη Δομική Ακουστική. Σε γενικές γραμμές ο υπολογισμός του δείκτη ηχομείωσης είναι δύσκολος αλλά δίνεται με ακρίβεια από πίνακες εργαστηριακών ηχομετρήσεων για διάφορα υλικά και οικοδομικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές.

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του δείκτη ηχομείωσης τόσο μεγαλύτερη ηχομείωση προσφέρει η επιφάνεια (Fahy, 2005).

2.2.2. Πρόβλεψη και υπολογισμός ηχομείωσης απλών τοιχωμάτων.

Ο δείκτης ηχομείωσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η συχνότητα του ήχου, η γωνία πρόσπτωσης και οι φυσικές ιδιότητες του υλικού (πυκνότητα, σκληρότητα κ.α.) και δίνεται από τον νόμο της μάζας. (Εφαρμοσμένη Ακουστική, 2015).

Νόμος της Μάζας.

Ο δείκτης ηχομείωσης ενός απλού τοιχώματος δίνεται από τη σχέση:

$$R = 20 * \log (f * m) - 47 \quad (2.3)$$

όπου f η συχνότητα του ήχου σε Hz και m η επιφανειακή πυκνότητα (ή μάζα) του υλικού σε kg/m².

Ως επιφανειακή μάζα m ορίζεται η μάζα της επιφάνειας ανά τετραγωνικό μέτρο, μετριέται σε kg/m² και ισούται με το γινόμενο της πυκνότητας του υλικού ρ (kg/m³) επί το πάχος του υλικού h (m).

$$m = \rho * h \quad (2.4)$$

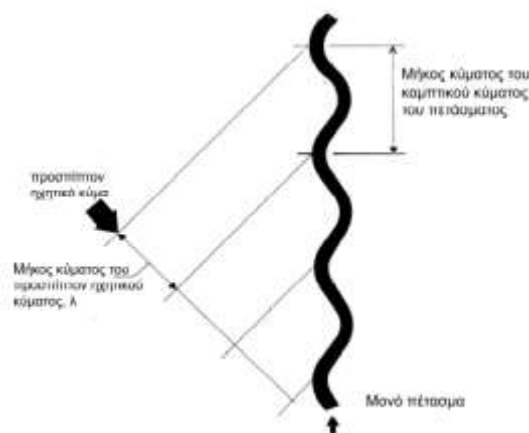
Καθώς η γωνία πρόσπτωσης συνήθως δεν είναι γνωστή και ταυτόχρονα όταν η πηγή βρίσκεται σε κλειστό χώρο, ο παραγόμενος ήχος είναι σε μεγάλο βαθμό διάχυτος δηλαδή προσπίπτει σε κάθε επιφάνεια από κάθε δυνατή κατεύθυνση, η ηχομείωση R στη σχέση 2.3 εκφράζει την ηχομείωση που παρέχει μία επιφάνεια για όλες τις δυνατές γωνίες πρόσπτωσης και καλείται δείκτης ηχομείωσης για τυχαία πρόσπτωση εκφρασμένος σε dB. Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η ηχομείωση R για συγκεκριμένη γωνία πρόσπτωσης διαφέρει μερικά dB άλλα έχει περιορισμένο πρακτικό ενδιαφέρον (Σκαρλάτος, 2013).

Ο νόμος της μάζας ισχύει όταν το τοίχωμα είναι συμπαγές και ακάματο με μεγάλη επιφανειακή μάζα συνήθως μεγαλύτερη των 100 kg/m^2 . Συγκεκριμένα ο νόμος της μάζας υπαγορεύει ότι για δεδομένη συχνότητα ο δείκτης ηχομείωσης αυξάνει κατά 6dB για κάθε διπλασιασμό της επιφανειακής μάζας και για την ίδια επιφάνεια ηχομείωση R αυξάνει κατά 6dB για κάθε διπλασιασμό της συχνότητας. Ταυτόχρονα δηλώνει ότι σε χαμηλές συχνότητες οι ηχομονωτικές ιδιότητες των υλικών είναι φτωχές (Σκαρλάτος, 2013).

Βέβαια η ηχομονωτική συμπεριφορά διαφόρων υλικών στην πράξη και σε ορισμένες συχνότητες διαφέρει από αυτήν που προβλέπει ο νόμος της μάζας και για τη μείωση αυτή ευθύνονται τα φαινόμενα της σύμπτωσης και του συντονισμού.

Το φαινόμενο της σύμπτωσης.

Όταν ένα ηχητικό κύμα με μήκος κύματος λ προσπέσει σε τοίχωμα που είναι εύκαμπτο τότε το διεγείρει σε ταλάντωση με αποτέλεσμα να διαδίδονται σε αυτό καμπτικά κύματα (bending waves). Όταν η συχνότητα του προσπίπτοντος ήχου συμπέσει με τη συχνότητα των καμπτικών κυμάτων, τότε ο ήχος διεγείρει το τοίχωμα το οποίο εξ αιτίας της ταλάντωσης εκπέμπει ήχο και ουσιαστικά λειτουργεί ως ηχητική πηγή με συνέπεια τη μείωση της ηχομονωτικής ικανότητας του για αυτή τη συχνότητα (Σκαρλάτος, 2013).



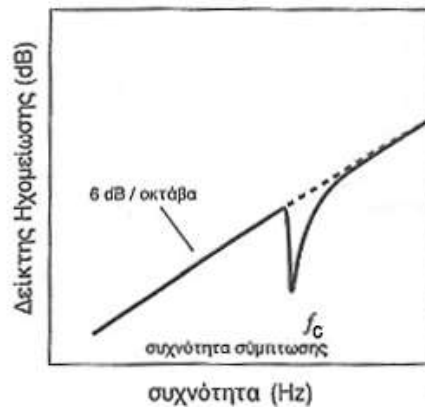
Εικόνα 6 : Το φαινόμενο της σύμπτωσης.

Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φαινόμενο σύμπτωσης και η συχνότητα στην οποία συντονίζεται η επιφάνεια ονομάζεται κρίσιμη συχνότητα.

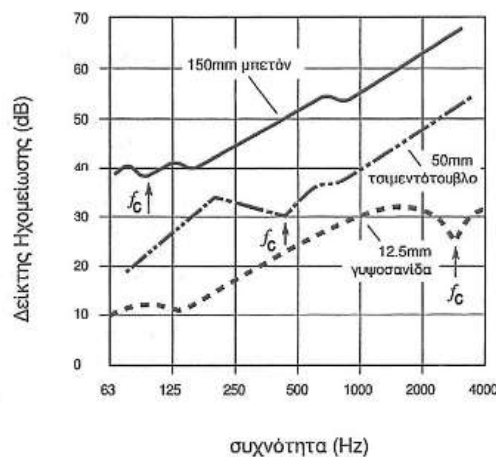
$$f_c = \frac{c^2}{1.8 * h * c_1} \quad (2.5)$$

όπου $h(m)$ το πάχος του τοιχώματος, $c(m/sec)$ η ταχύτητα του ήχου στο μέσο διάδοσης (αέρας) και $c_1(m/sec)$ η ταχύτητα διάδοσης των καμπτικών κυμάτων στο υλικό του τοιχώματος.

Για την σχέση 2,5 συμπεραίνουμε ότι για το ίδιο υλικό ότι αν αυξηθεί το πάχος του, η συχνότητα σύμπτωσης μετατοπίζεται σε χαμηλότερες συχνότητες. Η σχέση αυτή ισχύει όταν το πάχος του τοιχώματος είναι τουλάχιστον έξι φορές μικρότερο από το μήκος κύματος του ήχου. Η κρίσιμη συχνότητα είναι η μικρότερη συχνότητα που συντονίζεται το χώρισμα με τον προσπίπτοντα ήχο. Στη συχνότητα αυτή υπάρχει και η μεγαλύτερη απόκλιση δηλαδή μικρότερη ηχομείωση από αυτήν που προβλέπει ο νόμος της μάζας. (Σκαρλάτος, 2013).



Εικόνα 7 : Επίδραση της συχνότητας σύμπτωσης f_c στην καμπύλη δείκτη Ηχομείωσης (Τροχίδης, 2013).



Εικόνα 8 : Επίδραση της συχνότητας σύμπτωσης f_c στην καμπύλη δείκτη Ηχομείωσης για μονά τοιχώματα (Χατζηάστρου, 2008).

Στην Εικόνα 8 παριστάνεται η καμπύλη του δείκτη ηχομείωσης συναρτήσει της συχνότητας για μονά χωρίσματα διαφόρων υλικών. Συγκεκριμένα η πρώτη καμπύλη αναφέρεται σε λεπτό χωρίσμα από γυψοσανίδα πάχους 12,5mm με συχνότητα σύμπτωσης γύρω στα 2500Hz, η δεύτερη σε τσιμεντότουβλο 50mm με f_c κοντά στα 450Hz και η τρίτη σε βαρύ, άκαμπτο τοίχωμα από μπετόν με συχνότητα σύμπτωσης περίπου στα 80Hz. Και στις τρεις περιπτώσεις είναι εμφανής η απότομη μείωση του στην περιοχή γύρω από τη συχνότητα σύμπτωσης f_c . Η μείωση του δείκτη ηχομείωσης εξ αιτίας του φαινομένου της σύμπτωσης εκτείνεται σε μία περιοχή με εύρος περίπου μίας οκτάβας. Τέλος να αναφέρουμε ότι το μέγεθος της μείωσης εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την απόσβεση του υλικού.

Το φαινόμενο του συντονισμού.

Σε πολύ χαμηλές συχνότητες η σκληρότητα των υλικών εμποδίζει την ταλάντωση τους. Ο συνδυασμός της σκληρότητας με τη μάζα των τοιχωμάτων επιδρά όπως το σύστημα μάζας-ελατήριο με συγκεκριμένη συχνότητα συντονισμού. Για ορισμένες συχνότητες παρατηρείται συντονισμός του διαδιδόμενου ήχου με την ταλάντωση των τοιχωμάτων και για τον λόγο αυτό υπάρχει μέγιστη απορρόφηση της ενέργειας με συνέπεια τη μείωση της ηχομονωτικής ικανότητας του χωρίσματος. Το φαινόμενο του συντονισμού έχει αποτέλεσμα την εμφάνιση βυθίσματος στις χαμηλές κυρίως συχνότητες στην καμπύλη που εκφράζει την ηχομονωτική ικανότητα των υλικών συναρτήσει της συχνότητας. Οι συντονισμοί συμβαίνουν σε πολύ χαμηλές συχνότητες και συχνά δεν τους λαμβάνουμε υπόψη (Σκαρλάτος, 2013).

Ηχομονωτική συμπεριφορά απλών επιφανειών.

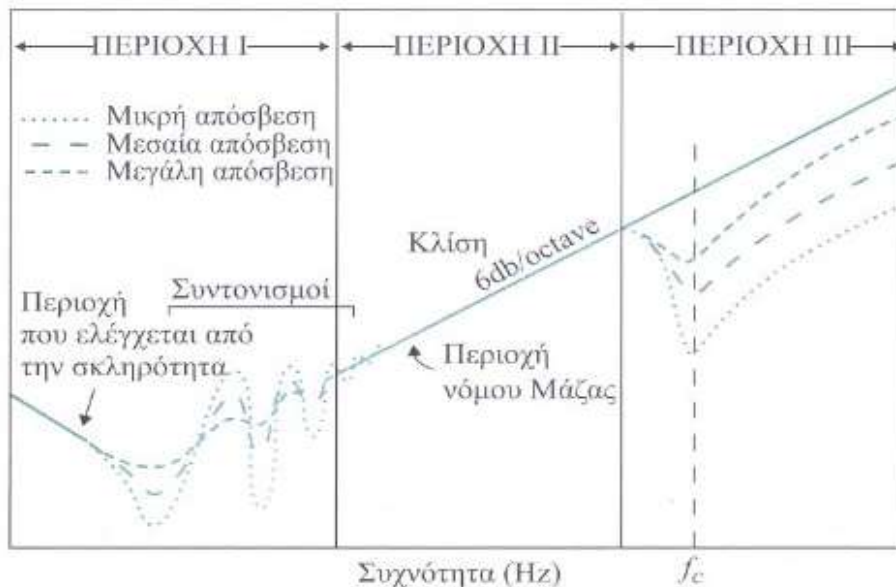
Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο όταν οι απλές επιφάνειες ταλαντώνονται έχουν σαν επακόλουθο τη μετάδοση της ακουστικής ενέργειας. Το φαινόμενο της απόσβεσης των ταλαντώσεων συμβάλει σημαντικά στη μείωση του θορύβου λόγω του ότι μετατρέπεται ένα μέρος της ηχητικής ενέργειας σε θερμότητα. Η επίδραση του φαινομένου της απόσβεσης είναι έντονη όταν το πάχος του υλικού είναι μικρότερο των 0,6cm (Σκαρλάτος, 2013).

Κατά τη μελέτη της απόσβεσης λαμβάνουμε υπόψη τα εξής

- i) οι ταλαντώσεις των επιφανειών συμβαίνουν συνήθως στις συχνότητες συντονισμού και η απόσβεση αυτή έχει μικρή επίδραση σε περιοχές συχνοτήτων μακριά από τις συχνότητες αυτές.
- ii) οι ταλαντώσεις των επιφανειών πρέπει να είναι σε θέση να δημιουργήσουν ηχητικά κύματα.

Η επίδραση της απόσβεσης μετριέται με τον παράγοντα απωλειών (loss factor). Εκφράζει την ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμότητα (Π1, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α).

Συνοψίζοντας η ηχομονωτική συμπεριφορά διαφόρων υλικών περιγράφεται από τον νόμο της μάζας, το φαινόμενο της σύμπτωσης και το φαινόμενο του συντονισμού με τα δύο τελευταία να είναι υπεύθυνα για σοβαρές αποκλίσεις από τον νόμο της μάζας.



Εικόνα 9 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης συναρτήσει της συχνότητας για μία ομογενή επιφάνεια (Σκαρλάτος, 2015).

I. Περιοχή Σκληρότητας.

Εκτείνεται από 0 έως $2f_0$ όπου f_0 (Hz) η χαμηλότερη συχνότητα συντονισμού. Η περιοχή αυτή βρίσκεται στις χαμηλές συχνότητες. Η ηχομείωση είναι συνάρτηση της σκληρότητας του υλικού δηλαδή όταν αυξάνεται η σκληρότητα του υλικού, αυξάνεται ο δείκτης ηχομείωσης κατά 6dB για κάθε διπλασιασμό της σκληρότητας για σταθερή συχνότητα. Για το ίδιο υλικό ο δείκτης ηχομείωσης μειώνεται με τη συχνότητα κατά 6dB ανά οκτάβα. Στην πράξη όταν θέλουμε να έχουμε σημαντική ηχομείωση στις χαμηλές συχνότητες θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε σκληρά υλικά.

II. Περιοχή Νόμου Μάζας.

Εκτείνεται αμέσως μετά την περιοχή σκληρότητας δηλαδή από $2f_0$ μέχρι και τη συχνότητα $\frac{f_c}{2}$, όπου f_c (Hz) είναι η συχνότητα σύμπτωσης. Ο δείκτης ηχομείωσης αυξάνει με την αύξηση της συχνότητας και του επιφανειακού βάρους σύμφωνα με το νόμο της μάζας. Θεωρητικά ο δείκτης ηχομείωσης θα πρέπει να αυξάνει κατά 6dB για κάθε διπλασιασμό του επιφανειακού βάρους. Πρακτικά η αύξηση αυτή είναι μικρότερη, περίπου της τάξεως 4 έως 5dB για κάθε διπλασιασμό του επιφανειακού βάρους. Για την ίδια επιφάνεια η μείωση αυξάνεται κατά 6dB για κάθε διπλασιασμό της συχνότητας. Ο νόμος της μάζας στην περιοχή αυτή ισχύει ικανοποιητικά για σώματα με επιφανειακό βάρος μεγαλύτερο των 100 kg/m^2 .

III. Περιοχή Σύμπτωσης.

Εκτείνεται αμέσως μετά την περιοχή του νομού της μάζας. Για συχνότητες κοντά στην κρίσιμη συχνότητα παρατηρείται μεγάλη μείωση του δείκτη ηχομείωσης λόγω του φαινομένου της σύμπτωσης. Για συχνότητες μεγαλύτερες από την κρίσιμη συχνότητα αλλά κοντά σε αυτήν εμφανίζεται σχετικά μεγάλη αύξηση του δείκτη ηχομείωσης με τη συχνότητα, περίπου 8 έως 10dB ανά οκτάβα για την ίδια επιφάνεια. Για να πετύχουμε σημαντική ηχομείωση σε μεσαίες και υψηλές συχνότητες θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε υλικά με επιφανειακό μεγάλο επιφανειακό βάρος.

Προσεγγιστικός υπολογισμός δείκτη ηχομείωσης απλών επιφανειών.

Μονά χωρίσματα θεωρούνται τα δομικά στοιχεία που ταλαντώνονται ως ενιαίο σώμα κατά τη διέγερση τους και αποτελούνται είτε από ομοιογενή υλικά είτε από στρώσεις διαφορετικών υλικών στέρεα συνδεδεμένες μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να χαρακτηριστούν ενιαίο σώμα.

Για να προσεγγίσουμε υπολογιστικά την πραγματική συμπεριφορά μιας απλής επιφάνειας λαμβάνοντας υπόψη μας τις αποκλίσεις από τον νόμο της μάζας λόγω του φαινομένου της σύμπτωσης ακολουθούμε την παρακάτω μεθοδολογία (Σκαρλάτος, 2013).

Με βάση την κρίσιμη συχνότητα f_c χωρίζουμε όλο το εύρος των συχνοτήτων σε τρεις περιοχές οπότε για το συντελεστή ηχομείωσης έχουμε τους δύο παρακάτω τύπους:

$$R = 20 * \log (f*m) - 47, f \leq \frac{f_c}{2} \quad (2.6)$$

$$R = 20 * \log \frac{\pi * f * m}{\rho * c} + 10 * \log \frac{2 * n * f}{\pi * f_c}, f \geq f_c \quad (2.7)$$

όπου m η επιφανειακή μάζα του υλικού (kg/m^2), n ο παράγοντας απωλειών του υλικού και ρc η χαρακτηριστική αντίσταση του αέρα που συνήθως παίρνει την τιμή 415Rayl.

Για συχνότητες μεταξύ των δύο παραπάνω αναφερόμενων ορίων ο υπολογισμός της ηχομόνωσης γίνεται με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των τιμών $\frac{f_c}{2}$ και f_c (Μπάρκας, 2016).

2.2.3. Υπολογισμός δείκτη ηχομείωσης σύνθετων επιφανειών.

Είναι σχετικά δύσκολο οι επιφάνειες που οριοθετούν ένα χώρο να αποτελούνται από ένα υλικό. Συνήθως αποτελούνται από διάφορα υλικά (πόρτες, παράθυρα κ.α.) και σε αυτή την περίπτωση χαρακτηρίζονται ως συνθέτες (Σκαρλάτος, 2013).

Ο υπολογισμός του δείκτη ηχομείωσης ακολουθεί την εξής μεθοδολογία:

1. υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής διάδοσης τ ολόκληρης της επιφάνειας με τον τύπο

$$\tau = \frac{\tau_1 * s_1 + \tau_2 * s_2 + \tau_3 * s_3 + \tau_4 * s_4 + \tau_5 * s_5 + \dots}{s_1 + s_2 + s_3 + s_4 + s_5 + \dots} \quad (2.8)$$

όπου τ_i ο συντελεστής διάδοσης της κάθε ομογενούς επιφάνειας και s_i το αντίστοιχο εμβαδό της κάθε ομογενούς επιφάνειας.

- 1.1. Στην περίπτωση που γνωρίζουμε το δείκτη ηχομείωσης R , ο συντελεστής διάδοσης τ για κάθε ομογενή επιφάνεια δίνεται

$$\tau = 10^{-0,1 * R} \quad (2.9)$$

2. Ο δείκτης ηχομείωσης της σύνθετης επιφάνειας προκύπτει από

$$R = 20 * \log \frac{1}{\tau} \quad (2.10)$$

Η μέγιστη τιμή του δείκτη ηχομείωσης που δίνεται από τον τύπο :

$$R \leq 20 * \log \frac{\rho_m * c_m}{2 * \rho * c} - 5 \quad (2.11)$$

όπου ρ_m και c_m η πυκνότητα και η ταχύτητα του ήχου στο υλικό.

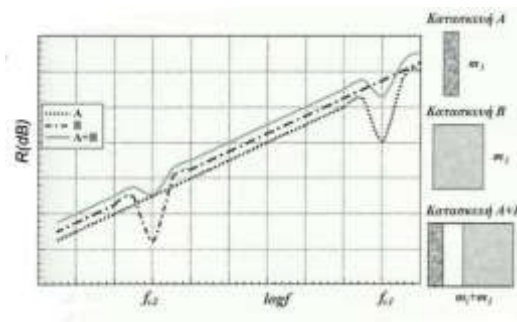
2.2.4. Πρόβλεψη και υπολογισμός ηχομείωσης διπλών επιφανειών.

Για να επιτύχουμε υψηλούς δείκτες ηχομείωσης απαιτούνται υλικά με μεγάλο επιφανειακό βάρος (Νόμος της Μάζας). Παράλληλα με τους υψηλούς δείκτες αποσκοπούμε και σε ελαφριές κατασκευές πράγμα που μπορεί να γίνει εφικτό με διπλά ή τριπλά τοιχώματα. Για παράδειγμα, έχουμε μία επιφάνεια με δείκτη ηχομείωσης $R = 30\text{dB}$. Αν στην επιφάνεια αυτή εφάπτεται μία δεύτερη όμοια

επιφάνεια, σύμφωνα με το νόμο της μάζας η ολική ηχομείωση της κατασκευής θα αυξηθεί κατά 6dB, $R + 6 = 36\text{dB}$. Στην περίπτωση όμως που η δεύτερη επιφάνεια τοποθετηθεί σε πολύ μεγάλη απόσταση από την πρώτη χωρίς να υπάρχει σύζευξη μεταξύ τους τότε η κάθε επιφάνεια θα μειώσει κατά 30dB τη ηχητική στάθμη και η τελική ηχομείωση θα είναι $R + R = 60\text{dB}$. Βέβαια η τοποθέτηση των δύο επιφανειών σε πολύ μεγάλη απόσταση μεταξύ τους είναι πρακτικά δύσκολο. Σε αυτό το σημείο θα μπορούσαμε να πούμε ότι σε μία κατασκευή η χρήση διπλών ή πολλαπλών επιφανειών βελτιώνει σημαντικά την ηχομείωση που προσφέρουν (Σκαρλάτος, 2015).

Οι παράγοντες που βελτιώνουν την ηχομονωτική συμπεριφορά των διπλών επιφανειών έναντι των απλών είναι δύο (Σκαρλάτος, 2013):

1. Η επίδραση του διάκενου. Το διάκενο μεταξύ των επιφανειών αυξάνει την ηχομείωση του συστήματος λόγω του ότι ο ήχος που εισέρχεται σε αυτό υφίσταται πολλαπλές ανακλάσεις και σε κάθε ανάκλαση χάνει ένα μέρος της ενέργειας που μεταφέρει. Στην περίπτωση τοποθέτησης ηχοαπορροφητικού υλικού στο διάκενο η αύξηση της απορρόφησης του ανακλώμενου ήχου είναι σημαντικά μεγαλύτερη.
2. Η διαφοροποίηση των συχνοτήτων σύμπτωσης των επιφανειών ελαχιστοποιεί την επίδραση του φαινομένου της σύμπτωσης. Αυτό συμβαίνει όταν οι επιφάνειες αποτελούνται από διαφορετικά υλικά ή από το ίδιο υλικό με διαφορετικό πάχος. Δηλαδή οι συχνότητες που για τη μία επιφάνεια είναι κοντά στη συχνότητα σύμπτωσης και διέρχονται εύκολα, δεσμεύονται από την άλλη η οποία όταν είναι από διαφορετικό υλικό ή από το ίδιο υλικό με διαφορετικό πάχος έχει διαφορετική συχνότητα σύμπτωσης.



Εικόνα 10 : Σύγκριση δεικτών ηχομείωσης απλών επιφανειών και σύνθετης επιφάνειας. Λόγω του ότι οι δύο συχνότητες σύμπτωσης δεν συμπίπτουν οι τελική καμπύλη ηχομείωσης είναι σχετικά ομαλή (Σκαρλάτος, 2015).

Στην Εικόνα 10 συγκρίνονται οι ηχομειώσεις κατασκευών αποτελούμενες από απλές επιφάνειες κατασκευή Α (m_1) και κατασκευή Β (m_2) με κατασκευή που αποτελείται από διπλές επιφάνειες Α+Β (m_1+m_2) με διάκενο μεταξύ τους. Παρατηρούμε ότι για τις απλές επιφάνειες η κρίσιμη συχνότητα τους είναι διαφορετική και ότι στη διπλή επιφάνεια η επίδραση του φαινομένου της σύμπτωσης ελαχιστοποιείται. Σημαντικός παράγοντας για την επίτευξη καλής ηχομόνωσης με χρήση πολλαπλών επιφανειών είναι η μόνωση των επιφανειών μεταξύ τους τόσο ακουστικά όσο και μηχανικά. Κατά την ακουστική μόνωση θα πρέπει να υπάρχει διάκενο μεταξύ των τοιχωμάτων ενώ

για τη μηχανική μόνωση θα πρέπει να τοποθετηθούν μεταξύ των διαφορετικών τοιχωμάτων, υλικά που να είναι απορροφητικά στους κραδασμούς.

Στις κατασκευές διπλών τοιχωμάτων σημαντικό ρόλο παίζουν η συχνότητα συντονισμού του διάκενου f_0 και η οριακή συχνότητα f_1 .

Η συχνότητα συντονισμού του διακένου δίνεται από τη σχέση (Hopkins, 2007):

$$f_0 = \frac{113}{\sqrt{M * d}} \quad (2,12)$$

όπου d η απόσταση των επιφανειών σε μέτρα και M η επιφανειακή μάζα που δίνεται:

$$M = \frac{2 * m_1 * m_2}{m_1 + m_2} \quad (2,13)$$

Η οριακή συχνότητα f_1 υπολογίζεται με χρήση του τύπου:

$$f_1 = \frac{c}{2 * \pi * d} = \frac{55}{d} \quad (2,14)$$

Για να υπολογίσουμε τον δείκτη ηχομείωσης για επιφάνειες με μεγάλες διαστάσεις αγνοώντας την επίδραση των στηρίξεων τους χρησιμοποιούμε τις προσεγγιστικές σχέσεις.

$$R = 20 * \log (f * m) - 47, \quad f < f_0 \quad (2,15)$$

$$R = R_1 + R_2 + 20 * \log (f * d) - 29, \quad f_0 < f < f_1 \quad (2,16)$$

$$R = R_1 + R_2 + 6, \quad f > f_1 \quad (2,17)$$

m το άθροισμα των επιφανειακών μαζών των υλικών $m = m_1 + m_2$ Kg/m², f_0 και f_1 υπολογίζονται από τους τύπους 2,12 και 2,13 αντίστοιχα και d το πάχος του διάκενου σε μέτρα.

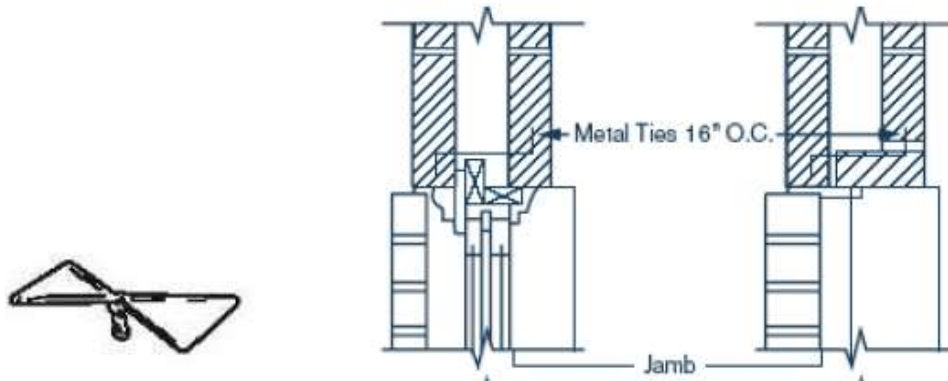
Ένας γενικός κανόνας μας υπαγορεύει ότι το διάκενο θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο των 2,5cm και ότι η αύξηση του μετακινεί τη συχνότητα συντονισμού σε χαμηλότερες συχνότητες (Σκαρλάτος, 2013).

Κατασκευαστικές προϋποθέσεις και πρακτικές εφαρμογές ηχομόνωσης αερόφερτου θορύβου για διπλές επιφάνειες.

- Κατά την εφαρμογή ελαφριάς κατασκευής αποτελούμενη από διπλές επιφάνειες με διάκενο 50mm θα οδηγήσει στην αύξηση της ηχομείωσης στις μεσαίες και ψηλές συχνότητες. Όταν το διάκενο κενό μεταξύ των επιφανειών είναι μεγαλύτερο από 150mm τότε θα επιτευχθεί ικανοποιητική ηχομόνωση και στις χαμηλές συχνότητες.

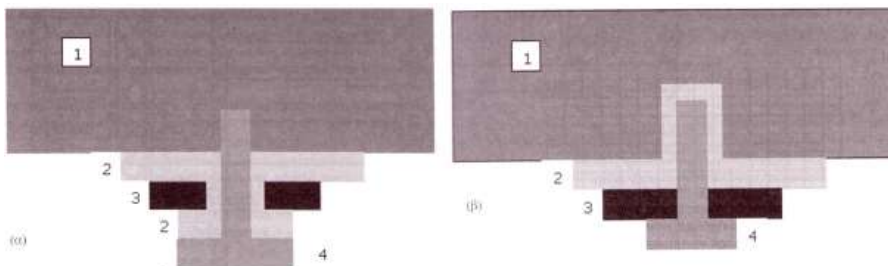
- Σε μια ελαφριά κατασκευή διπλού χωρίσματος με σκοπό υψηλές τιμές δείκτη ηχομείωσης, συνιστάται οι επιφάνειες να στηρίζονται σε διαφορετικούς σκελετούς. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνουμε το κάθε χώρισμα του διπλού χωρίσματος να είναι μηχανικά μονωμένο με το άλλο. Άλλος τρόπος για τη μηχανική μόνωση είναι η τοποθέτηση των χωρισμάτων σε κοινό σκελετό με ελαστικά μέσα.

- Στην περίπτωση διπλής τοιχοποιίας από τούβλο ένας αποτελεσματικός τρόπος μόνωσης είναι η χρήση συνδετήρων από ελαφρύ μέταλλο υπό μορφή ελάσματος, τύπου πεταλούδας, παρά μεταλλικοί συνδετήρες με μεγάλο βάρος.



Εικόνα 11 : Συνδετήρας τύπου πεταλούδας (αριστερά), μεταλλικός συνδετήρας (δεξιά).

- Η μηχανική γεφύρωση μπορεί να αποφευχθεί μέσω ελαστικής στήριξης και των δύο χωρισμάτων στο δάπεδο και στην οροφή. Ανάλογο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται και με τη τοποθέτηση αρμού, στις πλάκες του δαπέδου και της οροφής, μεταξύ των δύο στοιχείων.



Εικόνα 12 : Ενδεικτική απεικόνιση ελαστικής στήριξης ή ανάρτησης. 1)πλάκα(σκυρόδεμα), 2)ειδικό ελαστικό (κατά περίπτωση), 3)έλασμα ή σκελετός, 4)βίδα.

- Σε κατασκευές υψηλών ηχομονωτικών απαιτήσεων (τοίχος στούντιο) και κατά την περίπτωση που υπάρχει σύνδεση μεταξύ των δυο τοίχων, πρέπει να χρησιμοποιούνται εύκαμπτες συνδέσεις μεταξύ των.

- Στις διπλές τοιχοποιίες από γυψοσανίδα πρέπει να δοθεί προσοχή στο κενό μεταξύ των ορθοστατών. Κενό των ορθοστατών 300-400mm έχει αποδειχθεί ότι μειώνει μέχρι και 13dB την απόδοση της διπλής τοιχοποιίας ως προς την ηχομόνωση στις τριτοκτάβες, με κεντρικές συχνότητες 160 και 200Hz. Αντίθετα κενό των ορθοστατών 100-200mm προσφέρουν καλύτερα αποτελέσματα ως προς το δείκτη ηχομείωσης.

Παρόλο που οι μικρότερες αποστάσεις μεταξύ των ορθοστατών δίνουν καλύτερα ηχομονωτικά αποτελέσματα στις χαμηλές συχνότητες κάτω των 200Hz, στις συχνότητες μεταξύ 250-2000Hz ηχομονωτική τους απόδοση ελαττώνεται λίγα dB (Rindel and Hoffmeyer,1991).

- Για να αποφύγουμε την αύξηση της κρίσιμης συχνότητας προτείνεται στις διπλές τοιχοποιίες να μην χρησιμοποιείται το ίδιο πάχος στα κελύφη γιατί είναι πιθανό να εμφανιστεί σημαντική πτώση του φαινομένου δείκτη ηχομείωσης στη συχνότητα αυτή. Το φαινόμενο αυτό γίνεται πιο έντονο στα κελύφη με μικρή επιφανειακή πυκνότητα (π.χ. κόντρα πλακέ). Αυτό είναι σημαντικό όταν πρόκειται για τις κατασκευές με διπλό τζάμι και σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην υγρασία-συμπύκνωση πράγμα που καθιστά απαραίτητες τις αποστραγγιστικές τρύπες.

- Σε κατασκευές που κυριαρχούν οι γυψοσανίδες, οι αρμοί τους θα πρέπει να σπατουλάρονται με προσοχή ώστε να είναι όσο το δυνατό γίνεται πιο λεπτοί και τρίβονται οι προεξοχές τους ώστε να είναι ομαλοί και τέλος να καλύπτονται με ειδική γάζα. Σε περιπτώσεις διπλής τοιχοποιίας από εφαιπτόμενες γυψοσανίδες η αρμολόγηση θα πρέπει να γίνεται σε κάθε στρώση. Σημαντικό είναι κατά την τοποθέτηση των διαδοχικών εφαιπτόμενων στρώσεων των γυψοσανίδων, οι αρμοί τους να μη συμπίπτουν. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη σφράγιση αρμών δαπέδου και οροφής. Υπάρχουν κατασκευαστικές προσεγγίσεις που κατά τη σφράγιση των αρμών χρησιμοποιείται σιλικόνη πριν το σπατουλάρισμα. Σε γενικές γραμμές κατά την κατασκευή εφιστούμε την προσοχή ώστε να αποφευχθούν λάθη που σχετίζονται με το διάκενο και πιθανόν να λειτουργήσουν ως ηχογέφυρες μεταξύ των δύο τοίχων. Τέτοια λάθη θα μπορούσαν να είναι η πτώση μπαζών ή λάσπης ενός του διακένου.

2.2.5. Επιδράσεις στην ηχομείωση του αερόφερτου θορύβου.

1.Επίδραση της απορρόφησης.

Το διάκενο μεταξύ των επιφανειών στις χαμηλές συχνότητες λειτουργεί σαν αποσβεστήρας των ταλαντώσεων που κάνουν αυτές με την προϋπόθεση ότι η απόσταση των επιφανειών είναι πολύ μεγαλύτερη από το μήκος κύματος του ήχου. Όταν η απόσταση των επιφανειών είναι συγκρίσιμη με το μήκος κύματος του ήχου τότε δημιουργούνται στάσιμα κύματα και σε αυτή την περίπτωση έχουμε μεγάλες αποκλίσεις της προβλεπόμενης από την πραγματική ηχομείωση. Όταν στο διάκενο δεν υπάρχει απορροφητικό υλικό το πλάτος των στάσιμων κυμάτων είναι μεγάλο και συνεπώς η εκπομπή διέλευση του ήχου σημαντική. Η προσθήκη απορροφητικού υλικού βελτιώνει την ηχομονωτική ικανότητα στις χαμηλές συχνότητες σε ελαφριές κατασκευές ενώ η βελτίωση δεν είναι τόσο σημαντική σε βαριές κατασκευές. Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατόν να γεμίσει το διάκενο με απορροφητικό υλικό συνιστάται να τοποθετηθεί περιμετρικά στο εσωτερικό πλαίσιο. Όσο μεγαλύτερο

είναι το πάχος του απορροφητικού τόσο καλύτερη είναι η ηχομόνωση στις χαμηλές πάντα συχνότητες (Σκαρλάτος, 2013).

2. Επίδραση της απόσβεσης.

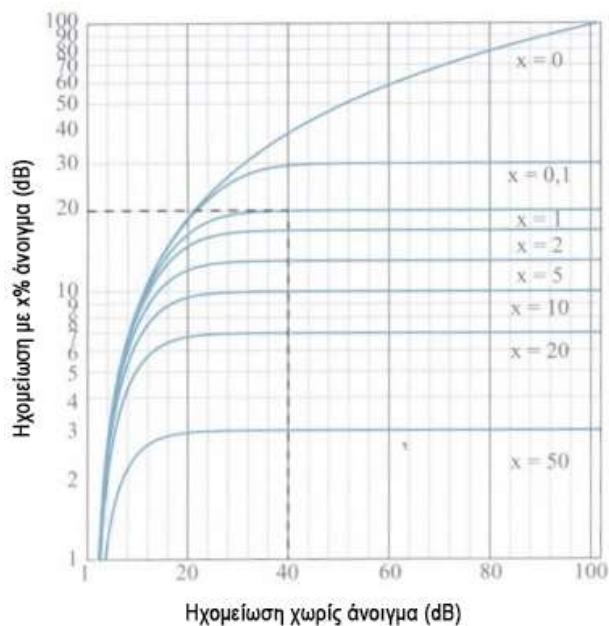
Υπάρχει άμεση σχέση του παράγοντα απωλειών συνεπώς και της απόσβεσης με την ηχομείωση των επιφανειών. Η επίδραση αυτή είναι ιδιαίτερα έντονη σε συχνότητες μεγαλύτερες από την κρίσιμη συχνότητα καθώς και στην περιοχή του συντονισμού (περιοχή I και II, Εικόνα 4). Για συχνότητες μεγαλύτερες από την κρίσιμη συχνότητα, αύξηση της απόσβεσης σημαίνει και αύξηση της ηχομείωσης. Υλικά με μεγάλη σκληρότητα και αντοχή έχουν καλή συμπεριφορά στις χαμηλές συχνότητες αλλά συνήθως έχουν μικρή απόσβεση. Για την αύξηση της απόσβεσης τους μπορούμε να τοποθετήσουμε βισκοελαστικό πολυμερές στρώμα στη δονούμενη επιφάνεια και για να πετύχουμε καλύτερη απόδοση συνιστάται αφενός να κολληθεί στην επιφάνεια, το πάχος του να είναι περίπου τριπλάσιο από το πάχος της επιφάνειας και το βάρος του τουλάχιστον κατά 20% μεγαλύτερο από το βάρος της επιφάνειας (Σκαρλάτος, 2013).

3. Επίδραση των συνδέσμων.

Σε κατασκευές πολλαπλών επιφανειών σημαντικό ρόλο παίζει ο τρόπος σύνδεσης μεταξύ τους. Η στήριξη μεταξύ τους μέσω μεταλλικών ράβδων (οδηγοί, στράτζες) δημιουργεί ηχογέφυρες με επακόλουθο τη μετάδοση του θορύβου και την μείωση της ηχομόνωσης. Ο τρόπος αντιμετώπισης είναι να παρεμβληθούν μεταξύ τους ελαστικά σώματα. Επίσης και οι βίδες θα πρέπει να είναι μηχανικά μονωμένες με μονωτικό κέλυφος (Σκαρλάτος, 2013).

4. Επίδραση των ανοιγμάτων.

Η ύπαρξη ανοιγμάτων σε μία επιφάνεια έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ηχομονωτικής της ικανότητας. Η δε αυτή μείωση εξαρτάται από το εμβαδόν των ανοιγμάτων προς το εμβαδόν των επιφανειών. Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η ηχομείωση ενός χωρίσματος σε συνάρτηση με το % ποσοστό του ανοίγματος ως προς το συνολικό εμβαδόν της επιφάνειας (Σκαρλάτος, 2013).



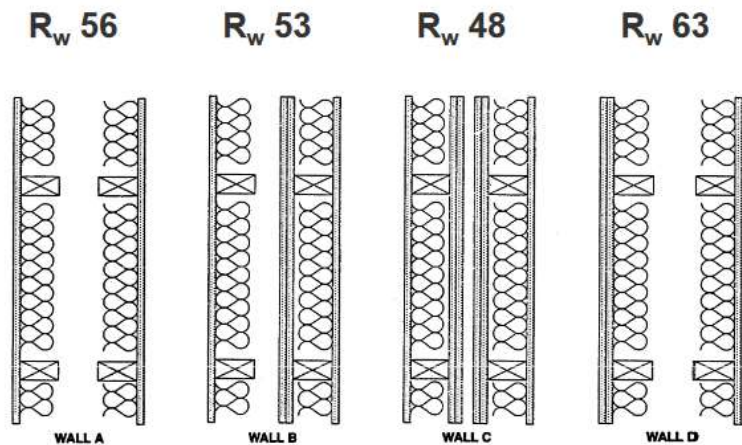
Εικόνα 13 : Μείωση του συντελεστή ηχομείωσης συναρτήσει του % ποσοστού ανοίγματος ως προς το συνολικό εμβαδόν της επιφάνειας. Η διακεκομμένη γραμμή αναφέρεται στα 40dB αναφέρεται στο δείκτη ηχομείωσης που έχει ο χώρισμα χωρίς άνοιγμα. Στην περίπτωση που υπάρχει στο χώρισμα αυτό άνοιγμα που να καλύπτει το 1% ($x=1$) του συνολικού εμβαδού του χωρίσματος τότε η ηχομείωση μειώνεται στα 20dB.

Συμπεραίνουμε ότι όταν σε ένα χώρισμα υπάρχει έστω και ένα μικρό άνοιγμα, η ηχομείωση του ελαττώνεται σε σημαντικό βαθμό και συγκεκριμένα εντελώς δυσανάλογα ως προς το μέγεθος του ανοίγματος με αποτέλεσμα τη διάδοση του ήχου. Κατασκευαστικά έχοντας ως βασικό μέλημα την επίτευξη μεγάλης ηχομείωσης θα πρέπει να τοποθετούμε λάστιχο περιμετρικά των κουφωμάτων ώστε να εξασφαλίσουμε αεροστεγές κλείσιμο.

2.2.6. Κατάταξη ηχομείωσης R_w .

Ο προσδιορισμός της ηχομονωτικής ικανότητας μιας επιφάνειας γίνεται για κάθε ζώνη οκτάβας. Συχνά η ηχομείωση μίας επιφάνειας εκφράζεται επιφάνειας με ένα μόνο δείκτη ώστε να επιτρέπεται κατά μία πρώτη προσέγγιση η σύγκριση διάφορων υλικών μεταξύ τους. Για λόγους απλούστευσης χρησιμοποιείται σε κάθε επιφάνεια ένας μόνο αριθμός που πρόκειται για την κατάταξη της ηχομόνωσης R_w (Rating of Sound Insulation), σύμφωνα με τον κανονισμό ISO R 717 1982 και ΕΛΟΤ 461.1. Η τιμή του R_w αναφέρεται στην τιμή ηχομείωσης για τη συχνότητα των 500Hz, δηλαδή της μετατοπισμένης πρότυπης καμπύλης. Συχνά ο σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης R_w λέγεται και μονότιμο μέγεθος ή μέτρο ηχοπροστασίας (Τσινίκας, 2012).

Καθώς μία από τις πιο διαδομένες κατασκευαστικές λύσεις βελτιστοποίησης της ηχομόνωσης αποτελείται από γυψοσανίδες σε συνδυασμό με προσθήκη απορροφητικού υλικού στο διάκενο των επιφανειών. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζουμε την τιμή του μονότιμου μεγέθους R_w (dB) για διάφορους συνδυασμούς αυτών των στοιχείων.



Εικόνα 14 : Κατάταξη ηχομείωσης R_w συστήματος γυψοσανίδων (Insul Media Seminar, 2014) .

Επεξηγηματική αναφορά σχετικά με το κατασκευαστικό σύστημα (από αριστερά προς τα δεξιά): α) μονή γυψοσανίδα εκατέρωθεν, β) μονή γυψοσανίδα εκατέρωθεν με απορροφητικό υλικό στο διάκενο, γ) διπλή κατασκευή αποτελούμενη από μονή γυψοσανίδα εκατέρωθεν και απορροφητικό υλικό στο διάκενο και διάκενο μεταξύ των τοίχων και δ) σύστημα διπλών εφαπτόμενων γυψοσανίδων τοποθετημένες στις εξωτερικές επιφάνειες, με απορροφητικό υλικό σε κάθε επιφάνεια εντός του διακένου και πρόσθετο διάκενο μεταξύ των απορροφητικών υλικών.

2.3. Ηχομείωση θορύβου σε κλειστούς χώρους.

2.3.1. Υπολογισμός Ηχομείωσης Αερόφερτου θορύβου.

Μετάδοση από κλειστό χώρο σε ανοικτό χώρο.

Όταν μία πηγή θορύβου βρίσκεται σε κλειστό χώρο τότε η στάθμη στο σημείο λήψης που βρίσκεται σε ανοικτό χώρο όπου δεν υπάρχουν ανακλάσεις δίνεται από τη σχέση (Virgan, 2008):

$$L_{p2} = L_{p1} - R \quad (2,18)$$

όπου L_{p2} η στάθμη στη θέση του δέκτη, L_{p1} η στάθμη στον κλειστό χώρο που βρίσκεται η πηγή και R ο δείκτης ηχομείωσης της διαχωριστικής επιφάνειας.

Μετάδοση από κλειστό χώρο σε γειτονικό κλειστό χώρο.

Όταν ο δέκτης του θορύβου βρίσκεται σε κλειστό χώρο τότε οι ανακλάσεις στα τοιχώματα του χώρου, ανάλογα με το χρόνο αντήχησης που έχει αυτός διατηρούνται για λίγο και έπειτα προστίθενται στον ήχο που διαπερνά τα τοιχώματα. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ενίσχυση του εισερχόμενου θορύβου (Σκαρλάτος, 2015).

Όταν ο δέκτης βρίσκεται σε κλειστό χώρο ο οποίος γειτνιάζει με το χώρο της πηγής μέσω διαχωριστικής επιφάνειας τότε η στάθμη στο σημείο λήψης L_{p2} δίνεται από τη σχέση :

$$L_{p2} = L_{p1} - R + 10 \cdot \log \frac{A_w}{A_N} \quad (2,19)$$

όπου A_w (m^2) το συνολικό εμβαδόν της διαχωριστικής επιφάνειας μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος και A_N η απορρόφηση του χώρου λήψης η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$A_N = -s_{\text{ολικό}} * \ln(1 - \bar{a}) \quad (2,20)$$

όπου $s_{\text{ολικό}}$ είναι το σύνολο των εμβαδών των τοίχων που περικλείουν το δωμάτιο λήψης και \bar{a} ο μέσος συντελεστής απορρόφησης του δωματίου λήψης.

$$\bar{a} = \frac{A}{S} = \frac{\alpha_1 * s_1 + \alpha_2 * s_2 + \alpha_3 * s_3 + \dots + \alpha_n * s_n}{s_1 + s_2 + s_3 + \dots + s_n} \quad (2,21)$$

όπου $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ το εμβαδόν κάθε επιμέρους επιφάνειας και $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ οι αντίστοιχοι επιμέρους συντελεστές απορρόφησης κάθε επιφάνειας.

Στη σχέση 2,19 το δεύτερο μέλος της περιγράφει την ενίσχυση του ήχου στο δωμάτιο λήψης από το ίδιο το δωμάτιο.

Εξετάζοντας τόσο τη σχέση 2,18 όσο και τη 2,19 διαπιστώνουμε ότι σημαντικό ρόλο παίζει η ηχομείωση R πράγμα που μας υποδεικνύει ότι όταν θέλουμε να μειώσουμε τη στάθμη του αερόφερτου θορύβου θα πρέπει να επιλέξουμε υλικά με μεγάλο δείκτη ηχομείωσης R .

2.4. Ηχομείωση θορύβου σε ανοικτούς χώρους με εφαρμογές ηχοπετασμάτων.

Τα ηχοπετάσματα αποτελούν έναν αποτελεσματικό τρόπο μείωσης του θορύβου σε ανοικτούς χώρους. Αυτό επιτυγχάνεται με το να παρεμβάλουμε μεταξύ της πηγής και του δέκτη ηχοπέτασμα κατασκευασμένο από ηχομονωτικό υλικό. Αυτή η παρέμβαση

αφενός αυξάνει τη στάθμη θορύβου στην περιοχή της πηγής, αφετέρου δημιουργεί μία περιοχή σκιάς πίσω από το πέτασμα όπου η στάθμη εκεί μειώνεται. Η τοποθέτηση φράγματος ήχου ουσιαστικά διαιρεί το χώρο σε τρεις περιοχές. Την περιοχή ελεύθερης διάδοσης όπου ο ήχος διαδίδεται κανονικά χωρίς να επηρεάζεται από το ηχοπέτασμα, την περιοχή Fresnel η οποία βρίσκεται στην πλευρά της γεωμετρικής σκιάς του ηχοπετάσματος και λόγω του φαινομένου της περίθλασης περιορίζεται η αποτελεσματικότητα του και τέλος την περιοχή σκιάς όπου η επίδραση της περίθλασης είναι περιορισμένη και μείωση του θορύβου παίρνει μέγιστες τιμές.

Η απόδοση των φραγμάτων επηρεάζεται από παράγοντες που επιτρέπουν τη διάδοση του ήχου στην περιοχή της σκιάς (Σκαρλάτος, 2013): Η διάδοση του ήχου μέσα από το υλικό του φράγματος περιορίζει την ηχομείωση γιατί ο ήχος εισέρχεται στην περιοχή σκιάς. Το υλικό πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να παρέχει ηχομείωση 5dB μεγαλύτερη από την επιθυμητή. Η επίδραση της περίθλασης εξαρτάται τόσο από τις διαστάσεις τους ηχοπετάσματος όσο και από το μήκος κύματος του ήχου και ο περιορισμός του φαινομένου της περίθλασης γίνεται με διαμόρφωση του επάνω άκρου του πετάσματος. Το ηχοπέτασμα θα πρέπει να επεκτείνεται μέσα στο έδαφος ώστε να περιοριστεί η διάδοση στερεόφερτου θορύβου μέσω εδάφους και η επανεκπομπή του ήχου από την πλευρά του δέκτη. Ο διαδιδόμενος θόρυβος κατανέμεται σε χαμηλές συχνότητες και συνεπώς έχει μεγάλο μήκος κύματος πράμα που απαιτεί την κατασκευή υψηλότερων φραγμάτων.

Οι κανόνες σχεδιασμού που συνιστώνται κατά την κατασκευή ηχοπετασμάτων αφορούν το ύψος τους το οποίο πρέπει να είναι τουλάχιστον δύο φορές μεγαλύτερο από το ύψος της πηγής και το μήκος τους που θα πρέπει να είναι πολλές φορές μεγαλύτερο από το μήκος τους (Maekawa & Lord, 1994).

2.4.1. Ηχομείωση από ηχοφράγματα.

Ο υπολογισμός της ηχητικής στάθμης στην περιοχή σκιάς γίνεται βάση του αριθμού Fresnel ο οποίος εξαρτάται από τη γεωμετρία της διάταξης πηγή –δέκτης και από το μήκος κύματος του ήχου.

Το μήκος κύματος λ για όλες τις ζωνικές στάθμες δίνεται από τη σχέση :

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2,26)$$

Ο αριθμός Fresnel από τη σχέση:

$$N = \frac{2*(a+b+d)}{\lambda} \quad (2,27)$$

όπου a (m) η απόσταση της πηγής από την επάνω κορυφή του πετάσματος, b (m) η απόσταση του δέκτη από την επάνω κορυφή του πετάσματος και d (m) η απευθείας απόσταση πηγής – δέκτη.

Η ηχομείωση R που προκαλούν τα φράγματα σύμφωνα με τη σχέση Defrance & Gabillet η οποία προτείνεται από το Project Harmonoise της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

$$R = \begin{cases} 6 + 12\sqrt{N}, & 0 \leq N < 0,25 \\ 8 + 8\sqrt{N}, & 0,25 \leq N < 1 \\ 16 + 10\log N, & 1 \leq N \end{cases} \quad (2,28)$$

Η απόλυτος τιμή της ηχομείωσης που προκύπτει από την εφαρμογή του παραπάνω τύπου αφαιρείται αριθμητικά από τη στάθμη L_0 στο σημείο του δέκτη κατά την ελεύθερη διάδοση δηλαδή χωρίς την παρουσία του ηχοπετάσματος.

2.4.2. Επίδραση του εδάφους στην ηχομείωση.

Η στάθμη στη θέση του δέκτη με την ύπαρξη του ηχοπετάσματος προκύπτει από το άθροισμα όλων των δυνατών διαδρομών του ήχου (P_1, P_2, P_3, P_4) συμπεριλαμβανομένων των απορροφήσεων από το έδαφος τόσο στην πλευρά της πηγής (α_1) όσο και στην πλευρά του δέκτη (α_2). (David A. Bies & Colin H. Hansen, 2003).

P1: Διάδοση απευθείας από την ηχητική πηγή στο δέκτη

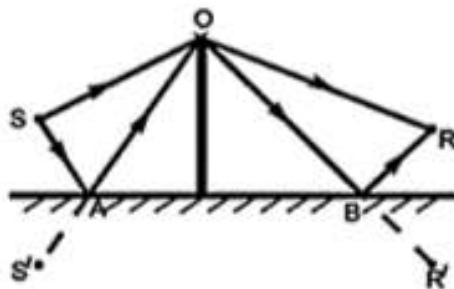
P2: Διάδοση ανακλώμενη στο έδαφος είδωλο πηγής – δέκτης

P3: Διάδοση από την πηγή στο είδωλο του δέκτη

P4: Διάδοση από το είδωλο της πηγής στο είδωλο του δέκτη

$$L = L_0 + 10 \cdot \log 10^{-0.1 \cdot A_1} + (1 - \alpha_1) \cdot 10^{-0.1 \cdot A_2} + (1 - \alpha_2) \cdot 10^{-0.1 \cdot A_3} + (1 - \alpha_1) \cdot (1 - \alpha_2) \cdot 10^{-0.1 \cdot A_4} \quad (2,29)$$

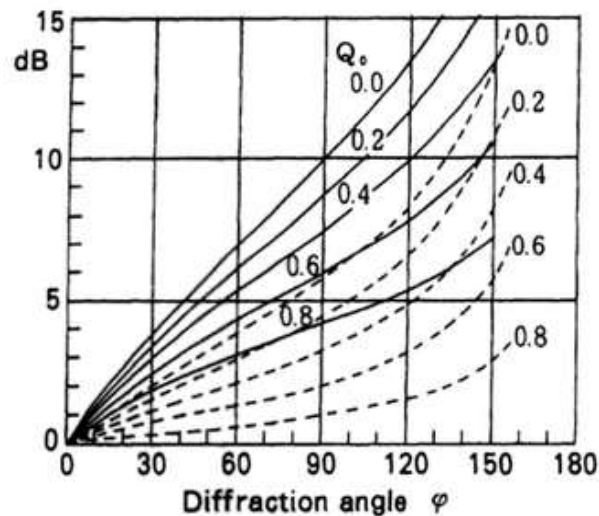
όπου A_1, A_2, A_3, A_4 οι ηχομειώσεις κατά αντιστοιχία για τις διαδρομές P_1, P_2, P_3, P_4 .



Εικόνα 15 : Ανάκλαση του ήχου από το έδαφος στη θέση του δέκτη. (Engineering Noise Control, 2003).

2.4.3. Επίδραση της απορρόφησης της επιφάνειας του ηχοπετάσματος.

Όταν η επιφάνεια του ηχοπετάσματος που είναι στραμμένη προς την πηγή έχει απορροφητικές ιδιότητες, τότε η απόδοση του φράγματος αυξάνει. Η αύξηση αυτή εξαρτάται αφενός από το συντελεστή απορρόφησης και αφετέρου από τη γωνία περίθλασης, δηλαδή τη γωνία που σχηματίζουν οι ευθείες πηγή – κορυφή πετάσματος και κορυφή πετάσματος – δέκτης (Σκαρλάτος, 2015).



Εικόνα 16 : Επίδραση της απορρόφησης του φράγματος (Environmental and Architectural Acoustics, 1994).

Ο συντελεστής ανάκλασης $Q = (1-\alpha)$, όπου α ο συντελεστής απορρόφησης. Οι συνεχείς γραμμές αντιστοιχούν σε γραμμικές πηγές ενώ οι διακεκομμένες σε σημειακές πηγές.

Για να υπάρχει κάποια επίδραση θα πρέπει η γωνία ϕ να γίνει μικρότερη ή ίση των 150° πράγμα που επιτυγχάνεται με την αύξηση του ύψους του ηχοπετάσματος. Γενικά η επίδραση του απορροφητικού υλικού δεν χρησιμοποιείται για μειώσει τον ήχο της περίθλασης αλλά για να καταστείλει τον ανακλώμενο (Fujiwara, 1977).

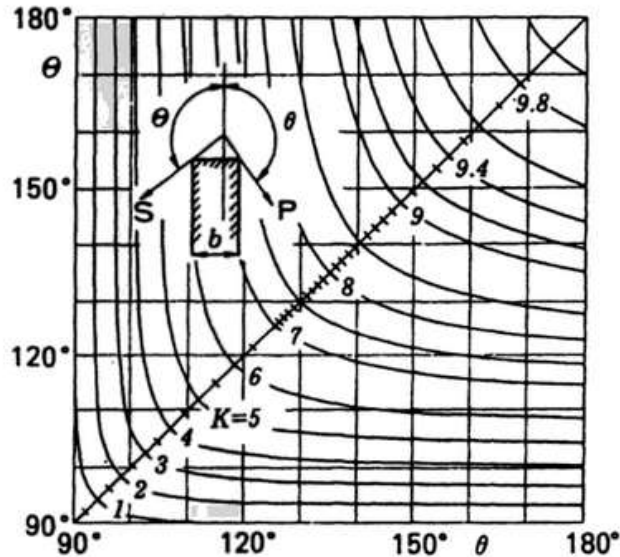
2.4.4. Επίδραση του πάχους του ηχοπετάσματος.

Το πάχος του ηχοπετάσματος επίσης συμβάλλει με τη σειρά του στην αύξηση της ηχομείωσης η αύξηση της οποίας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Delta C = k * \log \frac{2 \pi b}{\lambda} \quad (2,30)$$

όπου $b(m)$ το πάχος του φράγματος και k ο συντελεστής που δίνεται από το ακόλουθο διάγραμμα ως συνάρτηση των γωνιών Θ και θ . Για να χρησιμοποιηθεί η παραπάνω

σχέση θα πρέπει να ικανοποιείται η συνθήκη $b > \frac{\lambda}{2}$, διαφορετικά, το εμπόδιο μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι λεπτό (David A. Bies & Colin H. Hansen, 2003).

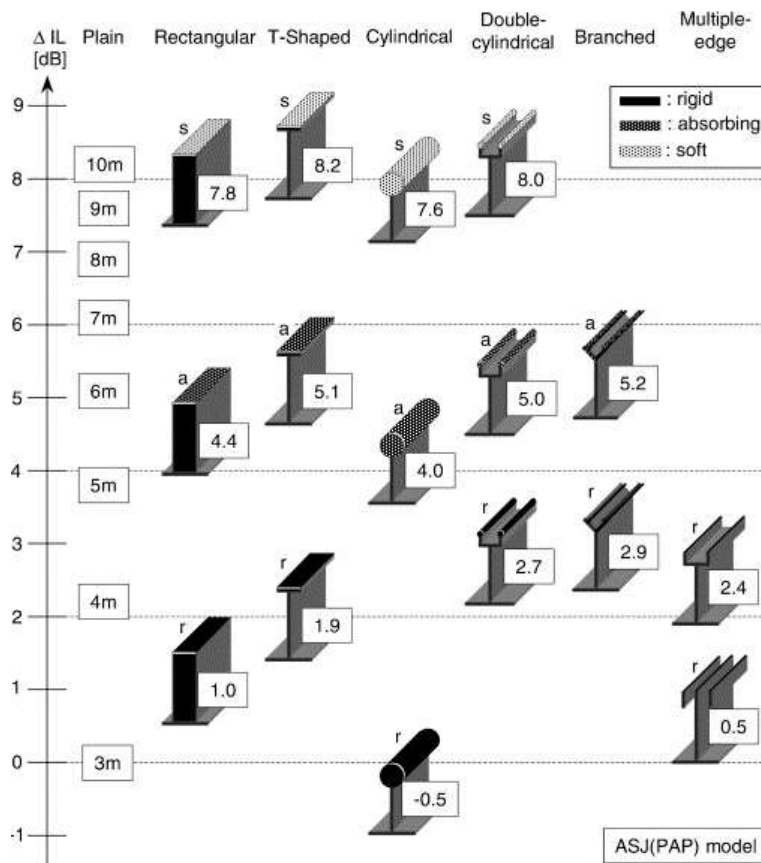


Εικόνα 17 : Επίδραση του πάχους του φράγματος (Environmental and Architectural Acoustics, 1994).

Με βάση το διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι για να επιδράσει σε ικανοποιητικό βαθμό το πάχος του φράγματος στην αύξηση της ηχομείωσης του απαιτεί εξωτερικές γωνίες θ° και θ° μεγαλύτερες των 90° .

2.4.5. Επίδραση της διαμόρφωσης των άκρων του ηχοπετάσματος.

Οι Ishizuka και Fujiwara χρησιμοποίησαν τη μέθοδο του οριακού στοιχείου και ένα φάσμα θορύβου της κυκλοφορίας για να προσδιορίσουν την ευρυζωνική απόδοση πολλών φραγμάτων θορύβου σε σχέση με εκείνες που είχαν προκαθοριστεί για ένα απλού τύπου ύψους 3 μέτρων. Κατέληξαν ότι η διαμόρφωση της ακμής του πετάσματος περιορίζει το φαινόμενο της περίθλασης και αυξάνει την απόδοσή τους. Συγκεκριμένα η διαμόρφωση ως «Υ» σχήμα ή η κυλινδρική ακμή μπορούν να βελτιώσουν 4 – 5 dB την απώλεια ένθεσης. Αυτό είναι σημαντικό όταν το ύψος του φράγματος από κατασκευαστικής πλευράς δεν μπορεί να αυξηθεί. Επίσης σημαντικό ρόλο στην ηχομείωση του φράγματος παίζει το υλικό που είναι κατασκευασμένη η διαμορφωμένη ακμή και αυτό μπορεί να είναι σκληρό (r), μαλακό (s) ή απορροφητικό (a) (Attenborough, Kai Ming Li, Horoshenkov, 2007).



Εικόνα 18: Σύγκριση διαφόρων τύπων φραγμάτων με διαμορφωμένη ακμή σε σχέση με επίπεδα. Οι αριθμοί στο πλαίσιο δηλώνουν την βελτίωση της ηχομείωσης (Predicting Outdoor Sound, 2007).

2.5. Ενόχληση από Θόρυβο – Καμπύλες κατάταξης θορύβου NR.

Η ενόχληση που προκαλεί ο θόρυβος εξαρτάται άμεσα από τα φυσικά χαρακτηριστικά του ήχου, δηλαδή τη στάθμη και τη συχνότητα. Όσο μεγαλώνουν αυτά τα μεγέθη είναι φυσικό να δημιουργείται και αύξηση της ενόχλησης. Παράλληλα η ενόχληση εξαρτάται από παράγοντες όπως είναι η διάρκεια του ήχου, η πληροφορία που μεταφέρει, ο συσχετισμός με τη δραστηριότητα αυτού που τον παράγει καθώς και το πόσο αναπάντεχος είναι. Επίσης υπάρχουν και κοινωνικοί παράγοντες οι οποίοι προσδιορίζονται από το θόρυβο βάθους της περιοχής, την ώρα της ημέρας που παράγεται ο θόρυβος, το ιστορικό έκθεσης των κατοίκων μίας περιοχής σε ανάλογους θορύβους πράγμα που σχετίζεται άμεσα και με την ανοχή την οποία μπορεί να έχουν.

Το φάσμα του θορύβου όπως προαναφέρθηκε αφενός μας παρέχει τις απαιτούμενες πληροφορίες για την κατανομή του στις διάφορες συχνότητες, αφετέρου καθιστά δύσκολη τη σύγκριση δύο θορύβων μεταξύ τους εξαιτίας του ότι θα πρέπει να

συγκριθούν δύο σύνολα τιμών. Για το λόγο αυτό έγινε αντιστοίχιση σε κάθε φάσμα με έναν αριθμό και με τον τρόπο αυτό καθορίστηκαν οι καμπύλες κατάταξης θορύβου NR (Noise Rating) που χρησιμοποιούνται για το χαρακτηρισμό του θορύβου σε κλειστούς χώρους και περιλαμβάνονται στους κανονισμούς ΕΛΟΤ 360, ISO 1996-1 (1982) και ISO 1996-2 (1987). Με βάση τα δεδομένα του πίνακα Π2, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α, η χαμηλότερη τιμή που αφήνει από κάτω της όλες τις μετρήσεις είναι ο αριθμός NR που αποδίδεται στον εκάστοτε χώρο. Στους πίνακες Π3 και Π4, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α, δίνονται οι τιμές NR που συνιστώνται να επικρατούν σε κάθε χώρο ανάλογα της χρήσης του. Στον πίνακα Π6, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α, αναγράφονται οι τιμές που έχουν οι καμπύλες NC (Noise Criteria) οι οποίες καθορίζουν τις επιθυμητές στάθμες εσωτερικής ησυχίας και σφαιρική τιμή +10dB ως προς την αριθμητική ένδειξη του ονόματος.

2.6. Νομοθεσία σχετική με το θόρυβο.

Καθώς το πρόβλημα της ηχορύπανσης αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα που χρήζει αντιμετώπισης έχουν θεσπιστεί κανονισμοί, εγκύκλιοι και υπουργικές αποφάσεις που ενσωματώθηκαν σε νόμους ορίζοντας όρια και μεθόδους μέτρησης του θορύβου. Στην Ελλάδα η νομοθεσία που αναφέρεται στα επιτρεπτά όρια και στον τρόπο υπολογισμού των δεικτών θορύβου θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως γενική και ασαφής. Οι νόμοι που καθορίζουν τα όρια αυτά λαμβάνουν υπόψη τους τις συνέπειες του θορύβου ως προς την ενόχληση, την παρεμπόδιση της επικοινωνίας και τέλος την απώλεια ακοής. Επίσης παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη είναι ο χώρος ο εκδηλώνεται ο θόρυβος, η ώρα της ημέρας κατά την οποία συμβαίνει, η διάρκεια της έκθεσης σε αυτόν καθώς και ο τύπος του θορύβου. Με βάση αυτά έχουν καθοριστεί όρια εργασιακού θορύβου, κυκλοφοριακού θορύβου, βιομηχανικών εγκαταστάσεων και θορύβου που εκπέμπεται από κέντρα διασκέδασης (Σκαρλάτος, 2015).

2.6.1. Κτιριοδομικός Κανονισμός.

Σημαντικό ρόλο παίζει η επιλογή της περιοχής που θα εγκατασταθεί το κτίριο. Έπειτα θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στο σωστό προσανατολισμό και διαρρύθμιση του κτιρίου τα οποία θα συμβάλλουν με τη σειρά τους σε κάποιο βαθμό στην ηχομείωση του θορύβου. Ο Γενικός Κτιριοδομικός Κανονισμός (ΓΟΚ) με το άρθρο 12 καθορίζει ότι η σχεδίαση και η κατασκευή των κτιρίων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζει την ακουστική άνεση. Ακουστική άνεση ενός κτιρίου αναφέρεται στην

ικανότητα να προστατεύει τους ενοίκους από τους εξωγενείς θορύβους και ταυτόχρονα να παρέχει το κατάλληλο ακουστικό περιβάλλον που απαιτούν οι εκάστοτε δραστηριότητες χρήσης (Σκαρλάτος 2013).

Παράμετροι ακουστικής άνεσης:

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

- 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

2.6.2. Θόρυβος στεγασμένων κέντρων διασκέδασης.

Η Υγειονομική Διάταξη Α5/3010 14/8/1985 (ΦΕΚ Β' 593/2-10-1985, Β' 4/15-1-86) καθορίζει τις κατηγορίες μετρήσεων που σχετίζονται με την ηχομόνωση στεγασμένων κέντρων διασκέδασης.

Συγκεκριμένα, η ηχομόνωση θεωρείται ικανοποιητική, ανάλογα με το χαρακτήρα της περιοχής, όταν η Α-ηχοστάθμη μετρούμενη στα όρια ιδιοκτησίας του οικοπέδου εντός του οποίου είναι εγκατεστημένο το κέντρο διασκέδασης δεν ξεπερνά τις τιμές του πίνακα Π6, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.

Κατά τη διάρκεια της μέτρησης η μέση Α-ηχοστάθμη εντός του κέντρου διασκέδασης, δημιουργούμενη με πρότυπη ηχητική πηγή, πρέπει να είναι 100dBA.

Στην περίπτωση που το κέντρο διασκέδασης βρίσκεται σε κτίριο όπου υπάρχουν και κατοικίες ή σε επαφή με άλλο κτήριο στο οποίο υπάρχουν κατοικίες, η ηχομόνωση ανάμεσα στο κέντρο διασκέδασης και στο περισσότερο εκτεθειμένο δωμάτιο της οικίας (δωμάτιο λήψης) πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη από 65dBA.

Τα μεγάφωνα θα πρέπει να τοποθετούνται επάνω σε ελαστικές βάσεις ή να αναρτώνται με ελαστική στήριξη.

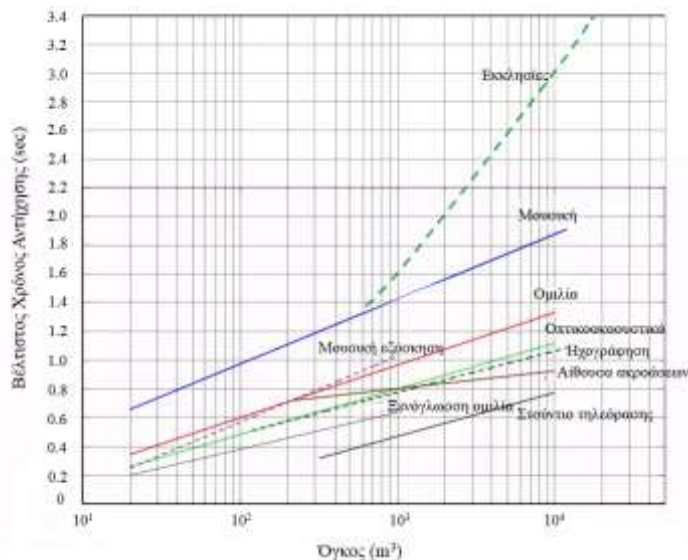
Η πίστα και η θέση της ορχήστρας θα πρέπει να είναι επάνω σε πλωτά δάπεδα με σκοπό την αποκοπή του στερεοφερτού θορύβου (Σκαρλάτος, 2013).

2.7. Περιεχόμενα και Φάσεις μίας μελέτης.

Κύριος στόχος κάθε ακουστικής μελέτης είναι η εξασφάλιση της επιθυμητής ακουστικής ποιότητας του έργου (Schubert, 2009). Ο στόχος επιτυγχάνεται αφενός με τον έλεγχο του θορύβου και τη δημιουργία ήσυχου περιβάλλοντος ακρόασης και αφετέρου με τη διαμόρφωση του χώρου η οποία συμβάλει θετικά στην ακρόαση του ήχου. Συνεπώς κρίνεται αναγκαία η μελέτη και ο σχεδιασμός ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας ώστε να περιοριστούν οι επιδράσεις των παραγόντων που δυσχεραίνουν τη σωστή λειτουργία που ορίζει η εκάστοτε χρήση. Γενικά οι μελέτες ακουστικής φύσεως πρέπει να παρουσιάζουν τα αρχιτεκτονικά σχέδια του υπό μελέτη κτιρίου, πάνω στα οποία θα σημειώνονται με σύμβολα και αριθμούς οι απαιτήσεις ηχομόνωσης-ηχοπροστασίας των επιμέρους χώρων καθώς και οι απαιτήσεις ακουστικής απόδοσης (Τσινίκας, 2011).

Ο σχεδιασμός κλειστών χώρων ακρόασης εξαρτάται από παράγοντες και προϋποθέσεις που σχετίζονται από το γενικότερο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, τις αισθητικές και σχεδιαστικές επιλογές. Οι προϋποθέσεις αυτές αναφέρονται σε συχνά αντικρουόμενα κριτήρια, όπως είναι η λειτουργικότητα, το οικονομικό κόστος, τα τρέχοντα τεχνικά δεδομένα κ.α. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να γίνουν αναθεωρήσεις και διορθώσεις ώστε να επιτευχθεί σε κάθε περίπτωση στο μέγιστο δυνατό βαθμό το επιθυμητό αποτέλεσμα. Όταν καλούμαστε να μελετήσουμε έναν υφιστάμενο χώρο οι παρεμβάσεις που θα προτείνουμε είναι πιθανό να έχουν κάποιους περιορισμούς και για το λόγο αυτό συνιστάται να ακολουθεί μία πορεία η όποια θα περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

1. Στην κάτοψη του κτιριακού συγκροτήματος απεικονίζονται οι αίθουσες που βρίσκονται εντός αυτού. Απαραίτητη προϋπόθεση για τις αίθουσες που προορίζονται για ηχητικές δραστηριότητες αποτελεί η αποφυγή της παραλληλίας των τοίχων με σκοπό να αποφευχθούν δυσάρεστα ακουστικά φαινόμενα.
2. Καθορίζεται η χρήση των αιθουσών και προσδιορίζεται η τιμή του βέλτιστου χρόνου αντήχησης μέσω διαγράμματος της Εικόνας 19.
3. Καθορίζεται είτε με προβλέψεις, είτε με υποθέσεις είτε με μετρήσεις επιτόπου ή σε αντίστοιχους χώρους, η μέγιστη ηχητική στάθμη που πρόκειται να δημιουργηθεί εντός της κάθε αίθουσας ανάλογα της δραστηριότητας.
4. Αποτύπωση των ηχητικών σταθμών στα αρχιτεκτονικά σχέδια.
5. Καθορισμός των κριτηρίων ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας ανάμεσα στους χώρους.
6. Πραγματοποίηση προσομοιώσεων στον εκάστοτε χώρο ώστε να ελεγχθεί αν όντως έχουν αποφευχθεί δυσάρεστα ακουστικά φαινόμενα, αν έχει επιτευχθεί ο σωστός χρόνος αντήχησης και αν ικανοποιούνται τα κριτήρια καλής ακουστικής.
7. Σχεδιασμός ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης σε περίπτωση που διαπιστωθεί ότι είναι αναγκαία. Βέβαια υπάρχει και η πιθανότητα η ηλεκτροακουστική εγκατάσταση να είναι απαραίτητη λόγω της χρήσης που έχει προσδιοριστεί στον κάθε χώρο.



Εικόνα 19 : Προτεινόμενες τιμές βέλτιστου χρόνου αντίληψης (sec) ανάλογα του όγκου και του είδους ακρόασης.

Καθώς ο γενικός σκοπός της κάθε μελέτης αποτελεί η πρακτική εφαρμογή των θεωρητικών σχεδιαστικών κανόνων σε χώρους διαφορετικών χρήσεων που βρίσκονται εντός κτηριακού συγκροτήματος, μπορούμε να κάνουμε λόγο για έναν απαιτητικό, πολύπλευρο και ταυτόχρονα σωστά οργανωμένο, ως προς τα βήματα που θα ακολουθηθούν, σχεδιασμό.

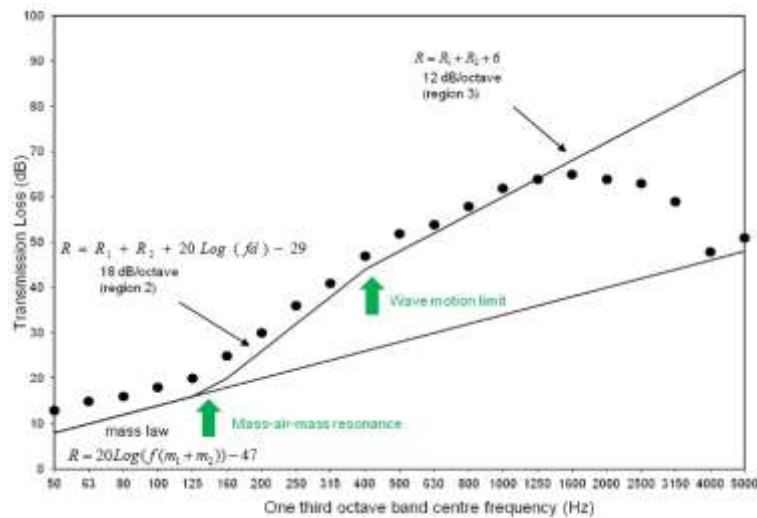
2.8. Θεωρητικό υπόβαθρο του λογισμικού Insul.

Πρόκειται για ένα λογισμικό πρόβλεψης της ηχομονωτικής ικανότητας τοιχωμάτων (απλών, διπλών ή τριπλών), οροφών, δαπέδων και υαλοπετασμάτων. Η δημιουργία των τοιχωμάτων βασίζεται σε μία βάση δεδομένων (Material List) που περιέχει πιστοποιημένα υλικά διαφόρων κατασκευαστικών εταιριών. Επίσης, παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα εισαγωγής των υλικών που επιθυμεί, με την προϋπόθεση γνώσης των ιδιοτήτων του (πάχος, πυκνότητα, μέτρο Young και παράγοντα απωλειών).

Το λογισμικό έχει τη δυνατότητα να προβλέψει με ικανοποιητική ακρίβεια την ηχομείωση σύνθετων κατασκευών οι οποίες αποτελούνται από πολλαπλές στρώσεις υλικών (layers). Συγκεκριμένα υπολογίζει το δείκτη ηχομείωση R(dB) για το εύρος 50Hz – 5kHz καθώς και τον σταθμισμένο δείκτη R_w . Επίσης δίνει την δυνατότητα ακουστικής προσομοίωσης

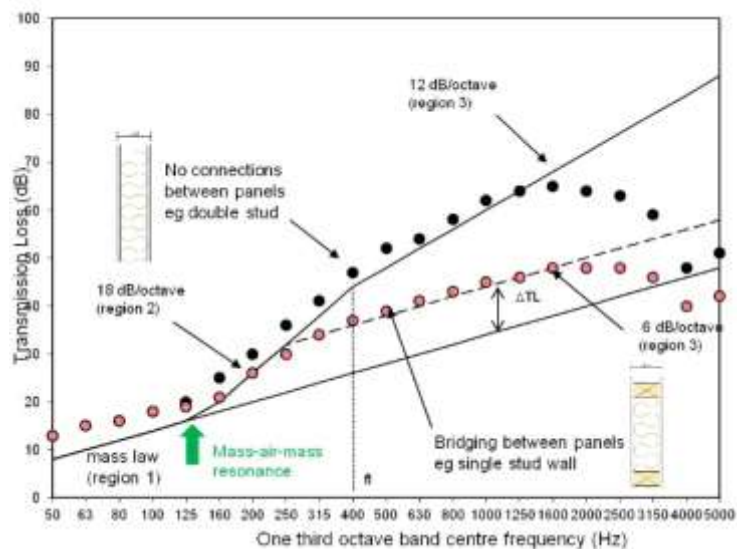
Ο υπολογισμός της ηχομείωσης βασίζεται στον διαχωρισμό του συχνοτικού φάσματος σε τρεις περιοχές. Στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων όπου η ηχομείωση υπολογίζεται συναρτήσει του νόμου της μάζας και η αύξηση της είναι 6dB ανά οκτάβα. Στην περιοχή μετά την εμφάνιση της συχνότητας συντονισμού όπου η ηχομείωση παρουσιάζει αύξηση 18dB ανά οκτάβα και υπαγορεύεται από τη μάζα

των επιφανειών και το διάστημα του διάκενου. Τέλος η περιοχή των υψηλών συχνοτήτων ο δείκτης ηχομείωσης μειώνεται μέχρι και 12dB ανά οκτάβα λόγω του ότι το μήκος κύματος του ήχου είναι συγκρίσιμο με αυτό του διάκενου.



Εικόνα 20 : Πρόβλεψη ηχομείωσης διπλών επιφανειών (Insul Media Seminar, 2014).

Στην περίπτωση ύπαρξης ηχογεφυρών, ο δείκτης ηχομείωσης δεν αυξάνεται σε συνάρτηση με το νόμο της μάζας σε όλο το συχνοτικό εύρος. Τέλος κατά την πρακτική εφαρμογή κατασκευών παράλληλα με ηχομετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από την ερευνητική ομάδα του λογισμικού, σημειώνεται ότι είναι πιθανό να παρατηρηθούν αποκλίσεις 3-5dB σε σχέση με αυτές που υπολογίζονται από το πρόγραμμα (Marshall Day Acoustics, 2015).



Εικόνα 21 : Επίδραση συνδέσεων στην ηχομείωση (Insul Media Seminar, 2014).

2.9. Θεωρητικό υπόβαθρο του λογισμικού Olive Tree.

Σε αυτή την παράγραφο παρατίθεται μία σύντομη προσέγγιση σχετικά με το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο στηρίζεται η εξαγωγή των αποτελεσμάτων του κεφαλαίου 5. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται δύο τρόποι ο Ενδεικτικός (Indicative) και ο Αναλυτικός (Precise). Ειδικότερα, ο πρώτος είναι ταχύτερος ως προς την εξαγωγή αποτελεσμάτων και λαμβάνει υπόψη μόνο την πηγή θορύβου, το δέκτη, το φράγμα και την επίδραση του εδάφους ενώ αγνοεί οτιδήποτε άλλο στο τρισδιάστατο μοντέλο. Από την άλλη πλευρά ο Αναλυτικός τρόπος βασίζεται στο τρισδιάστατο μοντέλο Hadden & Pierce χρησιμοποιώντας την ημιαναλυτική μέθοδο που συμπεριλαμβάνει τις όποιες εδαφικές επιδράσεις. Η περίθλαση από πολλαπλά ηχοπετάσματα υπολογίζεται με έναν αναδρομικό τρόπο λαμβάνοντας υπόψη την οποιαδήποτε παραμόρφωση. Επίσης, η επίπτωση του εδάφους υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τη θεωρία του Chessell που βασίζεται σε αυτή των Delany και Bazley. Οι ανακλάσεις που προέρχονται από πεπερασμένες επιφάνειες βασίζονται στην προσέγγιση του Clay – Medwin όπου συμπεριλαμβάνεται και η συμβολή των περιοχών Fresnel. Η ατμοσφαιρική επίδραση υπολογίζεται σύμφωνα με ISO 9613-1, ο συντελεστής διατάραξης και η ισοδύναμη γραμμική ταχύτητα ήχου με το Harmonoise και τέλος η ατμοσφαιρική διάθλαση με μοντέλο διάδοσης του ήχου σε ανοικτούς χώρους κατά A. L' Espérance. Ο τρόπος αυτός απαιτεί μεγάλη υπολογιστική δύναμη έναντι του πρώτου.

3. Ο ΧΩΡΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

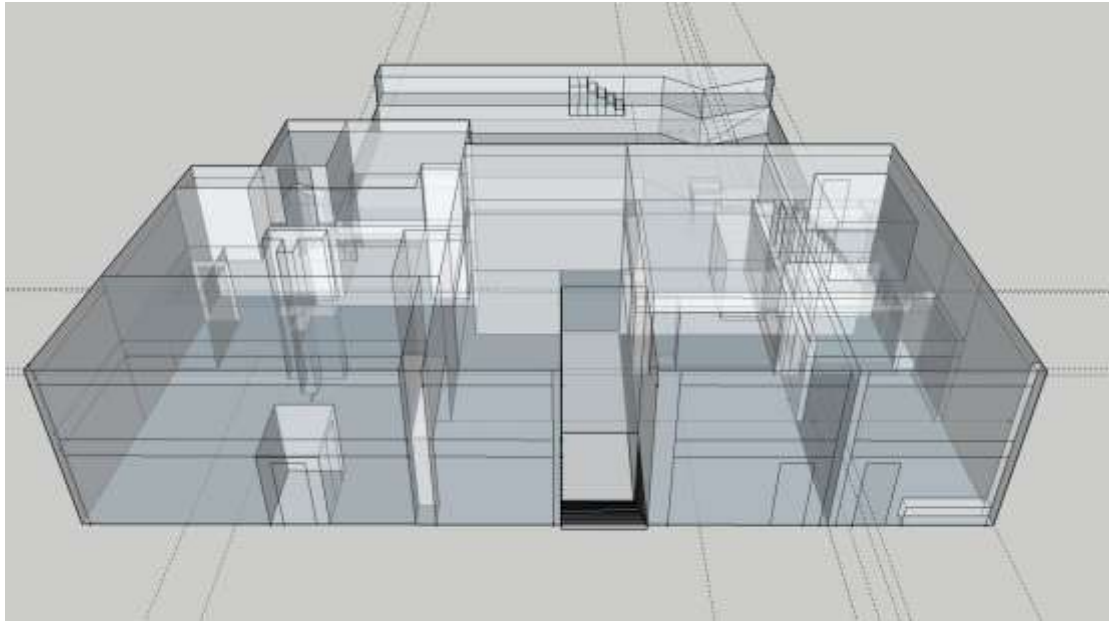
3.1. Μεθοδολογία της έρευνας.

Αρχικός στόχος αποτέλεσε η εύρεση ενός υφιστάμενου χώρου με δυνατότητα πρόσβασης ώστε η μελέτη να μην περιοριστεί στο θεωρητικό πλαίσιο. Προσεγγίστηκαν κάποιοι χώροι και παρουσιάστηκε στους υπευθύνους το γενικό πλάνο της έρευνας ζητώντας την άδεια τους για μετρήσεις και πρόσβαση στο φάκελο της Πολεοδομίας. Οφείλω να επισημάνω ότι δεν ήταν όλοι θετικοί στο διάβημα μου επειδή θεωρούσαν ότι τους δημιουργώ διάφορες υποχρεώσεις ή θα προβώ σε σχετικές αποκαλύψεις αυθαιρεσιών. Τελικά, μετά από αρκετό χρονικό διάστημα πήραμε θετική απάντηση από ένα υφιστάμενο κτίριο αλλά ο υπεύθυνος του βρήκε μόνο τη κάτοψη του ακινήτου, σχέδιο που κρίθηκε ανεπαρκές για την ουσιαστική ψηφιακή απεικόνιση του κτιριακού συγκροτήματος.

Ακολούθησε η διαδικασία αναζήτησης περισσότερων σχεδίων, μέσω του φακέλου της Πολεοδομίας, τα οποία θα μας παρείχαν πληροφορίες σχετικά με τις διαστάσεις των ημιώροφων, του ακάλυπτου χώρου και των επιπέδων του. Μετά από αναμονή 1,5 μήνα το εργαστήριο μικροφίλμ της Υπηρεσίας μας ενημέρωσε εγγράφως ότι τα ζητούμενα σχέδια δεν ήταν δυνατόν να μας παραχωρηθούν λόγω κακής ποιότητας του φιλμ. Τελικά, για την πιστή αποτύπωση του χώρου πραγματοποιήσαμε μετρήσεις με χρήση ενός laser μετρητή αποστάσεων, τύπου, Bosch GLM 50C.

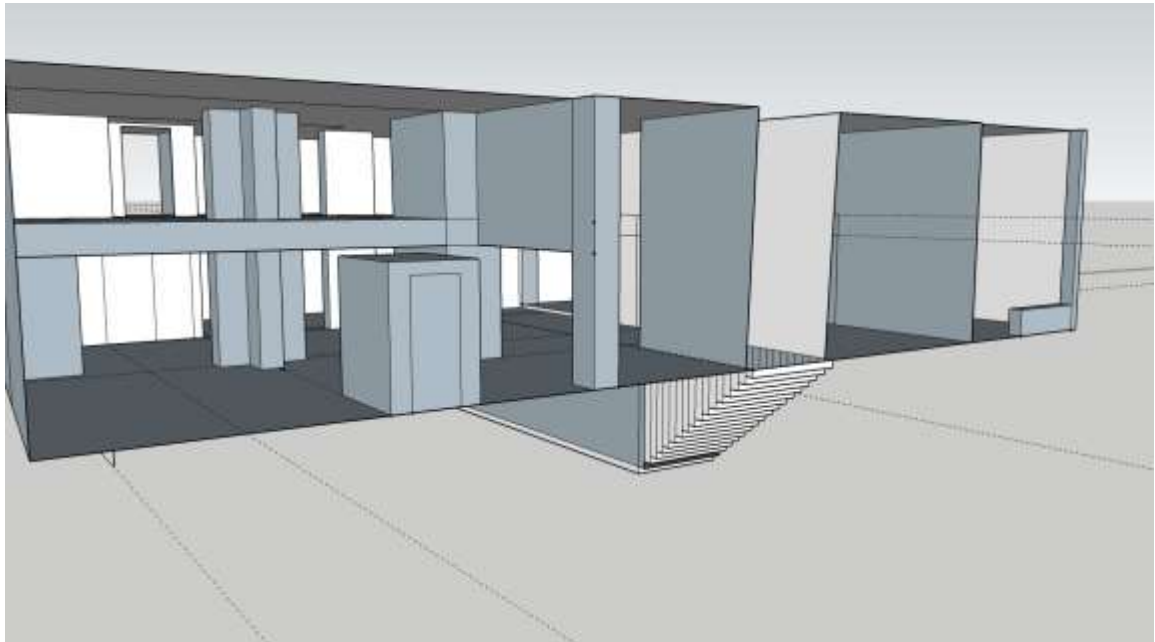
3.2. Ψηφιακή αποτύπωση του κτιριακού συγκροτήματος

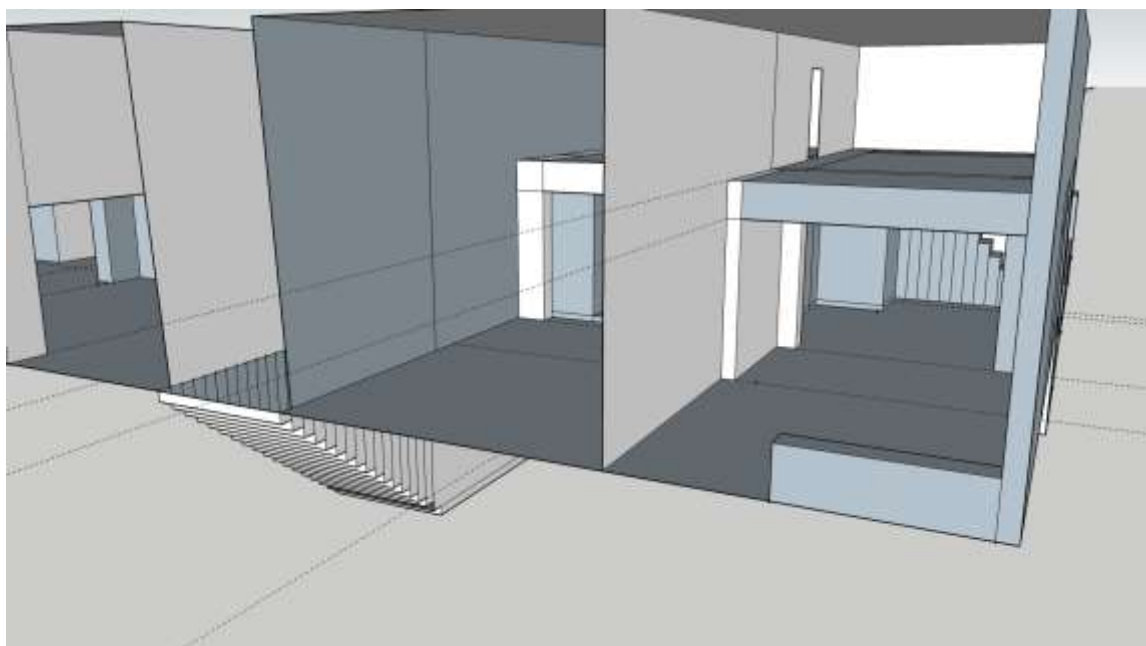
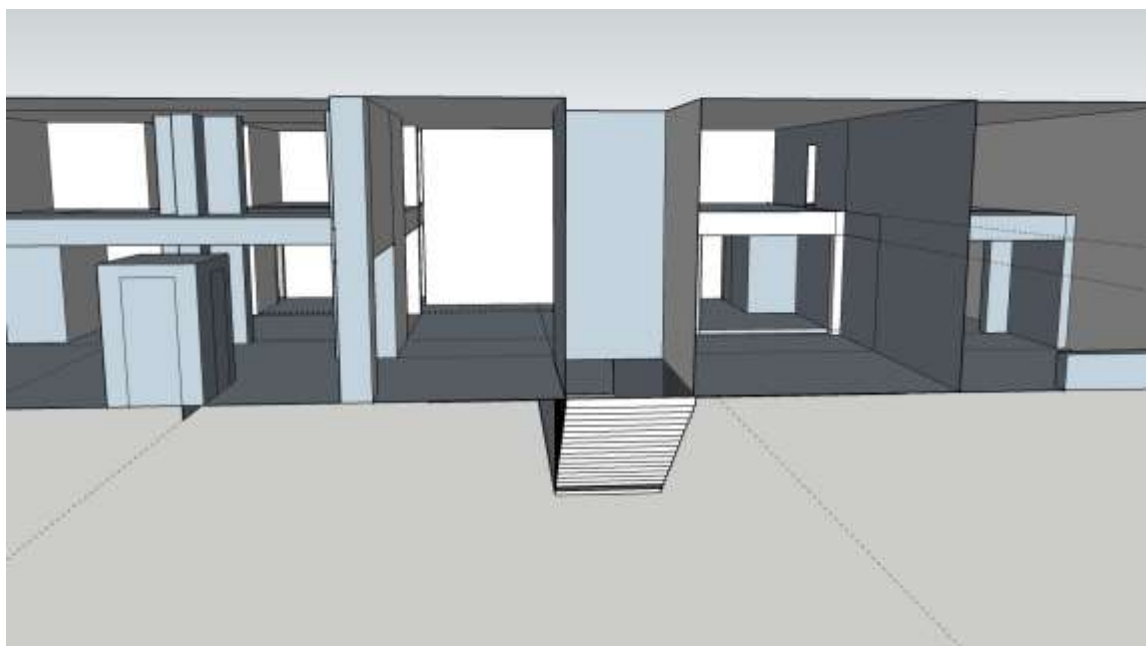
Η ψηφιακή απεικόνιση του κτιριακού συγκροτήματος υλοποιήθηκε μέσω της ελεύθερης έκδοσης του λογισμικού Google Sketch Up. Μία γενική απεικόνιση της ψηφιακής σχεδίασης παρουσιάζεται παρακάτω.



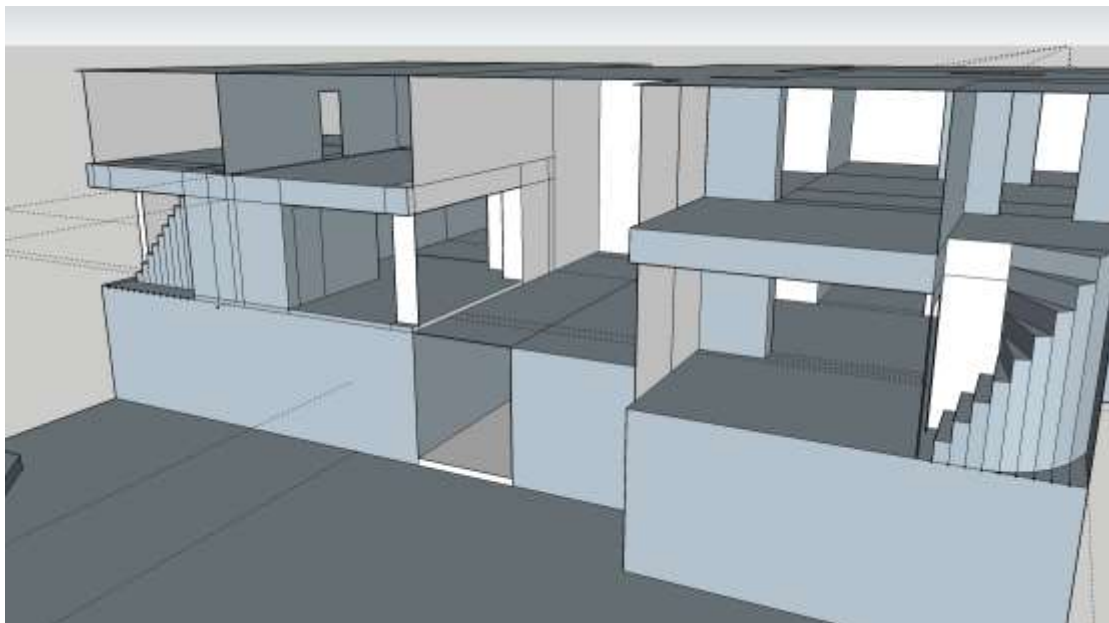
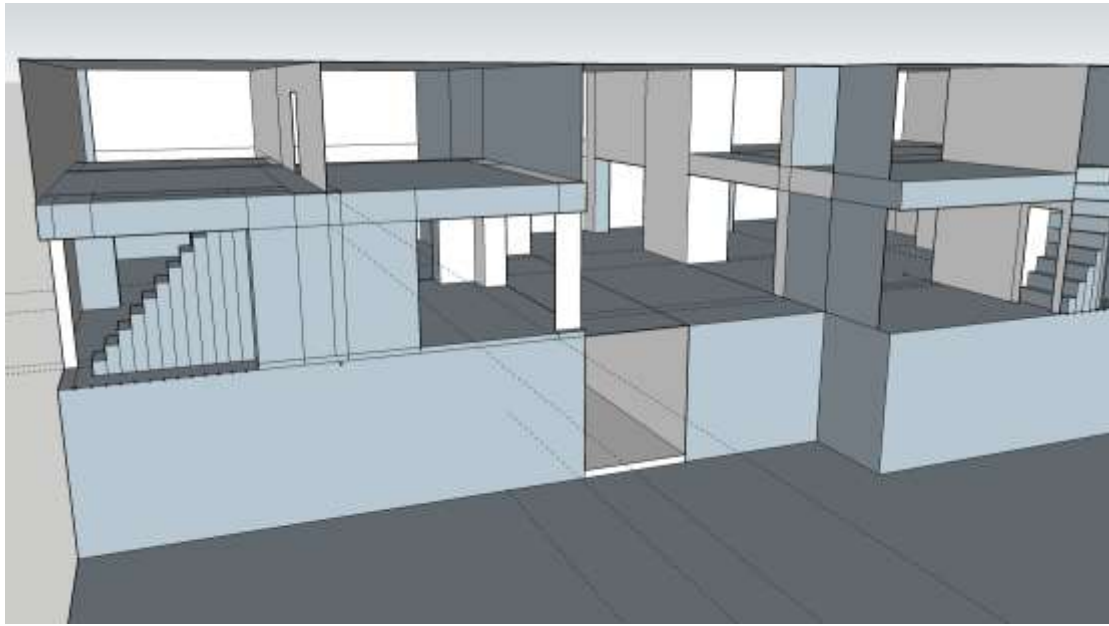
Εικόνα 22 : Γενική απεικόνιση του υπό μελέτη κτηριακού συγκροτήματος με χρήση του λογισμικού Google Sketch Up (ανατολικά πρόσοψης).

Για να γίνει σαφής η αρχιτεκτονική δομή του κτιρίου έχουν αφαιρεθεί από την πρόσοψη τις τζαμαρίες και παράθυρα καθώς και τους διαχωριστικούς τοίχους των ημιώροφων, που ενώνονται με την οροφή του κτιρίου.





Εικόνα 23 : Τομή από την πρόσοψη του κτιρίου υπό διαφορετικές γωνίες (από επάνω προς τα κάτω βορειοανατολικά, ανατολικά, νοτιοανατολικά της πρόσοψης).

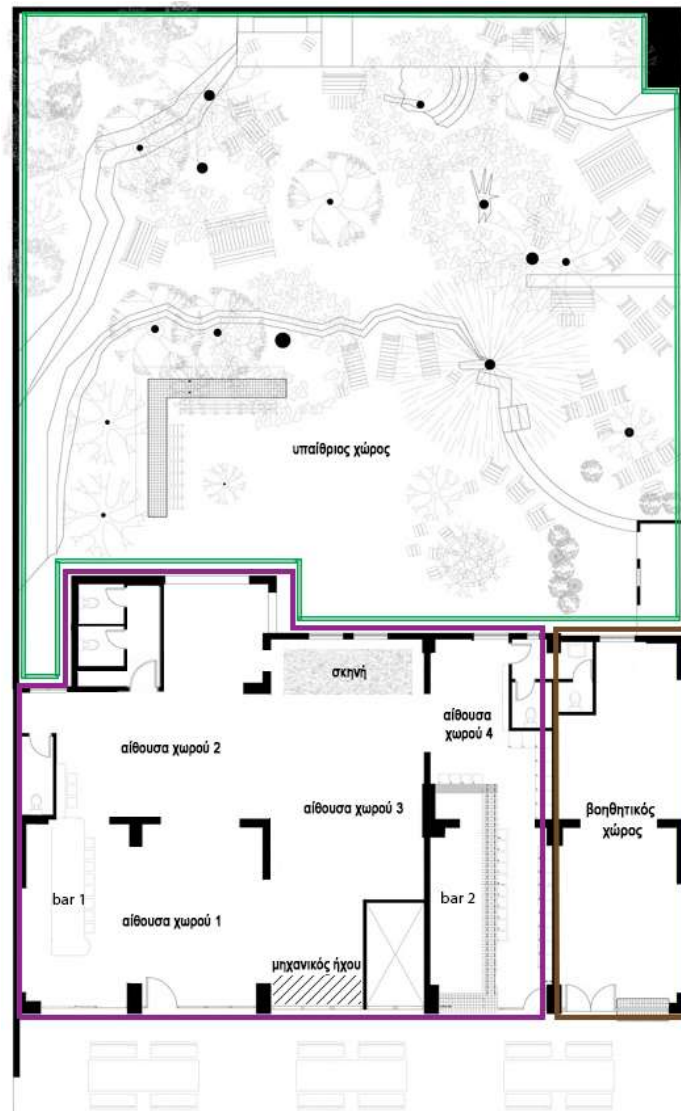


Εικόνα 24 : Τομή του κτιρίου από την πίσω πλευρά του υπό διαφορετικές γωνίες (δυτικά του υπαίθριου).

Σημειώνουμε ότι το συνολικό εσωτερικό ύψος του κτιρίου είναι 4,70m, το πάχος του πατώματος των ημιώροφων είναι 0,50m και το καθαρό ύψος των ημιώροφων είναι 1,98m.

3.3. Η υφιστάμενη λειτουργία του κτιριακού συγκροτήματος.

Ο ισόγειος χώρος που οροθετείται από τα τμήματα: (αίθουσα χορού 1, 2, 3, 4 και bar 1, 2) λειτουργεί ως κέντρο διασκέδασης (club) με χρήση ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης. Η μέγιστη χωρητικότητα του ισόγειου χώρου είναι περίπου 450 όρθια άτομα.



Εικόνα 25 : Κάτοψη ισογείου υπό μελέτη χώρου, χρωματικός περιγραμματικός προσδιορισμός της έκτασης των χώρων του ισογείου και διευκρίνιση υφιστάμενης χρήσης των επιμέρους τμημάτων του.

Συγκεκριμένα, η κεντρική σκηνή που εκτελούνται τα μουσικά δρώμενα ονομάζεται «αίθουσα χορού 3». Απέναντι από τη σκήνη, εσωτερικά της πρόσοψης του κτιρίου, βρίσκεται η κονσόλα του ηχολήπτη.

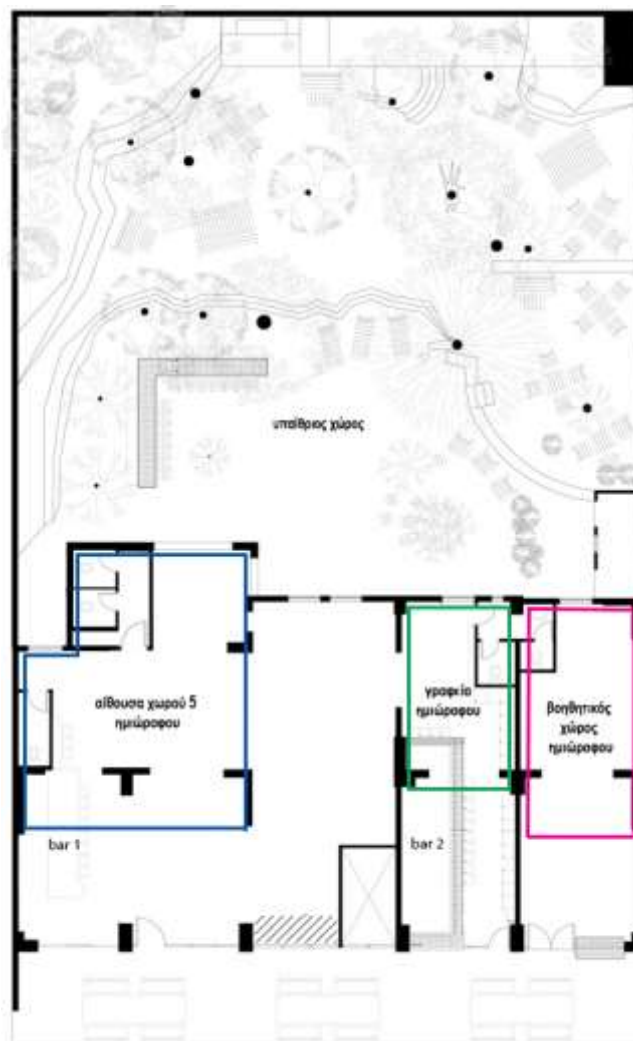
Οι αίθουσες χορού 1, 2 και 4 είναι χώροι που επικοινωνούν με τον κεντρικό. Η αίθουσα χορού 4 και το bar 2 απομονώνονται με συρόμενη πόρτα σε περιπτώσεις που η συγκέντρωση θαμώνων είναι μικρή.

Τα ωράριο λειτουργίας της κεντρικής αίθουσας χορού του ισόγειου είναι 00:00-05:00, με επέκταση ωραρίου.

Στη δεξιά πλευρά της κάτοψης υπάρχει ενιαίος παραλληλόγραμμος χώρος όπου έχει βοηθητική χρήση για την υφιστάμενη λειτουργία του χώρου.

Στην ανατολική πλευρά του κτιρίου εκτείνεται υπαίθριος χώρος που επικοινωνεί μέσω υπόγειας σκάλας από την πρόσοψη, ο οποίος λειτουργεί ως καφέ - bar, με ωράριο λειτουργίας 10:00-01:00.

Το κτίριο διαθέτει τρεις ημιώροφους η έκταση των οποίων απεικονίζεται ως περιγράμματα στην παρακάτω κάτοψη. Ο αριστερά ημιώροφος (μπλε περίγραμμα), αναπτύσσεται ως εξώστης πάνω από τις αίθουσες χορού 1 και 2 και εξυπηρετεί τη συνάθροιση θαμώνων στις περιστάσεις μουσικών δραστηριοτήτων στο ισόγειο. Ο κεντρικός ημιώροφος (πράσινο περίγραμμα), εκτείνεται πάνω από την αίθουσα χορού 4 και στα δεξιά του (μοβ περίγραμμα), εκτείνεται πάνω από ένα τμήμα του ισόγειου χώρου βοηθητικής χρήσης και εξυπηρετεί γραφεία του καταστήματος που λειτουργούν στο διάστημα 09:00-18:00.



Εικόνα 26 : Κάτοψη υπό μελέτη χώρου, χρωματικός περιγραμματικός προσδιορισμός της έκτασης των ημιώροφων και διευκρίνιση υφιστάμενης χρήσης των επιμέρους τμημάτων του.

3.4. Νέες διαμορφώσεις και πρόσθετες λειτουργίες στους χώρους του κτιριακού συγκροτήματος.

Κατά τη συγκεκριμένη μελέτη θα διατηρηθεί η λειτουργία ως κέντρο διασκέδασης (club), ωραρίου 00:00-05:00 με χρήση ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης για τα τμήματα αίθουσα χορού 1, 2, 3, 4, bar 1, 2 και ημιώροφος 1. Ομοίως με την υφιστάμενη κατάσταση η αίθουσα χορού 4 θα μπορεί να απομονώνεται κατά επιλογή με συρόμενη πόρτα.

Επίσης θα δοθούν επιπλέον διαστάσεις όπως η λειτουργία ως χώρος παραστάσεων (θεατρικών ή άλλων ειδών π.χ. Workshops) με χρήση ομιλίας χωρίς ηλεκτροακουστική υποστήριξη. Σε αυτή την περίπτωση η αίθουσα χορού θα διαμορφώνεται με καθίσματα για τους θεατές και συνεπώς η χωρητικότητα του θα είναι μικρότερη. Οι χώροι 2 και 4 θα φιλοξενούν όρθιους θεατές ενώ ο χώρος 1 θα λειτουργεί σαν φουαγιέ.

Ο παραλληλόγραμμος χώρος στη δεξιά πλευρά της κάτοψης θα χωριστεί σε δύο επιμέρους χώρους. Ο ένας προορίζεται για στούντιο εκπομπής διαδικτυακού ραδιοφώνου του οποίου το μουσικό ζωντανό πρόγραμμα θα πραγματοποιείται από τις 12:00 – 00:00 ενώ τις υπόλοιπες ώρες θα αναπαράγονται μουσικές λίστες. Ο άλλος χώρος που βρίσκεται στην πρόσοψη προορίζεται για εμπορικούς σκοπούς και συγκεκριμένα ως δισκοπωλείο με ωράριο λειτουργίας καταστημάτων. Συνεπώς για τους δύο χώρους η λειτουργία τους για κάποιο χρονικό διάστημα θα είναι παράλληλη.

Ταυτόχρονα θα εξεταστεί το ενδεχόμενο το κατά πόσο ο συνολικός χώρος του ραδιοφωνικού στούντιο και του δισκοπωλείου θα μπορούσε να μετατραπεί μέσω κινούμενων κατασκευών (π.χ. αναδιπλούμενες τζαμαρίες κ.α.) σε αίθουσα που να υποστηρίζει μουσική με ηλεκτροακουστική εγκατάσταση και ομιλία χωρίς, ώστε να έχει τη δυνατότητα να φιλοξενεί εκδηλώσεις μικρότερης δυναμικής, μέγιστης χωρητικότητας 70 περίπου όρθιων θεατών, κατά τις οποίες θα επικρατούν χαμηλές ηχητικές στάθμες. Σε αυτή την περίπτωση θα χρησιμοποιούνται τα μηχανήματα από το πλήρως εξοπλισμένο στούντιο.

Σε ένα μέρος του βοηθητικού χώρου του ημιώροφου, περιγράμματος χρώματος ροζ, θα εγκατασταθεί το control room του διαδικτυακού ραδιοφώνου όπου θα βρίσκεται ο κεντρικός υπολογιστής ο οποίος θα είναι υπεύθυνος για τη μετάδοση μέσω εξυπηρετητή (server).

Στον ημιώροφο περιγράμματος χρώματος πράσινου θα διατηρήσουμε τη χρήση του ως γραφείο.

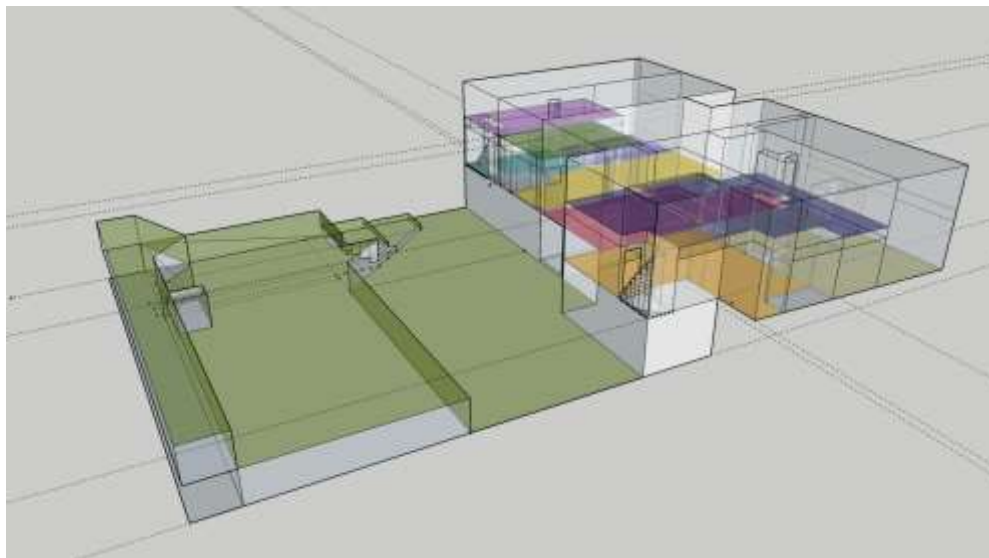
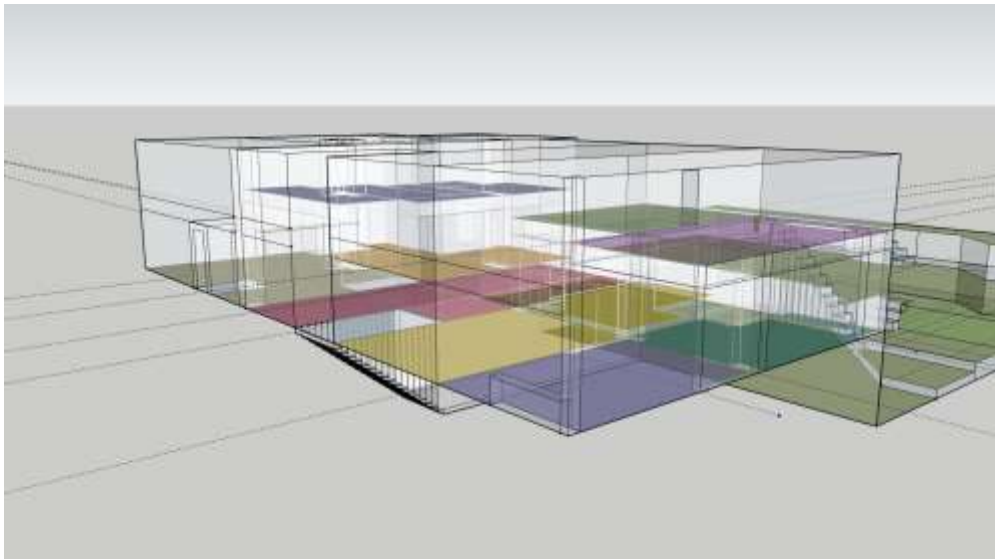
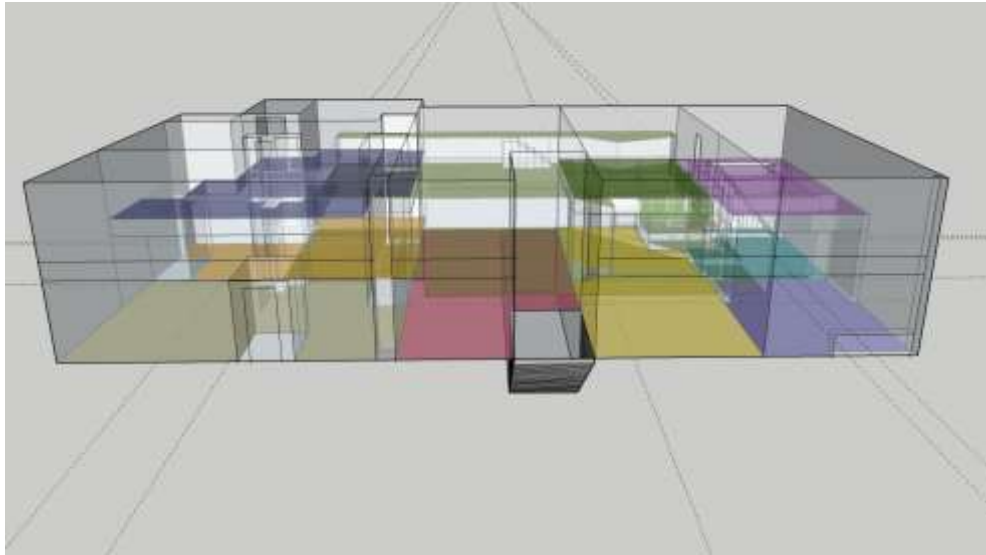
Τέλος θα παραμείνει η υφιστάμενη χρήση ως all day bar για τον υπαίθριο ακάλυπτο χώρο.



Εικόνα 27 : Κάτοψη υπό μελέτη χώρου και διευκρίνιση νέας χρήσης των επιμέρους τμημάτων του βοηθητικού χώρου του ισογείου.



Εικόνα 28 : Κάτοψη υπό μελέτη χώρου και διευκρίνιση νέας χρήσης τμήματος του βοηθητικού χώρου του ημιώροφου.



Εικόνα 29: Χρωματική απεικόνιση των επιμέρους τμημάτων του κτιριακού συγκροτήματος-μουσικού πολυχώρου υπό διαφορετικές γωνίες και προσδιορισμός της έκτασης των τμημάτων του ισογείου και των ημιώροφων από επάνω προς τα κάτω νότια και νοτιοδυτικά της πρόσοψης.

3.5. Περιγραφές περιοχών μελέτης.

3.5.1. Το κτιριακό συγκρότημα.

Σε αυτό το κομμάτι της εργασίας θα πραγματοποιηθεί περιγραφή του κελύφους και των επιμέρους οικοδομικών διατάξεων του υπό μελέτη μονώροφου κτιριακού συγκροτήματος.

Η υφιστάμενη τοιχοποιία της βόρειας όψης αποτελείται από τούβλο με σοβά εκατέρωθεν, συνολικού πάχους 110mm.

Η στέψη του κτιριακού συγκροτήματος αποτελείται εξολοκλήρου από πλάκα μπετόν πάχους 400mm.

Η ανατολική όψη του κτιρίου που διαχωρίζει την κεντρική αίθουσα χορού με τον υπαίθριο χώρο, αποτελείται στο μεγαλύτερο μέρος της, από τούβλο με σοβά στις δύο όψεις. Σε τρία τμήματα της υπάρχουν τοποθετημένοι διπλοί υαλοπίνακες. Ο προσδιορισμός των υλικών επικάλυψης των τμημάτων αυτών και το εμβαδό τους παρατίθεται στον πίνακα του Παραρτήματος Β

Δυτικά βρίσκεται η πρόσοψη του κτιρίου στην οποία υπάρχουν συνολικά τρεις είσοδοι, εκ των οποίων οι δύο εξυπηρετούν τη λειτουργία του κέντρου διασκέδασης και μία το χώρο που έχει βοηθητική χρήση. Τέλος η κεντρική είσοδος της αίθουσας χώρου συνδέεται με προθάλαμο.

Η πρόσοψη φέρει κατά πλειοψηφία διπλούς υαλοπίνακες. Σε μικρότερο ποσοστό υπάρχουν οριζόντιοι και κάθετοι δοκοί οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 400mm ή 500mm. Τέλος υπάρχει ένα κομμάτι τοιχοποιίας από τούβλο με σοβά το οποίο οριοθετεί σε τρία σημεία τη σκάλα μέσω της οποίας πραγματοποιείται η πρόσβαση στον υπαίθριο χώρο.

Στο εσωτερικό του κτιρίου εκτείνονται κατά τμήματα ημιώροφοι, το δάπεδο των οποίων είναι κατασκευασμένο από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 500mm.

Οι εσωτερικές κατασκευές τοιχοποιίας των ημιώροφων που οριοθετούν τις επιμέρους αίθουσες, είναι από τούβλο με σοβά.

Η τοιχοποιία της νότιας πλευράς του κτιρίου έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με αυτά της βόρειας όψης.

3.5.2. Η ευρύτερη περιοχή.

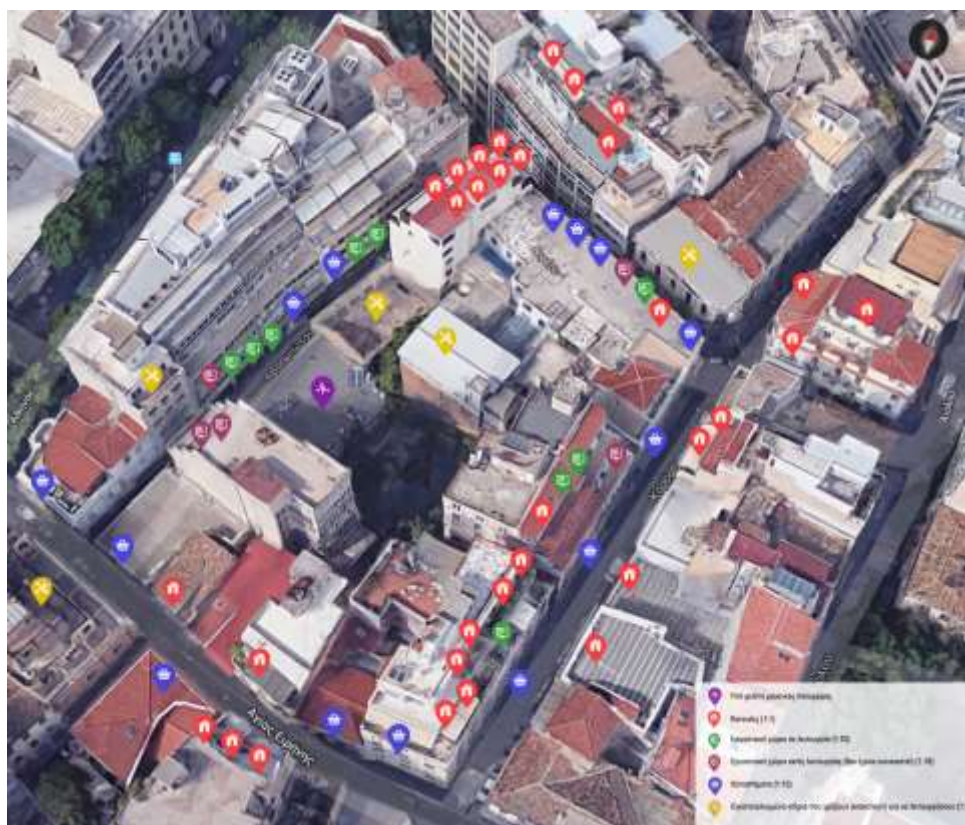
Περιμετρικά στον ακάλυπτο του κτιρίου υψώνονται οι διαχωριστικοί τοίχοι των γειτονικών κτιρίων-οικοπέδων. Συγκεκριμένα:

Στη βόρεια πλευρά του βρίσκεται εγκαταλελειμμένο ακίνητο ενώ στη νότια υπάρχει κτίριο του οποίου το ισόγειο χρησιμοποιείται για τις ανάγκες του κέντρου διασκέδασης (βοηθητική χρήση ως αποθήκη) ενώ οι υπόλοιποι όροφοι θα μπορούσαν να διατεθούν προς ενοικίαση.

Ανατολικά συνορεύει με πολυώροφο κτίριο με διαμερίσματα γραφειακών χρήσεων (πλην του ρετιρέ).

Δυτικά υπάρχουν σε σειρά τρία πολυώροφα κτίρια όπου στους ορόφους στεγάζονται γραφειακοί χώροι ενώ στα ισόγεια στεγάζονται καταστήματα.

Στην Εικόνα 30 δίδεται μία συμβολική αποτύπωση των χρήσεων στα γειτονικά κτίρια σε ακτίνα οικοδομικού τετραγώνου. Για την καταγραφή των χρήσεων πραγματοποιήθηκε συστηματικός επιτόπιος έλεγχος της περιοχής. Η χαρτογράφηση έγινε με τη βοήθεια ψηφιακού υπόβαθρου από το Google Earth. Για την αποφυγή πυκνής συγκέντρωσης των επεξηγηματικών δεικτών αποφασίστηκε η χρήση αναλογιών ως προς το πλήθος των κτιρίων, ανάλογα της χρήσης τους, όπως φαίνεται στο υπόμνημα.



Εικόνα 30: Αποτύπωση χρήσεων χώρων που βρίσκονται περιμετρικά του υπό μελέτη χώρου. Το στιγμιότυπο εξάχθηκε μέσω Google Earth.

3.5.3. Ο υπαίθριος χώρος όπου λειτουργεί ηλεκτροακουστική εγκατάσταση.

Ο υπαίθριος χώρος παρουσιάζει υψομετρικές εδαφικές διαφορές, με αποτέλεσμα να διαμορφώνονται τρία επίπεδα με διαφορά μεταξύ τους στο 1,50m. Το πρώτο επίπεδο βρίσκεται 2,70m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Το συνολικό μήκος του υπαίθριου είναι 21,80m. Το πλάτος του πρώτου επιπέδου είναι 7,70m, του δεύτερου 8,20m και του τρίτου 1,70m. Όλο το έδαφος του υπαίθριου καλύπτεται από γρασίδι.

Ως πηγή θεωρούμε ηχείο που είναι τοποθετημένο σε ύψος 2,1m στο κέντρο του πρώτου.

Ως προς τη βόρεια πλευρά του κήπου ο κοντινότερος δέκτης βρίσκεται στην πρόσοψη κτιρίου το οποίο βρίσκεται σε απόσταση 50,12m από το όριο ιδιοκτησίας του οικοπέδου και σε ύψος 7,5m. Το έδαφος που μεσολαβεί είναι κατά κύριο λόγο χωμάτινο.

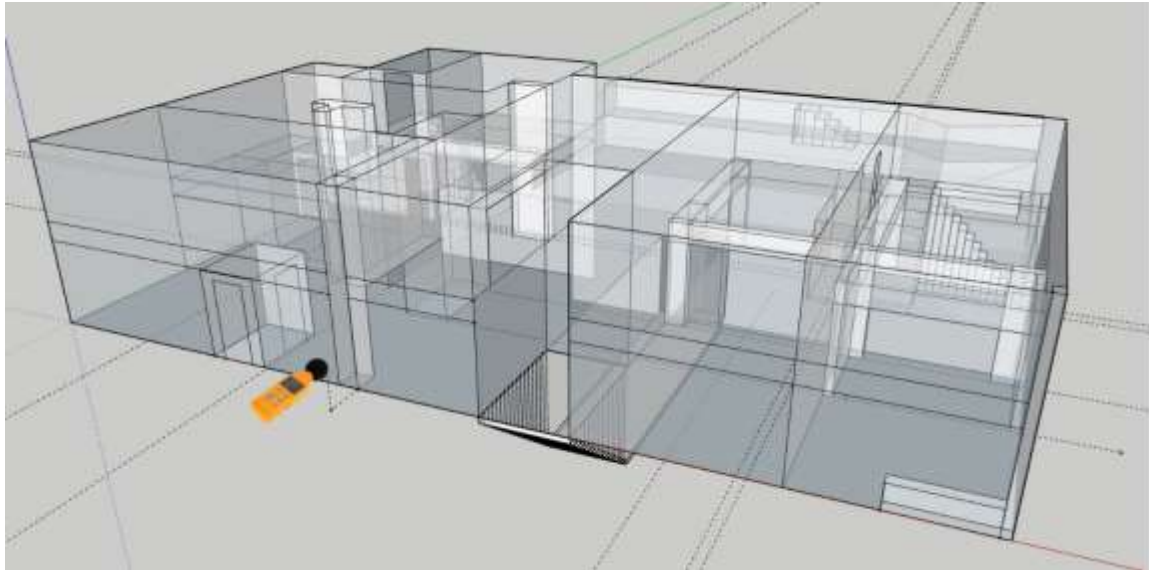
Ως προς την ανατολική πλευρά ο υπαίθριος χώρος συνορεύει με την πίσω όψη κτιρίου ύψους 17m και πάχους 8m. Σε ύψος 16m ύστερα από επιτόπιο έλεγχο διαπιστώσαμε ότι υπάρχουν οικίες. Βέβαια δεν καταφέραμε να συγκεκριμενοποιήσουμε το κατά πόσο κατοικούνται. Στους υπόλοιπους ορόφους υπάρχουν χώροι επαγγελματικής ή βοηθητικής χρήσης. Η απευθείας απόσταση της πηγής με την πίσω όψη του κτιρίου στο ύψος του ορόφου που βρίσκονται οι οικίες, μετρήθηκε στα 19,6m. Η πίσω πλευρά του πολυώροφου κτιρίου αποτελείται αποκλειστικά από τοιχοποιία σε αντίθεση με την πρόσοψη του όπου παρατηρήθηκε σε μεγάλο ποσοστό η ύπαρξη ανοιγμάτων.

Δυτικά του ακάλυπτου χώρου υπάρχει γειτνίαση με την πίσω όψη κτιριακού συγκροτήματος όπου αποτελούνται από τοιχοποιία, χωρίς ανοίγματα. Από την έρευνα που κάναμε δεν μπορέσαμε να προσδιορίσουμε επακριβώς το είδος χρήσης των διαμερισμάτων λόγω του ότι κατά την πλειοψηφία τους ήταν κενά. Κατά τη μελέτη θα θεωρήσουμε ότι προορίζονται για επαγγελματική ή βοηθητική χρήση.

3.6. Ηχομονωτική αξιολόγηση υφιστάμενης κατάστασης.

3.6.1. Στάθμες επί της πρόσοψης

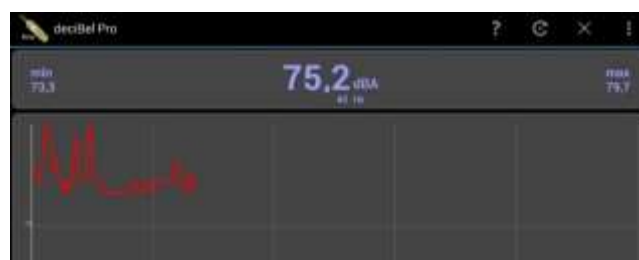
Για τον προσδιορισμό της ηχομόνωσης που προσφέρει το υφιστάμενο κέλυφος του κτιρίου πραγματοποιήθηκαν ηχομετρήσεις σε απόσταση ενός (1) μέτρου από την πρόσοψη του κτιρίου (σε ύψος 1 μέτρου από το έδαφος) με δύο διαφορετικούς τρόπους, μέσω ενσωματωμένου μικροφώνου tablet και μέσω ψηφιακού ηχώμετρου, δύο διαφορετικές ημέρες με το ίδιο είδος μουσικής (ηλεκτρονική μουσική) εντός του χώρου.

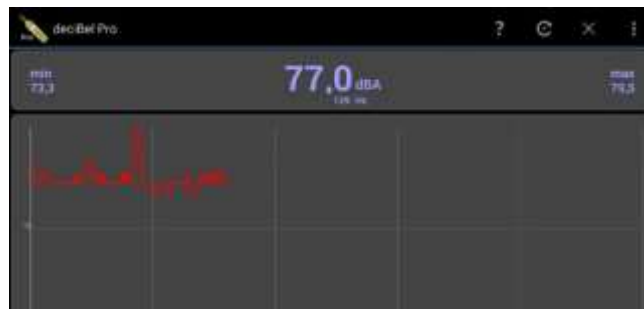


Εικόνα 31 : Προσδιορισμός θέσης Ηχόμετρου.

Αρχικά παραθέτουμε screenshots που εξάχθηκαν μέσω της εφαρμογής Decibel pro, σε Android συσκευή. Προτιμήθηκε η αγορά της pro έκδοσης της εφαρμογής καθώς επέτρεπε ακριβή τρόπο ρύθμισης του μικροφώνου της συσκευής (calibration) έναντι της ελεύθερη έκδοσης. Το ψηφιακό ηχόμετρο που χρησιμοποιήθηκε είναι το OEM SL-814.

Πρώτη Ημέρα Μετρήσεων:





Εικόνα 32 (α, β, γ από επάνω προς τα κάτω) : Μετρήσεις ηχητικής στάθμης επί της προσόψεως σε διαφορετικές χρονικές στιγμές κατά την πραγματοποίηση μουσικών δραστηριοτήτων εντός του κτηρίου. Ο οριζόντιος άξονας αναφέρεται στη χρονική διάρκεια της μέτρησης σε λεπτά (min).

Όπως φαίνεται στις παρακάτω απεικονίσεις, η εφαρμογή μας δίνει την ηχητική στάθμη σε πραγματικό χρόνο, την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή στο χρονικό διάστημα της μέτρησης και τη συχνότητα. Παράλληλα μετρώντας την ηχητική στάθμη μέσω του ψηφιακού ηχόμετρου παρατηρήθηκαν οι διαφορές στάθμης οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1 : Τιμές ηχητικής στάθμης για τους δύο διαφορετικούς τρόπους μέτρησης και η διαφορά αυτών για την πρώτη ημέρα μετρήσεων.

	1 ^η Μέτρηση (dBA)		2 ^η Μέτρηση (dBA)		3 ^η Μέτρηση (dBA)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Decibel Pro Android	73,3	79,7	72,9	81,5	73,3	79,5
OEM SL-814	70,5	78,3	69,6	79,2	69,9	75,8
Διαφορά Μετρήσεων	2,8	1,4	3,3	2,3	3,4	3,7

Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τις ηχομετρήσεις, το κατάστημα βρίσκονταν σε λειτουργία με ταυτόχρονη κίνηση πλήθους περιπατητών στην πρόσοψη του κτιρίου. Βέβαια η όλη διαδικασία επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί σε χρονικές στιγμές περιορισμένης συνάθροισης ώστε να επηρεαστούν κατά το δυνατόν λιγότερο τα αποτελέσματα.

Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι μέγιστες τιμές καταγράφηκαν κατά το άνοιγμα της εξωτερικής πόρτας του προθαλάμου της εισόδου. Ο θάλαμος εισόδου αποτελείται από δύο πόρτες, μία που επιτρέπει τη είσοδο από τον εξωτερικό χώρο στο εσωτερικό του θαλάμου και μία που επιτρέπει την είσοδο εντός του χώρου που πραγματοποιούνται οι μουσικές δραστηριότητες.

Γενικά κατά τις μετρήσεις στις δύο διαφορετικές ημέρες χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια εργαλεία στις ίδιες θέσεις επί της πρόσοψης.

Δεύτερη Ημέρα Μετρήσεων:



Εικόνα 33 (α, β, γ από επάνω προς τα κάτω) : Μετρήσεις ηχητικής στάθμης επί της προσόψεως σε διαφορετικές χρονικές στιγμές κατά την πραγματοποίηση μουσικών δραστηριοτήτων εντός του κτηρίου. Ο οριζόντιος άξονας αναφέρεται στη χρονική διάρκεια της μέτρησης σε λεπτά (min).

Να διευκρινιστεί ότι η Εικόνα 33β και 33γ αναφέρονται στην ίδια μέτρηση αλλά για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Η μέγιστη τιμή των 86,2 dBA στην Εικόνα 33γ καταγράφηκε όταν και οι δύο είσοδοι του προθαλάμου ήταν ανοικτές. Συγκεκριμένα ανοίχτηκαν από δύο διαφορετικούς ανθρώπους με σκοπό να εισέλθουν στο χώρο. Το άνοιγμα των εισόδων δεν ήταν στη μέγιστη δυνατή απόσταση αλλά σε σημείο περίπου 45°, γωνία που επιτρέπει την άνετη πρόσβαση ανθρώπου στο χώρο.

Πίνακας 2: Τιμές ηχητικής στάθμης για τους δύο διαφορετικούς τρόπους μέτρησης και η διαφορά αυτών για τη δεύτερη ημέρα μετρήσεων.

	1 ^η Μέτρηση (dBA)		2 ^η Μέτρηση (dBA)		3 ^η Μέτρηση (dBA)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Decibel Pro Android	66,6	81,7	67,1	83,2	67,1	86,2
OEM SL-814	63,5	77,9	64,2	79,7	64,2	82,9
Διαφορά Μετρήσεων	3,1	3,8	2,9	3,5	2,9	3,3

Όσο αναφορά τη σύγκριση των αποτελεσμάτων του Πίνακα 1 και 2, παρατηρούμε ότι η διαφορά ακριβείας μεταξύ των δύο τρόπων μέτρησης κυμαίνεται κατά μέσο όρο στα 3dBA. Παρόλο που θεωρείται περισσότερο αξιόπιστο λόγω της φύσης κατασκευής, το ψηφιακό ηχόμετρο OEM SL-814, όπου οι καταγεγραμμένες ηχοστάθμες παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές σε σχέση με την εφαρμογή Android, σε κάθε περίπτωση κρίνεται αναγκαία η ηχομονωτική ενίσχυση ώστε να υπάρχει συμμόρφωση σύμφωνα με τα όρια που ορίζει ο Κτιριοδομικός Κανονισμός.

3.7. Ηχητικές στάθμες λειτουργίας.

3.7.1. Ηχητικές στάθμες λειτουργίας του κέντρου διασκέδασης.

Πραγματοποιήθηκαν ηχομετρήσεις εντός του κέντρου διασκέδασης για κάθε ένα από τα τμήματα του, μέσω της εφαρμογής Decibel pro. Συγκεκριμένα για κεντρικό τμήμα, «αίθουσα χορού 3», έγιναν ηχομετρήσεις σε τέσσερα διαφορετικά σημεία. Μετρήσεις σε απόσταση 3μέτρων από τα αριστερά ηχείο, 3μέτρων από τα δεξιά ηχείο, 5μέτρων από το κέντρο της απόστασης των ηχείων και τέλος στη θέση του ηχολήπτη. Ύστερα από συζήτηση με τον ηχολήπτη σχετικά με τις καταγεγραμμένες ηχοστάθμες και τις πιθανές μεταβολές αυτών σε διαφορετικές περιπτώσεις λειτουργίας, διευκρίνισε ότι αυτές δεν ξεπερνάνε τα 110dBA . Για τα υπόλοιπα τμήματα του ισόγειου χώρου του κέντρου διασκέδασης επιλέχθηκε ως θέση μέτρησης το κέντρο του καθενός.



Εικόνα 34: Μέτρηση ηχητικής στάθμης στην αίθουσα χορού 1.



Εικόνα 35 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στην αίθουσα χορού 2.



Εικόνα 36 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στο βοηθητικό χώρο της αίθουσας χορού 2.



Εικόνα 37 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στο χώρο στην αίθουσα χορού 3, σε απόσταση 3μέτρων από το αριστερά ηχείο.



Εικόνα 38 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στο χώρο της αίθουσας χορού 3, σε απόσταση 3μέτρων από το δεξιά ηχείο.



Εικόνα 39 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στο χώρο της αίθουσας χορού 3, σε απόσταση 5μέτρων από το κέντρο των ηχείων.



Εικόνα 40 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στο χώρο της αίθουσας χορού 3 στο σημείο που βρίσκεται ο ηχολήπτης.



Εικόνα 41 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στο χώρο της αίθουσας χορού 4.



Εικόνα 42 : Μέτρηση ηχητικής στάθμης στο χώρο της αίθουσας χορού που βρίσκεται το bar 2.

Στον Πίνακα 3 παρατίθενται συνοπτικά οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές ηχητικής στάθμης όπως προέκυψαν από τις παραπάνω απεικονίσεις.

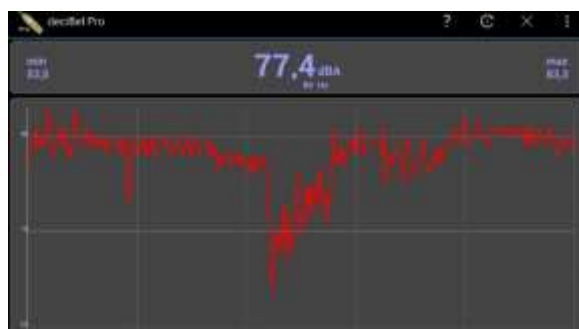
Πίνακας 3 : Τιμές ηχητικής στάθμης στους εσωτερικούς χώρους του κέντρου διασκέδασης (club).

Τμήματα	A-ηχοστάθμη (dBA)	
	Min	Max
Αίθουσα Χορού 1	89,1	99,9
Αίθουσα Χορού 2	88,3	100,2
Αίθουσα Χορού 2 (μικρός χώρος)	93,2	98,4
Αίθουσα Χορού 3 (3m από το αριστερά ηχείο)	91,2	103,9
Αίθουσα Χορού 3 (3m από το δεξιά ηχείο)	91,4	103,5
Αίθουσα Χορού 3 (5m από το κέντρο των ηχείων)	88,8	102,4
Αίθουσα Χορού 3 (θέση ηχολήπτη)	87,7	101,9
Αίθουσα Χορού 4	88,8	99,2
Bar 2	89	98,8

3.7.2. Ηχητικές στάθμες λειτουργίας στο στούντιο του διαδικτυακού ραδιοφώνου.

Για τον προσδιορισμό των ηχητικών σταθμών που επικρατούν σε στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά τη διάρκεια μετάδοσης του ζωντανού προγράμματος, έγινε επίσκεψη σε ένα στούντιο όπου και πραγματοποιήθηκαν ηχομετρήσεις σε απόσταση ενός (1) μέτρου από τα μόνιτορ ηχεία (σε ύψος ένα μέτρο από το έδαφος). Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε με τους δύο τρόπους που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη περίπτωση. Με σκοπό μία εμπειριστατωμένη εικόνα όσο αναφορά τις ηχητικές στάθμες, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε πέντε διαφορετικές ζωντανές εκπομπές όπου η διαδικασία αναπαραγωγής μουσικής γίνονταν μέσω μίξης μουσικών κομματιών.

Αρχικά παρουσιάζονται screenshots που εξάχθηκαν μέσω της εφαρμογής Decibel pro. Στη συνέχεια στον Πίνακα 4 καταγράφονται οι μέγιστες τιμές από τις απεικονίσεις, οι μετρήσεις με χρήση ψηφιακού ηχόμετρου και οι διαφορές των δύο τρόπων.



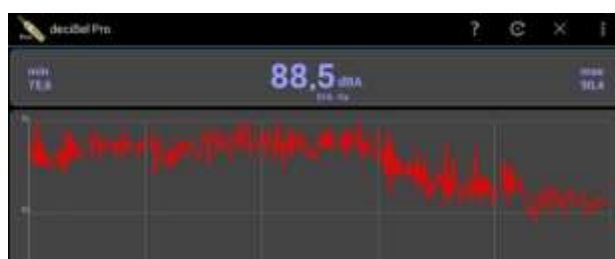
Εικόνα 43 : Μετρήσεις ηχητικής στάθμης σε στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά την πραγματοποίηση εκπομπής 1.



Εικόνα 44 : Μετρήσεις ηχητικής στάθμης σε στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά την πραγματοποίηση εκπομπής 2.



Εικόνα 45 : Μετρήσεις ηχητικής στάθμης σε στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά την πραγματοποίηση εκπομπής 3.



Εικόνα 46 : Μετρήσεις ηχητικής στάθμης σε στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά την πραγματοποίηση εκπομπής 4.



Εικόνα 47 : Μετρήσεις ηχητικής στάθμης σε στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά την πραγματοποίηση εκπομπής 5.

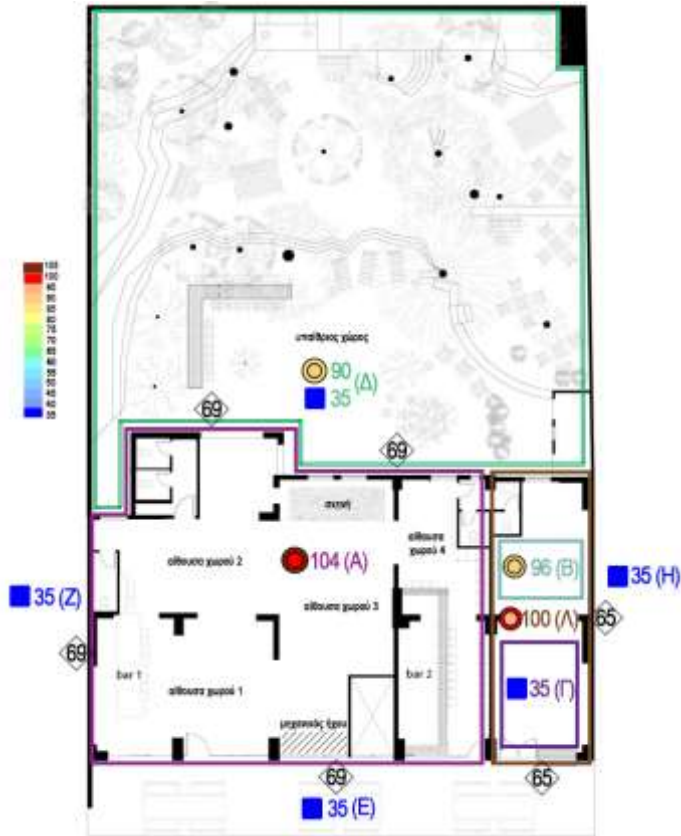
Πίνακας 4 : Τιμές ηχητικής στάθμης για τους δύο διαφορετικούς τρόπους μέτρησης και η διαφορά αυτών για κάθε ραδιοφωνική εκπομπή.

	1η Εκπομπή (dBA)	2η Εκπομπή (dBA)	3η Εκπομπή (dBA)	4η Εκπομπή (dBA)	5η Εκπομπή (dBA)
	Max	Max	Max	Max	Max
Decibel Pro Android	83,3	85	83	90,4	98,7
OEM SL-814	80,9	82,8	80,2	88,6	96,1
Διαφορά Μετρήσεων	2,4	2,2	2,8	1,8	2,6

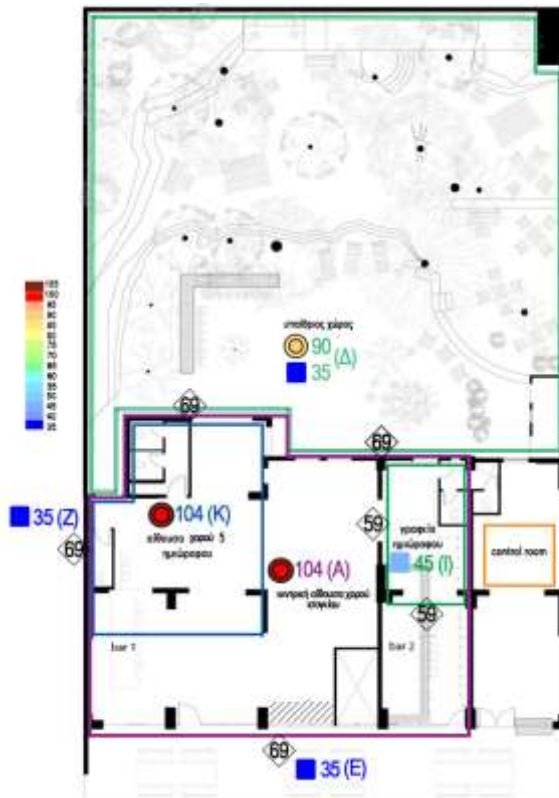
Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 4 παρατηρούνται διακυμάνσεις της ηχητικής στάθμης που επικρατούν σε κάθε ραδιοφωνική εκπομπή. Συγκεκριμένα οι διακυμάνσεις αυτές με βάση τις μετρήσεις 1^{ης} έως και 4^{ης} εκπομπής είναι σχετικά μικρές σε σύγκριση με την 5^η εκπομπή όπου η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στα 96,1dBA. Η μελέτη θα συνεχιστεί με βάση αυτή τη στάθμη.

3.8. Απεικόνιση ηχομετρήσεων στους χώρους του κτιρίου.

Έχοντας πλέον δεδομένες τις ηχητικές στάθμες που επικρατούν στους χώρους τόσο του κέντρου διασκέδασης, όσο και σε αυτούς που πρόκειται να ενσωματωθούν στη συνολική λειτουργία του κτιριακού συγκροτήματος, στις παρακάτω εικόνες θα απεικονισθούν επάνω στα αρχιτεκτονικά σχέδια. Η σήμανση έχει γίνει στην κάτοψη του κτιρίου με σύμβολα, αριθμούς σε συνδυασμό με υπόμνημα χρωματικής αντιστοίχισης. Ειδικότερα, κάθε διπλό ελλειπτικό σχήμα απεικονίζει με χρωματική κλίμακα βήματος 5dB, τις μέγιστες τιμές ηχητικής στάθμης, κάθε τετράγωνο σχήμα εκφράζει το επιθυμητό επίπεδο ησυχίας και τέλος το σχήμα του ρόμβου αντιστοιχεί στους σταθμισμένους φαινόμενους δείκτες ηχομείωσης που θα εξασφαλίζουν τις εκάστοτε απαιτήσεις.



Εικόνα 48 : Κάτοψη ισογείου του υπό μελέτη χώρου με αποτύπωση ηχητικών σταθμών, επιθυμητών επιπέδων ησυχίας και σταθμισμένου φαινομένου δείκτη Ηχομείωσης.



Εικόνα 49 : Κάτοψη ημιώροφου του υπό μελέτη χώρου με αποτύπωση ηχητικών σταθμών, επιθυμητών επιπέδων ησυχίας και σταθμισμένου φαινομένου δείκτη Ηχομείωσης.

Όπως προαναφέρθηκε και στην περιγραφή της ευρύτερης περιοχής, στις περιοχές Z και Η υπάρχει κτίριο εγκαταλειμμένο και ξενοίκιαστο αντίστοιχα. Το ισόγειο του κτιρίου που βρίσκεται στην περιοχή Η, χρησιμοποιείται ως αποθηκευτικός χώρος. Κατά τη συγκεκριμένη μελέτη αγνοήθηκε η ύπαρξη αυτών και θεωρήθηκε ότι αποτελούν εξωτερικό περιβάλλον.

Πίνακας 5 : Κριτήρια Ηχομόνωσης και Ηχοπροστασίας ανάμεσα στους χώρους του υπό μελέτη κτιριακού συγκροτήματος - μουσικού πολυχώρου.

Ηχοστάθμη	104	96	-	100	75	-	-	90	-	104	85
Ακουστική Άνεση	-	-	30	-	-	-	-	30	45	-	-
Κέντρο Διασκέδασης	-	-	-	35	35	35	35	-	-	-	-
	A	B	Γ	Δ	E	Z	H	Θ	I	K	Λ
A		-	-	69	69	69	-	-	59	-	-
B	-		-	-	-	-	61	-	-	-	-
Γ	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
Δ	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	45	-		-	-	-	-	-	-
Z	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
H	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
Θ	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-
I	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
K	-	-	-	69	-	69	-	-	-		-
Λ	-	-	-	-	50	-	50	-	-	-	

Προσδιορισμός χρήσης χώρων :

A : Κεντρική Αίθουσα χορού

B : Στούντιο Διαδικτυακού ραδιοφώνου

Γ : Δισκοπωλείο

Δ : Υπαίθριος

E : Εξωτερικό Περιβάλλον

Z : Εξωτερικό Περιβάλλον

H : Εξωτερικό Περιβάλλον

Θ : Control Room Διαδικτυακού ραδιοφώνου ημιώροφου

I : Γραφείο – Λογιστήριο ημιώροφου

K : Αίθουσα χορού ημιώροφου

Λ : Ενιαία λειτουργία διαδικτυακού ραδιοφώνου & δισκοπωλείου για χρήση μουσικής – ομιλίας

4. Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα βήματα που θα ακολουθηθούν για τον υπολογισμό του κάθε ζητούμενου ανά περίπτωση.

4.1. Ηχομόνωση του κέντρου διασκέδασης.

Η μεθοδολογία κατά τη μελέτη ηχομόνωσης της αίθουσας χορού του κέντρου διασκέδασης ξεκινάει με τον υπολογισμό του εμβαδού των επιφανειών που αποτελούν την εκάστοτε μεσοτοιχία με το εξωτερικό περιβάλλον. Ύστερα από επιτόπου έρευνα στο χώρο προσδιορίζονται τα υλικά κατασκευής του κελύφους του κτιρίου και ο συντελεστής ηχομείωσης αυτών. Αφού επιβεβαιωθεί η αδυναμία τους ως προς την ηχομόνωση σύμφωνα με τα όρια που καθορίζει ο Κτιριοδομικός Κανονισμός, θα πρέπει να ακολουθήσουν οι επεμβάσεις ενίσχυσης. Οι δοκιμές ως προς τις επεμβάσεις θα γίνουν αρχικά ως προς τις υφιστάμενες τοιχοποιίες και στην περίπτωση όπου δεν ικανοποιούνταν οι στόχοι θα ακολουθήσει η δημιουργία διπλών τοιχωμάτων τα οποία θα ενισχύονται σταδιακά μέχρι να ικανοποιηθούν τα κριτήρια. Για τον υπολογισμό ηχομείωσης των χωρισμάτων θα χρησιμοποιηθεί η δοκιμαστική έκδοση του λογισμικού Insul. Σε κάθε περίπτωση και με δεδομένη τη μέγιστη ηχοστάθμη που μετρήθηκε εντός του κέντρου διασκέδασης κατά τη λειτουργία του, πραγματοποιείται υπολογισμός μέσω λογιστικών φύλλων σύμφωνα με το πρότυπο DIN 4109. Συγκεκριμένα υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής διάδοσης $\bar{\tau}$ και η προσφερόμενη ηχομείωση cR_w της διαχωριστικής επιφάνειας. Προσδιορίζεται τυχόν ύπαρξη ανοιγμάτων (f) και το σύνολο εκτεθειμένων επιφανειών διαχωριστικών τοιχωμάτων των δύο χώρων (n). Ακολουθεί εφαρμογή του τύπου (Μπάρκας, 2014)

$$R'w = L_0 - L_1 + 10 \cdot \log(f) + 10 \cdot \log(TR) + 10 \cdot \log(S/V) + 10 \cdot \log(n) + 8 \quad (4,1)$$

και προκύπτει ο φαινόμενος δείκτης ηχομονωτικής ικανότητας $R'w$ στον οποίο εισάγεται προσαύξηση λόγω πλευρικών μεταδόσεων έχοντας ως αποτέλεσμα τον απαιτούμενο πραγματικός δείκτης ηχομονωτικής ικανότητας R_w . Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να γίνει έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας σε σχέση με τη μέγιστη προβλεπόμενη στάθμη. Βέβαια, επειδή ο προστατευόμενος χώρος είναι το εξωτερικό περιβάλλον, οι λογάριθμοι των μεγεθών του χρόνου αντήχησης (TR) και όγκου (V) θεωρούνται μηδέν.

4.2. Ηχομόνωση μεταξύ αίθουσας διαδικτυακού ραδιοφώνου και δισκοπωλείου.

Σε πρώτη φάση θα πραγματοποιηθούν εσωτερικές διαρρυθμίσεις οι οποίες θεωρείται ότι θα καλύπτουν τις ανάγκες του χώρου. Έπειτα, στο διαμορφωμένο χώρο προσδιορίζεται η αίθουσα εκπομπής θορύβου και η στάθμη που προέκυψε από τις μετρήσεις. Στη συνέχεια ελέγχεται η διάδοση ως προς το χώρο λήψης του οποίου προσδιορίζεται το σύνολο των επιφανειών και των υφιστάμενων υλικών επικάλυψης αυτών. Υπολογίζεται η συνολική απορρόφηση A , ο μέσος συντελεστής απορρόφησης $\bar{\alpha}$, η απορρόφηση χώρου λήψης A_N , το εμβαδό διαχωριστικής επιφάνειας A_w , ο όγκος V και ο χρόνος αντήχησης RT . Καθορίζονται οι κατασκευές ή τα υλικά της σύνθετης διαχωριστικής επιφάνειας και πραγματοποιείται έλεγχος κατά το πρότυπο DIN 4109 σύμφωνα με τη σχέση 4,1. Συνιστάται ο υπολογισμός μέσω λογιστικών φύλλων. Σε περίπτωση που η ηχομονωτική ικανότητα δεν επαρκεί κρίνεται απαραίτητη η βελτίωση του χρόνου αντήχησης του προστατευόμενου χώρου πράγμα που επιτυγχάνεται με προσεγγιστικό προσδιορισμό του συντελεστή απορρόφησης επιλεγμένων επιφανειών. Τέλος, πραγματοποιείται επανέλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας. Αν ο έλεγχος αυτός αποτύχει, θα πρέπει να ακολουθήσει εκ νέου διαμόρφωση του χώρου εκπομπής θορύβου με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει άμεση γειτνίαση του με τον προστατευόμενο. Σε αυτή την περίπτωση θα επαναληφθεί η παραπάνω διαδικασία με τη μόνη διαφορά ότι πρώτα θα προσδιοριστεί η ένταση της ηχητική στάθμης που μεταδίδεται στον ενδιάμεσο χώρο μέσω της επιφάνειας που έχει τη μεγαλύτερη ηχητική διαρροή και έπειτα θα ελεγχθεί η ηχομονωτική επάρκεια προτεινόμενης κατασκευής μεταξύ του ενδιάμεσου χώρου που προέκυψε και του προστατευόμενου.

4.3. Ηχοπροστασία γειτονικών κτιρίων κατά τη λειτουργία ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης στον υπαίθριο χώρο.

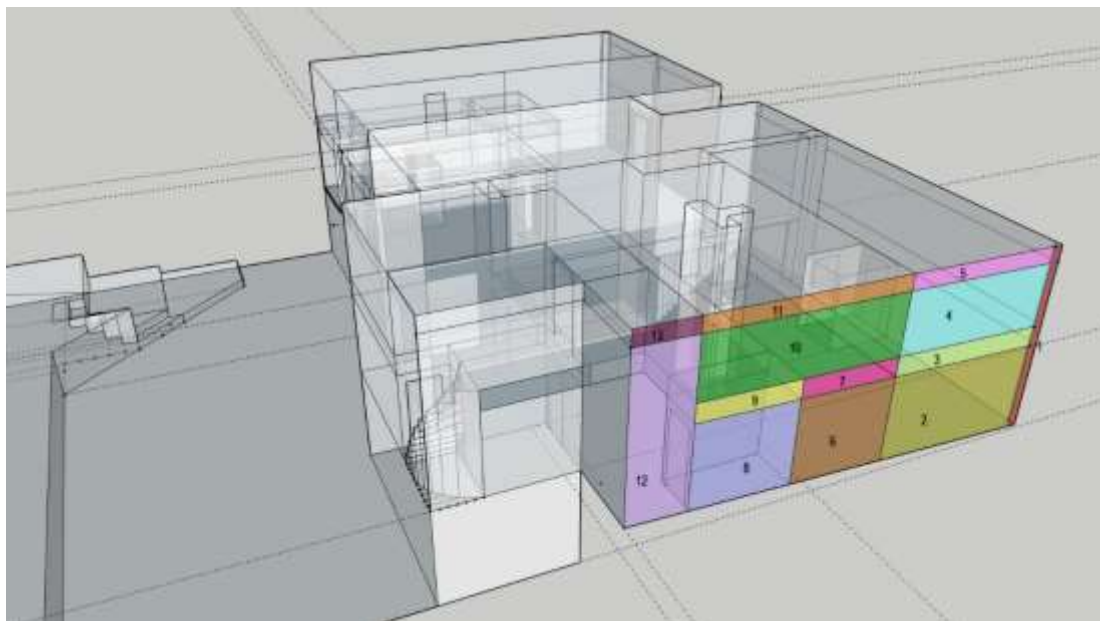
Αρχικά πραγματοποιείται ανέγερση ηχοπετάσματος περιμετρικά του υπαίθριου χώρου. Σε πρώτο στάδιο προσδιορίζεται η θέση της πηγής θορύβου και τα χαρακτηριστικά αυτής και υπολογίζεται η μείωση της στάθμης του θορύβου της πηγής συναρτήσει της απόστασης. Σύμφωνα το θεωρητικό υπόβαθρο η ύπαρξη του εδάφους επιδρά στην ηχομείωση των ηχοφραγμάτων. Λαμβάνοντας υπόψη τις ανακλάσεις του ήχου από το έδαφος τόσο στην πλευρά της πηγής όσο και του δέκτη χρησιμοποιείται η μέθοδος των ειδώλων. Ο σχηματισμός των ειδώλων πραγματοποιείται συμμετρικά ως προς το εκάστοτε έδαφος αναφοράς. Υπολογίζονται οι διαδρομές P_1, P_2, P_3, P_4 και στη συνέχεια ο αριθμός Fresnel και η αντίστοιχη ηχομείωση για κάθε διαδρομή από τις σχέσεις Defrance και Gabillet.

Τέλος χρησιμοποιείται η σχέση 2,29 για να υπολογιστεί η στάθμη στη θέση του δέκτη και πραγματοποιείται σύγκριση με το επιθυμητό κριτήριο θορύβου. Η απόλυτος τιμή της ηχομείωσης που προκύπτει από την εφαρμογή του παραπάνω τύπου αφαιρείται αριθμητικά από τη στάθμη L_0 στο σημείο του δέκτη κατά την ελεύθερη διάδοση δηλαδή χωρίς την παρουσία του ηχοπετάσματος. Αν διαπιστωθεί υπέρβαση της τελικής τιμής κατά τη σύγκριση με το κριτήριο, τότε θα πρέπει να αυξηθεί το ύψος του ηχοπετάσματος μέχρι τα 8m που έχει ορίσει ως μέγιστη διάσταση ώστε η κορυφή του ηχοπετάσματος να μην ξεπερνάει σε ύψος την οροφή του κέντρου διασκέδασης. Σε περίπτωση όπου συνεχίζεται να μην ικανοποιείται το επιθυμητό κριτήριο, αυξάνεται η απορρόφηση του υλικού κατασκευής του φράγματος και έπειτα το πάχος του. Σε δεύτερο στάδιο χρησιμοποιείται το λογισμικό ελέγχου διάδοσης του ήχου σε ανοικτούς χώρους, Olive Tree Lab ώστε να υπολογιστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα παραπάνω αποτελέσματα. Σχεδιάζεται το υπό μελέτη κτιριακό συγκρότημα και η ευρύτερη περιοχή που εκτιμάται ότι επηρεάζεται από τη λειτουργία του. Καθορίζεται το υλικό επικάλυψης των επιφανειών των κτιρίων της περιοχής από τη βάση δεδομένων του λογισμικού. Τοποθετούνται οι πηγές θορύβου και ρυθμίζεται η προβλεπόμενη στάθμη εκπομπής αυτών. Στην συνέχεια τοποθετούνται δέκτες στις προσόψεις των κτιρίων που κρίνεται αναγκαία η προστασία τους από τη μετάδοση θορύβου και καθορίζεται το κριτήριο θορύβου. Ακολουθεί ο σχεδιασμός επίπεδου ηχοπετάσματος ύψους μεγαλύτερου του διπλάσιου ύψους που έχει η πηγή από το έδαφος αναφοράς. Για κάθε επίπεδο διατηρείται η ίδια αναλογία ύψους πράγμα που σημαίνει ότι όλα τα ηχοπετάσματα θα έχουν το ίδιο ύψος ως προς το επίπεδο αναφοράς τους. Το ηχοπέτασμα εκτείνεται περιμετρικά των επιπέδων του υπαίθριου χώρου. Στο επόμενο βήμα αφού οριστεί το υλικό επικάλυψης της επιφάνειας του ηχοπετάσματος εκτελείται η προσομοίωση, η εξαγωγή αποτελεσμάτων και η αποτύπωση αυτών σε διάγραμμα. Όταν διαπιστωθεί ότι υπάρχει υπέρβαση του ορίου θορύβου θα πρέπει να γίνει αλλαγή του υλικού κατασκευής του φράγματος, διαλέγοντας υλικά ή κατασκευές πολλαπλών στρώσεων που να παρέχουν υψηλή ηχομείωση. Έπειτα ακολουθεί σταδιακή αύξηση του ύψους και του πάχους του φράγματος καθώς και διαμόρφωση των χαρακτηριστικών της κορυφής του ως προς το σχήμα, τη γωνία και την έκταση εντός του χώρου. Το τελευταίο βήμα επέμβασης είναι η μείωση της στάθμης εκπομπής της πηγής.

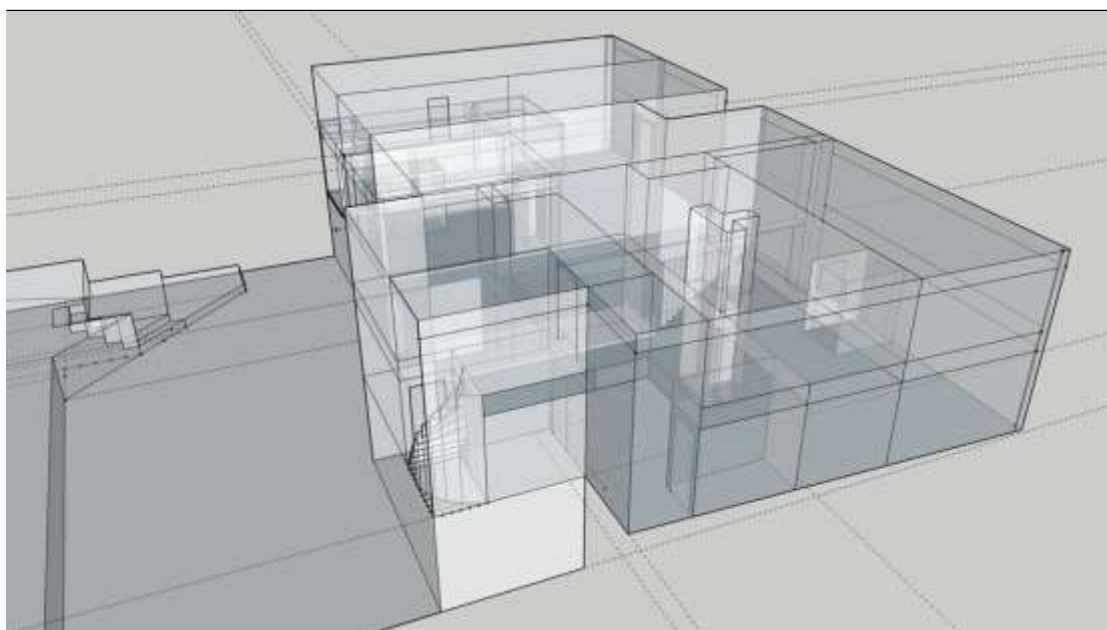
5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1. Ηχομόνωση κέντρου διασκέδασης.

5.1.1. Ηχομόνωση της βόρειας όψης του κέντρου διασκέδασης.



Εικόνα 50 : Αριθμητικός και χρωματικός προσδιορισμός των επιφανειών που αποτελούν τη βόρεια όψη του κέντρου διασκέδασης.

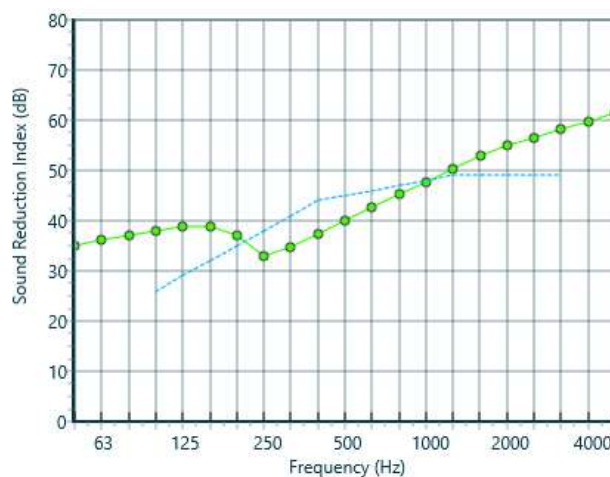


Παρουσίαση 1 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν τη βόρεια όψη του κέντρου διασκέδασης. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μονό για Word αρχεία (όχι pdf).

Όπως προαναφέρθηκε κατά την περιγραφή του κτιρίου, η τοιχοποιία της βόρειας όψης αποτελείται από τούβλο με σοβά στις δύο όψεις συνολικού πάχους 110mm. Η ηχομείωση που προσφέρει σύμφωνα με τα δεδομένα της δοκιμαστικής έκδοσης του λογισμικού Insul v.9.0.8 δίδεται παρακάτω:

Πίνακας 6 : Δείκτης ηχομείωσης R τοιχοποιίας από απλό τούβλο με σοβά στις δύο όψεις (Insul v.9.0.8).

	πάχος (mm)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	Rw
Ηχομείωση R Τοιχοποιίας από απλό τούβλο με σοβά στις δύο όψεις	110	36	39	33	40	48	55	60	45



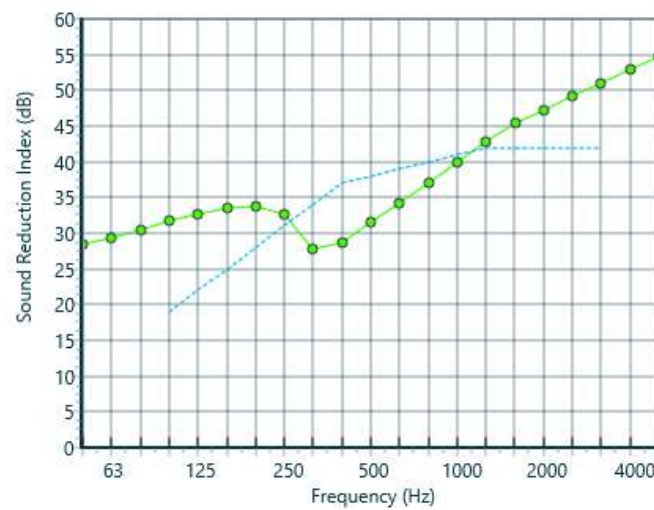
Εικόνα 51 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R για τοιχοποιία από απλό τούβλο με σοβά στις δύο όψεις (Insul v.9.0.8).

Η κατασκευή που αποφασίστηκε να ενισχύσει την υπάρχουσα τοιχοποιία θα αποτελείται από σπατουλαρισμένα Alpha Block τύπου Ytong G5/800, βισκοελαστική μεμβράνη, γυψοσανίδα Knauf Silent Board 12,5mm σε μεταλλικό σκελετό και πετροβάμβακα 120kg/m³. Οι βίδες σύνδεσης θα πρέπει να είναι μηχανικά μονωμένες και να φέρουν μονωτικό βύσμα. Η όλη κατασκευή θα στηρίζεται με διπλούς σιδερένιους ορθοστάτες. Η βισκοελαστική μεμβράνη εκτός από το Alpha Block θα εφαρμοστεί εφαπτόμενα και στο υπάρχων τοίχωμα.

Οι επιμέρους δείκτες ηχομείωσης των υλικών ηχομονωτικής ενίσχυσης (σε πίνακες και συχνοτικά διαγράμματα) σύμφωνα με τα δεδομένα του λογισμικού δίδονται παρακάτω.

Πίνακας 7 : Δείκτης ηχομείωσης R Alpha Block τύπου Ytong G5/800 (Insul v.9.0.8).

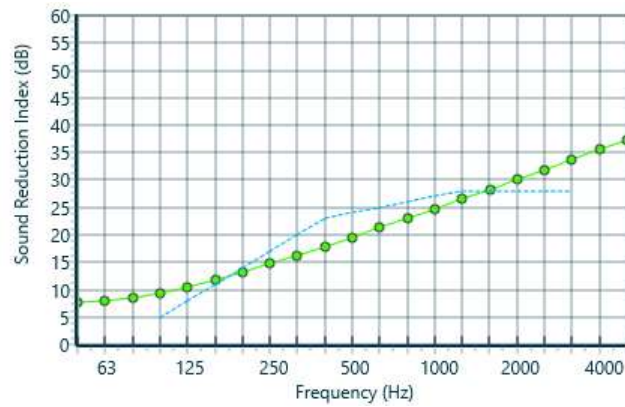
	πάχος (mm)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	Rw
Ηχομείωση R Alpha block τύπου Ytong G5/800	100	29	33	33	31	40	47	53	38



Εικόνα 52 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R για Alpha Block τύπου Ytong G5/800 (Insul v.9.0.8).

Πίνακας 8 : Δείκτης ηχομείωσης R βισκοελαστικής μεμβράνης (Insul v.9.0.8).

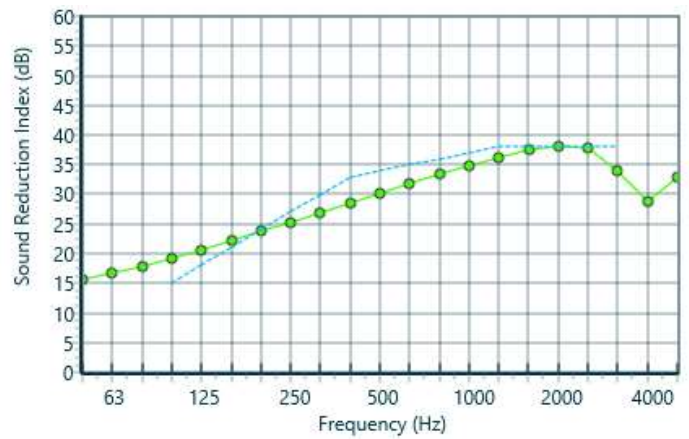
	πάχος (mm)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	Rw
Ηχομείωση R Βισκοελαστικής μεμβράνης	3,5	8	11	15	20	25	30	36	24



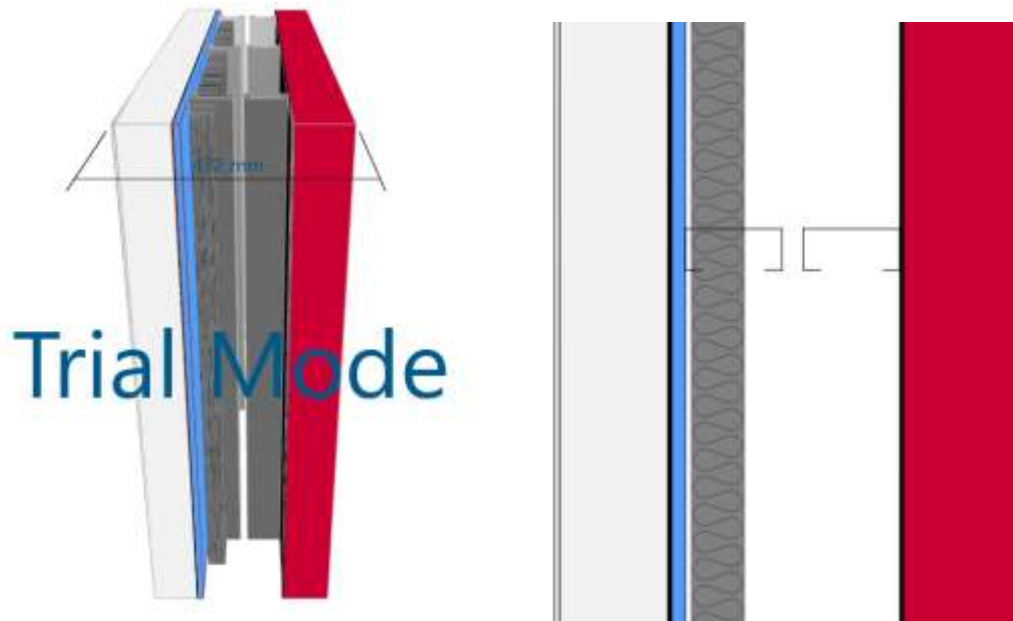
Εικόνα 53 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R για βισκοελαστική μεμβράνη (Insul v.9.0.8).

Πίνακας 9 : Δείκτης ηχομείωσης R γυψοσανίδας Knauf Silent board (Insul v.9.0.8).

	πάχος (mm)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	Rw
Ηχομείωση R Knauf Silent Board	12,5	17	21	25	30	35	38	29	34



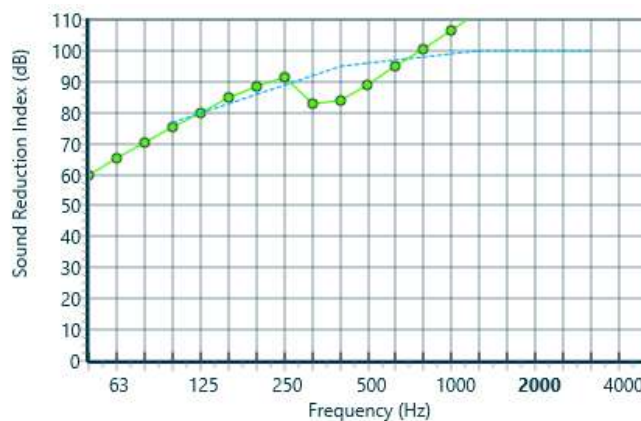
Εικόνα 54 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R για γυψοσανίδα Knauf Silent board (Insul v.9.0.8).



Εικόνα 55 : Απεικόνιση κατασκευής βόρειας όψης σε 3D (αριστερά), 2D (δεξιά). Υλικά κατασκευής (από αριστερά προς τα δεξιά): σπατουλαρισμένα Alpha Block Ytong G5/800, βισκοελαστική μεμβράνη, γυψοσανίδα, πετροβάμβακας, ορθοστάτης, διάκενο, ορθοστάτης, βισκοελαστική μεμβράνη, τούβλο με σοβά στις δύο όψεις. (Insul v.9.0.8).

Πίνακας 10 : Δείκτης ηχομείωσης R της προτεινόμενης κατασκευής βόρειας όψης (Insul v.9.0.8).

	πάχος (mm)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	Rw
Ηχομείωση R Κατασκευής βόρειας όψης	432	65	80	91	89	106	132	144	96



Εικόνα 56 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R της προτεινόμενης κατασκευής βόρειας όψης (Insul v.9.0.8).

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 10 και στο διάγραμμα της Εικόνας 56 η ενισχυμένη κατασκευή σε συνδυασμό με τη θετική επίδραση του απορροφητικού υλικού στο ενδιάμεσο διάκενο προσφέρει ικανοποιητική ηχομείωση σε όλες τις κεντρικές συχνότητες.

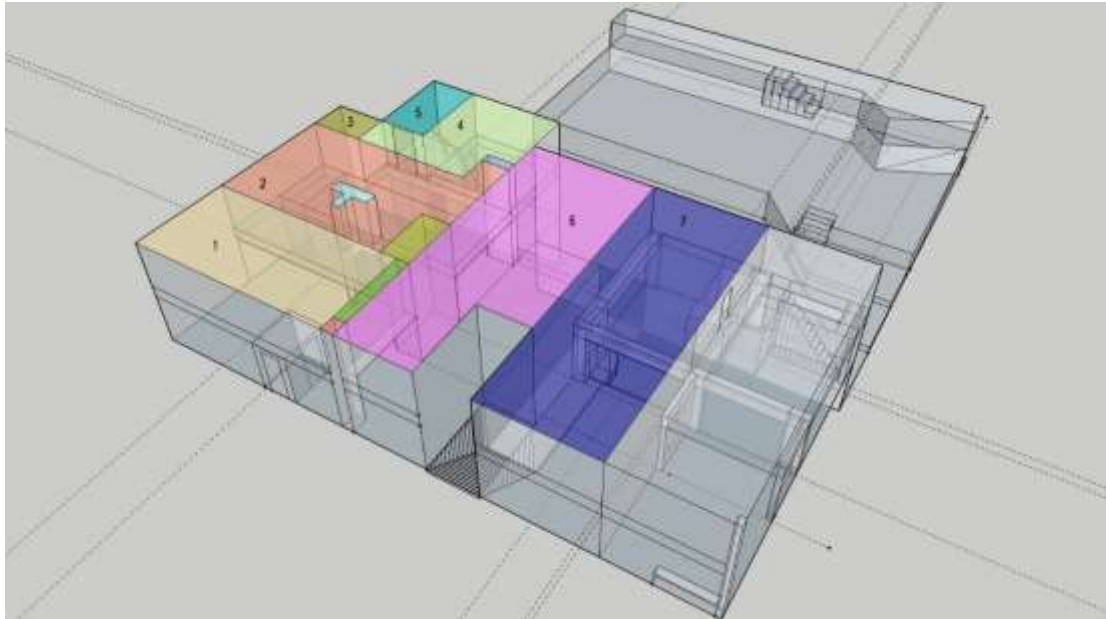
Σε λογιστικό φύλλο excel τοποθετούνται τα χαρακτηριστικά της παραπάνω κατασκευής σε όλα τα τμήματα της βόρειας όψης του κέντρου διασκέδασης και υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής διάδοσης $\bar{\tau}$ και η προσφερόμενη ηχομονωτική ικανότητα ή αλλιώς ο σύνθετος δείκτης cRw . Έπειτα προσδιορίζεται η στάθμη που επικρατεί εντός του κέντρου διασκέδασης, L_0 και το επιθυμητό επίπεδο ησυχίας που προβλέπει ο Κτιριοδομικός Κανονισμός, L_1 . Εφαρμόζεται η μεθοδολογία κατά DIN 4109 με σκοπό να προσδιοριστεί ο φαινόμενος δείκτης $R'w$ και τέλος υπολογίζεται ο πραγματικός- απαιτούμενος δείκτης ηχομόνωσης Rw λαμβάνοντας υπόψη τις πλευρικές μεταδόσεις.

Πίνακας 11 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά την ενίσχυση της υφιστάμενης τοιχοποιίας.

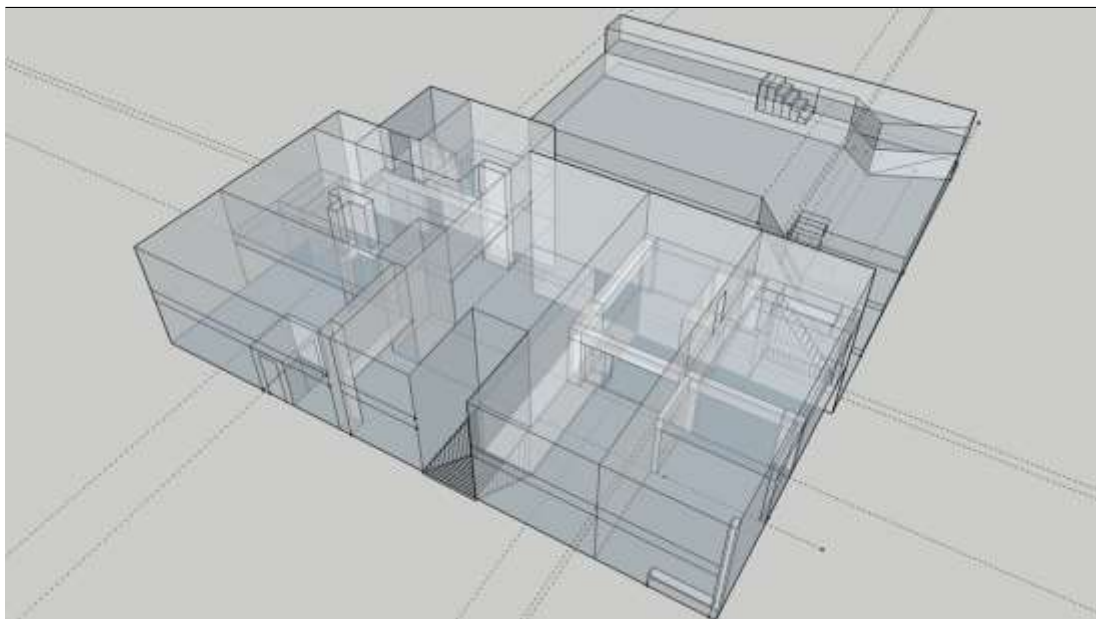
A/A		63	125	250	500	1000	2000	4000	Rw
1	$\bar{\tau}$	3,2E-07	1,0E-08	7,9E-10	1,3E-09	2,5E-11	6,3E-14	4,0E-15	2,5E-10
2	cRw	65	80	91	89	106	132	144	96
3	L_0	104	104	104	104	104	104	104	104
4	NC-25 L_1	54	44	37	31	27	24	22	35
5	$10 \cdot \log(f)$ $f=1$	0	0	0	0	0	0	0	0
6	$10 \cdot \log(TR)$ Εξωτερικός χώρος	-	-	-	-	-	-	-	-
7	$10 \cdot \log(S/V)$ Εξωτερικός χώρος	-	-	-	-	-	-	-	-
8	$10 \cdot \log(n)$ $n=1$	0	0	0	0	0	0	0	0
9	$R'w$	58	68	75	81	85	88	90	77
10	d	6	6	6	6	6	6	6	6
11	Rw	64	74	81	87	91	94	96	83
12	Σύγκριση cRw με Rw	1	6	10	2	15	38	48	13

Όπως αποδεικνύεται υπολογιστικά, η προτεινόμενη κατασκευή θα εξασφαλίσει την επιθυμητή ηχομείωση που απαιτεί το νομοθετικό πλαίσιο για τη λειτουργία των στεγασμένων Κέντρων Διασκέδασης (35dB(A)).

5.1.2. Ηχομόνωση της στέψης του κτιριακού συγκροτήματος.



Εικόνα 57 : Αριθμητικός και χρωματικός προσδιορισμός των επιφανειών που αποτελούν τη στέψη του κέντρου διασκέδασης.

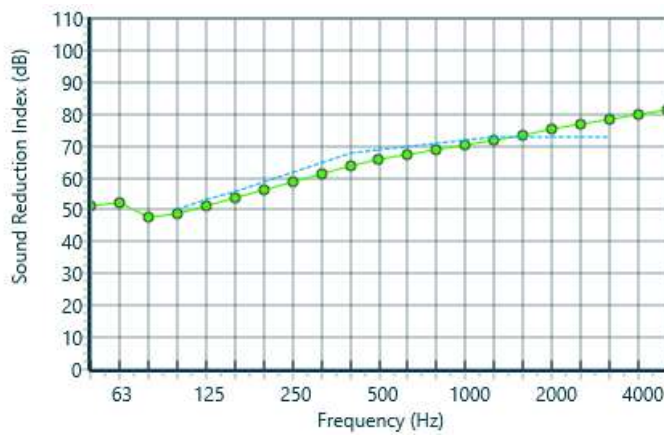


Παρουσίαση 2 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν τη στέψη του κέντρου διασκέδασης. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μόνο για Word αρχεία (όχι pdf).

Η πλάκα της οροφής αποτελείται από μπετόν πάχους 400mm. Σύμφωνα με τα το λογισμικό η ηχομείωση R δίδεται στον ακόλουθο Πίνακα.

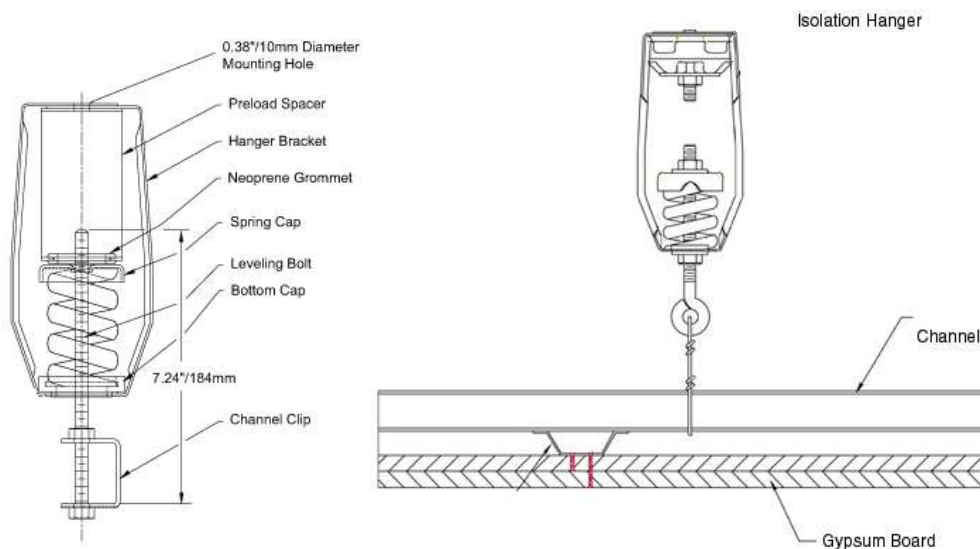
Πίνακας 12 : Δείκτης ηχομείωσης R πλάκας μπετόν πάχους 400mm.

	πάχος (mm)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	Rw
Ηχομείωση R Πλάκας μπετόν	400	52	51	59	66	70	75	80	69



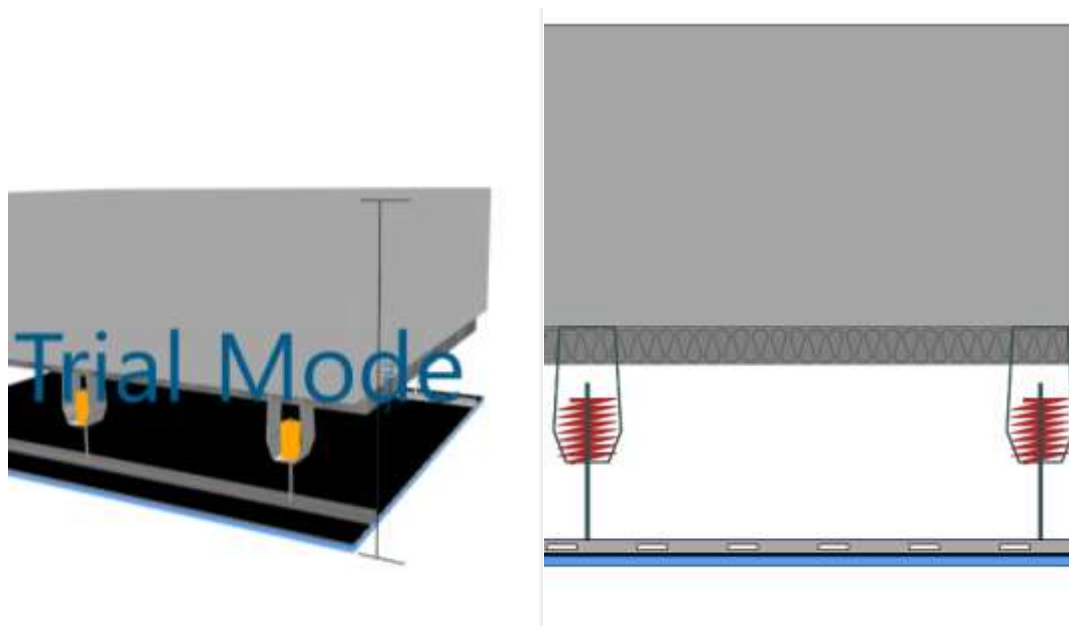
Εικόνα 58 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R πλάκας μπετόν 400mm (Insul v.9.0.8).

Η κατασκευή που προτείνεται να συμπληρώσει την υφιστάμενη στέψη θα αποτελείται από σπατουλαρισμένη γυψοσανίδα Knauf Silent Board 12,5mm, βισκοελαστική μεμβράνη, και πετροβάμβακα 120kg/m³. Η όλη κατασκευή θα στηρίζεται με ελαστικούς ορθοστάτες σαν αυτούς των παρακάτω εικόνων.





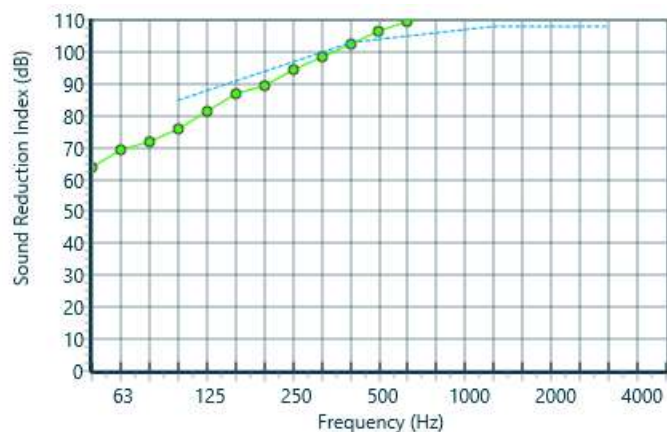
Εικόνα 59 : Ελαστικοί ορθοστάτες και τρόπος στήριξης σε οροφή.



Εικόνα 60 : Απεικόνιση κατασκευής στέψης σε 3D (αριστερά), 2D (δεξιά). Υλικά κατασκευής (από πάνω προς τα κάτω): πλάκα μπετόν, πετροβάμβακας, ελαστικοί ορθοστάτες, κανάλι στήριξης, βισκοελαστική μεμβράνη, σπατουλαρισμένη γυψοσανίδα (Insul v.9.0.8).

Πίνακας 13 : Δείκτης ηχομείωσης R της προτεινόμενης κατασκευής στέψης.

	πάχος (mm)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	Rw
Ηχομείωση R Κατασκευής στέψης	716	69	82	94	106	116	126	136	104



Εικόνα 61 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R της προτεινόμενης κατασκευής στέψης (Insul v.9.0.8).

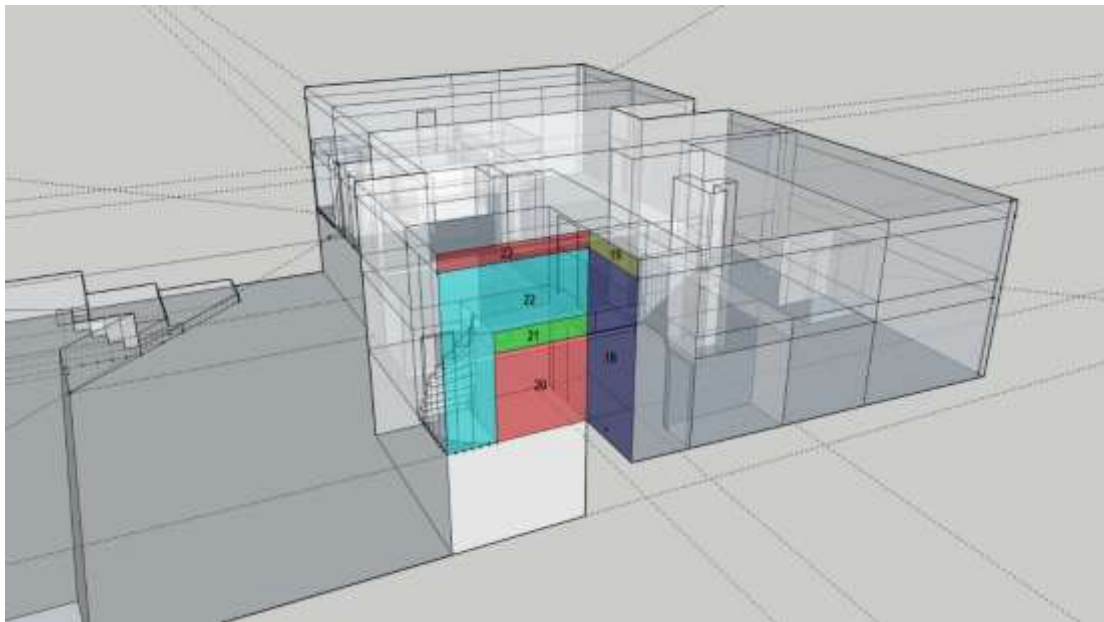
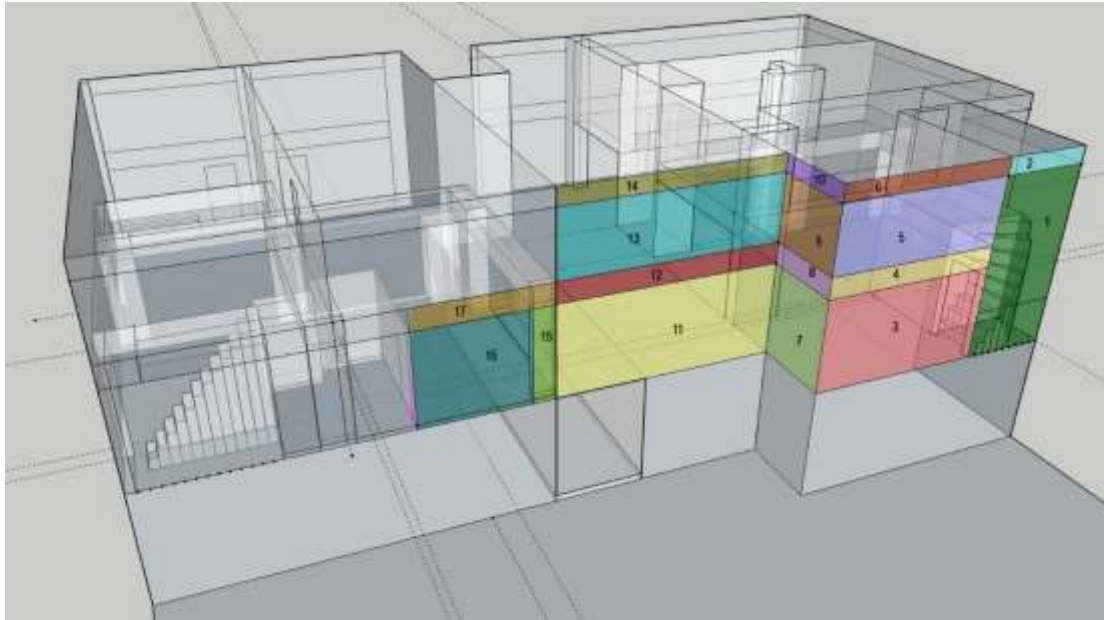
Σύμφωνα με την προτεινόμενη μεθοδολογία προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Πίνακας 14 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cR_w της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά την ενίσχυση της στέψης.

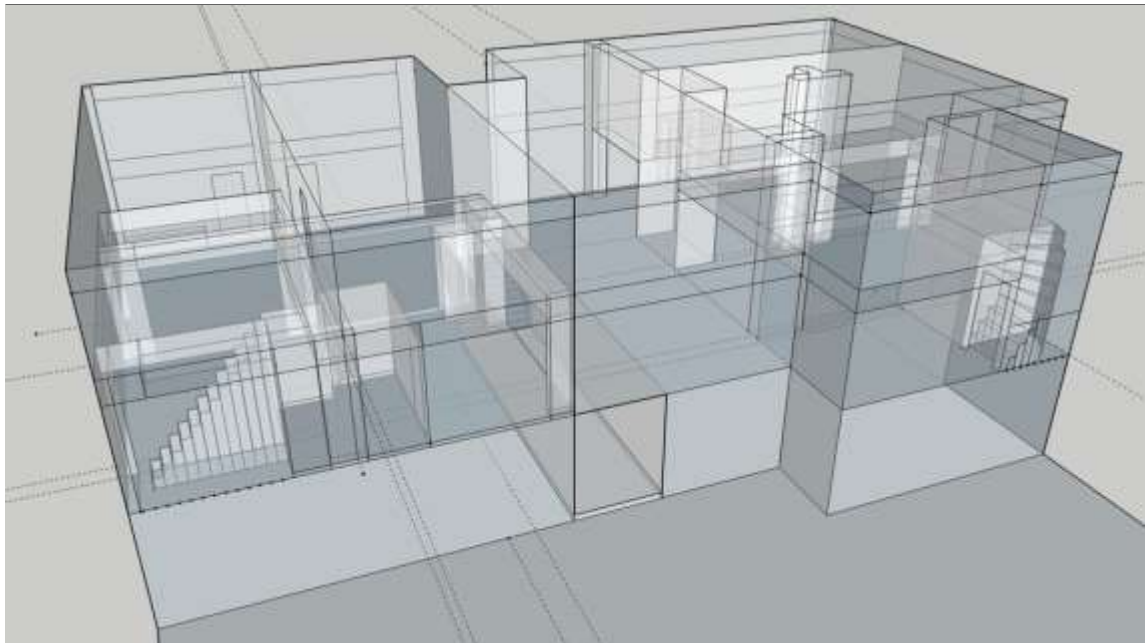
A/A		63	125	250	500	1000	2000	4000	R_w
1	$\bar{\tau}$	1,3E-07	6,3E-09	4,0E-10	2,5E-11	2,5E-12	2,5E-13	2,5E-14	4,0E-11
2	cR_w	69	82	94	106	116	126	136	104
3	L_0	104	104	104	104	104	104	104	104
4	NC-25 L_1	54	44	37	31	27	24	22	35
5	$10 \cdot \log(f)$ $f=1$	0	0	0	0	0	0	0	0
6	$10 \cdot \log(TR)$ Εξωτερικός χώρος	-	-	-	-	-	-	-	-
7	$10 \cdot \log(S/V)$ Εξωτερικός χώρος	-	-	-	-	-	-	-	-
8	$10 \cdot \log(n)$ $n=1$	0	0	0	0	0	0	0	0
9	$R'w$	58	68	75	81	85	88	90	77
10	d	6	6	6	6	6	6	6	6
11	R_w	64	74	81	87	91	94	96	83
12	Σύγκριση cR_w με R_w	5	8	13	19	25	32	40	21

Και σε αυτή την περίπτωση αποδεικνύεται υπολογιστικά ότι η προτεινόμενη κατασκευή δύναται να εξασφαλίσει την επιθυμητή ηχομείωση.

5.1.3. Ηχομόνωση της ανατολικής όψης του κέντρου διασκέδασης.



Εικόνα 62 : Αριθμητικός και χρωματικός προσδιορισμός των επιφανειών που αποτελούν την ανατολική όψη του κέντρου διασκέδασης προς τον υπαίθριο χώρο.



Παρουσίαση 3 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν την ανατολική όψη του κέντρου διασκέδασης με τον υπαίθριο χώρο. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μόνο για Word αρχεία (όχι pdf).

Όπως παρατηρείται στον πίνακα Π13, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β όπου έχει γίνει ο προσδιορισμός των υφιστάμενων υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν τη διαχωριστική επιφάνεια της κεντρικής αίθουσας χορού του κέντρου διασκέδασης, τα τμήματα με αριθμούς 5, 9 και 13 είναι υαλοπίνακες. Αρχικά, σκοπός αποτελεί το να παραμείνουν οι συγκεκριμένες επιφάνειες ως υαλοπίνακες αλλά ταυτόχρονα να εξασφαλιστεί η επιθυμητή ηχομείωση.

Σε πρώτο στάδιο, εργαζόμενοι σε φύλλο excel αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί στα υπόλοιπα τμήματα του διαχωριστικού, η κατασκευή που ενίσχυσε τη βόρεια όψη του κτιρίου, η οποία κάλυψε τις απαιτήσεις. Η κατασκευή που επένδυσε το τούβλο με το σοβά στις δύο όψεις, αποτελούνταν από σπατουλαρισμένα Alpha Block τύπου Ytong G5/800, βισκοελαστική μεμβράνη, γυψοσανίδα Knauf Silent Board 12,5mm και πετροβάμβακα. Καταχωρήθηκε στο λογιστικό φύλλο η συγκεκριμένη τοιχοποιία και τοποθετήθηκε στις επιφάνειες 5, 9 και 13, υαλοπέτασμα. Από τη βάση δεδομένων επιλέχθηκε αυτό που είχε το μεγαλύτερο συντελεστή ηχομείωσης R και συγκεκριμένα το υαλοπέτασμα VSG 15,5 ECHOLAM /15/4/12/ VSG 16,8 ECHOLAM. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν απολύτως απογοητευτικά. Επιμένοντας στην προσέγγιση του να υπάρχει στη συγκεκριμένη όψη τουλάχιστον ένας υαλοπίνακας, επιλέχθηκε το τμήμα με το μικρότερο εμβαδόν (επιφάνεια με τον αριθμό 9). Στις υπόλοιπες επιφάνειες, 5 και 13, τοποθετήθηκε η παραπάνω κατασκευή που κάλυπτε το μεγαλύτερο μέρος του διαχωριστικού τοιχώματος. Και σε αυτή την περίπτωση τα αποτελέσματα απείχαν κατά πολύ από το επιθυμητό ώστε να ικανοποιείται το κριτήριο NC-25. Οι εξωτερικές τοιχοποιίες με ανοίγματα αποτελούν τα τμήματα

εκείνα του κτιριακού κελύφους που προσδιορίζουν την αντίσταση στους ανεπιθύμητους αερόφερτους θορύβους (Μπάρκας, 2001). Στη συνέχεια δοκιμάστηκε να αυξηθεί σε λογικά πλαίσια η ηχομονωτική ικανότητα της κατασκευής ενισχύοντας την με περαιτέρω υλικά. Συγκεκριμένα αντικαταστάθηκε η βισκοελαστική μεμβράνη και η γυψοσανίδα Knauf Silent Board 12,5mm με παχύ πάνελ από οξειδωμένη άσφαλτο. Η διαφορά στην ηχομείωση δίδεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 15 : Συγκριτικός πίνακας δείκτη ηχομείωσης R κατά την ενίσχυσης κατασκευής.

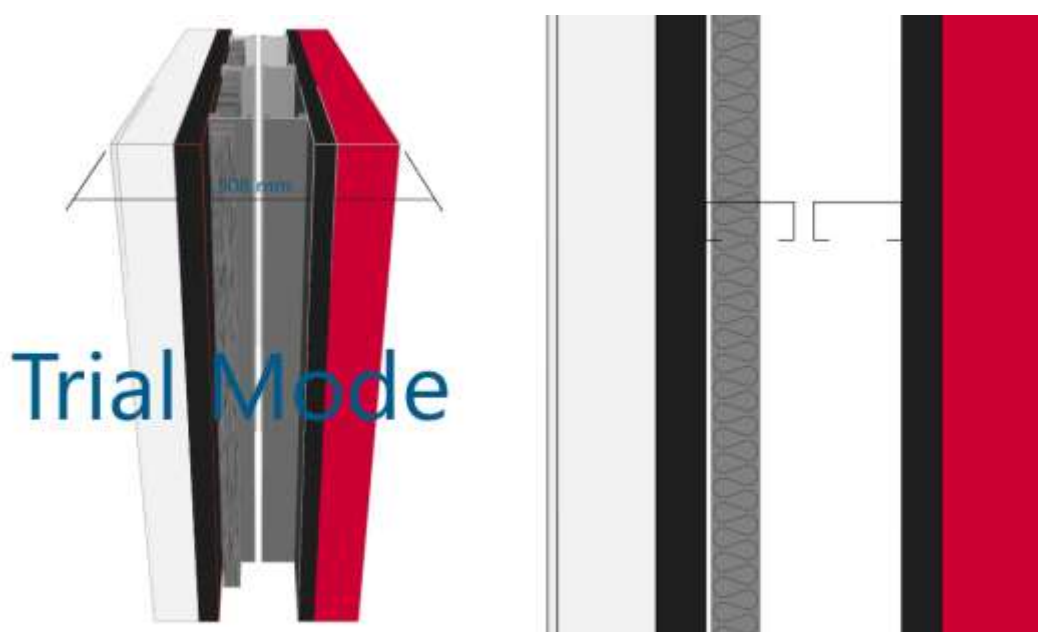
	πάχος (mm)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	Rw
Ηχομείωση R Κατασκευής βόρειας όψης	432	65	80	91	89	106	132	144	96
Ηχομείωση R ενισχυμένης Κατασκευής ανατολικής όψης	518	74	90	102	107	125	144	151	110

Και σε αυτή την περίπτωση δεν ικανοποιήθηκαν τα ζητούμενα σύμφωνα με τα όρια που ορίζει ο ΓΟΚ. Διατηρώντας την αρχική κατασκευή πάχους 432mm εργαστήκαμε αντίστροφα ώστε να προσεγγιστεί η ηχομονωτική ικανότητα του υαλοπίνακα που θα κάλυπτε μόνο την επιφάνεια 9, δηλαδή αυτή με το μικρότερο εμβαδό. Τα αποτελέσματα ήταν τα ακόλουθα.

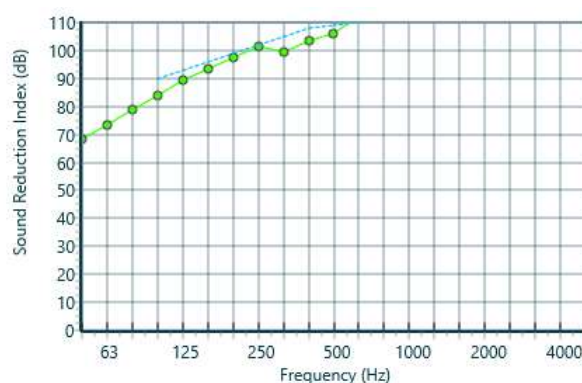
Πίνακας 16 : Επιθυμητή ηχομείωση R για υαλοπίνακα που θα επικάλυπτε την επιφάνεια 9 τη ανατολικής όψης που συνορεύει με τον υπαίθριο.

	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	Rw
Επιθυμητή Ηχομείωση R για υαλοπίνακα επιφάνειας 9	56	61	67	77	77	79	81	69

Με βάση τα δεδομένα του πίνακα διαπιστώθηκε ότι η εύρεση υαλοπετάσματος με τις παραπάνω ηχομονωτικές ιδιότητες είναι σε γενικές γραμμές αδύνατη. Ακόμα και στην περίπτωση που βρίσκονταν ένας τέτοιος υαλοπίνακας το οικονομικό κόστος θα ήταν τρομακτικά μεγαλύτερο σε σχέση με την επιλογή κατασκευαστικής ομοιογένειας στην επιφάνεια της μεσοτοιχίας. Με αυτό το δεδομένο, συνεχίζουμε ώστε να ελεγχθεί το κατά πόσο η κατασκευαστική λύση που προτάθηκε και εφαρμόστηκε στη βόρεια όψη του κτιρίου μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του διαχωριστικού τμήματος της κεντρικής αίθουσας χορού με τον κήπο. Η υπό μελέτη μεσοτοιχία επικοινωνεί με τον εξωτερικό χώρο σε 5 πλευρές πράγμα το οποίο οδηγεί σε αύξηση της απαιτούμενης ηχομείωσης R_w και ταυτόχρονα σε μία πιο ενισχυμένη κατασκευή. Επομένως θα ακολουθηθεί η δεύτερη κατασκευή συνολικού πάχους 518mm που περιέχει το πάνελ από οξειδωμένη άσφαλτο.



Εικόνα 63 : Απεικόνιση κατασκευής της ανατολικής όψης που συνορεύει με τον κήπο σε 3D (αριστερά), 2D (δεξιά). Υλικά κατασκευής (από αριστερά προς τα δεξιά): σπατουλαρισμένα Alpha Block Ytong G5/800, πάνελ οξειδωμένης ασφάλτου, πετροβάμβακας, ορθοστάτης, διάκενο, ορθοστάτης, πάνελ οξειδωμένης ασφάλτου, τούβλο με σοβά στις δύο όψεις. (Insul v.9.0.8).



Εικόνα 64 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R της προτεινόμενης κατασκευής ανατολικής όψης που συνορεύει με τον κήπο (Insul v.9.0.8).

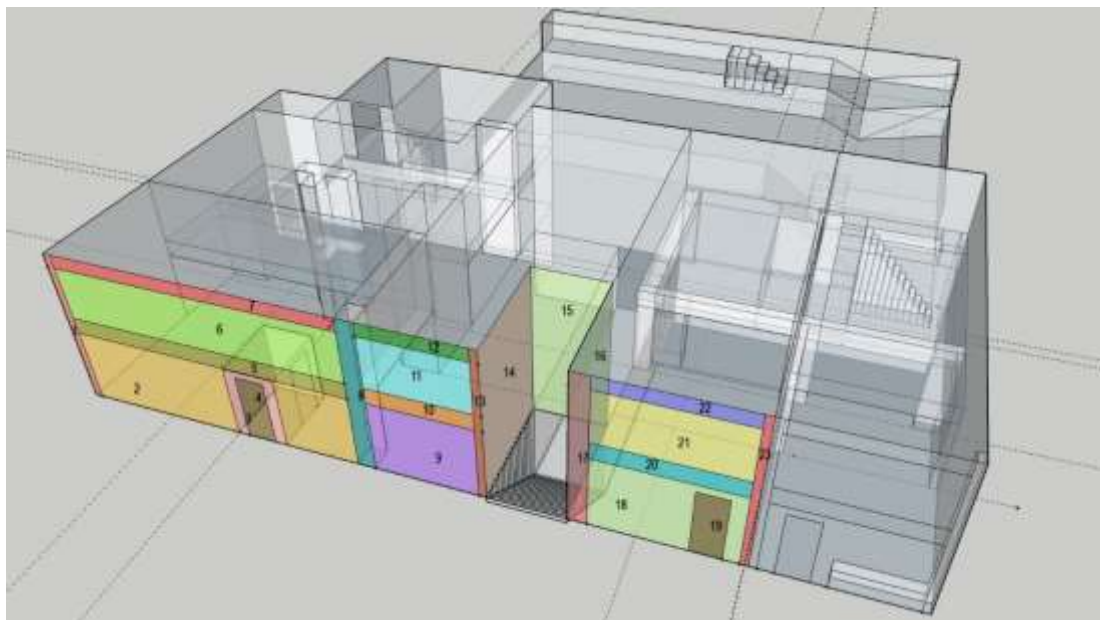
Ακολουθώντας την προτεινόμενη μεθοδολογία και εργαζόμενοι σε λογιστικό φύλλο, στο οποίο έχουν καταχωρηθεί στη βάση δεδομένων όλες οι ιδιότητες των κατασκευών, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα.

Πίνακας 17 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά την διαμόρφωση της υφιστάμενης κατασκευής.

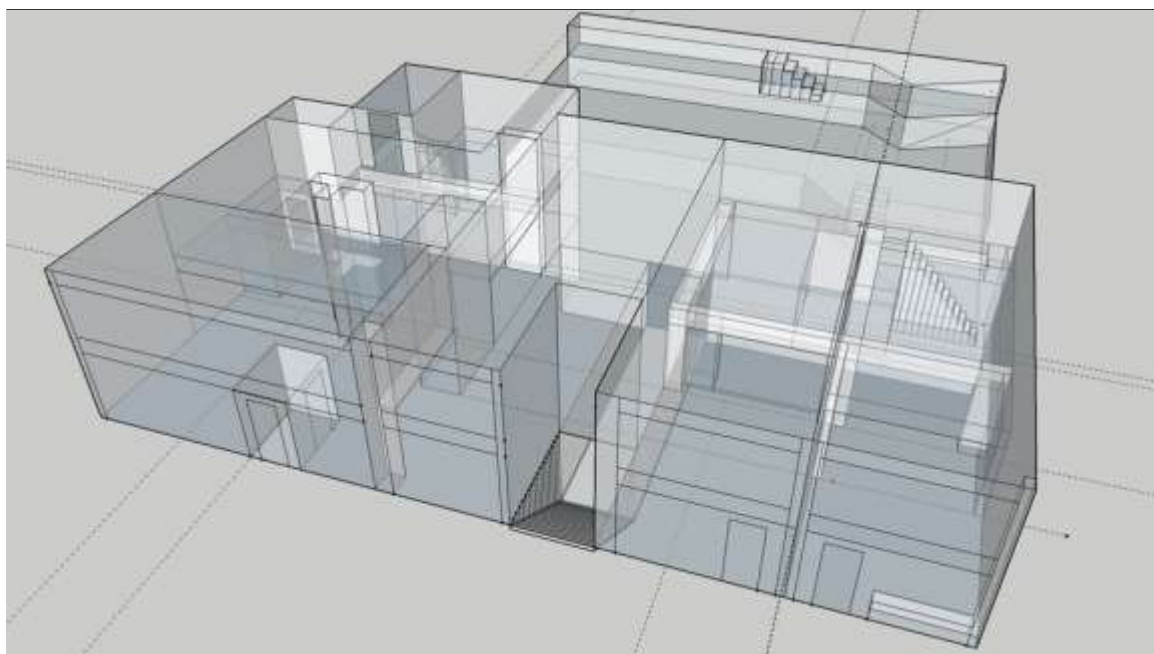
A/A		63	125	250	500	1000	2000	4000	Rw
1	$\bar{\tau}$	4,0E-08	1,0E-09	6,3E-11	2,0E-11	3,2E-13	4,0E-15	7,9E-16	1E-11
2	cRw	74	90	102	107	125	144	151	110
3	L_0	104	104	104	104	104	104	104	104
4	NC-25 L_1	54	44	37	31	27	24	22	35
5	$10 \cdot \log(f)$ $f=1$	0	0	0	0	0	0	0	0
6	$10 \cdot \log(TR)$ Εξωτερικός χώρος	-	-	-	-	-	-	-	-
7	$10 \cdot \log(S/V)$ Εξωτερικός χώρος	-	-	-	-	-	-	-	-
8	$10 \cdot \log(n)$ $n=5$	7	7	7	7	7	7	7	7
9	$R'w$	65	75	82	88	92	95	97	84
10	d	6	6	6	6	6	6	6	6
11	Rw	71	81	88	94	98	101	103	90
12	Σύγκριση cRw με Rw	3	9	14	13	27	43	48	20

Σύμφωνα με την τελευταία γραμμή του πίνακα όπου πραγματοποιείται η σύγκριση προσφερόμενου δείκτη ηχομείωσης της κατασκευής με τον απαιτούμενο διαπιστώνεται η επάρκεια σε όλες της οκταβικές στάθμες.

5.1.4. Ηχομόνωση της δυτικής όψης (πρόσοψη) του κέντρου διασκέδασης.



Εικόνα 65 : Αριθμητικός και χρωματικός προσδιορισμός των επιφανειών που αποτελούν τη δυτική όψη (πρόσοψη) του κέντρου διασκέδασης.



Παρουσίαση 4 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν τη δυτική όψη (πρόσοψη) του κέντρου διασκέδασης. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μόνο για Word αρχεία (όχι pdf).

Όπως στην προηγούμενη περίπτωση, όπου η υφιστάμενη κατασκευή έφερε κατά τμήματα υαλοπίνακες, έτσι και σε αυτή ένα μεγάλο μέρος της καλύπτεται από τζαμαρίες πρόσοψης. Μπορούμε πλέον να πούμε με βεβαιότητα ότι εξαιτίας αυτών δημιουργούνται οι μεγάλες στάθμες που καταγράφηκαν κατά τη διαδικασία των ηχομετρήσεων, εξωτερικά της πρόσοψης, οι οποίες ξεπερνούσαν τα 75dBA. Διαπιστώνεται ότι η δημιουργία μίας ομοιογενούς κατασκευής αποτελεί μονόδρομο. Σε αντίθεση με τις δύο προηγούμενες μεσοτοιχίες υπάρχουν ανοίγματα που οφείλονται στην ύπαρξη εισόδων.

Σε πρώτο στάδιο εξετάστηκε η προηγούμενη κατασκευή τοιχοποιίας που αποτελούνταν από σπατουλαρισμένο Alpha Block τύπου Ytong G5/800, πάνελ οξειδωμένης ασφάλτου, πετροβάμβακα 120kg/m^3 , διπλούς σιδερένιους ορθοστάτες με διάκενο 20cm, πάνελ από οξειδωμένη ασφάλτο που εφάπτεται στον τοίχο από τούβλο με σοβά εκατέρωθεν, πάχους 110mm.

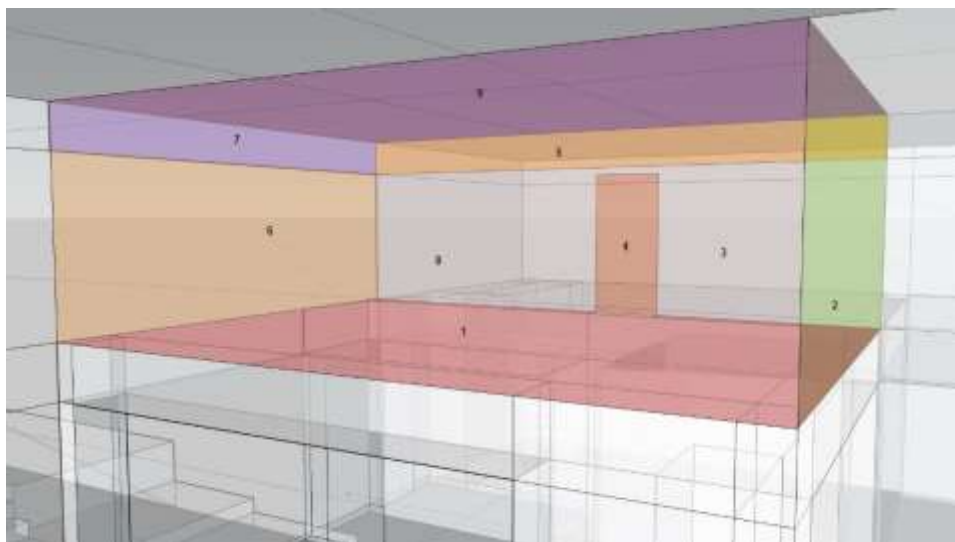
Πίνακας 18 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά την διαμόρφωση της δυτικής όψης του κτιρίου (πρόσοψη).

A/A		63	125	250	500	1000	2000	4000	Rw
1	$\bar{\tau}$	4,0E-08	1,0E-09	6,3E-11	2,0E-11	3,2E-13	4,0E-15	7,9E-16	1E-11
2	cRw	74	90	102	107	125	144	151	110
3	L_0	104	104	104	104	104	104	104	104
4	NC-25 L_1	54	44	37	31	27	24	22	35
5	$10*\log(f)$ f=4	6	6	6	6	6	6	6	6
6	$10*\log(TR)$ Εξωτερικός χώρος	-	-	-	-	-	-	-	-
7	$10*\log(S/V)$ Εξωτερικός χώρος	-	-	-	-	-	-	-	-
8	$10*\log(n)$ n=4	6	6	6	6	6	6	6	6
9	R'w	70	80	87	93	97	100	102	89
10	d	6	6	6	6	6	6	6	6
11	Rw	76	86	93	99	103	106	108	95
12	Σύγκριση cRw με Rw	-2	4	9	8	22	38	43	15

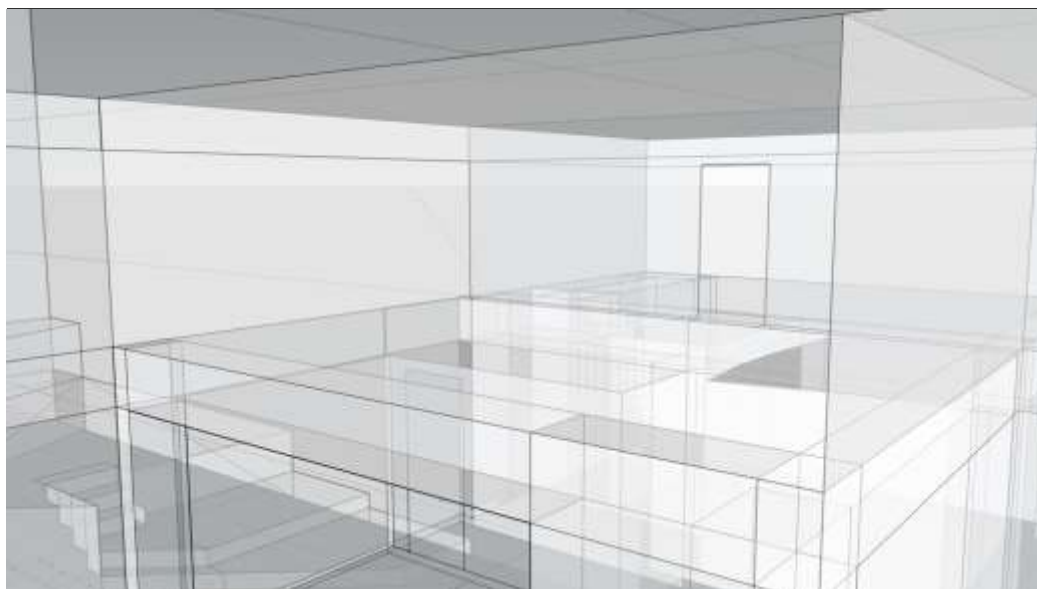
Κατά τη σύγκριση διαπιστώθηκε ότι υπάρχει μία ελάχιστη διαφορά στα 63Hz πράγμα που ορίζει απαραίτητη τη επέμβαση ως προς την προτεινόμενη κατασκευή. Εργαζόμενοι στο λογισμικό Insul διαπιστώθηκε ότι η διαφορά αυτή θα μπορούσε να καλυφθεί, ώστε να υπάρχει οριακή επάρκεια, είτε με αύξηση του διάκενου κατά 5cm είτε με την αύξηση του πάχους του πάνελ οξειδωμένης ασφάλτου είτε με τριπλό τοίχωμα που στο ενδιάμεσο θα τοποθετούνταν γυψοσανίδα και πετροβάμβακας.

5.1.5. Μέτρα ηχοπροστασίας του γραφείου στον ημιώροφο από τη λειτουργία του κέντρου διασκέδασης.

Στο συγκεκριμένο κομμάτι θα εξεταστούν τα μέτρα ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας για την περίπτωση του γραφείου (ταμείο - λογιστήριο), συμπεριλαμβάνοντας εσωτερικές κατασκευές θέτοντας ως στόχο το κριτήριο NC – 35 και αρχική στάθμη αυτή που εκπέμπεται από το κέντρο διασκέδασης στα 104dB.



Εικόνα 66 : Αριθμητικός και χρωματικός προσδιορισμός των επιφανειών που αποτελούν τον προστατευόμενο χώρο του γραφείου.



Παρουσίαση 5 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν τον προστατευόμενο χώρο του γραφείου. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μόνο για Word αρχεία (όχι pdf).

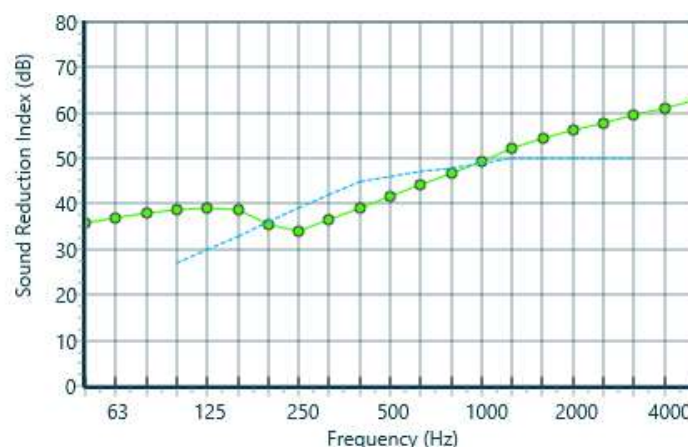
Το γραφείο έχει μεσοτοιχία με το κέντρο διασκέδασης ως προς τρεις επιφάνειες, (Α/Α: 1,2 και 8). Π15, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Για τον υπολογισμό του Χρόνου Αντήχησης χρησιμοποιήθηκε η σχέση κατά Norris & Eyring λόγω του μικρού συντελεστή απορρόφησης $\bar{\alpha}$ του γραφείου.

Πίνακας 19 : Χρόνος Αντήχησης RT για το χώρο του γραφείου.

	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)
Χρόνος Αντήχησης RT (sec)	-	1,46	1,73	1,60	1,38	1,59	1,08

Στη συνέχεια απεικονίζεται η ηχομείωση που προσφέρουν οι επιφάνειες που θα αποτελέσουν τη συνολική κατασκευή η οποία θα επενδύσει τους τοίχους του γραφείου που γειτνιάζουν με την αίθουσα χορού του κέντρου διασκέδασης. Η υπάρχουσα τοιχοποιία του γραφείου αποτελείται από τούβλο με σοβά στις 2 όψεις πάχους 120mm.



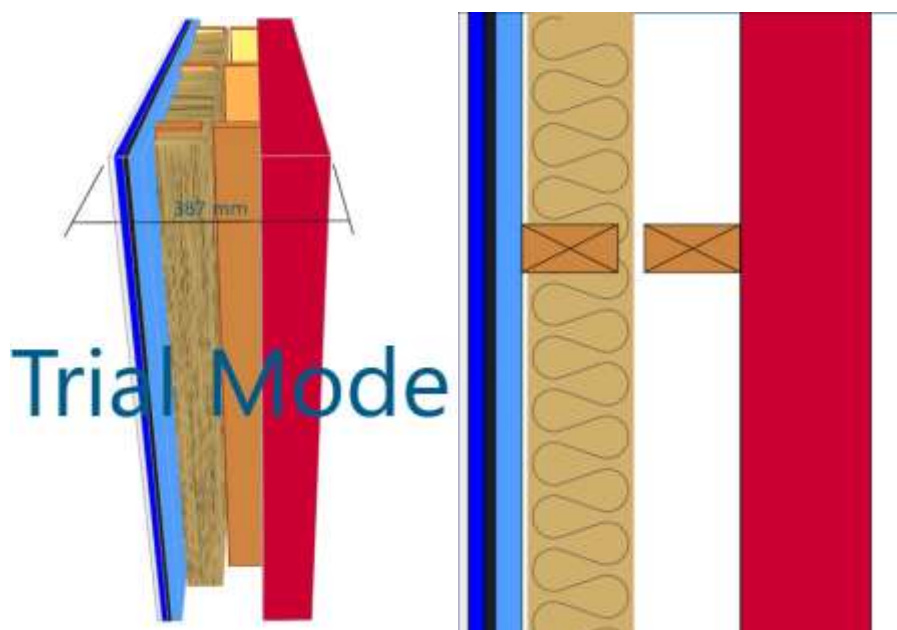
Εικόνα 67 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R για τοιχοποιία από τούβλο με σοβά στις δύο όψεις (Insul v.9.0.8).

Πίνακας 20 : Δείκτης ηχομείωσης R για τοιχοποιία από τούβλο με σοβά στις δύο όψεις (Insul v.9.0.8).

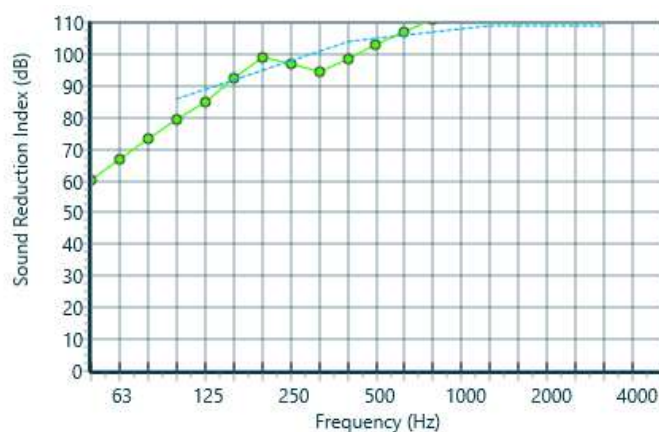
	πάχος (mm)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	Rw
Ηχομείωση R Τούβλο με σοβά εκατέρωθεν	122	37	39	34	42	49	56	61	46

Η ενίσχυση της υφιστάμενης κατασκευής βασίστηκε σε διπλή επιφάνεια η οποία στηρίχτηκε σε διπλούς ξύλινους ορθοστάτες. Στο διάκενο τοποθετήθηκε

πετροβάμβακας. Συγκεκριμένα επιλέχθηκαν γυψοσανίδα 15mm με φινίρισμα γύψινου σοβά, βισκοελαστική επένδυση 10mm και τέλος γυψοσανίδα Knauf 25mm.



Εικόνα 68 : Απεικόνιση κατασκευής μεσοτοιχίας γραφείου με αίθουσα χορού κέντρου διασκέδασης σε 3D (αριστερά), 2D (δεξιά) Υλικά κατασκευής (από αριστερά προς τα δεξιά): σπατουλαρισμένη γυψοσανίδα 15mm, βισκοελαστική μεμβράνη, γυψοσανίδα 25mm, ξύλινος ορθοστάτης, διάκενο, ξύλινος ορθοστάτης, τούβλο με σοβά στις δύο όψεις. (Insul v.9.0.8).

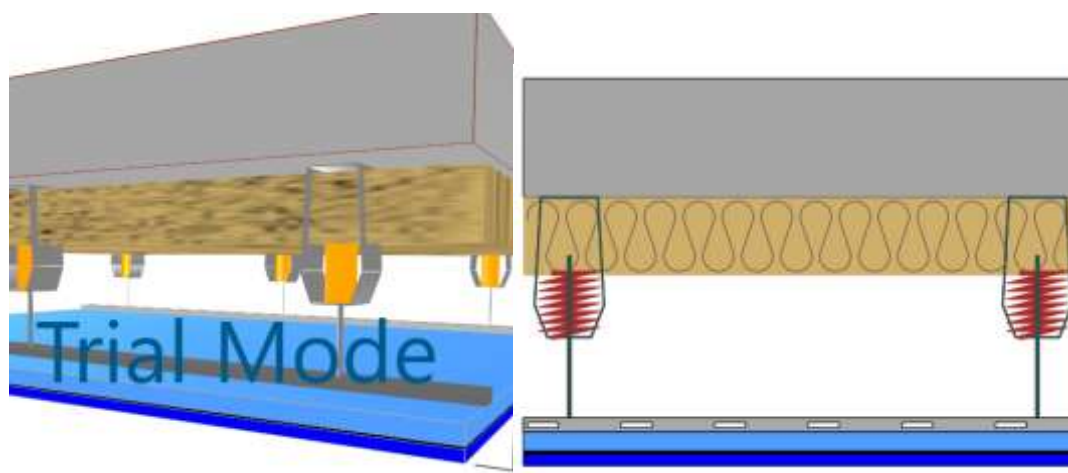


Εικόνα 69 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R για κατασκευή επένδυσης της υπάρχουσας τοιχοποιίας του γραφείου (Insul v.9.0.8).

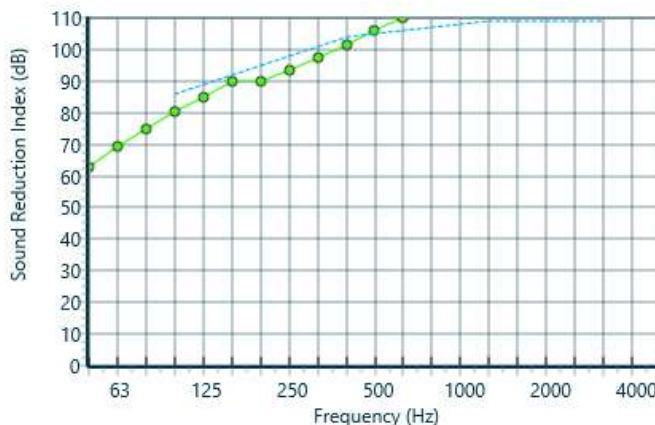
Πίνακας 21 : Δείκτης ηχομείωσης R για κατασκευή επένδυσης της υπάρχουσας τοιχοποιίας του γραφείου (Insul v.9.0.8).

	πάχος (mm)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	R_w
Ηχομείωση R Κατασκευής επένδυσης τοιχοποιίας γραφείου	387	67	85	97	103	115	139	154	105

Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με την επένδυση του υποβαθμισμένου τμήματος της οροφής του ισογείου που αποτελεί και το δάπεδο του γραφείου στον ημιώροφο. Το δάπεδο του γραφείου αποτελείται από πλάκα μπετόν πάχους 150mm. Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν είναι τα ίδια με την προηγούμενη περίπτωση με τη μοναδική αλλαγή τη βάση ανάρτησης η οποία επιλέχθηκε αυτή της εταιρίας Kinetics. Η συνολική κατασκευαστική δομή και οι συντελεστές ηχομονωτικής ικανότητας παρουσιάζονται στη συνέχεια.



Εικόνα 70 : Απεικόνιση κατασκευής μεσοτοιχίας τμήματος οροφής αίθουσας χορού κέντρου διασκέδασης με δάπεδο γραφείου σε 3D (αριστερά), 2D (δεξιά). Υλικά κατασκευής (από πάνω προς τα κάτω): πλάκα μπετόν, πετροβάμβακας, ελαστικοί ορθοστάτες, κανάλι στήριξης, γυψοσανίδα 25mm, βισκοελαστική μεμβράνη, σπατουλαρισμένη γυψοσανίδα 15mm (Insul v.9.0.8).



Εικόνα 71 : Διάγραμμα δείκτη ηχομείωσης R για κατασκευή επένδυσης τμήματος οροφής αίθουσας χορού κέντρου διασκέδασης (Insul v.9.0.8).

Πίνακας 22 : Δείκτης ηχομείωσης R για κατασκευή επένδυσης του υποβαθμισμένου τμήματος οροφής αίθουσας χορού κέντρου διασκέδασης (Insul v.9.0.8).

	πάχος (mm)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	Rw
Ηχομείωση R Κατασκευής επένδυσης τμήματος οροφής κέντρου διασκέδασης	496	69	85	93	106	118	127	141	105

Μετά την εισαγωγή των χαρακτηριστικών των παραπάνω κατασκευών στη βάση δεδομένων του λογιστικού φύλλου, καταχωρήθηκαν στις επιφάνειες που αποτελούν τα διαχωριστικά τοιχώματα, οι συντελεστές ηχομείωσης τους και εφαρμόστηκε η μεθοδολογία κατά το DIN 4109. Να αναφερθεί ότι οι τιμές του χρόνου αντήχησης και των συντελεστών απορρόφησης στα 63Hz δεν ήταν γνωστές και για αυτό θεωρήθηκαν ίδιες με αυτές των 125Hz.

Πίνακας 23 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\alpha}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cR_w της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά τη επένδυση των μεσοτοιχιών της αίθουσας του γραφείου.

A/A		63	125	250	500	1000	2000	4000	R _w
1	$\bar{\alpha}$	1,6E-07	8,7E-09	5,0E-10	8,4E-11	7,9E-12	5,6E-12	2,8E-13	6,2E-11
2	cR _w	68,0	80,6	93,0	100,8	111,0	112,5	125,5	102,1
3	L ₀	104	104	104	104	104	104	104	104
4	NC-35 L ₁	60	52	45	40	36	34	33	45
5	10*log (f) f=1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	10*log (TR) γραφείου	1,65	1,65	2,38	2,05	1,39	2,01	0,33	-
7	10*log (S/V) γραφείου	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
8	10*log (n) n=3	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
9	R'w	61,0	69,0	76,7	81,4	84,7	87,4	86,7	0
10	d	6	6	6	6	6	6	6	6
11	R _w	67,0	75,0	82,7	87,4	90,7	93,4	92,7	-
12	Σύγκριση cR _w με R _w	1,0	5,6	10,3	13,4	20,3	19,1	32,8	-

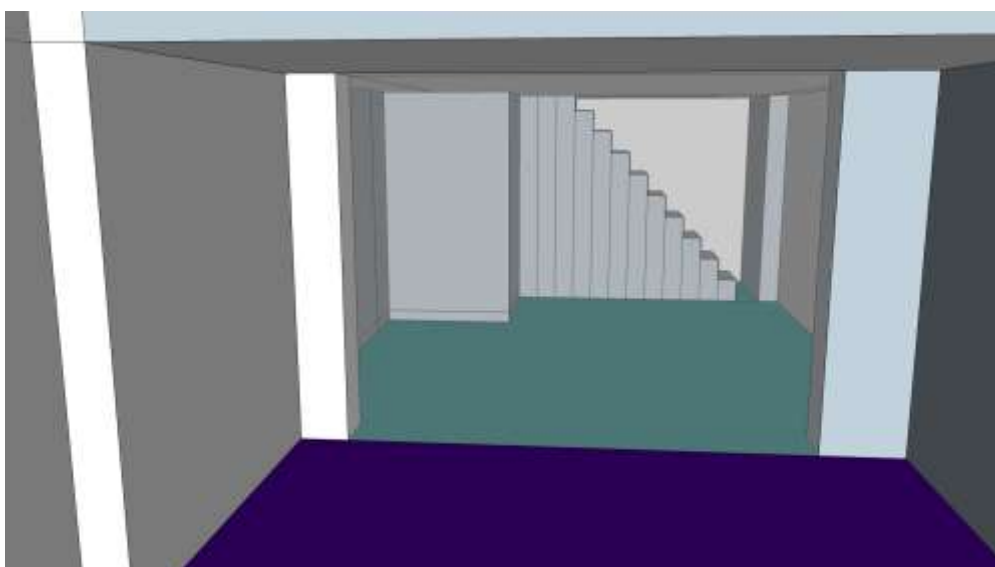
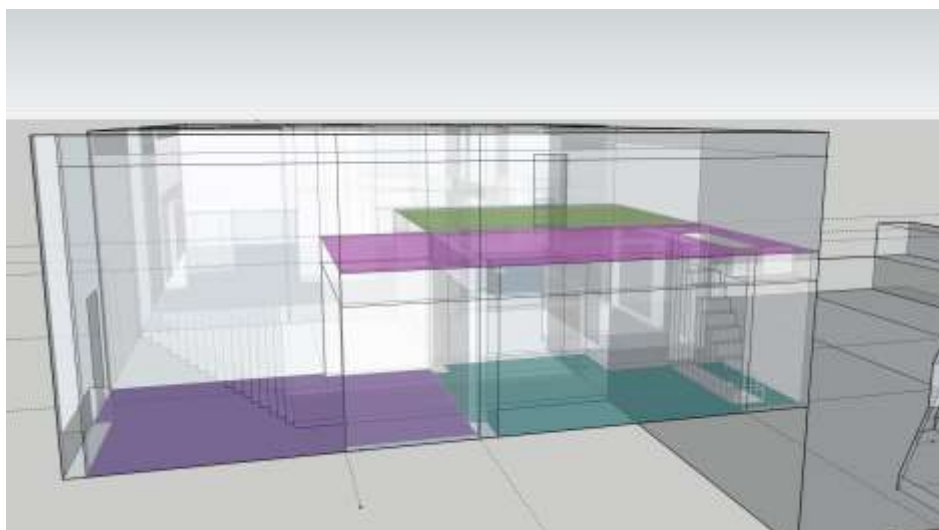
5.2. Μέτρα ηχομόνωσης μεταξύ αίθουσας διαδικτυακού ραδιοφώνου και δισκοπωλείου.

Σε πρώτο στάδιο επικεντρωνόμαστε στο χώρο που η χρήση του έχει καθοριστεί ως στούντιο εκπομπής ζωντανού προγράμματος διαδικτυακού ραδιοφώνου. Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη είναι η λειτουργικότητα παράλληλα με την αισθητική συναρτήσει του οικονομικού κόστους. Περί λειτουργικότητας να διευκρινιστεί ότι ο συγκεκριμένος χώρος είναι γειτονικός με αυτόν που βρίσκεται επί της πρόσοψης και η χρήση του έχει καθοριστεί ως δισκοπωλείο. Η είσοδος των παραγωγών και των συντελεστών στο στούντιο θα γίνεται μέσω του δισκοπωλείου. Σημειώνεται ότι υπάρχει μόνο μία είσοδος για τους δύο αυτούς συστεγασμένους χώρους. Σχετικά με την αισθητική σκοπός αποτελεί η διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ στούντιο και δισκοπωλείου να είναι γυάλινη ώστε να υπάρχει οπτική επαφή των επισκεπτών και πελατών του δισκοπωλείου με τους παραγωγούς και τις διαδικασίες που γίνονται για την εκπομπή του ζωντανού προγράμματος (π.χ. παρακολούθηση μίας ραδιοφωνικής συνέντευξης κ.α.). Επίσης κατά τη λειτουργικότητα ο κάθε επισκέπτης θα έχει τη δυνατότητα ακρόασης της ροής του ραδιοφωνικού

προγράμματος με χρήση ακουστικών. Εξετάστηκε και η περίπτωση αναπαραγωγής του ραδιοφωνικού προγράμματος στο χώρο του δισκοπωλείου κατά τις παράλληλες ώρες λειτουργίας μέσω ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης, έστω και σε χαμηλές στάθμες, αλλά θεωρήθηκε ότι θα δημιουργούσε προβλήματα στους πελάτες, οι οποίοι θα θέλουν να ακούσουν τις δικές τους μουσικές επιλογές, με αποτέλεσμα τη μουσική σύγχυση.

Τέλος, όπως είχε αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, θα εξεταστεί το ενδεχόμενο το κατά πόσο ο συνολικός χώρος του ραδιοφωνικού στούντιο και του δισκοπωλείου θα μπορούσε να μετατραπεί μέσω κινούμενων κατασκευών (π.χ. αναδιπλούμενη τζαμαρία κ.α.) σε αίθουσα που να υποστηρίζει μουσική και ομιλία.

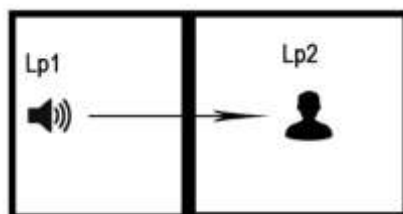
Κατά το πρώτο βήμα επιλέχθηκε να εξεταστεί ο χώρος του στούντιο χωρίς παρεμβάσεις στο εσωτερικό του. Σε αυτή την περίπτωση όμως θα υπήρχε εύκολη διάδοση του ήχου στον ημιώροφο μέσω του ανοίγματος που εκτείνεται πάνω από τη σκάλα.



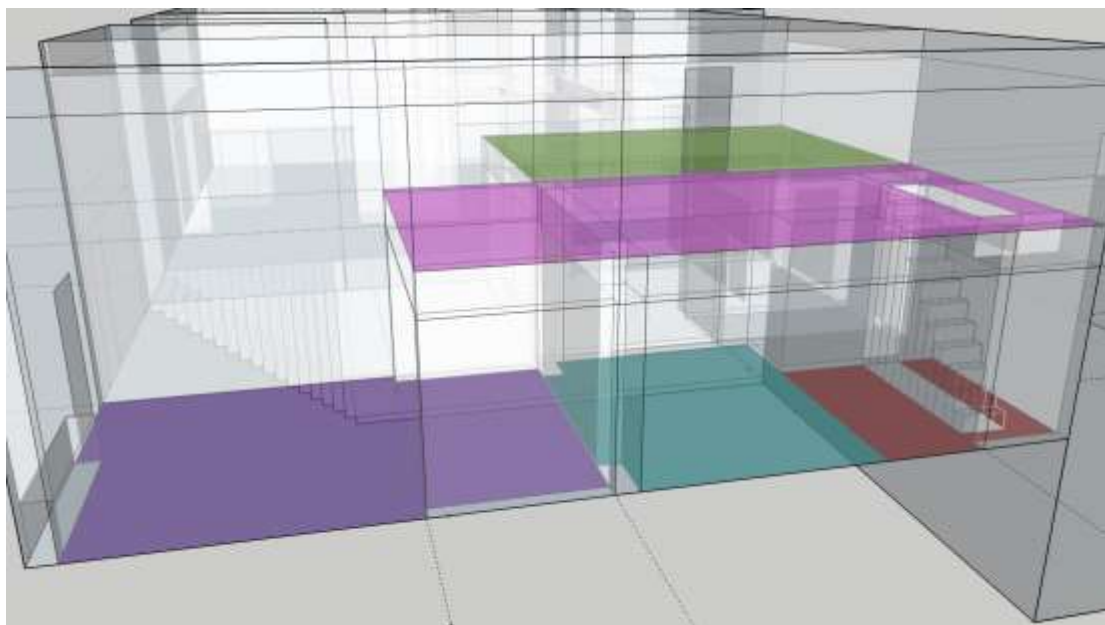
Εικόνα 72 : Αρχική διαμόρφωση βοηθητικού χώρου ισογείου και ημιώροφων.

Λαμβάνοντας υπόψη τον οικονομικό παράγοντα και με βάση ότι το άνοιγμα της σκάλας, που επιτρέπει την πρόσβαση στον ημιώροφο, είναι μικρότερο σε μέγεθος ($1,17\text{m}^2$), σε σχέση με μία κατασκευή τοίχου συνολικού εμβαδού $6,33\text{m}^2$ η οποία θα την απομονώνει από τον υπόλοιπο χώρο, θα έπρεπε να ακολουθηθεί η οικονομικότερη. Κάτι τέτοιο όμως θα δημιουργούσε δυσάρεστα φαινόμενα σχετικά με την ακουστική του χώρου χρίζοντας τη μελέτη πολύπλοκη λόγω περισσότερων εμπλεκόμενων επιφανειών οι οποίες κατά την περίπτωση που θα χρειάζονταν επικάλυψη από υλικά, με στόχο την ακουστική βελτίωση, θα οδηγούσαν σε αύξηση των οικονομικών απαιτήσεων έναντι της κατασκευή διαχωριστικού χωρίσματος.

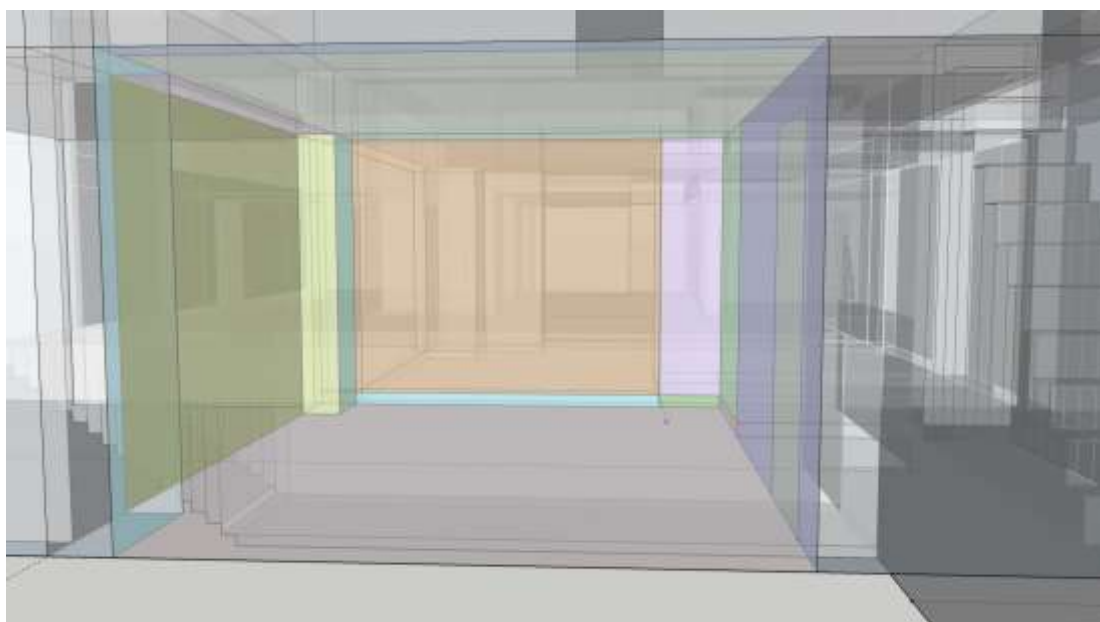
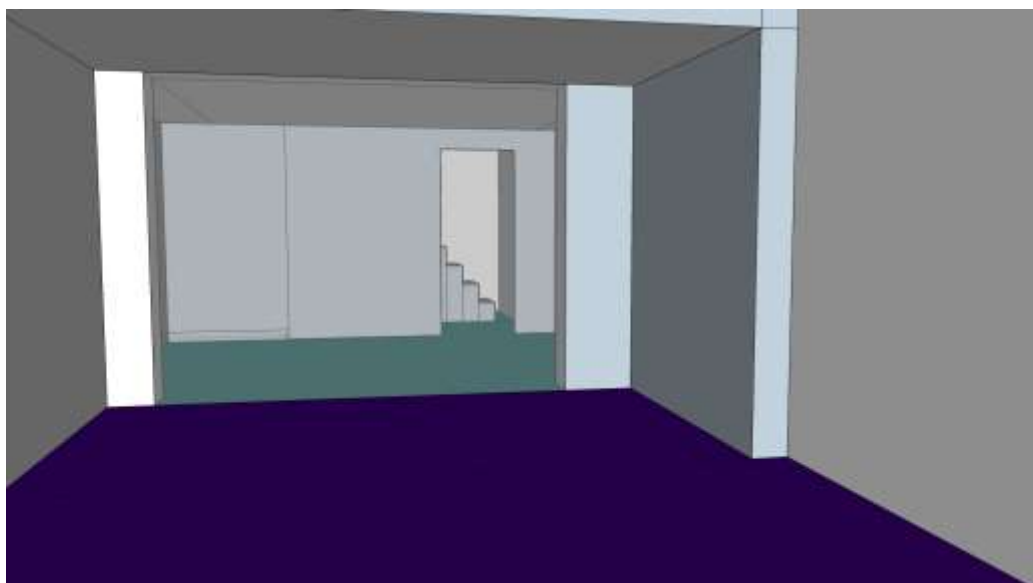
5.2.1. Πρώτη διαμόρφωση στούντιο εκπομπής διαδικτυακού ραδιοφώνου



Εικόνα 73 : Απεικόνιση τρόπου μετάδοσης θορύβου. Ο πομπός και ο δέκτης βρίσκονται σε κλειστούς γειτονικούς χώρους.

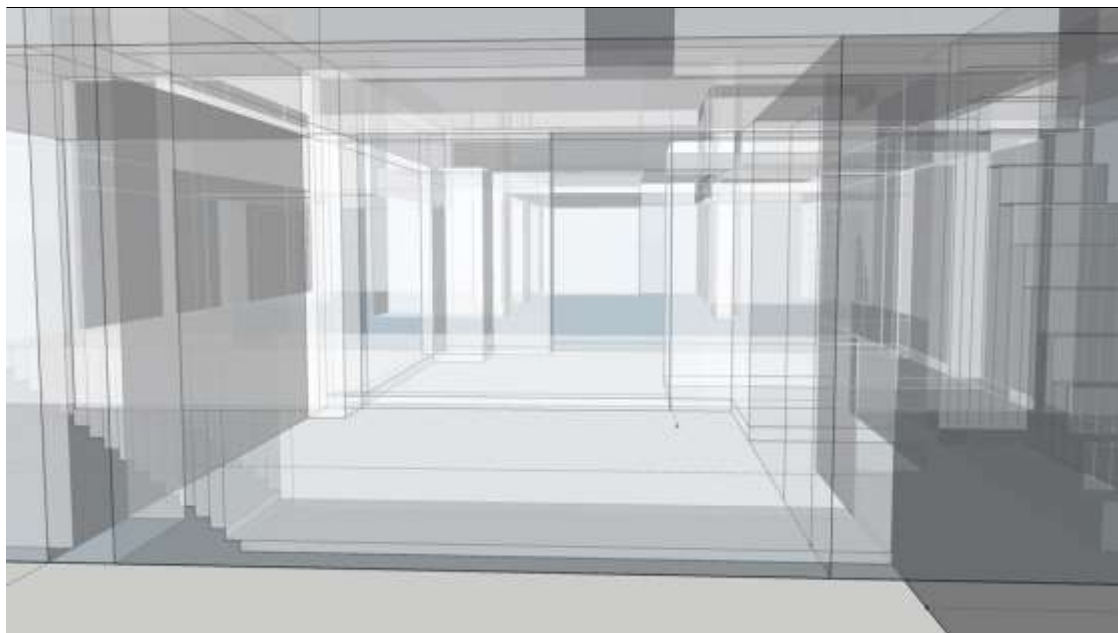


Εικόνα 74 : Χρωματική απεικόνιση διαμόρφωσης του χώρου μετά την πρώτη παρέμβαση.



Εικόνα 75 : Χρωματική απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν το χώρο εκπομπής ήχου με χρήση ως στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά τη πρώτη διαμόρφωση.

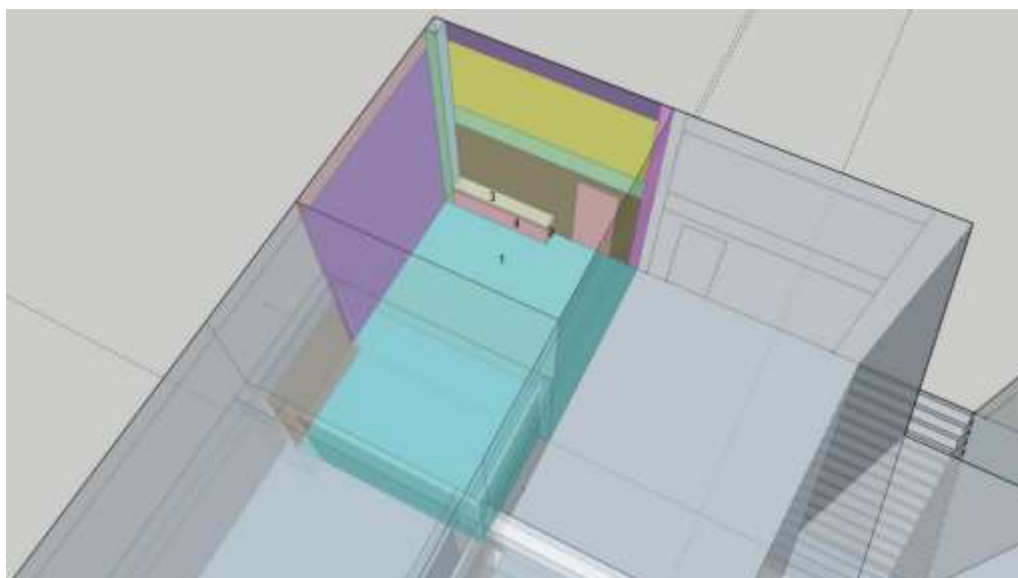
Στις παρακάτω διαφάνειες παρουσιάζονται με χρωματική απεικόνιση οι επιφάνειες που αποτελούν το χώρο εκπομπής ήχου, δηλαδή του στούντιο.

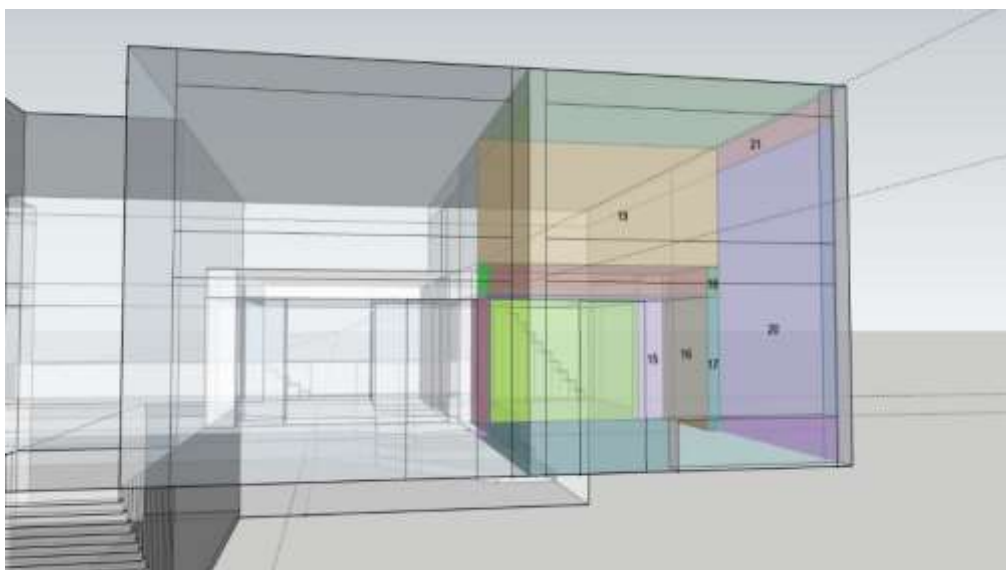
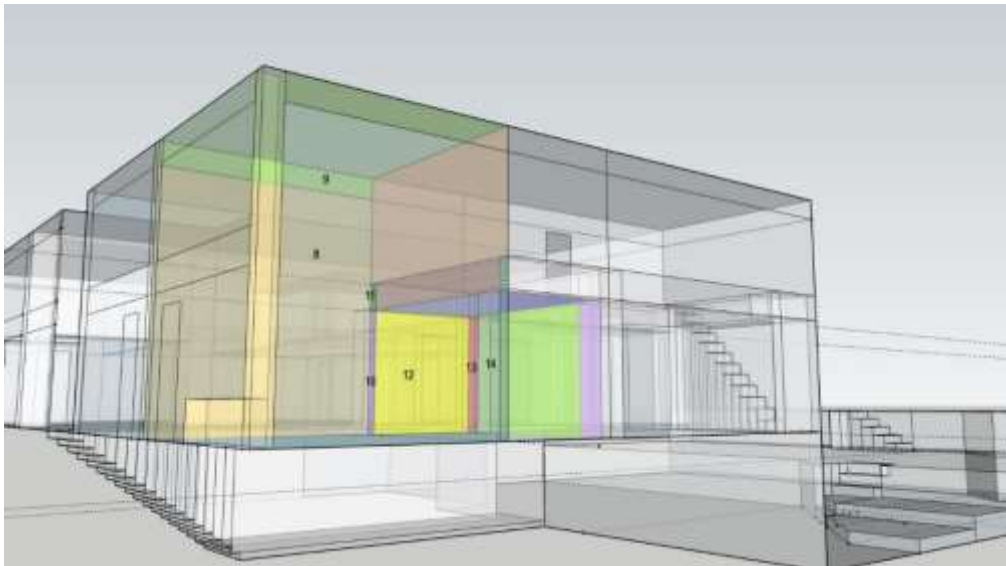
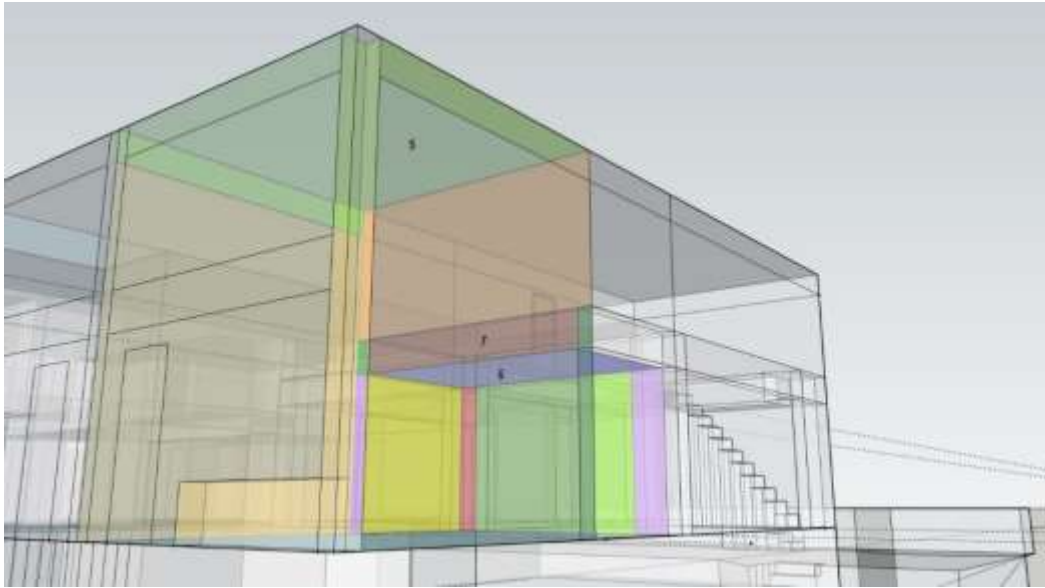


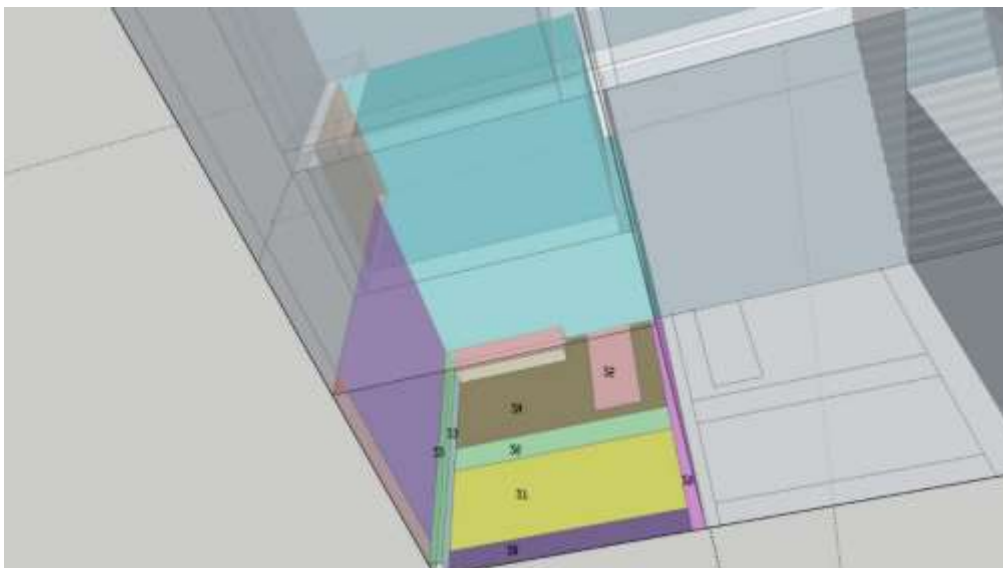
Παρουσίαση 6 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν το χώρο εκπομπής του στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά την πρώτη διαμόρφωση. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μόνο για Word αρχεία (όχι pdf).

Στη συνέχεια θα διερευνήσουμε κατά πόσο η μελέτη της ηχομόνωσης θα οδηγήσει ενδεχομένως σε αλλαγή της γεωμετρίας του στούντιο.

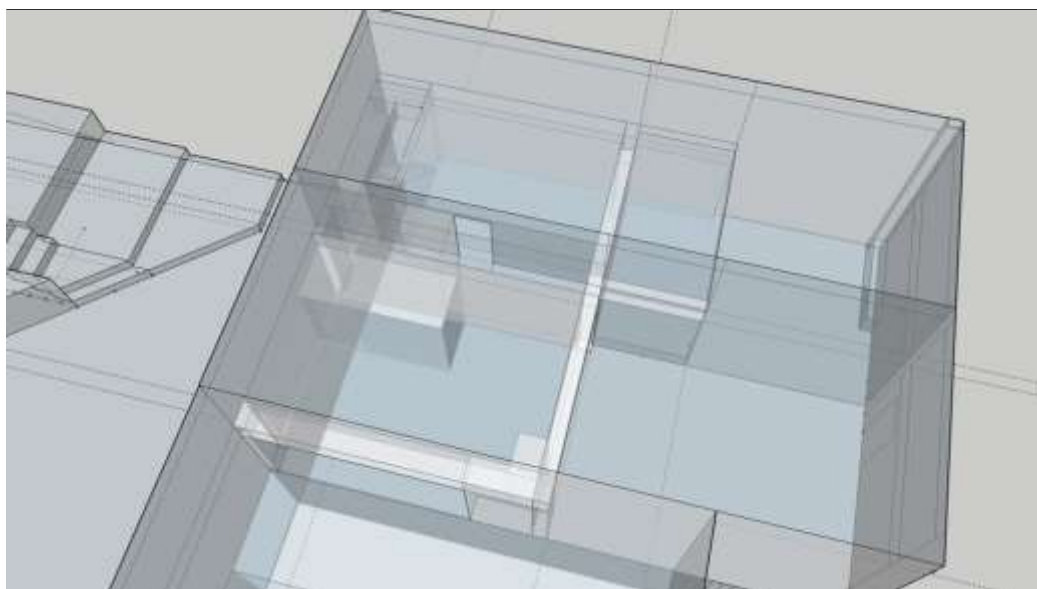
Στις παρακάτω διαφάνειες αριθμούνται οι επιφάνειες που αποτελούν το χώρο του δισκοπωλείου.







Εικόνα 76 : Αριθμητικός και χρωματικός προσδιορισμός των επιφανειών που αποτελούν το χώρο λήψης, δισκοπωλείο.



Παρουσίαση 7 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν το χώρο λήψης, του δισκοπωλείου. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μόνο για Word αρχεία (όχι pdf).

Στις επιφάνειες του χώρου του δισκοπωλείου διατηρούνται τα υπάρχοντα υλικά που καταγράφηκαν κατά τη διαδικασία της αποτύπωσης των διαστάσεων του χώρου (Π18, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β).

Σύμφωνα με τη προτεινόμενη μεθοδολογία υπολογίσαμε το χρόνο αντήχησης του δισκοπωλείου χρησιμοποιώντας τη σχέση κατά Norris & Eyring που δίνει μεγαλύτερη ακρίβεια για χώρους με μέσο συντελεστή απορρόφησης $\bar{\alpha}$ μικρότερο του 0,3.

Πίνακας 24 : Χρόνος Αντήχησης RT για το χώρο του δισκοπωλείου.

	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)
Χρόνος Αντήχησης RT (sec)	-	1,82	2,42	2,64	3,17	3,56	3,02

Στη συνέχεια δοκιμάζουμε διάφορες κατασκευές ως προς την είσοδο του χώρου του στούντιο ώστε να ικανοποιείται το κριτήριο θορύβου NC-25.

A. Καθορισμός επιφάνειας εισόδου στούντιο με Πτυσσόμενη Γυάλινη πόρτα Winab 2000 (4mm γυαλί / 0,76mm φύλλο / 4mm γυαλί – 59mm διάκενο - 4mm γυαλί / 0,76mm φύλλο / 4mm γυαλί)

Πραγματοποιήθηκε έρευνα κινούμενων διαχωριστικών που να ικανοποιούν τις λειτουργικές και ηχομονωτικές απαιτήσεις που έχουν οριστεί. Τελικά επιλέχθηκε η πτυσσόμενη γυάλινη πόρτα Winab 2000 με τα παρακάτω αναγραφόμενα χαρακτηριστικά.



Εικόνα 77 : Πτυσσόμενη Γυάλινη πόρτα Winab 2000.

Πίνακας 25 : Δείκτης ηχομείωσης R Πτυσσόμενης Γυάλινης πόρτας Winab 2000.

	πάχος (mm)	επιφανειακό βάρος (Kg/m ²)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	Rw
Ηχομείωση R Πτυσσόμενης Γυάλινης πόρτας Winab 2000	90	40	13,9	33,8	35,5	44,2	50,3	57,1	61,3	47

Πίνακας 26 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cR_w της σύνθετης διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109.

A/A		63	125	250	500	1000	2000	4000	Rw
1	$\bar{\tau}$	-	3,5E-04	2,7E-04	3,6E-05	8,4E-06	1,7E-06	7,1E-07	
2	cRw	-	34,5	35,6	44,4	50,7	57,6	61,5	-
3	L ₀	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1
4	NC-25 L ₁	54	44	37	31	27	24	22	35
5	10*log (f) f=4	6	6	6	6	6	6	6	6
6	10*log (TR) δισκοπωλείο	-	2,59	3,85	4,21	5,01	5,51	4,81	-
7	10*log (S/V) δισκοπωλείο	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
8	10*log (n) n=1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	R'w	0	70,3	78,6	84,9	89,7	93,2	94,5	0
10	d	6	6	6	6	6	6	6	6
11	Rw	-	76,3	84,6	90,9	95,7	99,2	100,5	-
12	Σύγκριση cRw με Rw	-	-41,8	-48,9	-46,5	-45,0	-41,7	-39,0	-

Κατά την τελευταία γραμμή του πίνακα όπου γίνεται η σύγκριση μέσω αφαίρεσης του προσφερόμενου cRw από τον απαιτούμενο Rw δείκτη ηχομείωσης, είναι εμφανές ότι δεν ικανοποιείται το κριτήριο NC-25 που θα χαρακτήριζε το χώρο του δισκοπωλείου ως ήσυχο.

B. Καθορισμός επιφάνειας εισόδου στούντιο με Διπλό Υαλοπίνακα 10mm (τύπου laminated) – 120mm διάκενο - 12mm (τύπου laminated)

Στη συνέχεια επιλέχθηκε διπλός υαλοπίνακας 10mm (τύπου laminated) – 120mm διάκενο – 12mm (τύπου laminated) με μεγαλύτερο Rw.

Πίνακας 27 : Δείκτης ηχομείωσης R Διπλού Υαλοπίνακα 10mm – 120mm – 12mm (Εφαρμοσμένη Ακουστική, 2015).

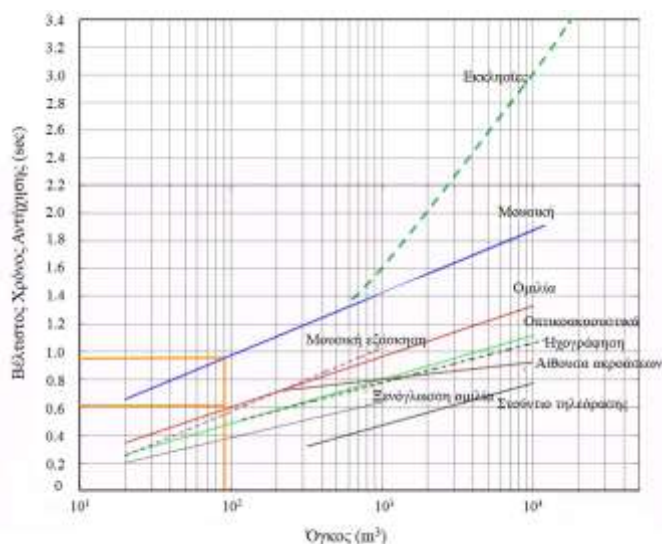
	πάχος (mm)	επιφανειακό βάρος (Kg/m ²)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	Rw
Ηχομείωση R Διπλού Υαλοπίνακα 10-120-12	142	-	26	36	41	45	48	52	61	49

Πίνακας 28 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109.

A/A		63	125	250	500	1000	2000	4000	Rw
1	$\bar{\tau}$	-	2,4E-04	1,3E-04	3,2E-05	1,3E-05	4,8E-06	7,5E-07	-
2	cRw	-	36,3	38,9	45,0	48,9	53,2	61,3	-
3	L_0	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1
4	NC-25 L_1	54	44	37	31	27	24	22	35
5	$10 \cdot \log(f)$ $f=4$	6	6	6	6	6	6	6	6
6	$10 \cdot \log(TR)$ δισκοπωλείο	-	2,59	3,85	4,21	5,01	5,51	4,81	-
7	$10 \cdot \log(S/V)$ δισκοπωλείου	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
8	$10 \cdot \log(n)$ $n=1$	0	0	0	0	0	0	0	0
9	$R'w$	0	70,3	78,6	84,9	89,7	93,2	94,5	0
10	d	6	6	6	6	6	6	6	6
11	Rw	-	76,3	84,6	90,9	95,7	99,2	100,5	-
12	Σύγκριση cRw με Rw	-	-40,0	-45,7	-45,9	-46,9	-46,1	-39,3	-

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο περιπτώσεων Πίνακα 26 και 28, παρατηρείται βελτίωση μόνο στο εύρος κεντρικών συχνοτήτων από 125Hz έως και 500Hz. Αντίθετα στις υπόλοιπες συχνότητες οι διαφορές αυξάνονται. Ακόμα στην περίπτωση ενίσχυσης του οπλισμένου σκυροδέματος με κάποιο υλικό μεγαλύτερου πάχους και μεγαλύτερου συντελεστή ηχομείωσης οι διαφορές θα ήταν ελάχιστες σε σχέση με τα απαιτούμενα. Σε καμία των περιπτώσεων δεν ικανοποιούνται οι στόχοι που έχουν τεθεί και επομένως προτείνεται μία νέα διαρρύθμιση με σκοπό να επιτευχθεί η απαιτούμενη ηχομόνωση στο χώρο λήψης.

Πριν εφαρμοστούν οι εσωτερικές διαρρυθμίσεις στο χώρο που έχει αποφασιστεί ότι θα είναι η έδρα του στούντιο μετάδοσης ψηφιακού ήχου, θα ελεγχθεί η βελτίωση του χρόνου Αντήρησης του προστατευόμενου χώρου ώστε να παρατηρηθεί η επίδραση του στα παραπάνω αποτελέσματα.



Εικόνα 78 : Διάγραμμα βέλτιστου χρόνου Αντήρησης σε σχέση με τον όγκο του δισκοπωλείου και το είδος ακρόασης.

Στην εικόνα οι κίτρινες γραμμές μας επιδεικνύουν τον προτεινόμενο χρόνο RT για τον όγκο του δισκοπωλείου σε συνάρτηση με τη χρήση του για μουσική ακρόαση και ομιλία. Οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 0,6sec και 1sec. Μία μέση τιμή στα 0,8sec θα ήταν ικανοποιητική και στις δύο περιπτώσεις.

Όπως αναφέρθηκε στη θεωρία για την περίπτωση μουσικής ακρόασης συνιστάται η καμπύλη του χρόνου αντήρησης συνιστάται να είναι υπερυψωμένη στο εύρος 63Hz έως 500Hz και να αποκλίνει ελαφρώς προς τις υψηλές συχνότητες. (Barron, 1993 - Everest & Pohlmann, 2009). Με βάση αυτό καθορίζουμε τις επιθυμητές τιμές του χρόνου αντήρησης, γραμμή 1, Πίνακας 29.

Εργαζόμενοι με αντίστροφο τρόπο, σε λογιστικό φύλλο, έγινε προσπάθεια να προσδιοριστεί ο συντελεστής απορρόφησης α του υλικού που αν θα επικάλυπτε το δάπεδο, θα έδινε τον επιθυμητό χρόνο αντήρησης. Πριν τη διαδικασία αναζήτησης υλικού, θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε γενικές γραμμές είναι δύσκολο να βρεθεί με μία προσπάθεια υλικό ώστε να επιτευχθεί το ζητούμενο και σε μια τέτοια περίπτωση κρίνεται απαραίτητο να επαναληφθεί η προαναφερόμενη διαδικασία προσδιορισμού συντελεστή απορρόφησης και για κάποια άλλη επιφάνεια του χώρου. Το υλικό που επιλέχθηκε να επικαλύψει το δάπεδο είναι η πέτρα. Αντικαθιστώντας στο λογιστικό φύλλο το μπετόν που ήταν το αρχικό υλικό του δαπέδου με την πέτρα ο χρόνος αντήρησης διαμορφώνεται όπως φαίνεται στην τέταρτη γραμμή του Πίνακα 29 (Νέος Χρόνος Αντήρησης RT). Κατά τη σύγκριση της πρώτης με την τέταρτη γραμμή, επιβεβαιώνεται η παραπάνω θεώρηση και συνεπώς θα πρέπει να επαναληφθεί η διαδικασία προσδιορισμού του συντελεστή απορρόφησης για νέες επιφάνειες. Επιλέχθηκαν οι τοίχοι 1 και 2 ως υλικό επικάλυψης αυτών το λουστραρισμένο ξύλο το οποίο πλησιάζει τις επιθυμητές τιμές της πέμπτης γραμμής. Επαναλαμβάνοντας σύγκριση μεταξύ της πρώτης και της έβδομης γραμμής, διαπιστώνεται ότι έχει προσεγγιστεί σε ικανοποιητικό βαθμό ο προτεινόμενος βέλτιστος χρόνος αντήρησης του χώρου του δισκοπωλείου. Βέβαια η

συγκεκριμένη λύση δεν είναι μοναδική. Υπάρχουν αρκετοί συνδυασμοί υλικών επικάλυψης επιφανειών που μπορούν να επιφέρουν ανάλογα ή ακόμα και καλύτερα αποτελέσματα. Σε κάθε περίπτωση η όλη αυτή διαδικασία προσέγγισης συνδέεται άμεσα τόσο με τη βάση δεδομένων των συντελεστών απορρόφησης των υλικών όσο και το διαχωρισμό των επιφανειών σε περισσότερα κομμάτια.

Πίνακας 29 : Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειών για την επίτευξη του επιθυμητού Χρόνου Αντήχησης RT για το δισκοπωλείο. Οι συντελεστές απορρόφησης αντλήθηκαν από το βιβλίο της Εφαρμοσμένης Ακουστικής, Σκαρλάτος, 2015.

A/A		63	125	250	500	1000	2000	4000
1	Επιθυμητός Χρόνος Αντήχησης RT (sec)	1	0,9	0,85	0,8	0,8	0,8	0,75
2	α επιθυμητό για δάπεδο	0,67	0,34	0,46	0,53	0,57	0,6	0,63
3	α πέτρας	-	0,19	0,23	0,43	0,37	0,58	0,62
4	Νέος Χρόνος Αντήχησης RT (sec)	-	1,17	1,28	0,93	1,11	0,82	0,76
5	α επιθυμητό για τοίχους 1 & 2	0,43	0,11	0,17	0,09	0,16	0,03	0,04
6	α λουστραρισμένου ξύλου	-	0,15	0,12	0,1	0,07	0,06	0,07
7	Χρόνος Αντήχησης RT (sec)	-	0,83	0,95	0,78	0,98	0,76	0,71

Με δεδομένο πλέον το χρόνο αντήχησης του δισκοπωλείου ο Πίνακας 28 διαμορφώνεται ως εξής.

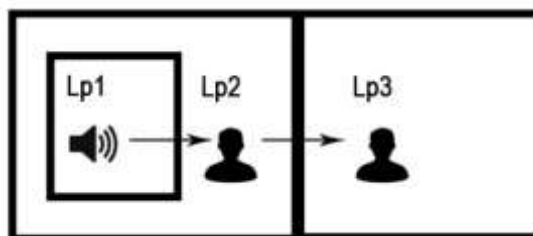
Πίνακας 30: Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά τη βελτιστοποίηση του χρόνου αντήχησης του χώρου λήψης (δισκοπωλείο).

A/A		63	125	250	500	1000	2000	4000	Rw
1	$\bar{\tau}$	-	2,4E-04	1,3E-04	3,2E-05	1,3E-05	4,8E-06	7,5E-07	-
2	cRw	-	36,3	38,9	45,0	48,9	53,2	61,3	-
3	L_0	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1
4	NC-25 L_1	54	44	37	31	27	24	22	35
5	$10 \cdot \log(f)$ $f=4$	6	6	6	6	6	6	6	6
6	$10 \cdot \log(TR)$ δισκοπωλείο	-	-0,80	-0,21	-1,05	-0,10	-1,19	-1,46	-

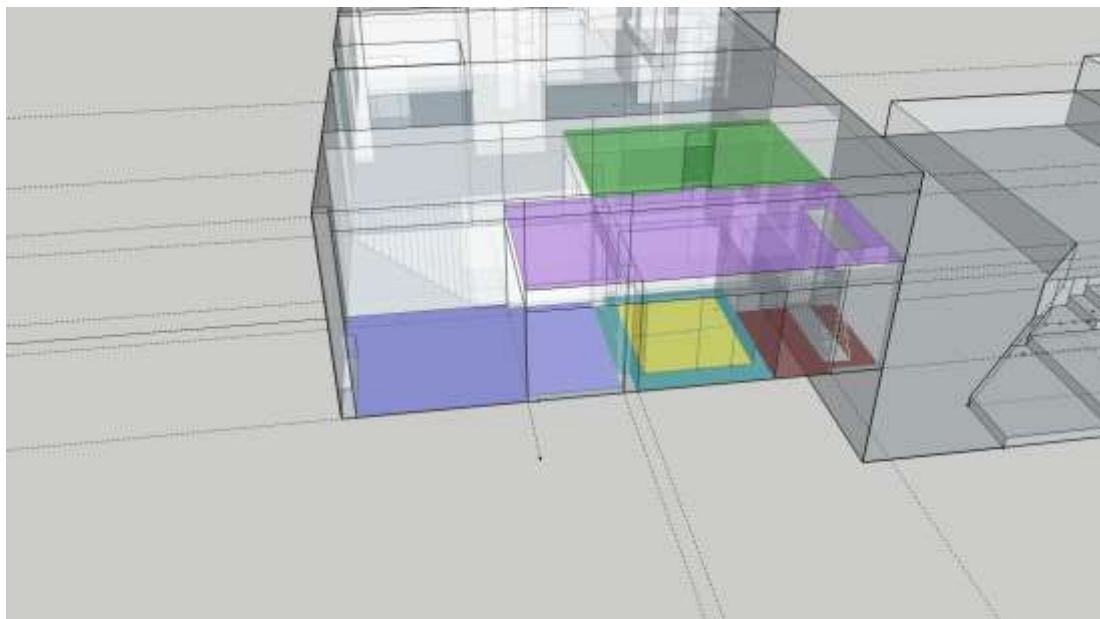
7	$10 \cdot \log (S/V)$ δισκοπωλείου	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
8	$10 \cdot \log (n)$ n=1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	R'w	0	66,9	74,5	79,7	84,6	86,5	88,3	0
10	d	6	6	6	6	6	6	6	6
11	Rw	-	72,9	80,5	85,7	90,6	92,5	94,3	-
12	Σύγκριση cRw με Rw	-	-36,7	-41,7	-40,7	-41,8	-39,4	-33,0	-

Με αναφορά την τελευταία γραμμή του Πίνακα 30 παρατηρείται μείωση των τιμών που αφορούν. Βέβαια η μείωση αυτή είναι μικρή σε σχέση με τα ζητούμενα. Διαπιστώνεται ότι αν επιμείνουμε στη συγκεκριμένη διαμόρφωση του χώρου, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί περαιτέρω έρευνα γυάλινων διαχωριστικών με δείκτες ηχομείωσης μεγαλύτερους από αυτούς που μόλις εξετάστηκαν. Βέβαια κάτι τέτοιο συναρτήσει των ηχητικών σταθμών που επικρατούν αποτελεί αρκετά δύσκολη και ταυτόχρονα δαπανηρή υπόθεση.

5.2.2. Δεύτερη διαμόρφωση στούντιο εκπομπής διαδικτυακού ραδιοφώνου



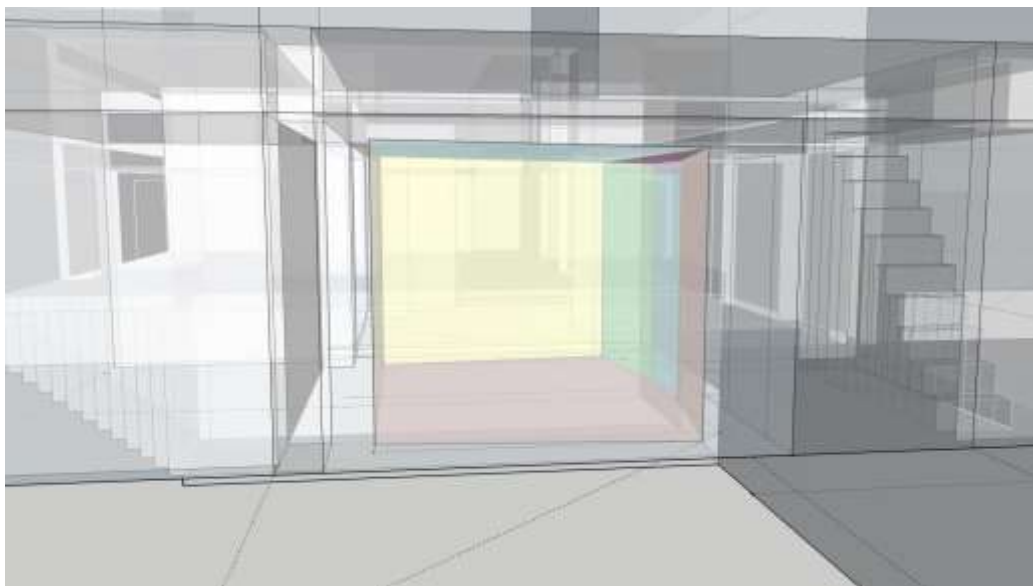
Εικόνα 79 : Απεικόνιση τρόπου μετάδοσης θορύβου. Ο πομπός και οι δέκτες βρίσκονται σε κλειστούς γειτονικούς χώρους.



Εικόνα 80 : Χρωματική απεικόνιση των χώρων μετά τη δεύτερη παρέμβαση. Με κίτρινο χρώμα παριστάνεται ο χώρος του διαδικτυακού ραδιοφώνου.

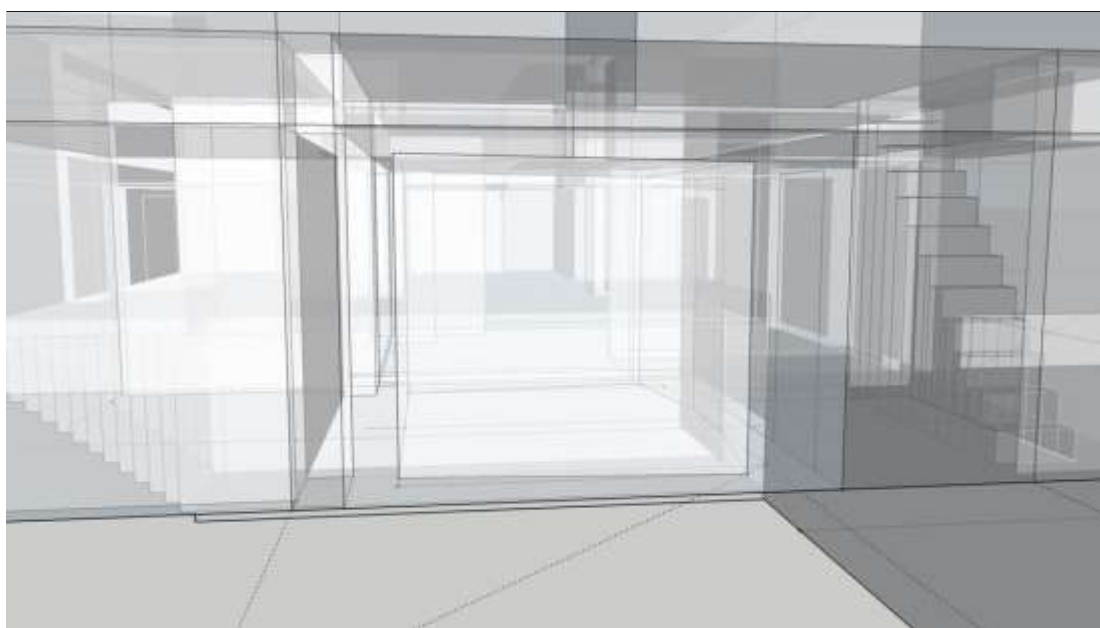
Πλέον δημιουργείται η υποχρέωση επαναπροσδιορισμού και κατασκευής χωρισμάτων που οριοθετούν το στούντιο εκπομπής του διαδικτυακού ραδιοφώνου προσπαθώντας παράλληλα να ικανοποιηθούν τα λειτουργικά και αισθητικά χαρακτηριστικά του συνολικού χώρου που τεθεί εξ αρχής. Ουσιαστικά θα δημιουργηθεί ένα πρόσθετο δωμάτιο μέσα στον ήδη υπάρχοντα χώρο που εξετάστηκε στο παραπάνω βήμα διατηρώντας τις στάθμες εκπομπής ίδιες.

Για τον καθορισμό των διαστάσεων του στούντιο χρησιμοποιήθηκε η εμπειρική αναλογία χρυσής τομής σύμφωνα με την οποία ο λόγος των διαστάσεων Ύψος : Πλάτος : Μήκος δεν θα πρέπει να έχει σχέση απλών αριθμών. Έτσι οι διαστάσεις ορίστηκαν ως εξής Ύψος = 2,1m : Πλάτος = 3m : Μήκος = 2,5m και ο λόγος του αντίστοιχα 1 : 1,43 : 1,19, λόγος που θεωρείται αποδεκτός. Τέλος έχει αποφευχθεί η όποια παραλληλία των τοίχων που οριοθετούν το στούντιο ώστε να εξαλειφθούν τυχόν δυσάρεστα ακουστικά φαινόμενα που οφείλονται στη δημιουργία των στάσιμων κυμάτων.

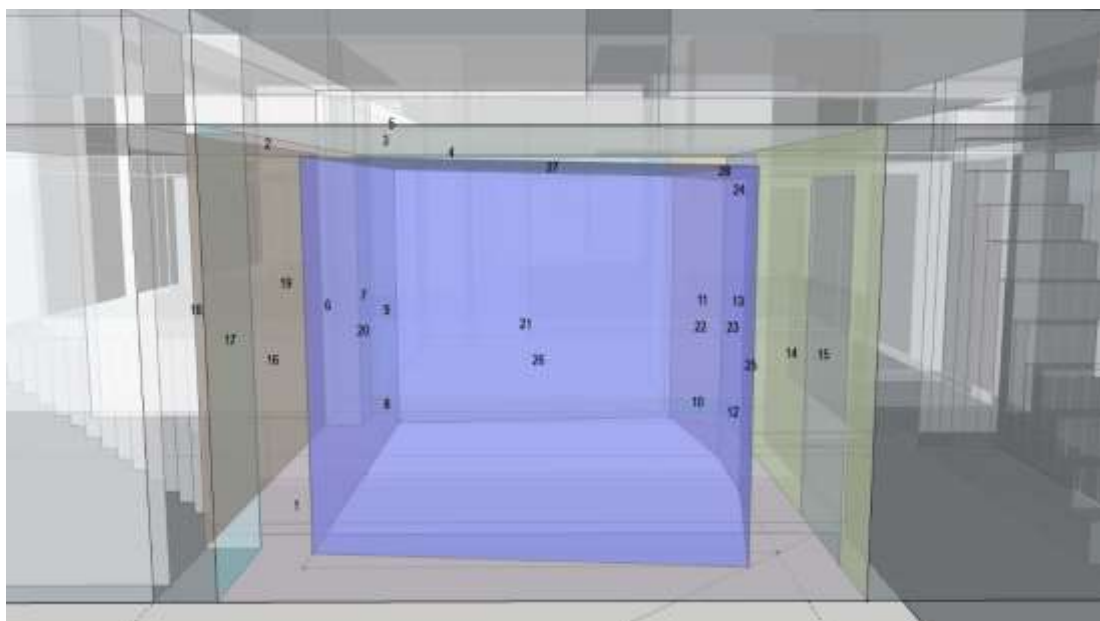


Εικόνα 81 : Χρωματική απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν το νέο χώρο εκπομπής ήχου με χρήση ως στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά τη δεύτερη διαμόρφωση.

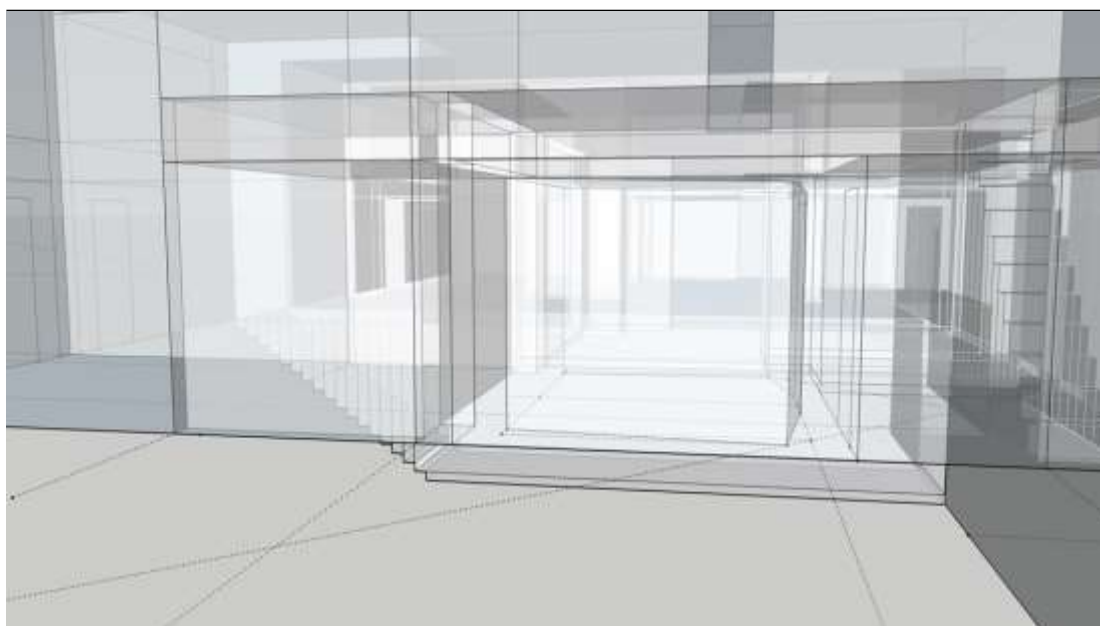
Στις παρακάτω διαφάνειες παρουσιάζονται επίσης με χρωματική απεικόνιση οι επιφάνειες που αποτελούν το νέο χώρο εκπομπής ήχου που η χρήση του έχει οριστεί ως στούντιο.



Παρουσίαση 8 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν το νέο χώρο εκπομπής του στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά τη δεύτερη διαμόρφωση. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μόνο για Word αρχεία (όχι pdf).



Εικόνα 82 : Αριθμητικός και χρωματικός προσδιορισμός των επιφανειών που αποτελούν το νέο χώρο λήψης, εξωτερικός χώρος στούντιο.



Παρουσίαση 9 : Slide Show απεικόνιση των επιφανειών που αποτελούν το νέο χώρο λήψης εξωτερικά του στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου κατά την δεύτερη διαμόρφωση. Η προεπισκόπηση γίνεται με διπλό κλικ επάνω στην εικόνα και είναι δυνατή μόνο για Word αρχεία (όχι pdf).

Τα υλικά των επιφανειών του νέου χώρου λήψης, εξωτερικά του στούντιο εκπομπής προσδιορίζονται στον Πίνακα 23. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Θα πρέπει να τονιστεί ότι στον εξωτερικό χώρο του στούντιο δεν μας ενδιαφέρει να εκπληρώνεται κάποιο επίπεδο ησυχίας. Πρωταρχικός στόχος αποτελεί ο προσδιορισμός της ηχητικής στάθμης του θορύβου που μεταδίδεται σε αυτόν κατά τη λειτουργία του στούντιο (L_{p2} , Εικόνα 79).

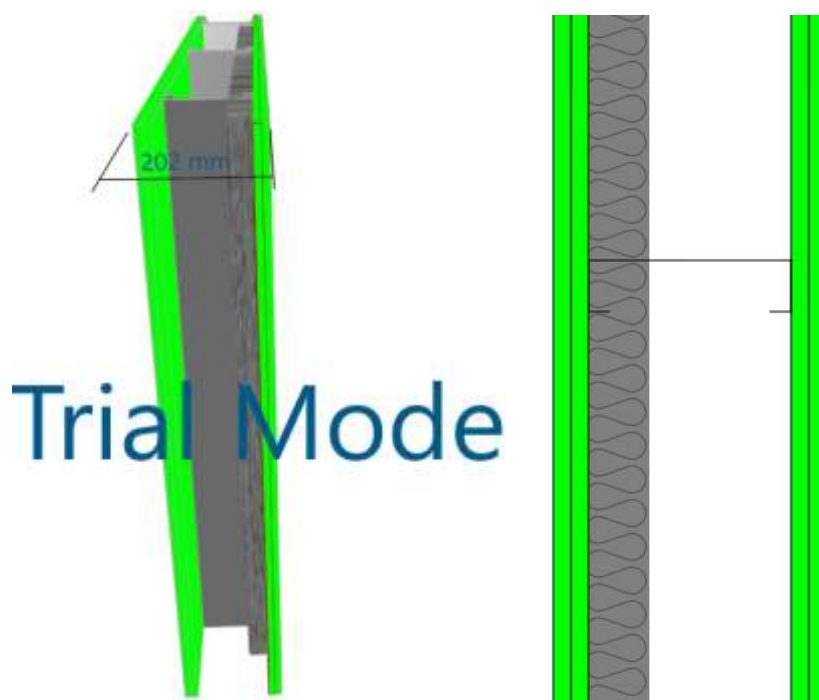
A.1. Καθορισμός επιφάνειας πρόσοψης στούντιο με Πτυσσόμενη Γυάλινη Πόρτα Winab 2000 4mm γυαλί / 0,76mm φύλλο / 4mm γυαλί – 59mm διάκενο - 4mm γυαλί / 0,76mm φύλλο / 4mm γυαλί

Αρχικά καθορίζεται ως είσοδος του στούντιο η επιφάνεια που είχε τοποθετήσει στο προηγούμενο βήμα. Η ηχομείωση R της πτυσσόμενης γυάλινης πόρτας Winab 2000 δίδεται στον Πίνακα 25.

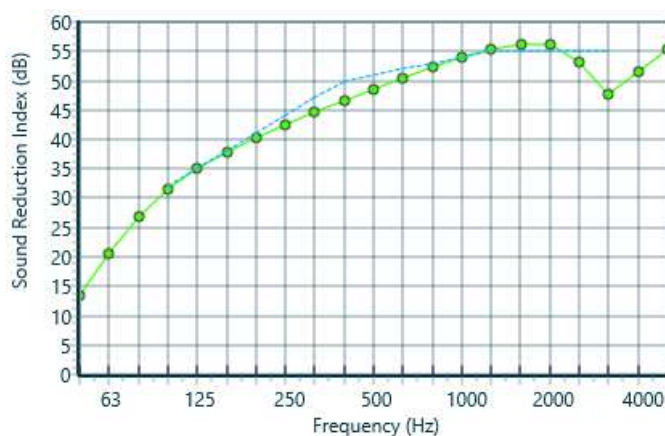
Πίνακας 31 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, ηχομείωσης R της διαχωριστικής επιφάνειας και πρόβλεψη μέγιστης ηχητικής στάθμης στο σημείο λήψης L_{p2} .

	63	125	250	500	1000	2000	4000	Rw
$\bar{\tau}$	4,1E-02	4,2E-04	2,8E-04	3,8E-05	9,3E-06	1,9E-06	7,4E-07	2E-05
cRw	13,9	33,8	35,5	44,2	50,3	57,1	61,3	47
L_{p1} (dB)	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1
L_{p2} (dB)	-	59,00	59,68	52,30	47,75	41,57	37,58	-

Πριν προχωρήσουμε στη μετάδοση ως προς την αίθουσα του δισκοπωλείου θα πρέπει να ελεγχθεί η μεταβολή της στάθμης ως προς τις υπόλοιπες επιφάνειες του στούντιο οι οποίες επιλέχθηκαν να κατασκευαστούν από διπλή γυψοσανίδα 12,5mm εκατέρωθεν, με μεταλλικό σύνδεσμο 150mm και πετροβάμβακα 75mm στο διάκενο τους (συνολικό πάχος κατασκευής : 202mm). Αν η ηχομονωτική ικανότητα τις κατασκευής είναι υψηλότερη από αυτή της πτυσσόμενης γυάλινης πόρτας, τότε θα διατηρηθούν οι στάθμες που υπολογίστηκαν στην τελευταία γραμμή του Πίνακα 31. Χρησιμοποιώντας τη δοκιμαστική έκδοση του λογισμικού Insul προέκυψαν οι ακόλουθοι δείκτες.



Εικόνα 83 : Απεικόνιση κατασκευής από διπλή γυψοσανίδα και στις δύο επιφάνειες με μεταλλικό σύνδεσμο 150mm και πετροβάμβακα 80mm στο εσωτερικό τους (Insul).



Εικόνα 84 : Απεικόνιση δείκτη ηχομείωσης R κατασκευής από διπλή γυψοσανίδα και στις δύο επιφάνειες με μεταλλικό σύνδεσμο 150mm και πετροβάμβακα 80mm στο εσωτερικό τους (Insul).

Πίνακας 32 : Δείκτης ηχομείωσης R κατασκευής από διπλή γυψοσανίδα και στις δύο επιφάνειες με μεταλλικό σύνδεσμο 150mm και πετροβάμβακα 80mm στο εσωτερικό τους (Insul).

	πάχος (mm)	επιφανειακό βάρος (Kg/m ²)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	Rw
Ηχομείωση R Κατασκευής από διπλές γυψοσανίδες και πετροβάμβακα	202	18,5	21	35	42	49	54	56	51	51

Συγκρίνοντας τους Πίνακες 25 και 32 διαπιστώνεται ότι η δεύτερη κατασκευή υπερτερεί έστω και ελάχιστα σε σχέση με την πρώτη και επομένως η ηχητική στάθμη που διαδεται στον περιβάλλον χώρο, δηλαδή έξω ακριβώς από την πρόσοψη του στούντιο ισούται με την L_{p2} του Πίνακα 31.

Με τα νέα πλέον κατασκευαστικά δεδομένα επαναλαμβάνεται η διαδικασία υπολογισμών για το χώρο λήψης (δισκοπωλείο). Υπενθυμίζεται ότι έχουν επικαλυφθεί κάποιες επιφάνειες του συγκεκριμένου χώρου με διαφορετικά υλικά κατά την προσπάθεια προσέγγισης του επιθυμητού χρόνου αντήχησης, από προηγούμενο βήμα. Οι επιφάνειες και τα υλικά αυτά εμφανίζονται με έντονη γραφή στον πίνακα Π27, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β (Α/Α : 1, 8, 20).

Πίνακας 33 : Χρόνος Αντήχησης RT για το χώρο του δισκοπωλείου.

	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)
Χρόνος Αντήχησης RT (sec)	-	0,83	0,95	0,78	0,98	0,76	0,71

A2. Καθορισμός επιφάνειας εισόδου από τον εξωτερικό χώρο του στούντιο στο δισκοπωλείο με Πτυσσόμενη Γυάλινη πόρτα Winab 2000 4mm γυαλί / 0,76mm φύλλο / 4mm γυαλί – 59mm διάκενο - 4mm γυαλί / 0,76mm φύλλο / 4mm γυαλί

Αποφασίστηκε να τοποθετηθεί η ίδια πτυσσόμενη γυάλινη πόρτα Winab 2000.

Με δεδομένη την ηχητική στάθμη στον εξωτερικό χώρο του στούντιο του ραδιοφώνου, 3^η γραμμή του Πίνακα 34, επαναλαμβάνεται η μεθοδολογία κατά DIN4109.

Πίνακας 34 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\alpha}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά τη βελτιστοποίηση του χρόνου αντήχησης του χώρου λήψης (δισκοπωλείο).

A/A		63	125	250	500	1000	2000	4000	Rw
1	$\bar{\alpha}$	-	3,5E-04	2,7E-04	3,6E-05	8,4E-06	1,7E-06	7,1E-07	-
2	cRw	-	34,5	35,6	44,4	50,7	57,6	61,5	-
3	L_{p2}	-	59,00	59,68	52,30	47,75	41,57	37,58	-
4	NC-25 L_1	54	44	37	31	27	24	22	35
5	$10 \cdot \log(f)$ $f=4$	6	6	6	6	6	6	6	6
6	$10 \cdot \log(TR)$ δισκοπωλείο	-	-0,80	-0,21	-1,05	-0,10	-1,19	-1,46	-
7	$10 \cdot \log(S/V)$ δισκοπωλείο	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
8	$10 \cdot \log(n)$ $n=1$	0	0	0	0	0	0	0	0
9	$R'w$	0	29,8	38,1	35,9	36,3	32,0	29,7	0
10	d	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Rw	0	29,8	38,1	35,9	36,3	32,0	29,7	0
12	Σύγκριση cRw με Rw	-	4,7	-2,4	8,6	14,5	25,6	31,8	-

Από τη σύγκριση του προσφερόμενου με τον απαιτούμενο δείκτη ηχομείωσης εντοπίζεται έλλειμα μόνο στη ζώνη 250Hz. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος θα γίνει επέμβαση όπως προηγουμένως, αυξάνοντας την απορρόφηση του χώρου έξω από το στούντιο, χωρίς όμως να μας απασχολεί αυτή τη φορά ο χρόνος αντήχησης αυτού καθώς πρόκειται για ένα περιβάλλον χώρο μικρού εμβαδού και δεν μπορεί να έχει κάποια χρήση πέρα από αυτή του περιμετρικού διάδρομου.

Εργαζόμενοι σε λογιστικό φύλλο προστίθεται στην οροφή επένδυση με διάτρητη γυψοσανίδα.

Πίνακας 35 : Συντελεστές απορρόφησης διάτρητης γυψοσανίδας με ποσοστό διάτρησης : 8,7%, διάμετρο οπών : 6mm και βάθος κοιλότητας : 400mm (Εφαρμοσμένη Ακουστική, Σκαρλάτος, 2015).

	πάχος (mm)	επιφανειακό βάρος (Kg/m ²)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)
α Διάτρητης γυψοσανίδα	12,5	10,7	-	0,55	0,83	0,56	0,52	0,37	0,38

Η αλλαγή αυτή επιφέρει μείωση της ηχητικής στάθμης στον υπό εξέταση γειτονικό χώρο και η μείωση αυτή έχει ανάλογη επίδραση και στην εκπεμπόμενη ηχητική στάθμη θορύβου στον αμέσως επόμενο χώρο του δισκοπωλείου. Για λόγους συντομίας παρατίθεται μόνο ο τελικός Πίνακας 36 που δείχνει τις αλλαγές που επήλθαν σε σχέση με τον Πίνακα 34 ως προς τη μέγιστη στάθμη θορύβου στον εξωτερικό χώρο του στούντιο (γραμμή 3) και ως προς τον φαινόμενο και απαιτούμενο δείκτη ηχομονωτικής ικανότητας (γραμμή 9 και 11 αντίστοιχα).

Πίνακας 36 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή διάδοσης $\bar{\tau}$, προσφερόμενης ηχομείωσης cRw της διαχωριστικής επιφάνειας και έλεγχος επάρκειας ηχομονωτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 4109 μετά τη βελτιστοποίηση της απορρόφησης στον πρώτο χώρο μετάδοσης.

A/A		63	125	250	500	1000	2000	4000	Rw
1	$\bar{\tau}$	-	3,5E-04	2,7E-04	3,6E-05	8,4E-06	1,7E-06	7,1E-07	-
2	cRw	-	34,5	35,6	44,4	50,7	57,6	61,5	-
3	L _{p2}	-	57,22	56,12	49,08	43,96	38,34	34,17	-
4	NC-25 L ₁	54	44	37	31	27	24	22	35
5	10*log (f) f=4	6	6	6	6	6	6	6	6
6	10*log (TR) δισκοπωλείο	-	-0,80	-0,21	-1,05	-0,10	-1,19	-1,46	-
7	10*log (S/V) δισκοπωλείο	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
8	10*log (n) n=1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	R'w	0	28,0	34,5	32,6	32,5	28,8	26,3	0
10	d	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Rw	0	28,0	34,5	32,6	32,5	28,8	26,3	0
12	Σύγκριση cRw με Rw	-	6,5	1,1	11,8	18,3	28,8	35,2	-

Με αυτή την εσωτερική διαμόρφωση τόσο ως προς τις διαστάσεις του στούντιο, όσο και ως προς την επιλογή των εσωτερικών επενδύσεων, επιτυγχάνεται κάλυψη του κριτηρίου NC 25, δηλαδή εξασφάλιση κατάλληλης εσωτερικής ησυχίας για το δισκοπωλείο το οποίο θα λειτουργεί παράλληλα με ένα στούντιο, με αναμενόμενη στάθμη εκπομπής 96,1dB.

5.3. Μέτρα ηχοπροστασίας των γειτονικών κτιρίων από τη λειτουργία ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης στον υπαίθριο χώρο.

Με στόχο τη μείωση των οχλήσεων από τη λειτουργία του κήπου θα εγκαταστήσουμε ένα ηχοφράγμα στα όρια του οικοπέδου.

Στην πρώτη προσέγγιση επιλέχθηκε ανέγερση ηχοφράγματος ύψους 5m.

Έχοντας ως δεδομένο ότι η ταχύτητα του ήχου είναι 340m/sec υπολογίστηκε το μήκος κύματος λ για όλες τις ζωνικές στάθμες.

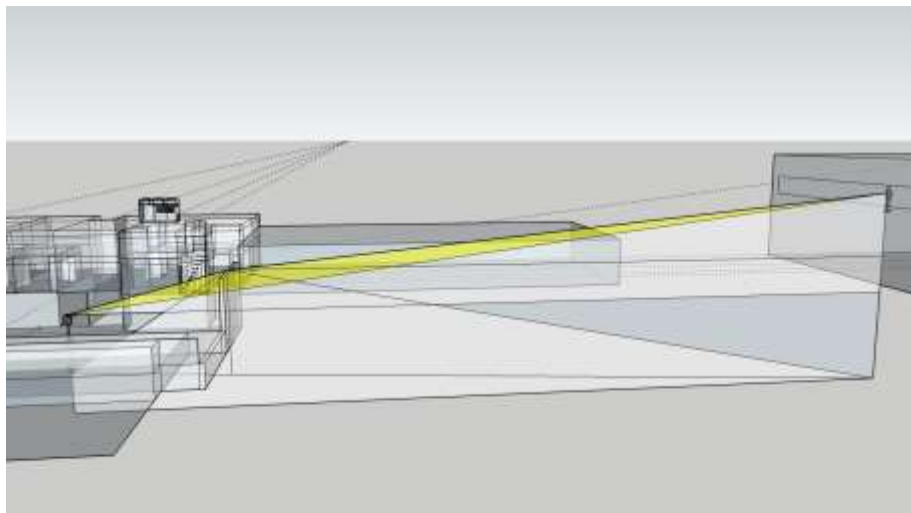
Πίνακας 37 : Μήκος κύματος λ για οκταβικές στάθμες.

f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
λ (m)	5,40	2,72	1,36	0,68	0,34	0,17	0,09

Η απόλυτος τιμή της ηχομείωσης που προκύπτει από την εφαρμογή του παραπάνω τύπου αφαιρείται αριθμητικά από τη στάθμη στο σημείο του δέκτη κατά την ελεύθερη διάδοση δηλαδή χωρίς την παρουσία του ηχοπετάσματος. Η στάθμη στη θέση του δέκτη με την ύπαρξη του ηχοπετάσματος προκύπτει από το άθροισμα όλων των δυνατών διαδρομών συμπεριλαμβανομένων των απορροφήσεων από το έδαφος τόσο στην πλευρά της πηγής όσο και στην πλευρά του δέκτη.

Πρώτο επίπεδο υπαίθριου χώρου που βρίσκεται σε απόσταση 2,70m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

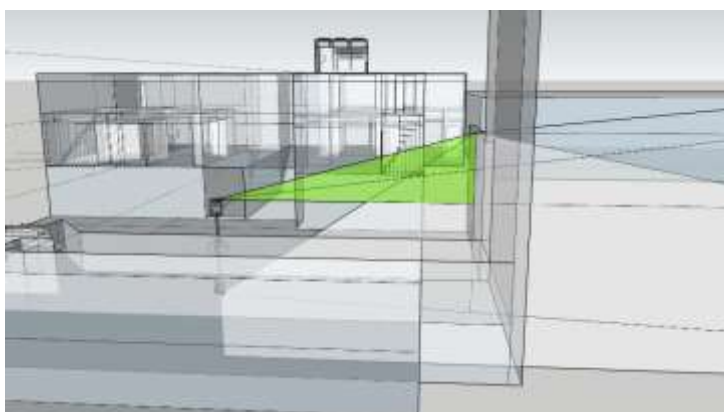
Διαδρομή P1 : Ηχοδιάδοση απευθείας από την ηχητική πηγή στο δέκτη



Εικόνα 85 : Διαδρομή P1.

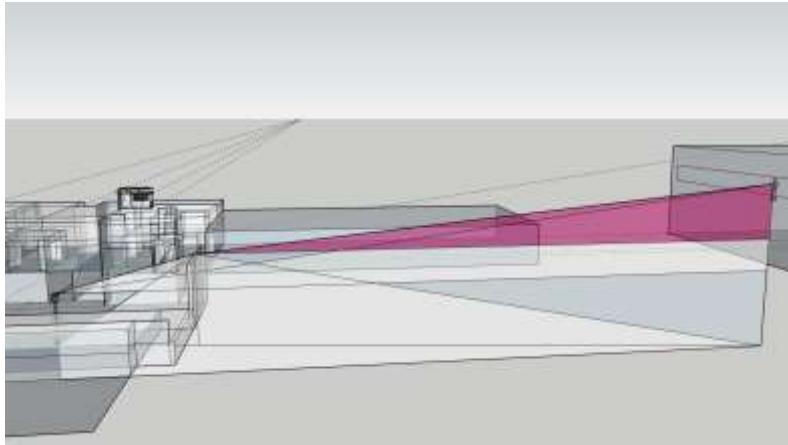
Δημιουργήθηκαν ορθογώνια τρίγωνα και μέσω πυθαγόρειου θεωρήματος υπολογίστηκε η εκάστοτε υποτεινούσα που το μήκος της αντιστοιχεί στις παρακάτω αποστάσεις:

Απόσταση πηγής - ακμή ηχοφράγματος = 11,26m



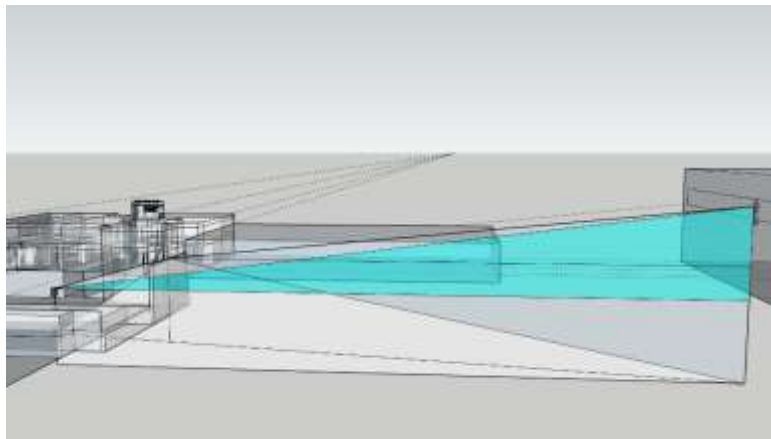
Εικόνα 86 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση πηγής – ακμής φράγματος.

Απόσταση ακμή ηχοφράγματος - δέκτης = 50,39m



Εικόνα 87 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση ακμής φράγματος - δέκτη.

Απόσταση πηγής - δέκτη = 61,54m.



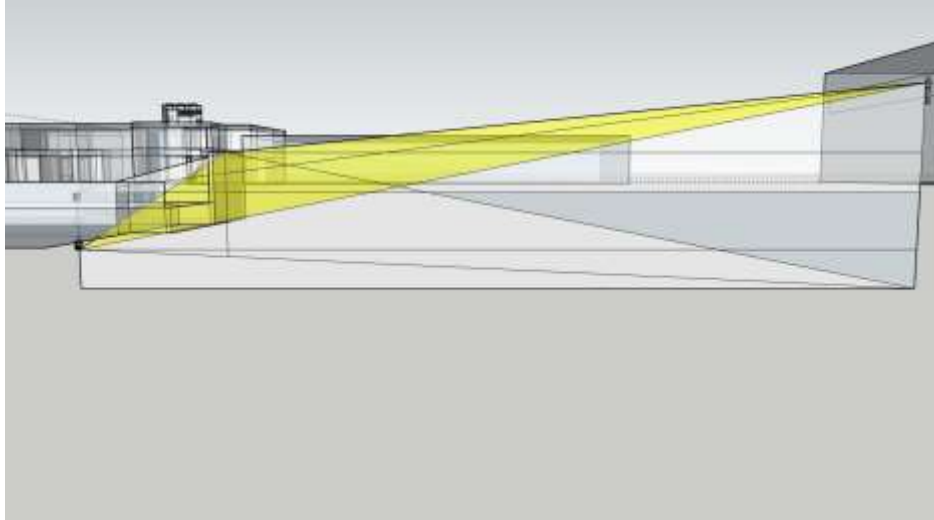
Εικόνα 88 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση πομπού - δέκτη.

Πίνακας 38 : Υπολογισμός αριθμού Fresnel και ηχομείωσης R για τη διαδρομή P1.

f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
N	0,04	0,08	0,17	0,33	0,67	1,33	2,67
R, $0 \leq N < 0,25$	8,46	9,47	10,90	12,93	15,80		
R, $0,25 \leq N < 1$							
R, $1 \leq N$						17,25	20,26
R	8,46	9,47	10,90	12,62	14,54	17,25	20,26

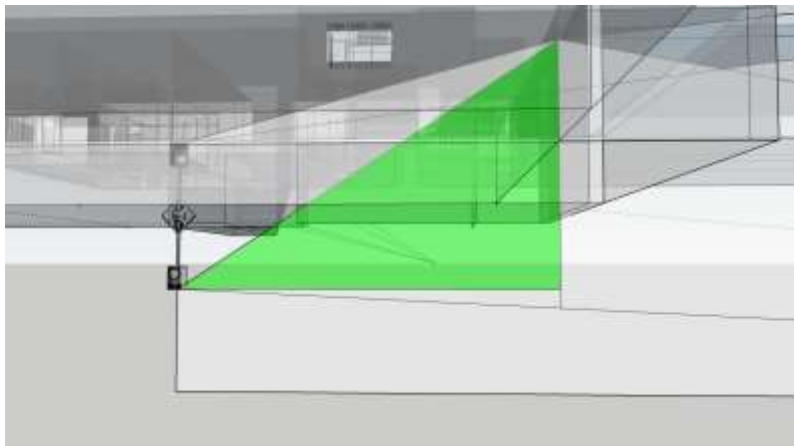
Διαδρομή P2 : Ηχοδιάδοση ανακλώμενη στο έδαφος είδωλο πηγής – δέκτης

Εργαζόμαστε όπως παραπάνω.



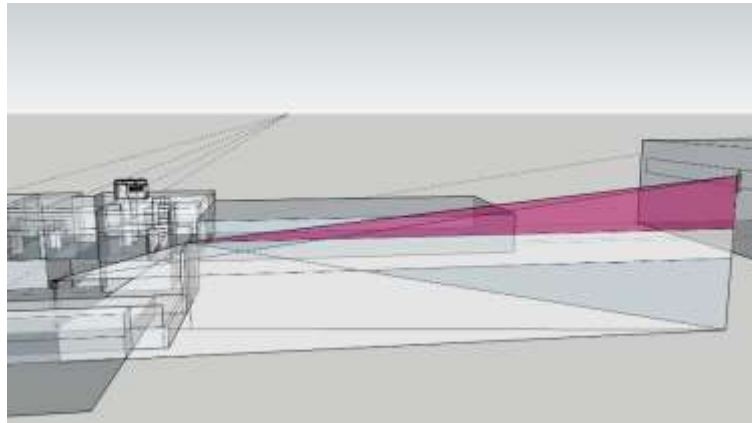
Εικόνα 89 : Διαδρομή P2.

Απόσταση είδωλο πηγής – ακμή ηχοπετάσματος = 12,99m



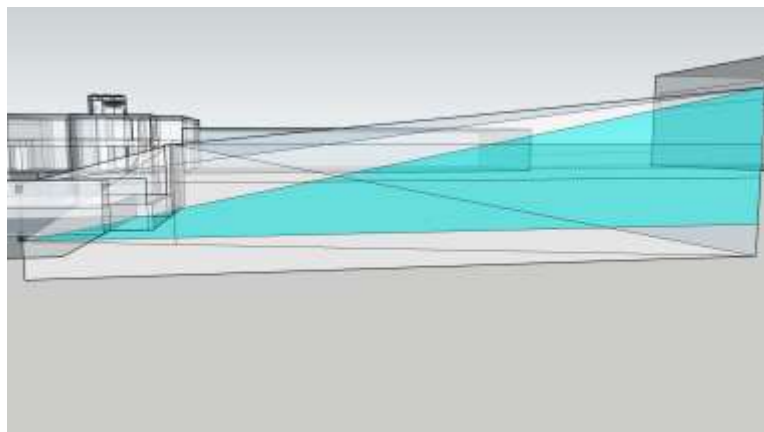
Εικόνα 90 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση είδωλο πηγής – ακμή πετάσματος.

Απόσταση ακμή ηχοφράγματος – δέκτης = 50,39m



Εικόνα 91 : Προσδιορισμός ορθογώνιου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση ακμή πετάσματος -δέκτης .

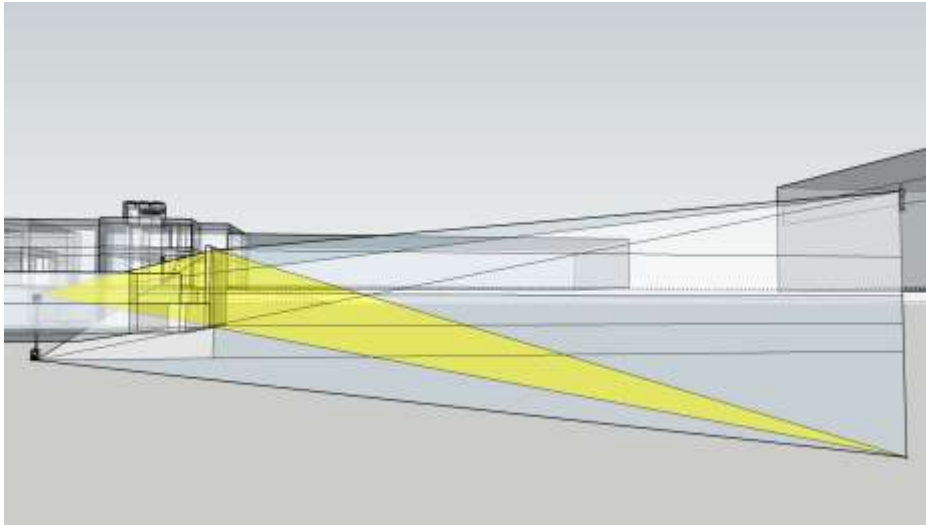
Απόσταση Είδωλο πηγής – δέκτης = 62,23m



Εικόνα 92 : Προσδιορισμός ορθογώνιου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση είδωλο πηγής – δέκτης.

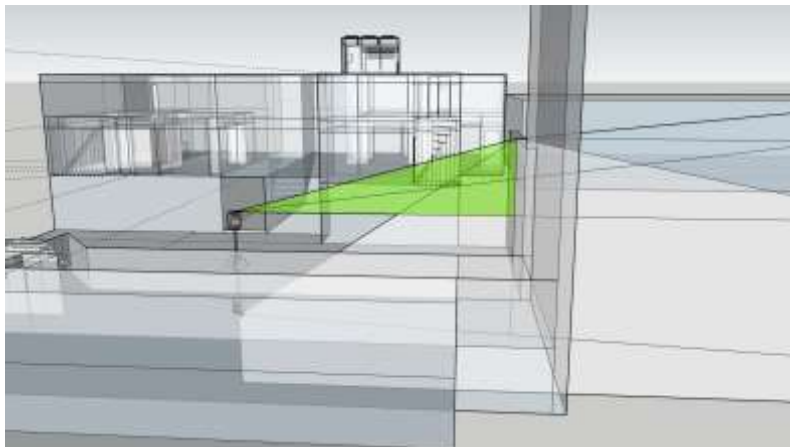
Πίνακας 39 : Υπολογισμός αριθμού Fresnel και ηχομείωσης R για τη διαδρομή P2.

f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
N	0,43	0,85	1,70	3,39	6,78	13,56	27,13
R, $0 \leq N < 0,25$							
R, $0,25 \leq N < 1$	13,23	15,37					
R, $1 \leq N$			18,29	21,30	24,31	27,32	30,33
R	13,23	15,37	18,29	21,30	24,31	27,32	30,33

Διαδρομή P3 : Ηχοδιάδοση από την πηγή στο είδωλο του δέκτη

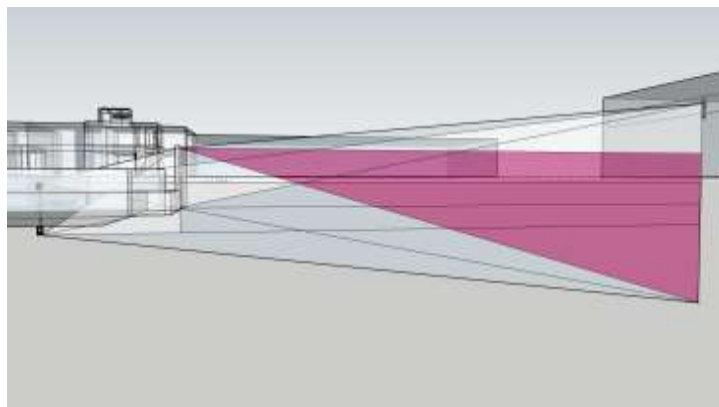
Εικόνα 93 : Διαδρομή P3.

Απόσταση Πηγή – Ακμή ηχοπετάσματος = 11,26m



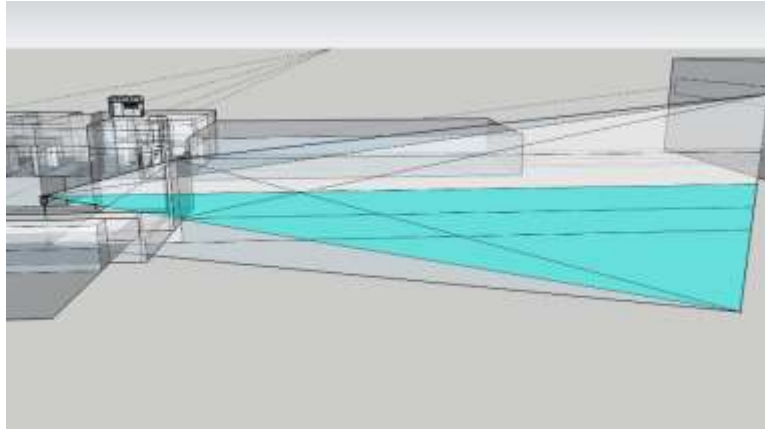
Εικόνα 94 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση πηγής – ακμή πετάσματος.

Απόσταση Ακμή ηχοπετάσματος – Είδωλο Δέκτη = 51,07m



Εικόνα 95 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση ακμή πετάσματος – είδωλο δέκτη.

Απόσταση Πηγή – Είδωλο Δέκτη = 61,39m

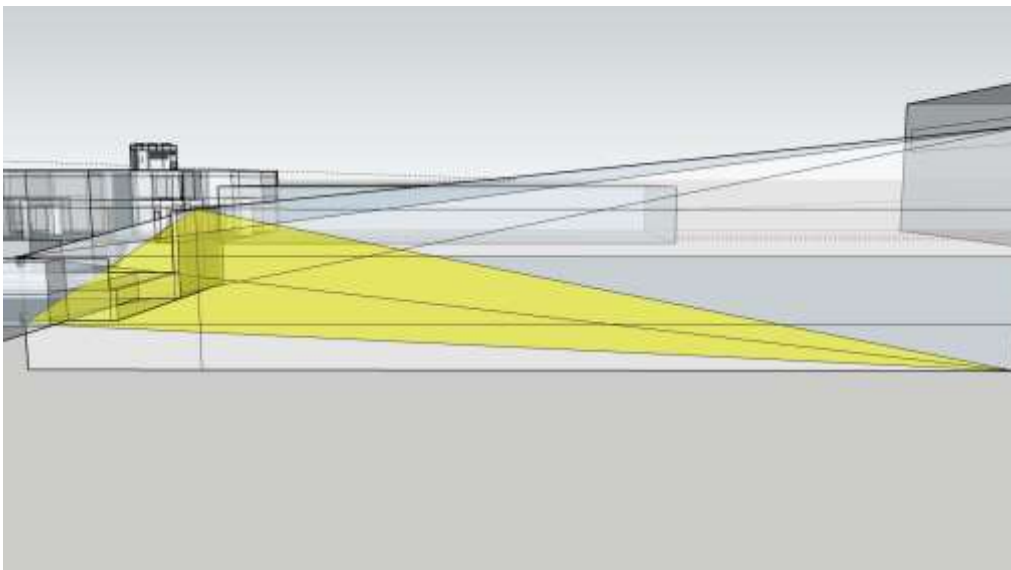


Εικόνα 96 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση πηγής – ακμή πετάσματος.

Πίνακας 40 : Υπολογισμός αριθμού Fresnel και ηχομείωσης R για τη διαδρομή P3.

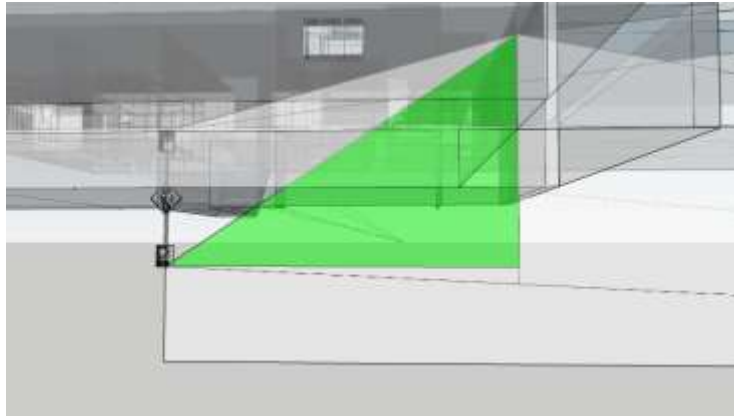
f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
N	0,35	0,69	1,38	2,76	5,53	11,06	22,12
R, $0 \leq N < 0,25$							
R, $0,25 \leq N < 1$	12,72	14,65					
R, $1 \leq N$			17,41	20,42	23,43	26,44	29,45
R	12,72	14,65	17,41	20,42	23,43	26,44	29,45

Διαδρομή P4 : Ηχοδιάδοση ανακλώμενη στο έδαφος είδωλο πηγής – είδωλο δέκτη



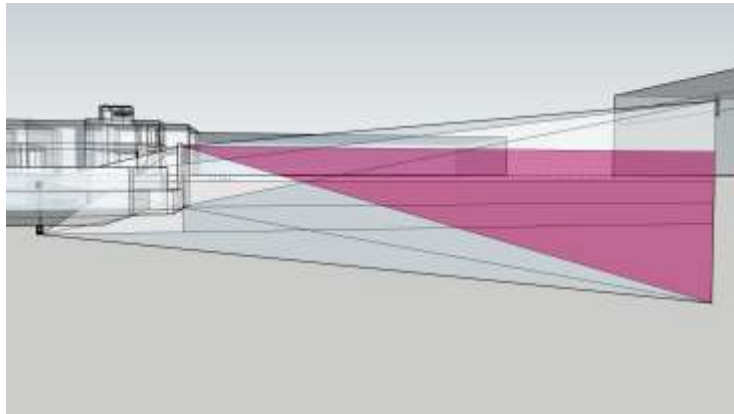
Εικόνα 97 : Διαδρομή P4.

Απόσταση Είδωλο Πηγής – Ακμή ηχοπετάσματος = 12,99m



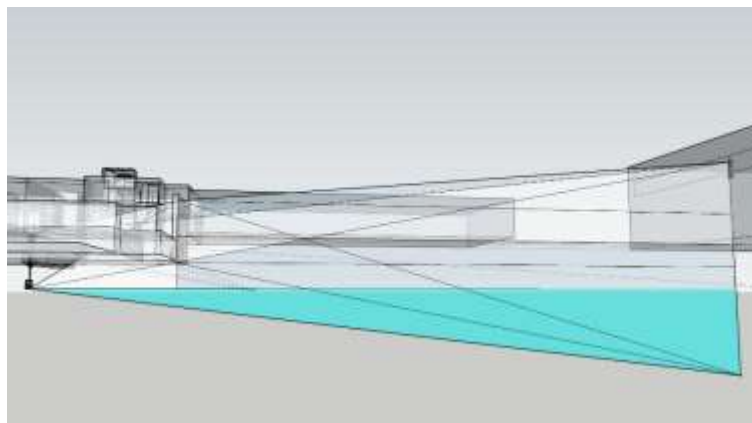
Εικόνα 98 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση είδωλο πηγής – ακμή πετάσματος.

Ακμή ηχοπετάσματος – Είδωλο Δέκτη = 51,07m



Εικόνα 99 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση ακμή πετάσματος – είδωλο δέκτη.

Είδωλο πηγής – Είδωλο Δέκτη = 61,06m



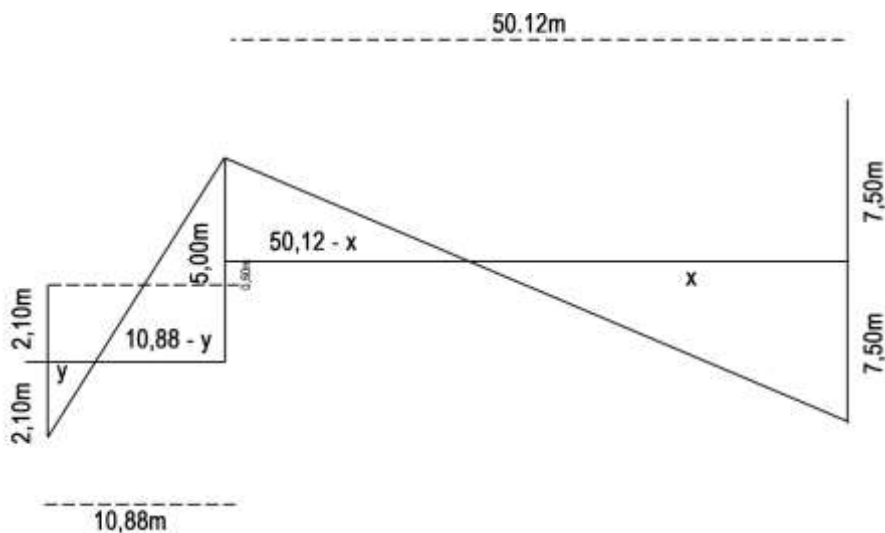
Εικόνα 100 : Προσδιορισμός ορθογωνίου τριγώνου μέσω του οποίου υπολογίστηκε η απόσταση είδωλο πηγής – είδωλο δέκτη.

Πίνακας 41 : Υπολογισμός αριθμού Fresnel και ηχομείωσης R για τη διαδρομή P4.

f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
N	1,11	2,21	4,41	8,83	17,65	35,31	70,61
R, $0 \leq N < 0,25$							
R, $0,25 \leq N < 1$							
R, $1 \leq N$	16,46	19,44	22,45	25,46	28,47	31,48	34,49
R	16,46	19,44	22,45	25,46	28,47	31,48	34,49

Το ηχείο είναι πηγή που η διάδοση εξελίσσεται με σφαιρικά κύματα. Η στάθμη L_0 στο δέκτη κατά την απευθείας διάδοση από την πηγή ισούται με 54,22dB.

Στη συνέχεια για να προσδιοριστεί η επίδραση του εδάφους στις διαδρομές με ηχοανακλάσεις, υπολογίστηκε τριγωνομετρικά.



Εικόνα 101 : Υπολογισμός απόστασης για προσδιορισμός υλικού εδάφους.

Όπως αποδεικνύεται η απόσταση $x = 38,36\text{m}$ και η απόσταση $y = 3,22\text{m}$.

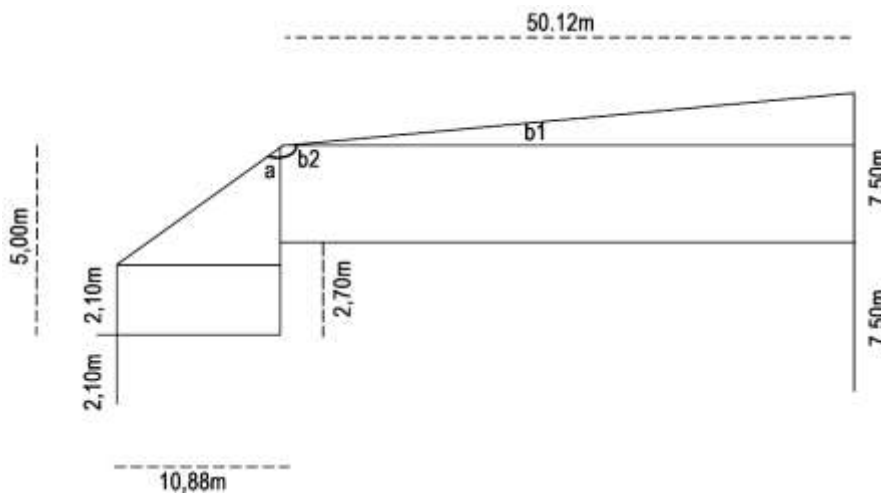
Το έδαφος που βρίσκεται στην πλευρά της πηγής είναι καλυμμένο με γρασίδι, ενώ το έδαφος στην πλευρά του δέκτη είναι καλυμμένο από χώμα. Οι συχνοτικές τιμές των συντελεστών απορρόφησης, κατά τη βάση δεδομένων του λογισμικού Olive Tree Lab και ο υπολογισμός της επίδρασης τους στην υπαίθρια ηχοδιάδοση δίδονται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 42 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για επίπεδο φράγμα ύψους 5m.

f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
α γρασίδι	0,06	0,1	0,17	0,26	0,38	0,56	0,73
α χώμα	0,07	0,11	0,18	0,28	0,41	0,58	0,75
L_p (πηγή @ 1m)	90	90	90	90	90	90	90
L_p (απευθείας διάδοση χωρίς ηχοπέτασμα)	54,22	54,22	54,22	54,22	54,22	54,22	54,22
L_p (στάθμη στο δέκτη με ηχοπέτασμα ύψους 5m και απορρόφηση από έδαφος)	45,87	44,81	43,35	41,61	39,69	36,97	33,95
NC-30	57	48	41	35	31	29	28
ΔL	-11,13	-3,19	2,35	6,61	8,69	7,97	5,95

Διαπιστώνεται ότι ο στόχος της κάλυψης του κριτηρίου ησυχίας NC-30 δεν ικανοποιείται στο εύρος ζωνικών σταθμών 250-4000Hz. Επομένως θα ακολουθηθεί δεύτερη προσέγγιση αυξάνοντας τις δυνατότητες του ηχοφράγματος (απορρόφηση στο υλικό επένδυσης, αύξηση του πάχους, διαμόρφωση της απόληξης).

Υπολογίζεται η γωνία περίθλασης, δηλαδή τη γωνία που σχηματίζουν οι ευθείες πηγή – ακμή ηχοφράγματος (a°) και ακμή ηχοφράγματος – δέκτης ($b1^\circ + b2^\circ$).



Εικόνα 102 : Υπολογισμός γωνίας περίθλασης.

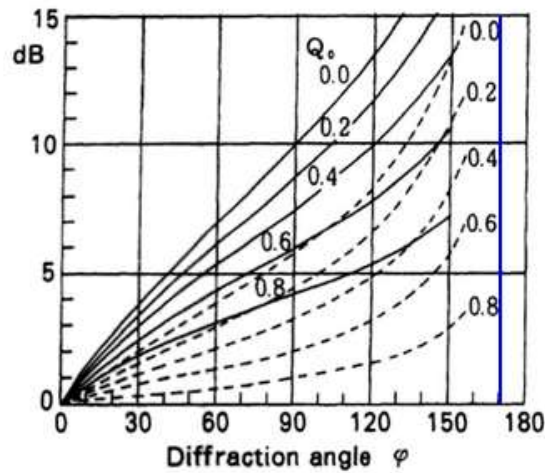
Γνωρίζοντας ότι η εφαπτομένη μίας γωνίας ισούται με το ημίτονο της απέναντι κάθετης προς την προσκείμενη προκύπτει ότι η

$$\epsilon\phi a^\circ = \frac{10,88}{5-2,10} = 3,75 \Rightarrow a = 75,1^\circ$$

$$\varepsilon \phi b1^\circ = \frac{7,5 - (5 - 2,70)}{50,12} = 0,92 \Rightarrow b1 = 6^\circ$$

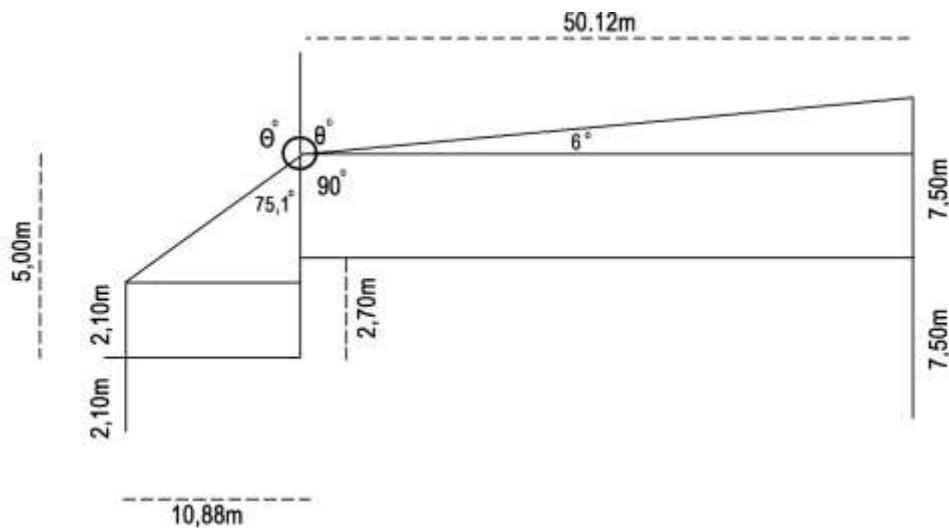
$$b2 = 90^\circ$$

Άρα η γωνία περίθλασης $\phi = 171,1^\circ$



Εικόνα 103 : Επίδραση της απορρόφησης (Environmental and Architectural Acoustics, 1994).

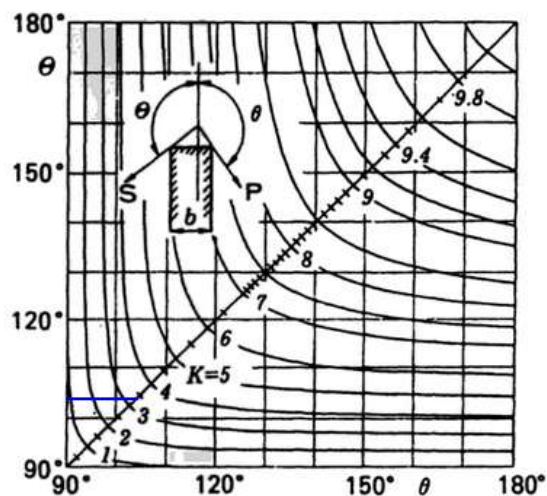
Σύμφωνα με το νομοδιάγραμμα της Εικόνας 103, για γωνία περίθλασης $\phi = 171,1^\circ$, η επίδραση της απορρόφησης στην ηχομείωση θα είναι αμελητέα.



Εικόνα 104 : Υπολογισμός γωνιών θ και ϑ .

Εξετάζοντας την επίδραση του πάχους του φράγματος και έχοντας ως δεδομένο τις εσωτερικές γωνίες που σχηματίζουν οι ευθείες πηγή – ακμή ηχοφράγματος ($75,1^\circ$) και ακμή ηχοφράγματος – δέκτης (96°), υπολογίζονται οι εξωτερικές γωνίες $\theta = 104,9^\circ$ και $\theta = 84^\circ$. Επειδή όμως στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν ικανοποιούνται τα κριτήρια

$\Theta > 90^\circ$ και $\theta > 90^\circ$ η όποια αύξηση του πάχους b θα οδηγήσει σε ελάχιστη αύξηση της ηχομείωσης.



Εικόνα 105 : Επίδραση του πάχους τους φράγματος (Environmental and Architectural Acoustics, 1994).

Τέλος, όσο αναφορά τη βελτίωση της ηχομείωσης χάρη στη διαμόρφωση μίας απόληξης κυλινδρικού σχήματος (κατά Ishizuka & Fujiwara), αναμένεται μία μικρή βελτίωση 4dB η οποία και πάλι δεν επαρκεί για να βελτιώσει την απόδοση ενός ηχοφράγματος ύψους 5m.

Εργαζόμενοι σε λογιστικό φύλλο αυξάνεται το ύψος του φράγματος στα 8m, διάσταση που έχει τεθεί ως ανώτατη, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τα αρχιτεκτονικά δεδομένα της περιοχής.

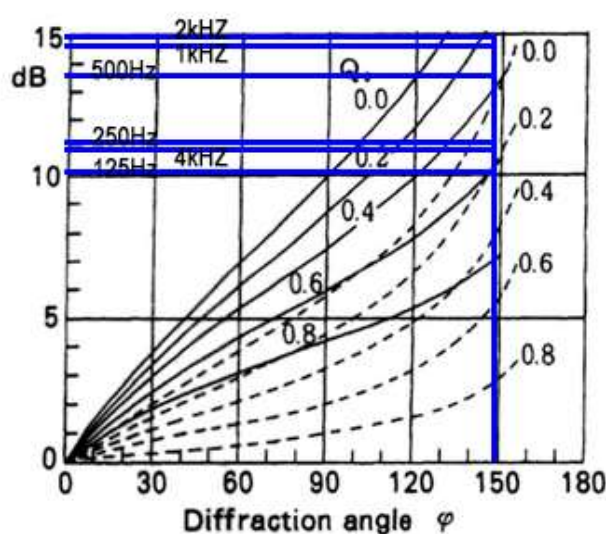
Πίνακας 43 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για επίπεδο φράγμα ύψους 8m.

f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
α γρασίδι	0,06	0,1	0,17	0,26	0,38	0,56	0,73
α χώμα	0,07	0,11	0,18	0,28	0,41	0,58	0,75
L_p (dB) (πηγή @ 1m)	90	90	90	90	90	90	90
L_p (απευθείας διάδοση χωρίς ηχοπέτασμα)	54,22	54,22	54,22	54,22	54,22	54,22	54,22
L_p (στάθμη στο δέκτη με ηχοπέτασμα ύψους 8m και απορρόφηση από έδαφος)	41,38	39,35	36,51	33,50	30,48	27,47	24,46
NC-30	57	48	41	35	31	29	28
ΔL	-15,62	-8,65	-4,49	-1,50	-0,52	-1,53	-3,54

Η επίδραση της απορρόφησης κατά την κατασκευή φράγματος από πέτρα, θα γίνονταν αισθητή όταν το ύψος θα τίθετο στα 9m όπου η γωνία περίθλασης ϕ θα ισούταν με 149° . Η αύξηση του ύψους του φράγματος ορίζει τη γωνία ϕ να τέμνει τις γραμμές της εικόνας 106, σε σημείο όπου οι χαμηλές τιμές του συντελεστή ανάκλασης Q αποδίδουν υψηλούς δείκτες ηχομείωσης. Συγκεκριμένα κατά την επιλογή υλικού επένδυσης από πέτρα (συμπαγής ή θρυμματισμένη 3,18cm, βάθος: 45,7cm), που παρουσιάζει υψηλούς συντελεστές απορρόφησης (Acoustic Absorbers and Diffusers, 2004), έχει ως αποτέλεσμα χαμηλές τιμές του συντελεστή ανάκλασης Q και παράλληλη θετική επίδραση στην ηχομείωση R όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 45.

Πίνακας 44 : Συντελεστής απορρόφησης πέτρας, συντελεστής ανάκλασης Q και ηχομείωση R φράγματος.

f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
α πέτρας	-	0,41	0,53	0,64	0,84	0,91	0,63
$Q = 1 - \alpha$	-	0,59	0,47	0,36	0,16	0,09	0,37
R (dB)	-	10	11	13,5	14,5	15	11



Εικόνα 106 : Επίδραση της απορρόφησης στην ηχομείωση φράγματος από πέτρα, συναρτήσε γωνίας περίθλασης και συντελεστή ανάκλασης Q .

Η επιλογή υλικών επένδυσης των ηχοπετασμάτων με μεγάλους συντελεστές απορρόφησης, οδηγεί σε μείωση του συντελεστή ανάκλασης Q , όπου συναρτήσε της γωνίας περίθλασης ϕ μεταξύ των $130^\circ - 150^\circ$ προσφέρουν υψηλές τιμές ηχομείωσης της τάξης των 14 – 15dB.

Όσο αναφορά την αντίστοιχη επίδραση σε συνάρτηση με το πάχος του φράγματος αυτό θα πραγματοποιούνταν όταν το ύψος του θα έφτανε τα 11m, όπου και οι γωνίες θ και Θ θα είχαν τιμές $89,1^\circ$ και $129,3^\circ$ αντίστοιχα. Η αύξηση του πάχους θα οδηγούσε

σε αύξηση της γωνίας θ ώστε να γίνει μεγαλύτερη των 90° και έτσι θα μπορούσαμε να προσδιορίσουμε το συντελεστή k μέσω του αντίστοιχου διαγράμματος.

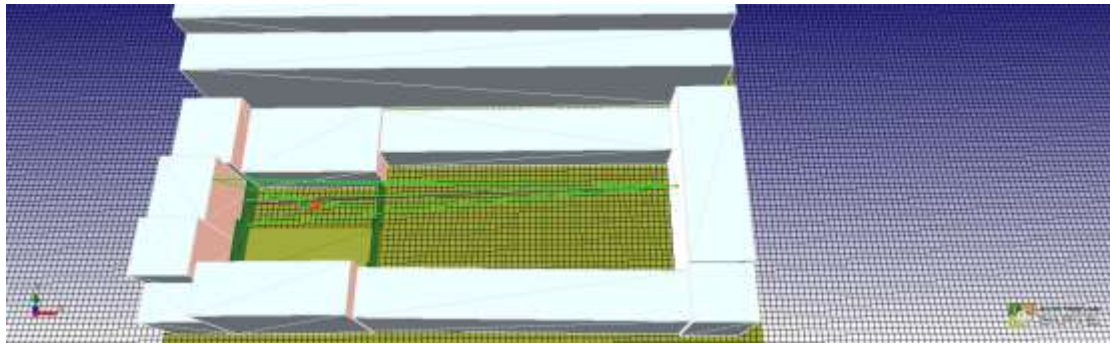
Κλείνοντας να αναφερθεί ότι τα ζητούμενα ως προς τον ίδιο δέκτη κατά τον υπολογιστικό τρόπο που ακολουθήθηκε, θα ικανοποιούνταν και με ηχοπέτασμα ύψους 7m, αλλά με διαμόρφωση της απόληξης του και επένδυση της με απορροφητικού υλικό. Με την επέμβαση αυτή θα επιτυγχάνονταν αύξηση της ηχομείωσης για το εύρος κεντρικών συχνοτήτων 500-1000HZ όπου παρατηρήθηκε υπέρβαση ορίου.

Πίνακας 45 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για επίπεδο φράγμα ύψους 7m.

f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
α γρασίδι	0,06	0,1	0,17	0,26	0,38	0,56	0,73
α χώμα	0,07	0,11	0,18	0,28	0,41	0,58	0,75
L_p (dB) (πηγή @ 1m)	90	90	90	90	90	90	90
L_p (απευθείας διάδοση χωρίς ηχοπέτασμα)	54,22	54,22	54,22	54,22	54,22	54,22	54,22
L_p (στάθμη στο δέκτη με ηχοπέτασμα ύψους 7m και απορρόφηση από έδαφος)	42,54	40,85	38,60	35,62	32,61	29,60	26,58
NC-30	57	48	41	35	31	29	28
ΔL	-14,46	-7,15	-2,40	0,62	1,61	0,60	-1,42

Συμπεραίνεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η αύξηση του ύψους του ηχοφράγματος σε σχέση με το ύψος της πηγής, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η αποτελεσματικότητα του. Στις περιπτώσεις που δεν είναι εφικτή η επιπλέον αύξηση του ύψους του και η υπέρβαση του ορίου ησυχίας είναι μικρότερη των 15dB, τότε η κατάλληλη διαμόρφωση της απόληξης του ηχοπετάσματος σε συνδυασμό με την επένδυση της με απορροφητικό υλικό θα επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμος ο έλεγχος της παραπάνω προσέγγισης σύμφωνα με τη μέθοδο υπολογισμού λογισμικού προγράμματος ώστε να εξεταστούν οι αποκλίσεις στα αποτελέσματα.

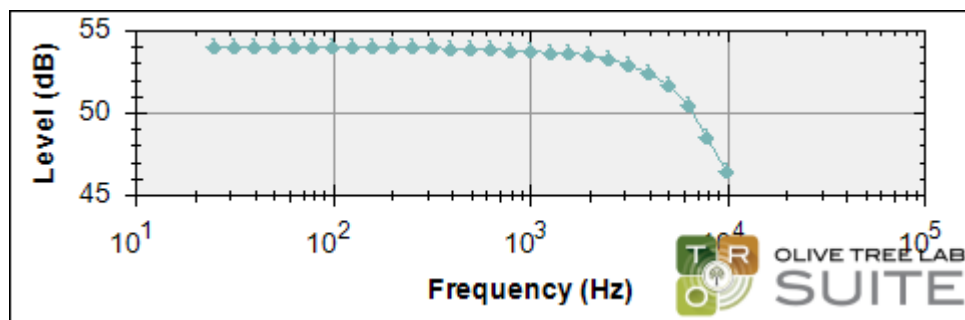
Σε συνδυασμό με την παραπάνω υπολογιστική επίλυση, σχεδιάσαμε την περιοχή του καταστήματος στη δοκιμαστική έκδοση του Olive Tree Lab v.4.0. Κατά το σχεδιασμό ορίστηκαν οι προηγούμενες επικαλύψεις του εδάφους (γρασίδι και χώμα) ενώ για τις όψεις των γειτονικών κτιρίων επιλέχθηκε οπτοπλινθοδομή πυκνότητας 1800kg/m^3 .



Εικόνα 107 : Απεικόνιση περιοχής για δέκτη R1 (Olive Tree Lab v.4.0).

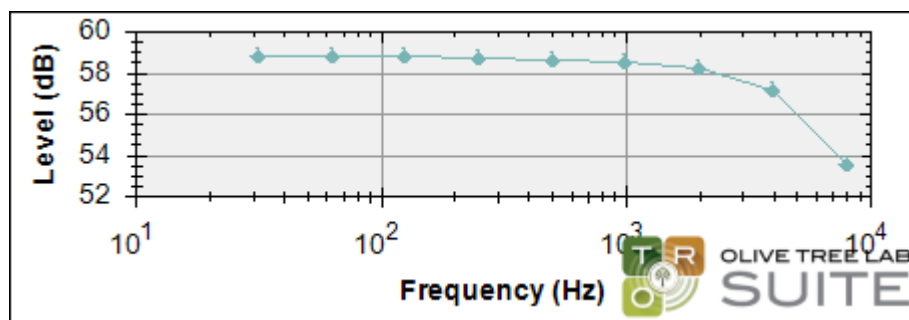
Τα αποτελέσματα του λογισμικού όσο αναφορά την απευθείας μετάδοση από την πηγή στο δέκτη, επιβεβαιώνουν τη μείωση της ηχητικής στάθμης στα 54,22dB (όπως και κατά τον προηγούμενο υπολογισμό).

Στην παρακάτω απεικόνιση ο άξονας x είναι λογαριθμικός και φαίνεται ότι η στάθμη παραμένει σταθερή για όλο το υπολογιζόμενο συχνοτικό εύρος 20 – 20000Hz. Ο υπολογισμός βασίζεται στην κυματική εξίσωση και η στάθμη μειώνεται ανάλογα με το λογάριθμο της απόστασης.



Εικόνα 108 : Στάθμη στο δέκτη R1 κατά την απευθείας μετάδοση στο ελεύθερο πεδίο με την ενδεικτική μέθοδο υπολογισμού (Indicative) (Olive Tree Lab v.4.0).

Αντίστοιχα κατά την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού παρατηρείται αύξηση της παραπάνω στάθμης η οποία διαμορφώνεται ως εξής

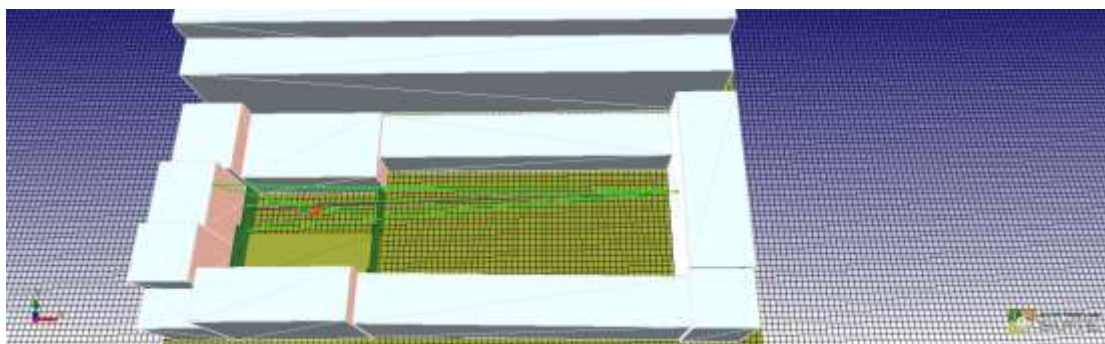


Εικόνα 109 : Στάθμη στο δέκτη R1 κατά την απευθείας μετάδοση στο ελεύθερο πεδίο με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).

Πίνακας 46 : Τιμές ηχητικής στάθμης στο δέκτη R1 κατά την απευθείας μετάδοση στο ελεύθερο πεδίο με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).

f (Hz)	Level Free Field (dB)
63	58,8
125	58,8
250	58,7
500	58,6
1000	58,5
2000	58,2
4000	57,1

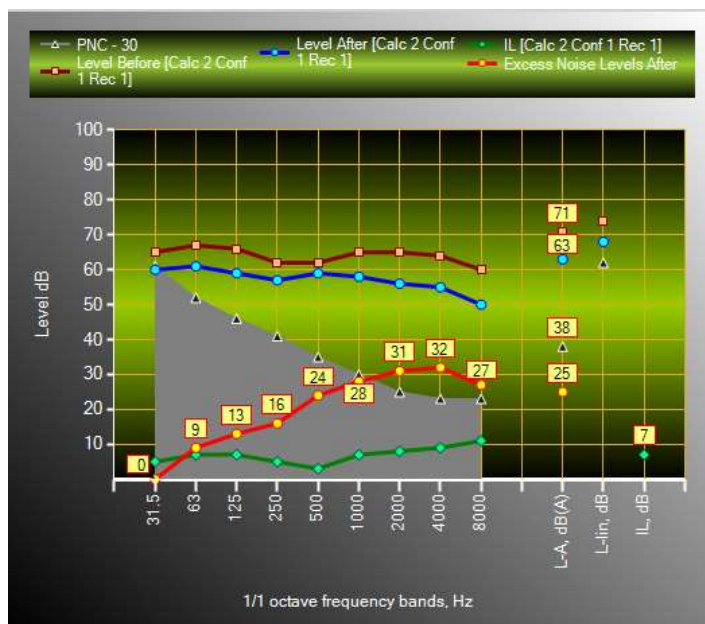
Αρχικά, επιλέχθηκε η εφαρμογή ηχοφράγματος από λεπτό πέτασμα (με υλικό τυπικά ανακλαστικό κατά τη βάση δεδομένων του λογισμικού), ύψους 5m.



Εικόνα 110 : Απεικόνιση ανακλάσεων στο δέκτη R1 για επίπεδο ανακλαστικό φράγμα 5m (Olive Tree Lab v.4.0).

Πίνακας 47 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα από την εξομοίωση επίπεδο φράγμα ύψους 5m με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).

f (Hz)	Level Before	IL	Level After	Excess Level After
63	67,3	6,8	60,6	8,6
125	66,1	7,1	59	13
250	62,3	5,3	57,1	16,1
500	62,3	3,4	58,9	23,9
1000	65,2	7	58,2	28,2
2000	64,6	8,3	56,3	31,3
4000	63,6	8,6	55	32



Εικόνα 111 : Απεικόνιση αποτελεσμάτων για επίπεδο φράγμα ύψους 5m με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).

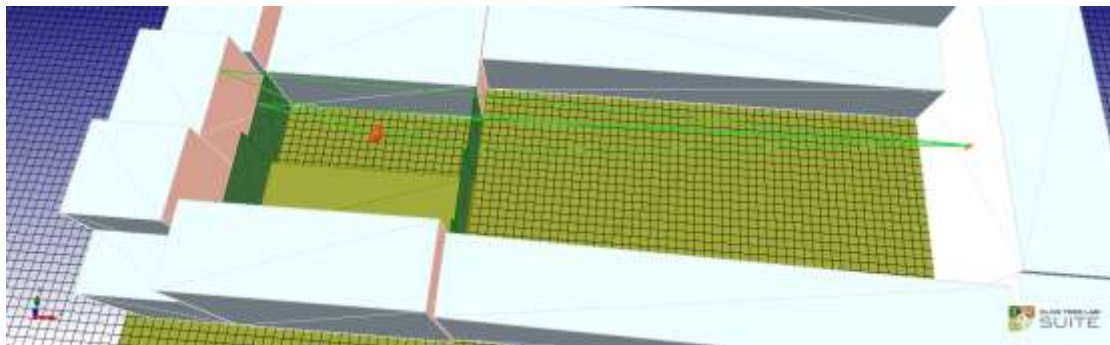
Στους πίνακες αποτελεσμάτων και στις απεικονίσεις τους σε διάγραμμα, εμφανίζονται οι στάθμες στη θέση του δέκτη πριν την εγκατάσταση του ηχοπετάσματος (Level Before, καμπύλη χρώματος καφέ) και μετά την εγκατάσταση του (Level After, καμπύλη χρώματος μπλε), συμπεριλαμβανομένης της επίδραση του περιβάλλοντος και του εδάφους (IL = Level Before - Level After, πράσινη καμπύλη). Η τελευταία στήλη υποδηλώνει την απώλεια ένθεσης (Excess Noise Level, κόκκινη καμπύλη) η οποία αναφέρεται στην πρόσθετη ηχομείωση που θα πρέπει να εξασφαλίσει το ηχοπέτασμα ώστε να ικανοποιούνται τα επιθυμητά κριτήρια θορύβου που έχουν τεθεί σε κάθε περίπτωση (συμπαγής καμπύλη χρώματος γκρι).

Συγκρίνοντας τους πίνακες με τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα από τον προσεγγιστικό τρόπο υπολογισμού, μέσω λογιστικών φύλλων, με τα αυτά που προέκυψαν από το λογισμικό, μέσω αναλυτικών υπολογισμών, διαπιστώνονται διαφορές ως προς την απώλεια ένθεσης οι οποίες οφείλονται

- στις πρόσθετες ανακλάσεις που γίνονται τόσο στα απέναντι ηχοπετάσματα όσο και στις επιφάνειες των γειτονικών κτηρίων,
- στην παράλειψη της επίδρασης της απορρόφησης του πετάσματος
- στις περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, γεωμετρική απόκλιση).

Επομένως, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν επεμβάσεις ως προς τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (ύψος, πάχος, διαμόρφωση ακμής) και ιδιότητες του ηχοπετάσματος (υλικά κατασκευής) ώστε να αυξηθεί η ηχομείωση (να εισέλθει η μπλε καμπύλη εντός της γκρι περιοχής στο διάγραμμα απεικόνισης).

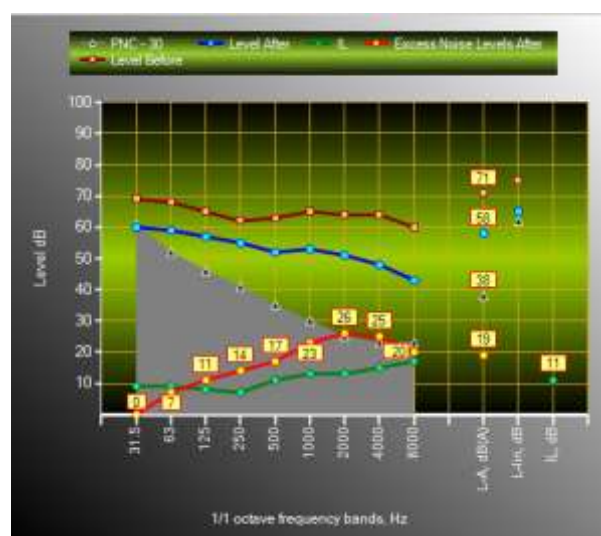
Σε δεύτερη προσέγγιση αυξάνουμε το ύψος όλων περιμετρικών φραγμάτων του υπαίθριου χώρου στα 8m, διατηρώντας το υλικό επικάλυψης τους ως ανακλαστικό και επαναλάβουμε τους υπολογισμούς.



Εικόνα 112 : Απεικόνιση ανακλάσεων στο δέκτη R1 για επίπεδο ανακλαστικό φράγμα 8m (Olive Tree Lab v.4.0).

Πίνακας 48 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα από την εξομοίωση για φράγμα ύψους 8m με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).

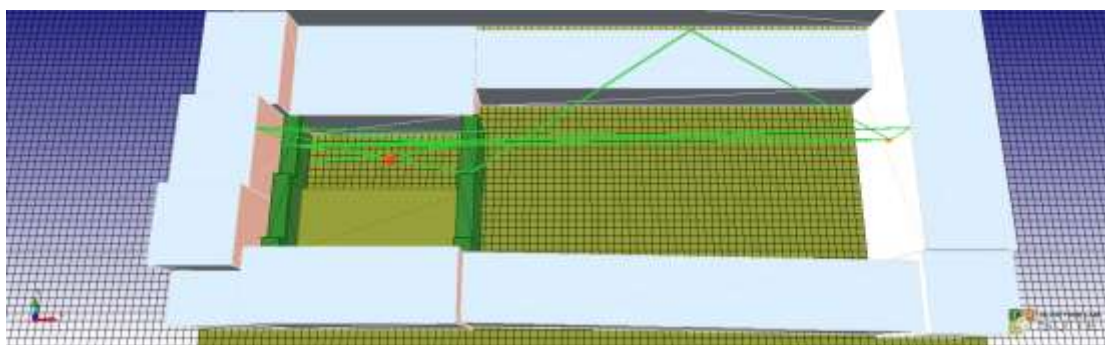
	Level Before	IL	Level After	Excess Level After
63	68,2	9,3	58,8	6,8
125	65	8	57,1	11,1
250	61,9	7,3	54,6	13,6
500	62,5	10,8	51,8	16,8
1000	65,3	12,6	52,8	22,8
2000	64,3	13,4	50,9	25,9
4000	63,7	15,3	48,4	25,4



Εικόνα 113 : Απεικόνιση αποτελεσμάτων για επίπεδο φράγμα ύψους 8m με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).

Από τα απεικονιζόμενα αποτελέσματα διαπιστώνεται ότι πρέπει να γίνουν περαιτέρω επεμβάσεις ως προς το υλικό κατασκευή των ηχοπετασμάτων, το πάχος αυτών καθώς και τη διαμόρφωση των άκρων τους ώστε να μειωθεί η απώλεια ένθεσης ώστε να ικανοποιείται το κριτήριο NC-30.

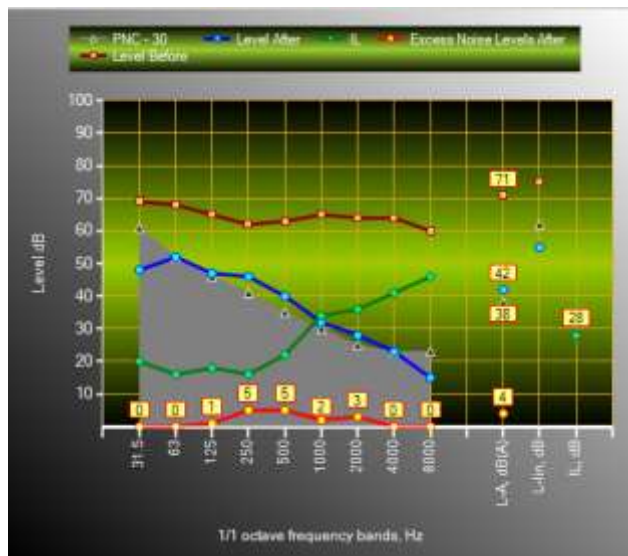
Κατά τη διαδικασία των επεμβάσεων δοκιμάστηκαν αρκετά υλικά, σύνθετες κατασκευές από πολλαπλές στρώσεις υλικών, διαφορετικά πάχη στα ηχοπετάσματα και διαμορφώσεις των άκρων τόσο ως προς το μήκος έκτασης αυτών εντός του χώρου που βρίσκεται η πηγή θορύβου όσο και ως προς τη γωνία τους. Στη διάρκεια των δοκιμών είχε τεθεί ως παράλληλος στόχος με τα επιθυμητά κριτήρια, μία ρεαλιστική σχετικά με τις διαστάσεις του ύψους κατασκευή, η μέγιστη διάσταση του οποίου ορίστηκε στο να μην ξεπερνάει τα 8m. Δηλαδή η επιφάνεια της κορυφής του πετάσματος να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τη στέψη κτιρίου. Τελικά, τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα, προέκυψαν με χρήση πλακών οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 60cm, διαμόρφωση του άκρου του πετάσματος σε σχήμα «Γ» 90° και έκταση αυτού 2m εντός του υπαίθριου χώρου.



Εικόνα 114 : Απεικόνιση ανακλάσεων στο δέκτη R1 για φράγμα 8m, πάχους 60cm, με διαμόρφωση άκρου σε σχήμα "Γ" 90° και μήκους 2m (Olive Tree Lab v.4.0).

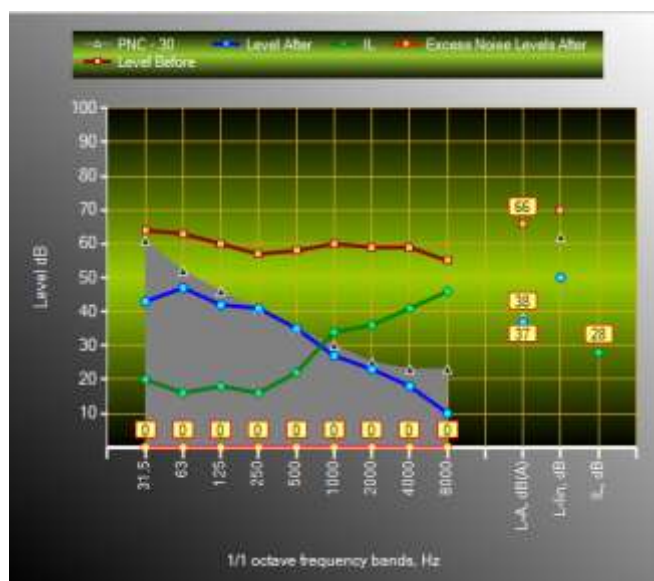
Πίνακας 49 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα από την εξομοίωση για φράγμα ύψους 8m, πάχους 60cm, με διαμόρφωση άκρου σε σχήμα "Γ" 90° και μήκους 2m (Olive Tree Lab v.4.0).

	Level Before	IL	Level After	Excess Level After
63	68,2	15,7	52,4	0,4
125	65	17,8	47,2	1,2
250	61,9	15,7	46,2	5,2
500	62,5	22,2	40,3	5,3
1000	65,3	33,7	31,6	1,6
2000	64,3	36,3	28	3
4000	63,7	41,2	22,5	0



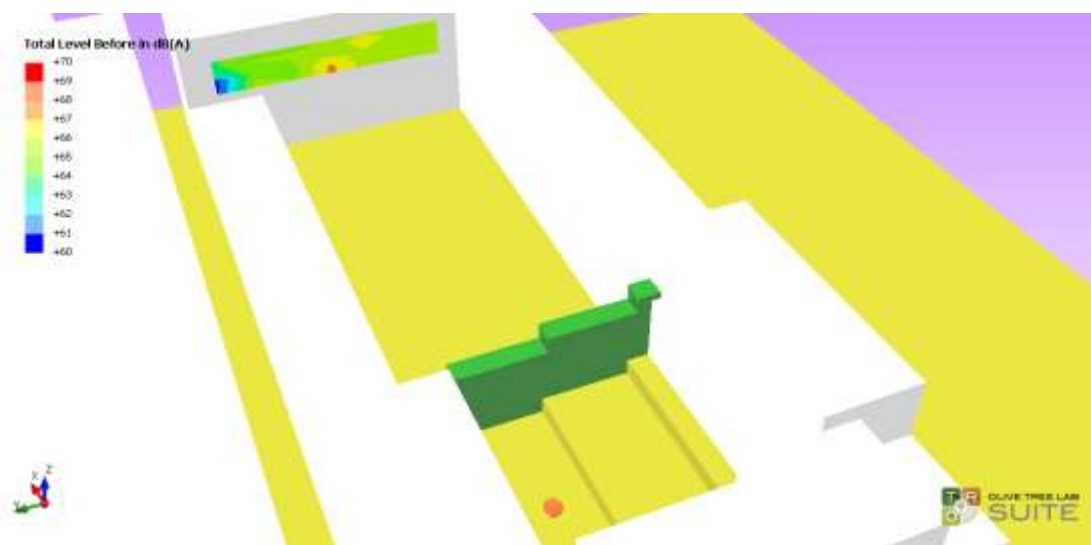
Εικόνα 115 : Απεικόνιση αποτελεσμάτων για φράγμα ύψους 8m, πάχους 60cm, με διαμόρφωση άκρου σε σχήμα "Γ" 90° και μήκους 2m (Olive Tree Lab v.4.0).

Διαπιστώνεται και σε αυτή την περίπτωση διαμόρφωσης του ηχοπετάσματος ότι υπάρχει υπέρβαση του ορίου στο εύρος κεντρικών συχνοτήτων 125 – 2000Hz. Βέβαια η απώλεια ένθεσης έχει πολύ μικρές τιμές σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις που εξετάσαμε. Καθώς η συγκεκριμένη κατασκευή είναι πιθανό να ξεπερνάει τα όρια ως προς τα κατασκευαστικά δεδομένα και θεωρώντας ότι δεν δύναται να πραγματοποιηθούν περαιτέρω διαμορφώσεις, διαπιστώνεται ότι αποτελεί μονόδρομο η μείωση της ηχητικής στάθμης στα 85dB, στο 1m (μείωση κατά 5dB). Με αυτόν τον τρόπο εκτιμάται ότι η μπλε καμπύλη θα εισέλθει οριακά εντός της γκρι περιοχής που ορίζει τις μέγιστες τιμές του κριτηρίου ησυχίας. Σύμφωνα με τα παραπάνω προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

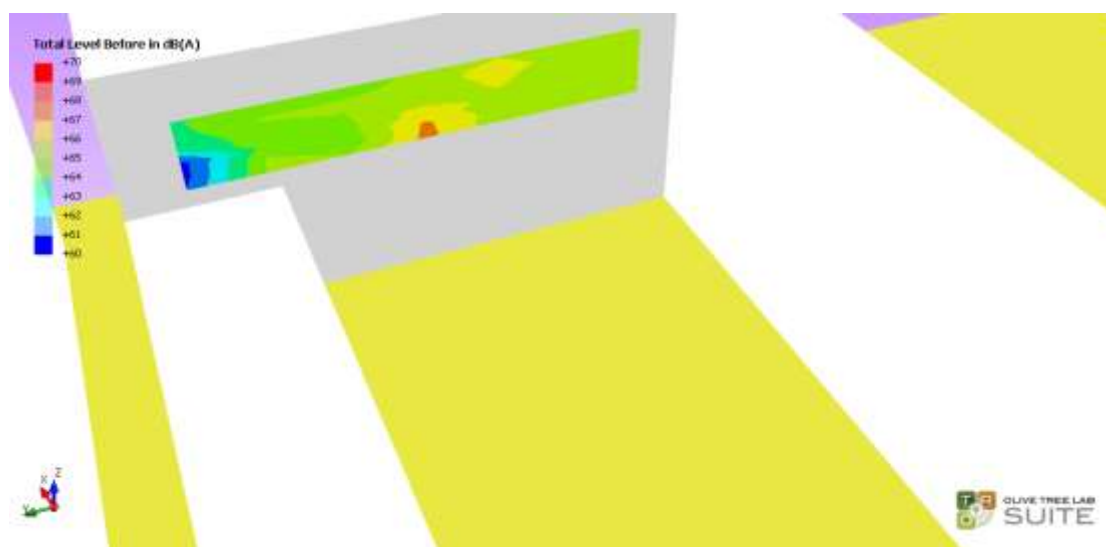


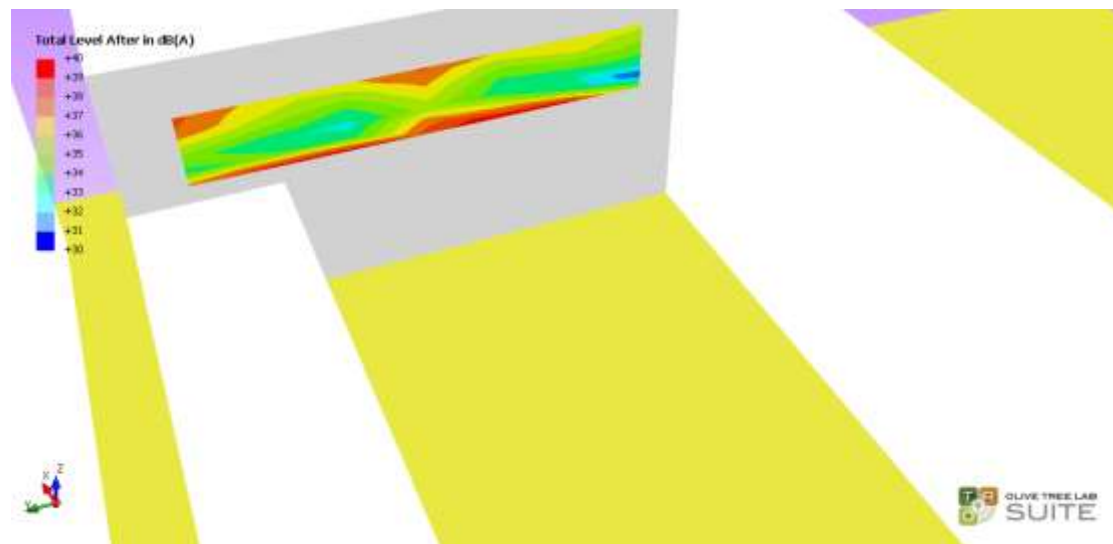
Εικόνα 116 : Απεικόνιση αποτελεσμάτων κατά την εκπομπή πηγής 85dB στο 1m και για φράγμα ύψους 8m, πάχους 60cm, με διαμόρφωση άκρου σε σχήμα "Γ" 90° και μήκους 2m (Olive Tree Lab v.4.0).

Τέλος μέσω του λογισμικού πραγματοποιήθηκε χαρτογράφηση θορύβου για τις προσόψεις των κτιρίων που εμπλέκονται στη μετάδοση του ήχου. Η απεικόνιση του θορύβου γίνεται με ισοθορυβικές καμπύλες οι οποίες δημιουργούνται από την ένωση σημείων ίσης στάθμης και τους αποδίδεται χρωματική κλίμακα. Να αναφερθεί ότι στους παρακάτω χάρτες το βήμα της χρωματικής κλίμακας δεν είναι ίδιο για όλους, αλλά σε κάθε περίπτωση έχει επιλεγεί το κατάλληλο ώστε να είναι σαφής η όποια επίδραση θορύβου στην αντίστοιχη εξεταζόμενη περιοχή (ανά περίπτωση το βήμα παίρνει τιμές ανά 1dB ή ανά 3dB ή ανά 5dB).



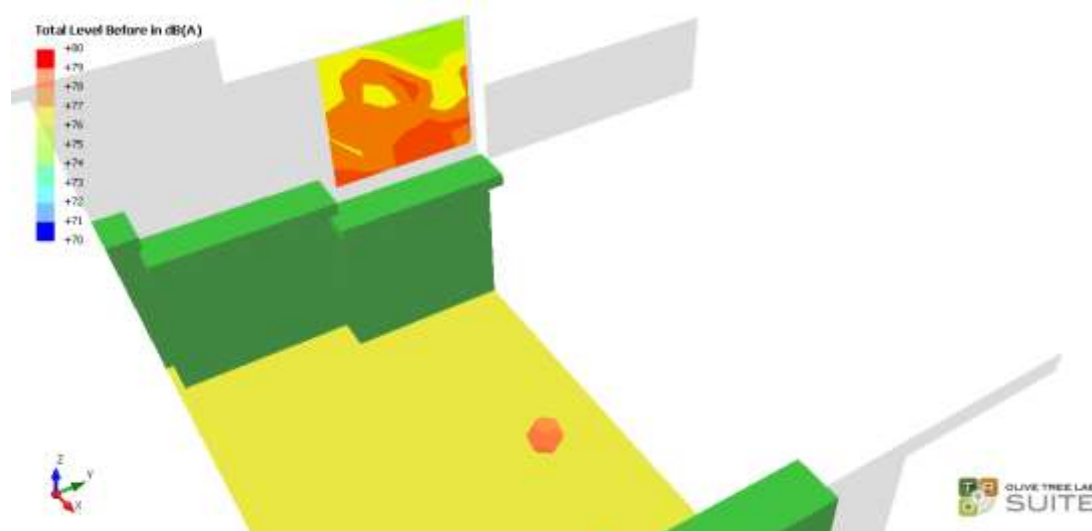
Εικόνα 117 : Γενική απεικόνιση περιοχής, πηγής και επιφάνειας που πραγματοποιήθηκε χαρτογράφηση θορύβου (θέση δέκτη) (Olive Tree Lab v.4.0).

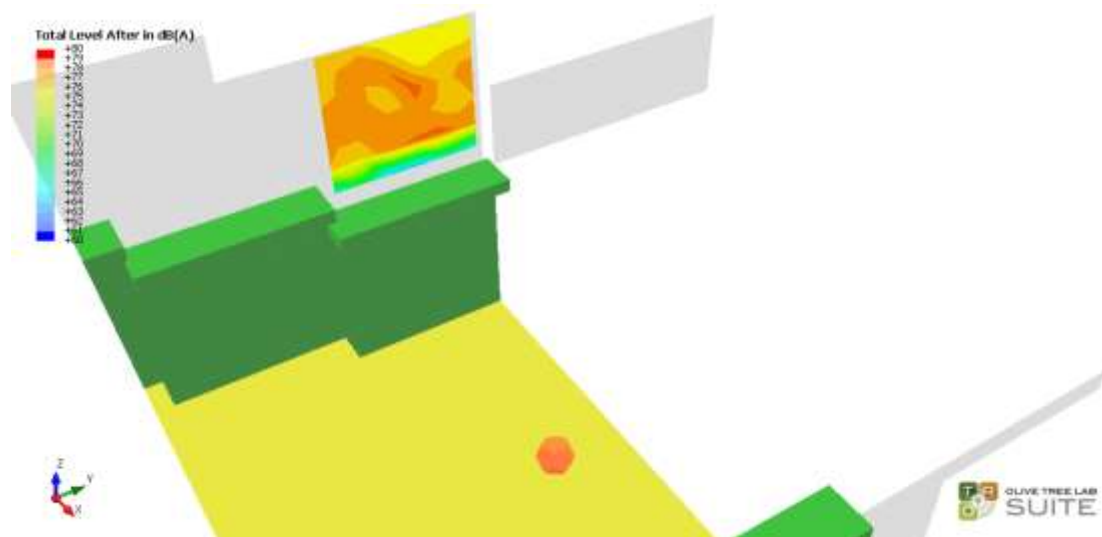




Εικόνα 118 : Χάρτης θορύβου για την πρόσοψη κτιρίου που βρίσκεται ο δέκτης R1, πριν την τοποθέτηση του ηχοπετάσματος (πάνω) και μετά την τοποθέτηση (κάτω) (Olive Tree Lab v.4.0).

Σχετικά με την εικόνα 118 (α) διαπιστώνεται η αυξημένη στάθμη εκπεμπόμενου θορύβου σε όλη την επιφάνεια χαρτογράφησης. Η κλίμακα που έχει επιλεγεί είναι μεταξύ 60-70dB με βήμα 1dB. Είναι εμφανές ότι η μεγαλύτερη στάθμη λαμβάνεται στη θέση που είναι τοποθετημένος ο δέκτης σε ευθεία γραμμή από την πηγή. Η στάθμη αυτή είναι της τάξεως των 70dB. Στην υπόλοιπη επιφάνεια η στάθμη παρουσιάζει μειωμένες τιμές σε σχέση με την αντίστοιχη στη θέση του δέκτη. Η ελάχιστη τιμή διαμορφώθηκε στα 60dB στην πιο απομακρυσμένη περιοχή της πρόσοψης σε αναφορά με την απόσταση από το δέκτη. Οι λαμβανόμενες στάθμες επιβεβαιώνουν τη δημιουργία στρατηγικής για την αντιμετώπιση της έντασης αυτών ώστε να υπάρχει συμμόρφωση με το κριτήριο ησυχίας που έχει τεθεί ως στόχος. Έπειτα από την τοποθέτηση του ηχοπετάσματος περιμετρικά του υπαίθριου χώρου η στάθμη στην ίδια επιφάνεια μειώθηκε κατά 30dB.





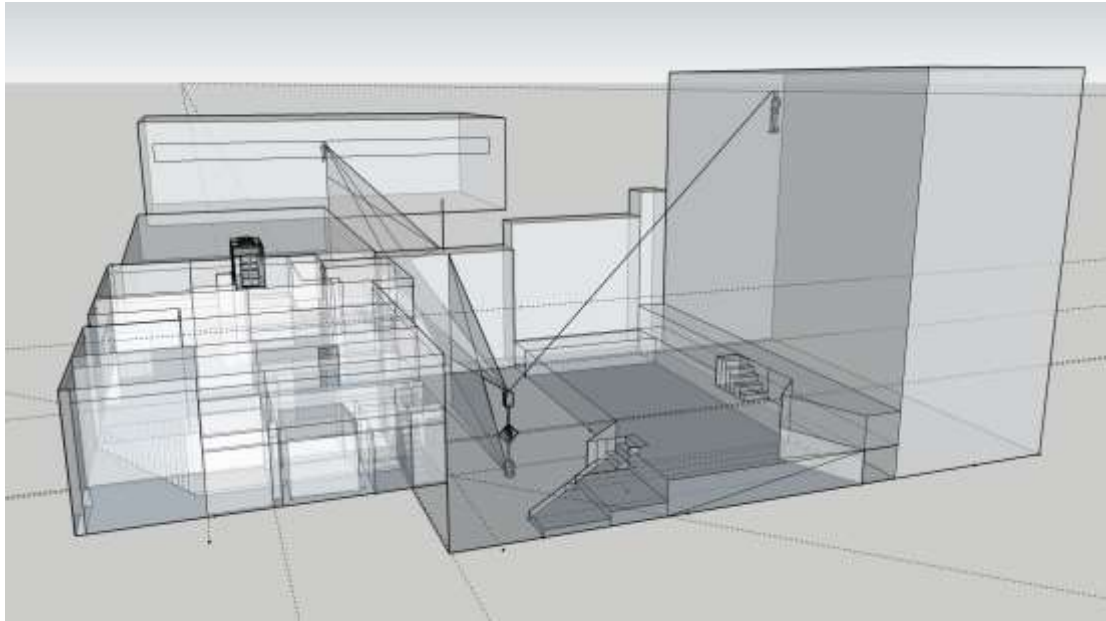
Εικόνα 119 : Χάρτης θορύβου για την επιφάνεια κτιρίου που βρίσκεται νότια του υπό μελέτη υπαίθριου χώρου, πριν την τοποθέτηση του ηχοπετάσματος (πάνω) και μετά την τοποθέτηση (κάτω) (Olive Tree Lab v.4.0).

Επίσης πραγματοποιήθηκε χαρτογράφηση και στην επιφάνεια γειτονικού κτιρίου το οποίο συμμετέχει στη διάδοση του θορύβου μέσω ανακλάσεων. Βέβαια το συγκεκριμένο κτίριο όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο που έγινε η περιγραφή της περιοχής και ο προσδιορισμός χρήσης των κτιρίων, είναι ξενοίκιαστο και συνεπώς η εκπεμπόμενη προς αυτό στάθμη δεν θα έχει άμεσο αντίκτυπο σε ενοίκους. Παρόλα αυτά το ηχοπέτασμα είχε θετική επίδραση έστω και σε μικρό βαθμό στους ορόφους που βρίσκονται στην περιοχή Fresnel που δημιουργείται από αυτό σε αντίθεση με την περιοχή ελεύθερης διάδοσης, υψηλότερους ορόφους όπου η επίδραση του είναι ανύπαρκτη.

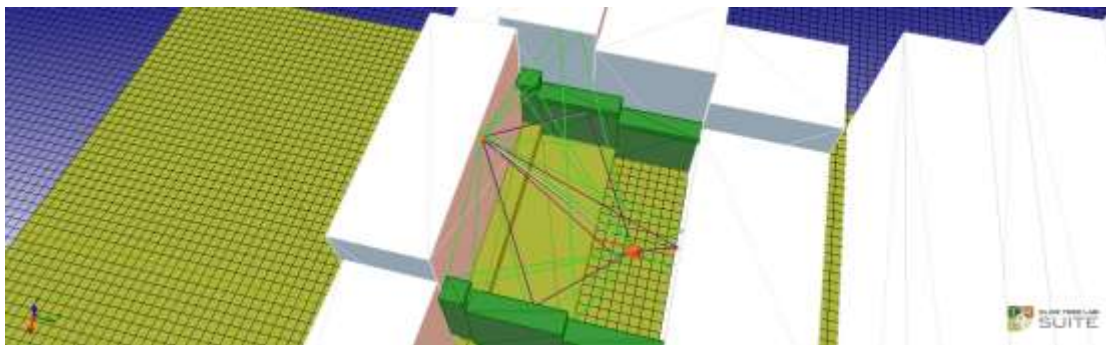
Έχοντας πλέον ως δεδομένο, από το προηγούμενο βήμα, τη διαμορφωμένη μέγιστη ηχητική στάθμη εκπομπής της ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης στα 85dB, στάθμη που ικανοποιούσε τις απαιτήσεις μας ως προς τα επιδιωκόμενα κριτήρια, στο κομμάτι αυτό πραγματοποιείται μελέτη ως προς τη μετάδοση αυτής στα ανατολικά γειτονικά κτίρια που είναι σε επαφή με τον υπαίθριο χώρο και το ύψος αυτών είναι αρκετά μεγάλο ώστε να μπορέσει να κατασκευαστεί ηχοπέτασμα. Τα αποτελέσματα όπως ήταν αναμενόμενο δεν είναι ενθαρρυντικά.

Συγκεκριμένα τοποθετήθηκε δέκτης στη δυτική όψη του κτιρίου σε ύψος 16m από την επιφάνεια του εδάφους που έχει αυτό ανεγερθεί και διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν διαμερίσματα. Η υποτεινόμενη της απόστασης πομπού - δέκτη είναι 19,6m. Διατηρώντας σταθερή την ηχητική στάθμη στα 85dB, σύμφωνα με την προηγούμενη θεώρηση, η στάθμη στον δέκτη είναι:

$$L_1 = L_0 - 20 \log \frac{r_1}{r_0} = 59,15\text{dB}.$$



Εικόνα 120 : Απεικόνιση περιοχής για δέκτη R2 (Google Sketch Up).

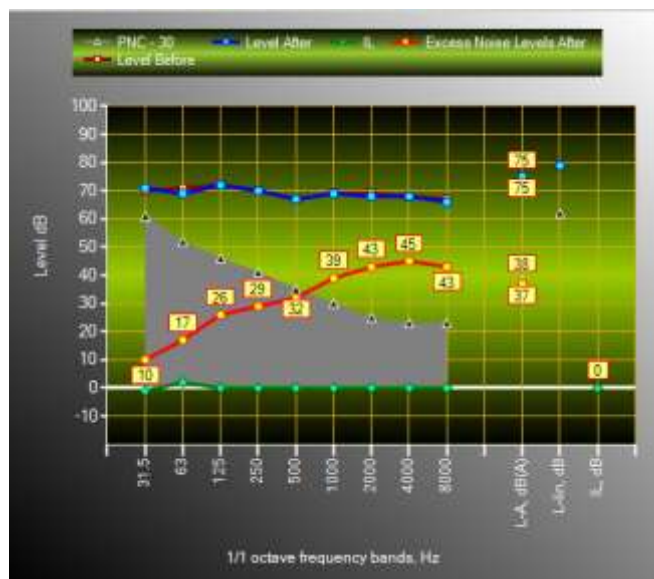


Εικόνα 121 : Απεικόνιση περιοχής για δέκτη R2 (Olive Tree Lab v.4.0).

Η προσομοίωση στο λογισμικό Olive Tree Lab απέδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα.

Πίνακας 50 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα από την εξομοίωση για το δέκτη R2 με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).

f (Hz)	Level Before	IL	Level After	Excess Level After
63	70,9	1,7	69,1	17,1
125	71,5	0	71,5	25,5
250	70	0,2	69,8	28,8
500	66,7	0,1	66,6	31,6
1000	69,4	0,2	69,3	39,3
2000	68,8	0,3	68,5	43,5
4000	68	0,4	67,5	44,5



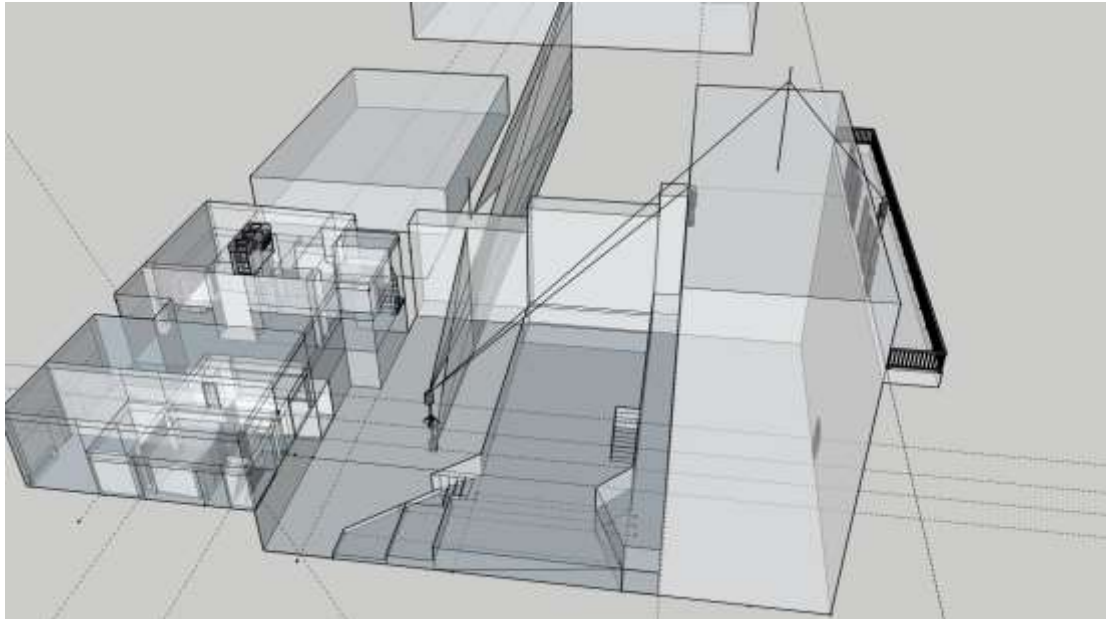
Εικόνα 122 : Απεικόνιση αποτελεσμάτων για το δέκτη R2 με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).

Είναι εμφανές ότι δεν υπάρχει βελτίωση, επειδή δεν έχει τοποθετηθεί κάποιο ηχοπέτασμα. Αλώςτε, τα ηχοπετάσματα δεν προστατεύουν τους δέκτες που είναι σε οπτική επαφή με την πηγή. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος θα πρέπει το πέτασμα να λάβει τη μορφή τούνελ. Επίσης η τοποθέτηση βλάστησης κατά μήκος του ηχοπετάσματος θα μείωνε σε κάποιο βαθμό τις ανακλάσεις που προέρχονται από τις επιφάνειες του ηχοπετάσματος.

Με παρόμοιο τρόπο για να ικανοποιηθούν τα επιδιωκόμενα κριτήρια ησυχίας θα πρέπει να προχωρήσουμε υπολογιστικά στη μείωση της ηχητικής στάθμης εκπομπής. Όπως φαίνεται, με βάση τη συχνότητα 4000Hz, θα απαιτηθεί μείωση κατά 29dB, δηλαδή στάθμη εκπομπής 55dB στο 1m. έτσι ώστε η μειωμένη στάθμη συναρτήσει του λογάριθμου της απόστασης στη θέση του δέκτη να ισούται με την απαιτούμενη. Βέβαια μία τέτοια στάθμη δεν θα ικανοποιούσε τις απαιτήσεις που ορίζει μία εκδήλωση μουσικού περιεχομένου με συγκεντρωμένο πλήθος κόσμου και επομένως μία τέτοια παρέμβαση δεν έχει νόημα διότι ουσιαστικά πρόκειται για απαγόρευση της μουσικής στον υπαίθριο χώρο.

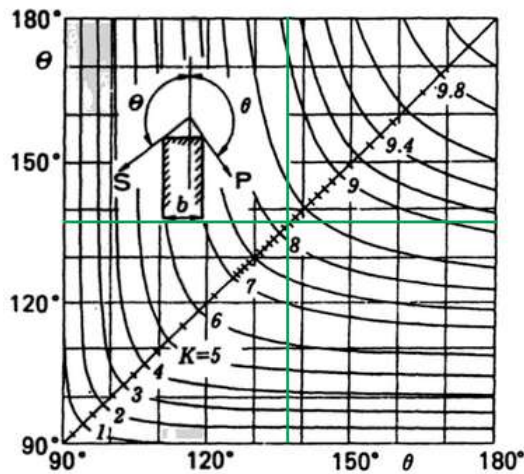
Στη συνέχεια, εστιάζοντας στη μετάδοση του εκπεμπόμενου θορύβου λειτουργίας στην ανατολική όψη του ίδιου κτιρίου (πρόσοψη) και συγκεκριμένα σε δέκτη που βρίσκεται στο μπαλκόνι, διαπιστώνεται ότι το κτίριο λειτουργεί ως φράγμα και το πάχος του συμβάλει θετικά στην ηχομείωση.

Όσο αναφορά την απευθείας ηχοδιάδοση από την πηγή στο δέκτη που βρίσκεται στο μπαλκόνι χωρίς παρεμβολή του φράγματος – κτιρίου, η απόσταση είναι 26,61m και η ηχητική στάθμη λόγω της διάδοσης σφαιρικών κυμάτων διαμορφώνεται στα 61,5dB.



Εικόνα 123 : Απεικόνιση περιοχής για δέκτη R3 (Google Sketch Up).

Όπως προαναφέρθηκε, για να θεωρηθεί το κτίριο ως φράγμα θα πρέπει να ικανοποιείται η συνθήκη $b > \frac{\lambda}{2}$, πράγμα που ισχύει καθώς το πάχος του κτιρίου μετρήθηκε στα 8m και το λ στα 63Hz ισούται με 5,4m. Υπολογίζουμε τριγωνομετρικά τις γωνίες Θ και θ και προκύπτει $\Theta = \theta = 137,2^\circ$, δηλαδή με τη χρήση του διαγράμματος $k=8,3$.



Εικόνα 124 : Προσδιορισμός συντελεστή k.

Με αντικατάσταση των δεδομένων στη σχέση $\Delta C = k * \log \frac{2 \pi b}{\lambda}$ έχουμε

Πίνακας 51 : Ηχομείωση λόγω πάχους φράγματος-κτιρίου.

f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
ΔC	7,95	10,39	12,85	15,32	17,79	20,26	22,73

Βέβαια το λογισμικό δεν επιτρέπει την εξαγωγή των αποτελεσμάτων κατά την τοποθέτηση του δέκτη σε αυτό το σημείο και επομένως μένουμε στην παραπάνω προσεγγιστική επίλυση.

5.4. Μέτρα ηχοπροστασίας των γειτονικών κτιρίων από τη λειτουργία εξωτερικής μονάδας κλιματισμού.

Για την αντιμετώπιση θορύβου που παράγεται από την εγκατάσταση μονάδας κλιματισμού θα πρέπει αρχικά να προσδιοριστούν τα αναμενόμενα επίπεδα ηχητικής στάθμης, το ρυθμό λειτουργία της, δηλαδή κατά πόσο είναι κανονικός ή εντατικός καθώς και τη χρονική στιγμή που εκδηλώνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας ή της νύκτας.

Έπειτα από έρευνα σε εγχειρίδια κατασκευαστών διαπιστώθηκε ότι για να εξυπηρετηθεί μία αίθουσα παρόμοιου όγκου (περίπου 780m^3) με ένα σύστημα ψύξης - θέρμανσης, η αντίστοιχη εξωτερική μονάδα θα πρέπει να είναι δυναμικότητας 16HP και θα εκπέμπει 75dB στο 1m για όλες τις ζωνικές στάθμες. Ο θόρυβος που παράγει χαρακτηρίζεται ως βόμβος χαμηλών συχνοτήτων χωρίς όμως να είναι συνεχής. Υποθέτουμε ότι διαρκεί γύρω στα 20 -25 λεπτά με αντίστοιχη χρονική παύση. Βέβαια η διάρκεια αυτή εξαρτάται άμεσα από τις περιβαλλοντικές θερμοκρασίες οι οποίες επηρεάζουν και την αντίστοιχη θερμοκρασία εντός του κέντρου διασκέδασης καθώς και από τη πληρότητα του καταστήματος. Το ωράριο του κέντρου διασκέδασης είναι μεταξύ 00:00 – 05:00 πράγμα που προσδιορίζει τη λειτουργία της μονάδας κατά το διάστημα της νυκτερινής ησυχίας.

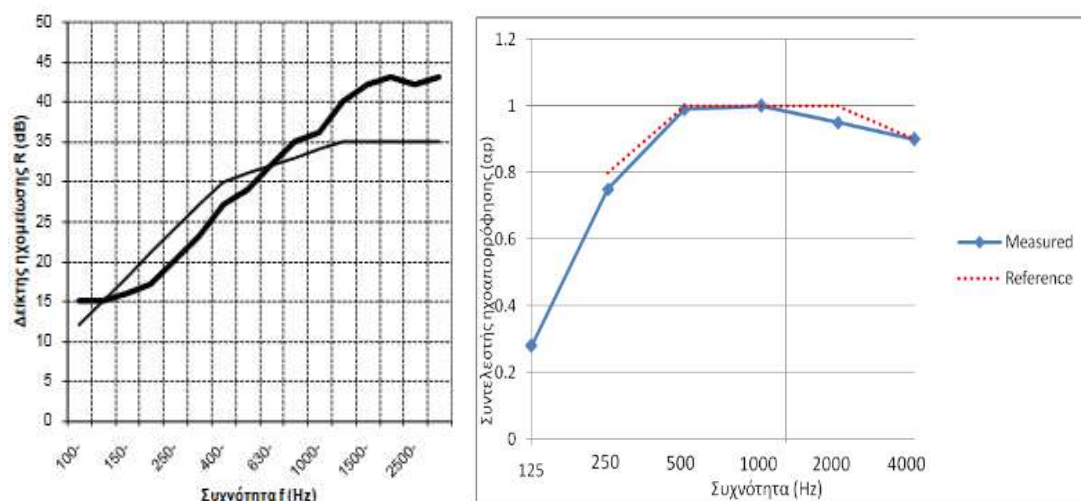
Ως προς τα προβλεπόμενα μέτρα ελέγχου, ακολουθήθηκε η τοποθέτηση της πηγής θορύβου σε κλωβό ή εντός περιμετρικού πετάσματος. Με σκοπό να επιτευχθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα σκοπεύουμε στην επένδυση των τοιχωμάτων με ηχοαπορροφητικό υλικό.

Το ηχοπέτασμα που θα περιβάλλει τον πύργο κλιματισμού στη στέψη του κέντρου διασκέδασης είναι τύπου ALPHAfon-MB. Στα δύο άκρα του φέρει ειδική διαμόρφωση (θηλυκό – αρσενικό), έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ηχοστεγανότητα και παράλληλα να αυξάνεται η αντοχή του πλαισίου. Η εξωτερική επιφάνεια των πλαισίων είναι από γαλβανισμένη λαμαρίνα βαμμένη με πολυεστερικό χρώμα, ενώ η εσωτερική είναι από επίπεδη γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 0,6 mm, διάτρητη σε ποσοστό >30%. Ενδιάμεσα και μεταξύ των μεταλλικών πλαισίων, τοποθετούνται ινώδης πλάκες πετροβάμβακα με κάθετο προσανατολισμό ως προς το επίπεδο των λαμαρινών, πάχους 50, 80 & 100mm και πυκνότητας 90 – 100 Kg/m³.



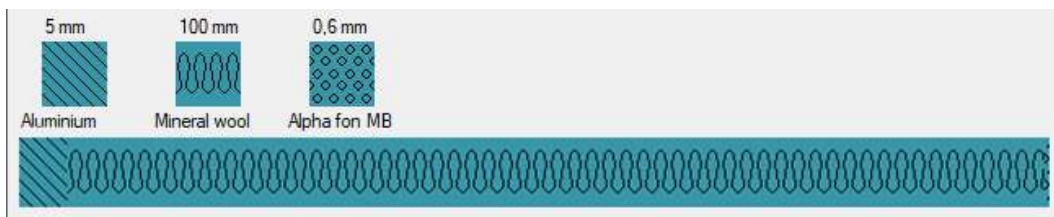
Εικόνα 125 : Προφίλ πετάσματος Alfafon-MB (Alpha Acoustic).

Για την προστασία του πετροβάμβακα, η διάτρητη επιφάνεια των πλακών καλύπτεται εσωτερικά με ειδική ηχοδιαπερατή μεμβράνη. Η τοποθέτηση των μεταλλικών φραγμάτων μπορεί να γίνει συρταρωτά σε ορθοστάτες από ειδικά διαμορφωμένα διπλά T τα οποία στερεώνονται κατάλληλα στο δάπεδο. Ο μετρημένος δείκτης ηχομείωσης τους είναι $R_w=32,5$ dB σύμφωνα με ISO 140.3 και ISO 717.1, ο συντελεστής απορρόφησης στα 250 Hz είναι $\alpha_s=0.77$ σύμφωνα με ISO 354, ενώ ο σταθμισμένος συντελεστής ηχοαπορρόφησης $\alpha_w = 1$ πράγμα που τον καθιστά κλάσης α, σύμφωνα με ISO 11654.

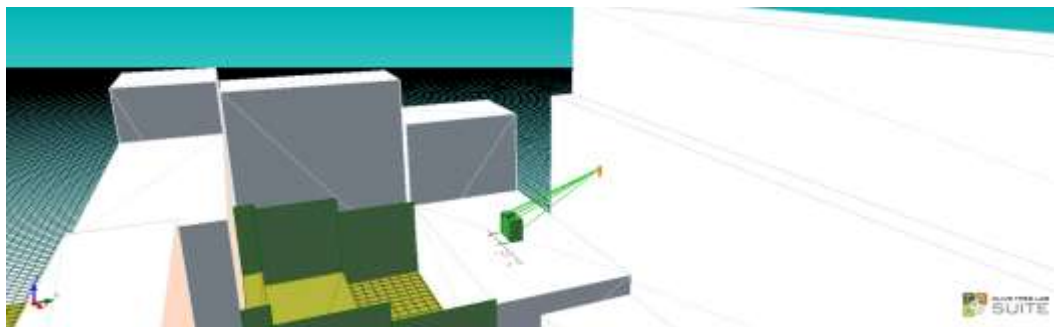


Εικόνα 126 : Διάγραμμα συντελεστή ηχομείωσης και απορρόφησης για το πέτασμα Alfafon-MB (Alpha Acoustic).

Στη συνέχεια, στο λογισμικό εξομίωσης Olive Tree, σχεδιάστηκε η πηγή και το περιμετρικό πέτασμα ύψους 3m και ορίστηκαν τα χαρακτηριστικά του κάθε στοιχείου.

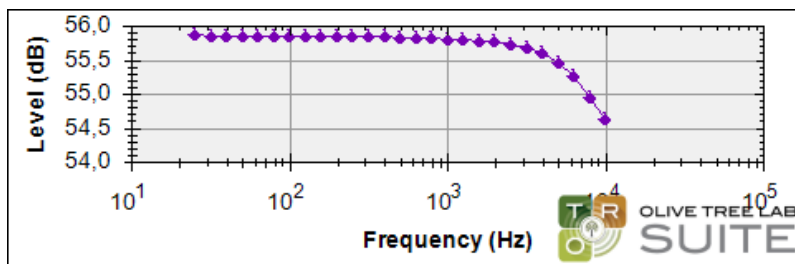


Εικόνα 127 : Καθορισμός υλικών επίστρωσης για περιμετρικό πέτασμα ως προς τον εξωτερική μονάδα κλιματισμού (Olive Tree Lab v.4.0).



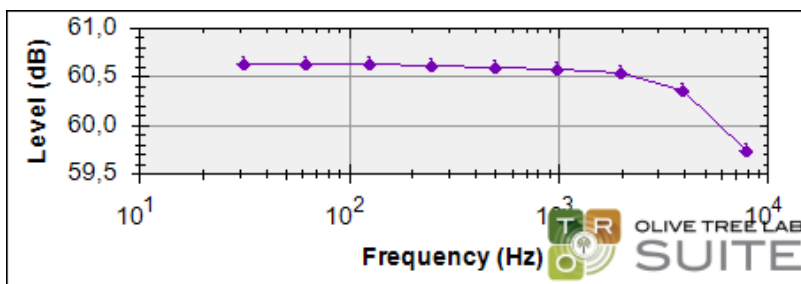
Εικόνα 128 : Απεικόνιση περιοχής (Olive Tree Lab v.4.0).

Επιβεβαιώθηκε η στάθμη των 59,91dB που φθάνει στο δέκτη κατά τη απευθείας μετάδοση στο ελεύθερο πεδίο με την προσεγγιστική μέθοδο που χρησιμοποιεί το λογισμικό.

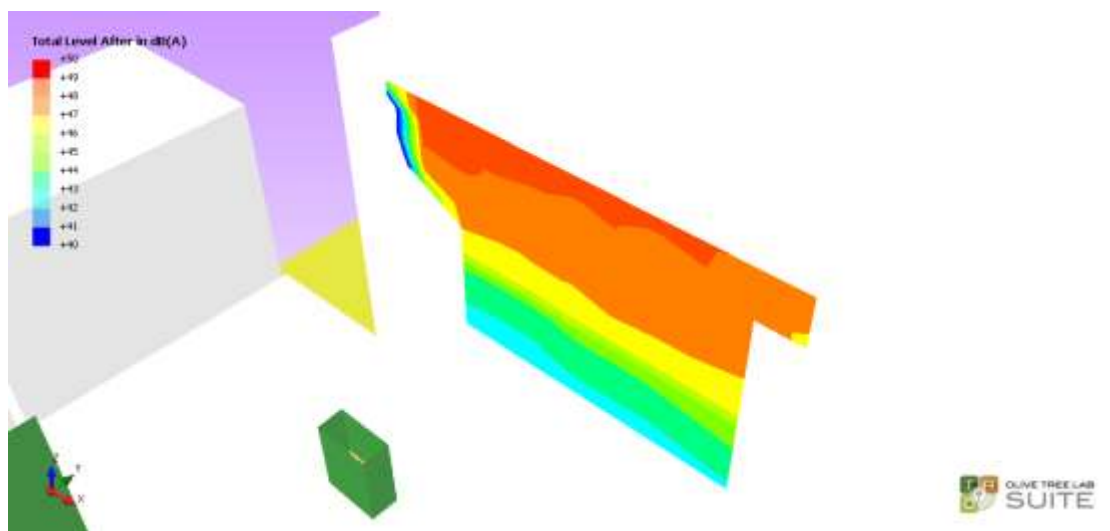
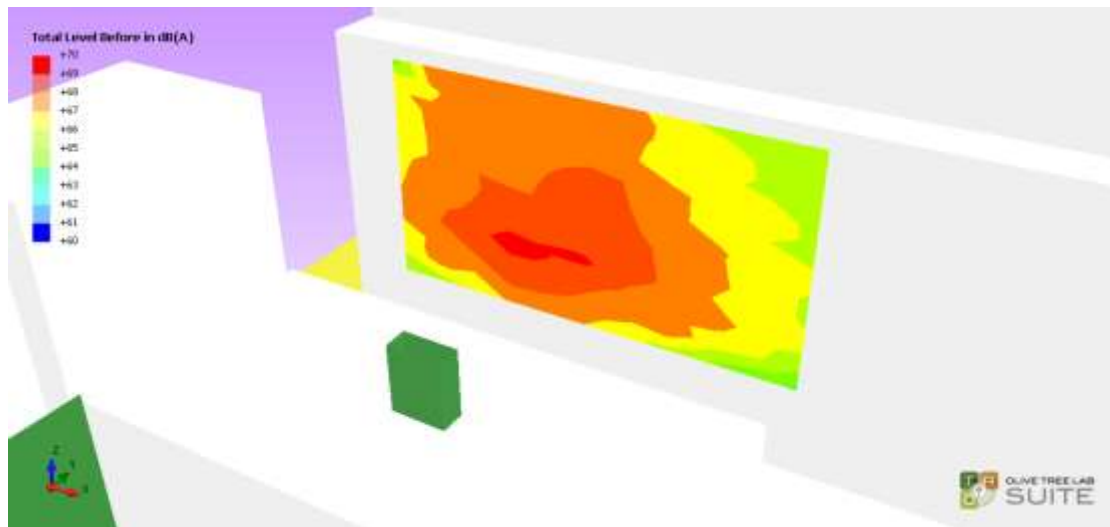


Εικόνα 129 : Στάθμη στο δέκτη κατά την απευθείας μετάδοση στο ελεύθερο πεδίο με την προσεγγιστική μέθοδο (Indicative) (Olive Tree Lab v.4.0).

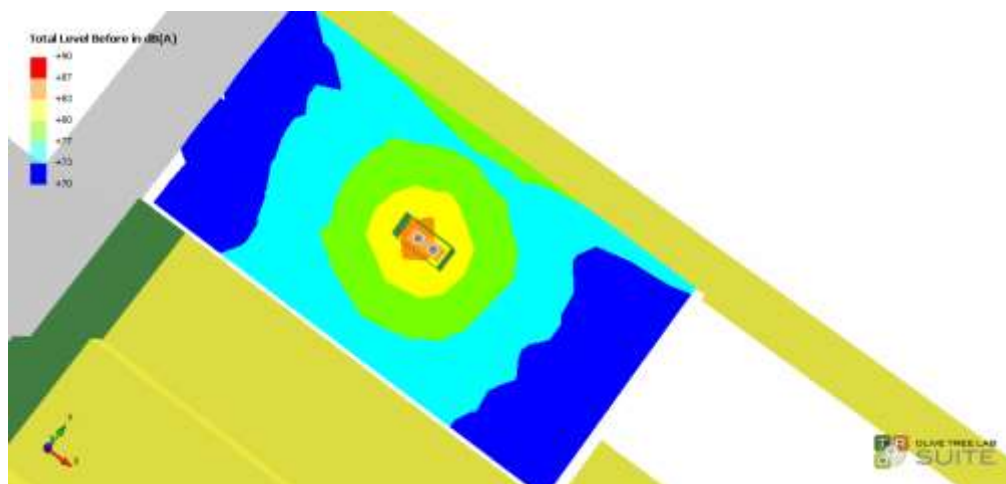
Σύμφωνα με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού η παραπάνω στάθμη διαμορφώνεται στα 60,9dB.

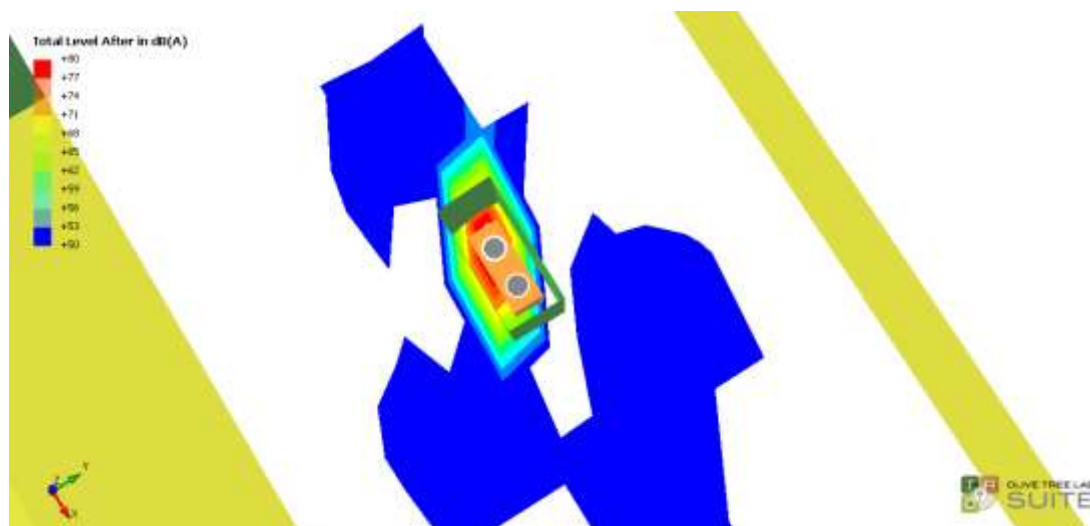


Εικόνα 130 : Στάθμη στο δέκτη κατά την απευθείας μετάδοση στο ελεύθερο πεδίο με την αναλυτική μέθοδο (Precise) (Olive Tree Lab v.4.0).



Εικόνα 131 : Χάρτης θορύβου ως προς την πρόσοψη γειτονικού κτιρίου χωρίς ηχοπέτασμα (πάνω) και με ηχοπέτασμα (κάτω) (Olive Tree Lab v.4.0).





Εικόνα 132 : Χάρτης θορύβου ως προς την στέψη του υπό μελέτη κτιρίου που είναι τοποθετημένη η πηγή, χωρίς ηχοπέτασμα (πάνω) και με ηχοπέτασμα (κάτω) (Olive Tree Lab v.4.0).

Μέσω του λογισμικού πραγματοποιήθηκε χαρτογράφηση θορύβου για τις προσόψεις των κτιρίων που εμπλέκονται στη μετάδοση του θρύβου. Η απεικόνιση του θορύβου γίνεται με ισοθορυβικές καμπύλες χρωματικής κλίμακας επιλέγοντας το κατάλληλο βήμα ανά περίπτωση.

Στην Εικόνα 131 (α, β) παρουσιάζεται χαρτογράφηση στην πρόσοψη του κτιρίου που βρίσκεται δυτικά της μονάδας κλιματισμού. Συγκρίνοντας τις ισοθορυβικές καμπύλες πριν και μετά την τοποθέτηση του ηχοπετάσματος διαπιστώνεται η μείωση της λαμβανόμενης στάθμης στη θέση του δέκτη περίπου κατά 22dB. Στην υπόλοιπη χαρτογραφημένη επιφάνεια του γειτονικού κτιριακού συγκροτήματος η στάθμη θορύβου είναι ισόποσα μειωμένη σε σχέση με την περίπτωση απώλειας του ηχοφράγματος. Οι λαμβανόμενες στάθμες στη θέση του δέκτη μετά την τοποθέτηση του φράγματος είναι ελαφρώς μικρότερη σε σχέση με την αντίστοιχη σε υψηλότερους ορόφους. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της οπτικής επαφής της πηγής με τους αυτούς τους ορόφους. Με σκοπό την περαιτέρω μείωση της ηχητικής στάθμης συνιστάται να εσωκλειστεί η πηγή θορύβου.

Από τη σύγκριση των Εικόνων 132 (α, β) είναι εμφανής η μείωση της ηχητικής στάθμης εντός του περιμετρικού φράγματος πράγμα που οφείλεται τόσο στο απορροφητικό υλικό επένδυσης των τοιχωμάτων το οποίο μειώνει την ένταση των ανακλάσεων εντός του κλωβού, όσο και στο μεγάλο ποσοστό διάτρησης που φέρει η εσωτερική πλευρά των ηχοφραγμάτων.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Γενικός σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η μελέτη ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας με παράδειγμα εφαρμογής σε κτιριακό συγκρότημα που λειτουργεί στο κέντρο της Αθήνας.

Ειδικότερα η μελέτη της ηχομόνωσης επικεντρώνεται σε προτάσεις βελτίωσης της ηχομονωτικής ικανότητας μέσω ενίσχυσης του κτιριακού κελύφους με κατάλληλες κατασκευές ώστε να εξυπηρετηθούν οι ανταγωνιστικές χρήσεις των υφιστάμενων χώρων (στεγασμένο κέντρο διασκέδασης, γραφείο-λογιστήριο) όσο και αυτών που ενσωματώθηκαν κατά τη δική μας προσέγγιση ώστε ο χώρος να μπορεί να χαρακτηριστεί ως μουσικός πολυχώρος (στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου, δισκοπωλείο).

Αντίστοιχα η μελέτη της ηχοπροστασίας εστιάζει στην αποτελεσματική αντιμετώπιση του θορύβου που παράγεται από ηλεκτροακουστική εγκατάσταση και διαδίδεται στις όψεις των γειτονικών κτιρίων, με ανέγερση ηχοφραγμάτων περιμετρικά του υπαίθριου χώρου.

Παράλληλος στόχος κατά την εκπόνηση της μελέτης είχε τεθεί, μέσα από την εφαρμογή της εκάστοτε μεθοδολογίας με χρήση των τύπων που δίδονται στη βιβλιογραφία του εκπαιδευτικού υλικού, η δημιουργία ενός τύπου υπολογιστή σε περιβάλλον excel ώστε μπορούν να πραγματοποιηθούν γρήγοροι υπολογισμοί σε αντίστοιχες μελέτες.

Αναλυτικότερα ως προς το περιεχόμενο των κεφαλαίων που προηγούνται:

Κεφάλαιο 1: Γενικά περί ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας. Καταγραφή σκοπών και στόχων.

Κεφάλαιο 2: Αναπτύσσεται το θεωρητικό υπόβαθρο που αφορά την αντιμετώπιση του αερόφερτου θορύβου κατά τη μετάδοση του σε κλειστούς και ανοικτούς χώρους. Ορίζονται οι τύποι προσεγγιστικού υπολογισμού του δείκτη ηχομείωσης και επεξηγούνται οι παράγοντες που επιδρούν στην ηχομείωση για την κάθε περίπτωση. Τέλος, παρουσιάζεται το νομοθετικό πλαίσιο ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας.

Κεφάλαιο 3: Πραγματοποιείται ψηφιακή απεικόνιση και περιγραφή του χώρου της έρευνας και της ευρύτερης περιοχής. Γίνεται προσδιορισμός των υφιστάμενων και των πρόσθετων λειτουργιών των επιμέρους χώρων του κτιριακού συγκροτήματος, καθώς και αποτύπωση στα αρχιτεκτονικά σχέδια των μετρούμενων και προβλεπόμενων ηχητικών σταθμών.

Κεφάλαιο 4: Καθορίζονται τα βήματα μεθοδολογίας που αφορούν τα κριτήρια ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας μεταξύ των χώρων ανταγωνιστικών χρήσεων.

Κεφάλαιο 5: Αναπτύσσεται υπολογιστής σε λογιστικό φύλλο excel μέσω του οποίου ελέγχεται η ηχομονωτική επάρκεια κατασκευών σύμφωνα με το πρότυπο DIN 4109. Απεικονίζονται οι κατασκευαστικές προτάσεις ηχομονωτικής ενίσχυσης των διαχωριστικών τοιχωμάτων με χρήση του λογισμικού πρόβλεψης ηχομείωσης Insul. Πραγματοποιείται πρόβλεψη θορύβου, σε προσόψεις γειτονικών κτιρίων πριν και μετά την τοποθέτηση ηχοφράγματος σε υπαίθριο χώρο όπου λειτουργεί ηλεκτροακουστική εγκατάσταση, μέσω του λογισμικού Olive Tree Lab. Τέλος σε κάθε πεδίο μελέτης πραγματοποιήθηκε εξαγωγή ακριβέστερων αποτελεσμάτων με χρήση λογισμικών προγραμμάτων.

Αρχικά κατά την αξιολόγηση της ηχομονωτικής ικανότητας της υφιστάμενης κατασκευής του κτιριακού συγκροτήματος που λειτουργεί στεγασμένο κέντρο διασκέδασης πραγματοποιηθήκαν μετρήσεις και επιβεβαιώθηκαν σημαντικές παραβάσεις ως προς το όριο των 35dBA που ορίζει ο Γενικός Κτιριοδομικός Κανονισμός για περιοχές όπου επικρατεί το αστικό στοιχείο. Να αναφέρουμε ότι η μέγιστη τιμή της ηχητική στάθμης λειτουργίας μετρήθηκε στα 104dB.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά τον έλεγχο της ηχομονωτικής επάρκειας που πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το πρότυπο DIN 4109 καθώς και οι κατασκευές που προτάθηκαν έδειξαν ότι με οργανωμένες παρεμβάσεις και με εκτεταμένη έρευνα σε υλικά και κατασκευές μπορεί να επιτευχθούν τα όρια θορύβου που ορίζει ο νόμος.

Οι προτεινόμενες κατασκευαστικές διατάξεις των όψεων του κέντρου διασκέδασης είναι οι ακόλουθες και η περιγραφή τους πραγματοποιείται με φορά από το εσωτερικό του εκάστοτε χώρου και προς τα έξω.

Η βόρεια όψη θα αποτελείται από σπατουλαρισμένα Alpha Block τύπου Ytong G5/800, βισκοελαστική μεμβράνη, γυψοσανίδα, πετροβάμβακα, ορθοστάτη, διάκενο, ορθοστάτη, βισκοελαστική μεμβράνη, τούβλο με σοβά στις δύο όψεις.

Η στέψη αποτελείται από σπατουλαρισμένη γυψοσανίδα, βισκοελαστική μεμβράνη, κανάλι στήριξης, ελαστικούς ορθοστάτες, πετροβάμβακα και πλάκα μπετόν.

Για την ανατολική όψη που συνορεύει με τον υπαίθριο επιλέχθηκαν τα εξής υλικά κατασκευής: σπατουλαρισμένα Alpha Block Ytong G5/800, πάνελ οξειδωμένης ασφάλτου, πετροβάμβακας, ορθοστάτης, διάκενο, ορθοστάτης, πάνελ οξειδωμένης ασφάλτου, τούβλο με σοβά στις δύο όψεις.

Για τη διάταξη της δυτικής όψης (πρόσοψη) προτείνεται τοιχοποιία από σπατουλαρισμένο Alpha Block τύπου Ytong G5/800, πάνελ οξειδωμένης ασφάλτου, πετροβάμβακα 120kg/m³, διπλούς σιδερένιους ορθοστάτες με διάκενο 20cm, πάνελ από οξειδωμένη άσφαλτο που εφάπτεται στον τοίχο από τούβλο με σοβά εκατέρωθεν, πάχους 110mm.

Η κατασκευή του διαχωριστικού τοιχώματος του γραφείου με την αίθουσα χορού κέντρου διασκέδασης θα αποτελείται από σπατουλαρισμένη γυψοσανίδα 15mm, βισκοελαστική μεμβράνη, γυψοσανίδα 25mm, ξύλινο ορθοστάτη, διάκενο, ξύλινο ορθοστάτη και τούβλο με σοβά στις δύο όψεις.

Το υποβαθμισμένο τμήμα της οροφής της αίθουσας χορού του κέντρου διασκέδασης (δάπεδο γραφείου) θα αποτελείται από πλάκα μπετόν, πετροβάμβακα, ελαστικούς ορθοστάτες, κανάλι στήριξης, γυψοσανίδα 25mm, βισκοελαστική μεμβράνη, σπατουλαρισμένη γυψοσανίδα 15mm.

Για το χώρο του στούντιο του διαδικτυακού ραδιοφώνου, όπως αυτός προέκυψε ύστερα από τη δεύτερη διαμόρφωση, επιλέχθηκε κατασκευή από διπλή γυψοσανίδα και στις δύο επιφάνειες με μεταλλικό σύνδεσμο 150mm και πετροβάμβακα 80mm στο εσωτερικό τους.

Σε γενικές γραμμές η αύξηση του πάχους και του επιφανειακού βάρους αλλάζει το δείκτη ηχομείωσης αυτός με τη σειρά του το μέσο συντελεστή διάδοσης και τέλος τη συνολική ηχομείωση του διαχωριστικού τοιχώματος. Σε όλη τη διάρκεια του ηχομονωτικού σχεδιασμού στοχεύαμε στην επιλογή υλικών με μεγάλο δείκτη ηχομείωσης R.

Κατά τη δημιουργία των παραπάνω διατάξεων μέσω του λογισμικού Insul και τη σταδιακή εισαγωγή υλικών, παρατηρήθηκε η εμφάνιση βυθισμάτων κυρίως στις χαμηλές συχνότητες της καμπύλης ηχομείωσης μειώνοντας την ηχομονωτική ικανότητα του τοιχώματος (φαινόμενο συντονισμού). Αυτό ήταν εμφανές στην περίπτωση του Alpha Block και του τούβλου. Καθώς η ηχομείωση είναι συνάρτηση της σκληρότητας των υλικών των στρώσεων που αποτελούν το εκάστοτε διαχωριστικό τοίχιο, η διατήρηση των υφιστάμενων σκληρών υλικών κατασκευής (μπετόν και τούβλο) βοήθησε στην αύξηση της ηχομονωτικής ικανότητας του τοιχώματος.

Τα σκληρά υλικά παρουσιάζουν μικρή απόσβεση και η χρήση βισκοελαστικής μεμβράνης ήταν αναγκαία σε όλες τις κατασκευές ώστε να αυξηθεί η απόσβεση. Μάλιστα σε μερικές περιπτώσεις η αύξηση του πάχους του στρώματος του πολυμερούς έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Στην παραπάνω περιγραφή των κατασκευαστικών διατάξεων είναι εμφανής η χρήση τόσο διαφορετικών υλικών όσο και ίδιων με διαφορετικό πάχος (π.χ. γυψοσανίδες) πράγμα που οδήγησε στη διαφοροποίηση των συχνοτήτων σύμπτωσης. Η αύξηση αυτή του πάχους μετατόπιζε τη συχνότητα σύμπτωσης σε χαμηλότερες συχνότητες. Με αυτό τον τρόπο οι συχνότητες που διέρχονταν από το πρώτο υλικό περιορίζονταν από το άλλο.

Όπως είναι φανερό σε όλες τις κατασκευές χρησιμοποιήθηκε παχύ απορροφητικό υλικό, πετροβάμβακα 100-120mm. Βέβαια η βελτίωση που προσέφερε στις προτεινόμενες βαριές κατασκευές μπορεί να ήταν μικρή, παρόλα αυτά κρίθηκε απαραίτητη η τοποθέτηση του ώστε να περιοριστεί η όποια διέλευση ήχου και ταυτόχρονα να επιτευχθεί η απαιτούμενη επάρκεια ηχομονωτικής ικανότητας.

Η αύξηση του διάκενου μεταξύ των ορθοστατών βοήθησε στην επίτευξη της επιθυμητής ηχομόνωσης στις χαμηλές συχνότητες, 63Hz – 250Hz, στις περιπτώσεις που η ηχομονωτική ικανότητα δεν επαρκούσε οριακά. Η ενέργεια αυτή έγινε στην

περίπτωση ηχομόνωσης της δυτικής όψης όπου υπήρχε ηχομονωτική ανεπάρκεια της κατασκευής 2dB στα 63Hz. Γενικά σε καμία από τις προτεινόμενες κατασκευές το διάκενο δεν έχει υπερβεί τα 200mm. Παρόλα αυτά πραγματοποιήθηκαν μέσω του λογισμικού δοκιμές αύξησης της απόστασης των ορθοστατών πάνω από το όριο των 200mm και διαπιστώθηκε μικρή μείωση του δείκτη ηχομείωσης στις συχνότητες άνω των 500Hz. Βέβαια όπως αποδείχτηκε κατά την εξέλιξη της μελέτης, η επίτευξη της επιθυμητής ηχομόνωσης σε αυτές τις συχνότητες αποτελεί σχετικά εύκολη υπόθεση σε αντίθεση με τις χαμηλές.

Συνεπώς μία τέτοια παρέμβαση κρίνεται σκόπιμη όταν η ηχομονωτική ανεπάρκεια στις χαμηλές συχνότητες δεν ξεπερνάει τα 2dB και όταν το πάχος του υλικού -που θα επιφέρει ανάλογη ηχομονωτική ενίσχυση με αυτή της αύξησης του διακένου- δεν ξεπερνάει το αντίστοιχο πρόσθετο του διακένου. Φυσικά σε κάθε περίπτωση η αύξηση του πάχους της κατασκευής, είτε μέσω υλικών και είτε μέσω διακένου, θα πρέπει να είναι προσεκτική γιατί μειώνεται άμεσα ο ωφέλιμος χώρος του καταστήματος.

Λόγω των υψηλών ηχομονωτικών απαιτήσεων που υπαγορεύουν οι υψηλές τιμές του δείκτη ηχομείωσης προτείνεται η στήριξη των πολλαπλών φλοιών σε διαφορετικούς σκελετούς. Βασική προϋπόθεση στο στάδιο της κατασκευής είναι η μηχανική μόνωση των επιφανειών μεταξύ τους πράγμα που επιτυγχάνεται με εφαρμογή ελαστικής στήριξης στην περίμετρό τους. Με αναφορά τα τμήματα της οροφής και με στόχο την αποφυγή μηχανικής γεφύρωσης χρησιμοποιήθηκε ελαστική ανάρτηση για την στήριξη των φλοιών ενίσχυσης.

Τέλος κατά τη διαδικασία προσέγγισης του επιθυμητού χρόνου αντήχησης, στην περίπτωση του προστατευόμενου χώρου του δισκοπωλείου, η σταδιακή επένδυση του δαπέδου και των τοίχων, με απορροφητικά υλικά, πέτρα και λουστραρισμένο ξύλο αντίστοιχα, βοήθησε στην διαμόρφωση του επιθυμητού χρόνου αντήχησης προσφέροντας παράλληλα αύξηση της ηχομόνωσης 3-4dB στις χαμηλές συχνότητες και 5-7dB στις υψηλές. Βέβαια κάτι τέτοιο δεν μπορεί να θεωρηθεί ως ορθή μέθοδος ηχομόνωσης γιατί αφενός η επίδραση στην ηχομείωση είναι ελάχιστη, αφετέρου απαιτείται υψηλό κόστος.

Σε χώρους όπου επικρατούν υψηλές ηχητικές στάθμες λειτουργίας (>100dBA, κέντρα διασκέδασης), η ύπαρξη υαλοπετασμάτων στην τοιχοποιία έχει ως συνέπεια τη μείωση της ηχομονωτικής της ικανότητας. Παρόλο που διακρίναμε ότι η μείωση αυτή εξαρτάται από το εμβαδό των ανοιγμάτων σε σχέση με το εμβαδό των επιφανειών που τοποθετούνται, σε καμία από τις κατασκευές των όψεων του κέντρου δεν τοποθετήθηκε υαλοπέτασμα καθώς δεν εξυπηρετούσε τις ηχομονωτικές απαιτήσεις.

Η δημιουργία μίας ομογενούς κατασκευής διαχωριστικού τοιχώματος, δηλαδή αποτελούμενη από ένα υλικό στην όψη, είναι ικανή να προσφέρει ικανοποιητικά ηχομονωτικά αποτελέσματα. Σε ανάλογες περιπτώσεις μελέτης όπου υπάρχουν ήδη τοποθετημένοι υαλοπίνακες στις όψεις του κτιρίου θα προτείναμε την κατάργηση αυτών.

Ως προς την ηχοπροστασία των γειτονικών κτιρίων από τη λειτουργία ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης του αποφασίστηκε η δημιουργία ηχοφραγμάτων στα όρια του υπαίθριου χώρου.

Σε κάθε μελέτη θα πρέπει να προκαθορίζονται τα μέγιστα επιτρεπτά υψομετρικά και κατασκευαστικά όρια τα οποία εκτός από ρεαλιστικές διαστάσεις θα πρέπει ταυτόχρονα να συνάγουν και με το νομικό πλαίσιο. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην παρούσα μελέτη το μέγιστο ύψος των ηχοφραγμάτων προκαθορίστηκε σε ύψος 8m ώστε το ηχοπέτασμα που θα ανεγερθεί στο χαμηλότερο επίπεδο του υπαίθριου, να μην ξεπερνάει σε ύψος τη στέψη του στεγασμένου κέντρου διασκέδασης. Από την άλλη πλευρά αγνοήθηκε το πολεοδομικό πλαίσιο που αφορά την κατασκευή περιφράξεων. Στις περιπτώσεις που δεν δύναται να προχωρήσουμε σε περαιτέρω διαμορφώσεις και τα επιθυμητά κριτήρια δεν ικανοποιούνται, η μείωση της ηχητικής στάθμης που εκπέμπει η πηγή αποτελεί την ιδανική λύση. Αναλόγως την απόσταση της πηγής από την προστατευόμενη όψη κτιρίου η μείωση μπορεί να φτάσει σε χαμηλά επίπεδα τα οποία πιθανό να μην εξυπηρετούν τις ηχητικές απαιτήσεις. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ολοκληρωμένη μελέτη ηλεκτροακουστικής και εκ νέου προσομοίωση μέσω λογισμικού. Παρόλο που το σκυρόδεμα, ως κύριο υλικό κατασκευής των ηχοφραγμάτων, προσφέρει υψηλούς συντελεστές ηχομείωσης, υστερεί αισθητικά σε σχέση με τα διαφανή ή τα μεταλλικά. Ανάλογα με το μέρος που πρόκειται να ανεγερθεί το συμπαγές ηχοπέτασμα, λαμβάνοντας υπόψη και τους αισθητικούς παράγοντες θα μπορούσε να συνδυαστεί μετά από κάποιο ύψος με διαφανές υλικό (Plexiglas).

Κατά τη διαδικασία σταδιακής αύξησης του ύψους του ηχοπετάσματος διαπιστώθηκε ότι όσο αυξάνονταν το ύψος του ηχοφράγματος σε σχέση με το ύψος της πηγής, τόσο μεγαλύτερη ήταν και η αποτελεσματικότητά του. Μπορούμε να πούμε ότι το ύψος των ηχοφραγμάτων θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να αποφεύγεται η οπτική επαφή της πηγής θορύβου με το δέκτη και στις περιπτώσεις που κάτι τέτοιο δεν είναι κατασκευαστικά εφικτό, το ηχοφράγμα θα πρέπει να έχει μορφή τούνελ.

Κατά την υπολογιστική επίλυση η επένδυση του ηχοφράγματος με απορροφητικό υλικό (συμπαγές ή θρυμματισμένη πέτρα 3,18cm) συνέβαλλε θετικά στην επίδραση του. Η επίδραση αυτή αύξησε την ηχομονωτική ικανότητα του ηχοφράγματος από 10-15dB με τη μέγιστη τιμή να εμφανίζεται στα 2000Hz. Σε μία ανάλογη περίπτωση μελέτης θα συνιστούσαμε υλικά επένδυσης των ηχοπετασμάτων με μεγάλους συντελεστές απορρόφησης. Αυτό θα οδηγούσε σε μείωση του συντελεστή ανάκλασης Q, όπου συναρτήσει της γωνίας περίθλασης φ με τιμές μεταξύ των 150° (για γραμμικές πηγές) και των 160° (για σημειακές πηγές), θα επέφερε υψηλές τιμές ηχομείωσης, της τάξης των 14 – 15dB. Με τον ίδιο τρόπο εξετάστηκε η επίδραση του πάχους του φράγματος και συμπεράναμε ότι για να αυξηθεί η ηχομονωτική ικανότητα θα πρέπει οι εξωτερικές γωνίες θ° και θ° να είναι μεγαλύτερες των 90° και όσο πιο κοντά στις 180°. Τέλος, η διαμόρφωση της απόληξης του ηχοφράγματος σε σχήμα μορφής «Γ» επιδρά θετικά στην ηχομείωση.

Η επένδυση με απορροφητικό υλικό των επιφανειών των κλωβών που περικλείουν μηχανήματα κλιματισμού-εξαερισμού συνεισφέρουν σημαντικά στη μείωση του μεταδιδόμενου θορύβου στο δέκτη. Οι ανακλάσεις στα τοιχώματα των πετασμάτων έχουν ως συνέπεια την αύξηση του θορύβου σε σχέση με την περίπτωση απώλειας

του πετάσματος. Για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο επιλέγουμε την επένδυση του πετάσματος με απορροφητικό υλικό.

Παράλληλα κατά την ανάθεση και εκτέλεση ενός τέτοιου έργου, λόγω των πολύπλοκων κατασκευαστικών διατάξεων κρίνεται απαραίτητη η συνεργασία με τον επιβλέποντα αρχιτέκτονα μηχανικό. Θεωρώντας αξιόπιστα τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν μέσω των υπολογιστικών φύλλων και αφορούν τον έλεγχο κατά το πρότυπο DIN 4109, δύναται να αναπτυχθεί λογισμικό πρόγραμμα που να πραγματοποιεί έλεγχο ηχομονωτικής επάρκειας διαχωριστικού τοιχώματος καθώς και βελτιστοποίησης του χρόνου αντήχησης και των άλλων βασικών ακουστικών μεγεθών. Επίσης θα πρέπει ερευνηθεί περαιτέρω η δυνατότητα αυτόματης εισαγωγής στο excel των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των σχημάτων κατά το σχεδιασμό στο Google Sketch Up. Στα τελικά στάδια προτείνεται να πραγματοποιηθεί μελέτη ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης στο κέντρο διασκέδασης, στο σύμπλεγμα διαδικτυακό ραδιόφωνο- δισκοπωλείο και στον υπαίθριο χώρο. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφέρουμε ότι λόγω του περιορισμένου χρονικού διαστήματος χρήσης των δοκιμαστικών εκδόσεων των λογισμικών προγραμμάτων δεν πραγματοποιήθηκε μελέτη ηχοπροστασίας για το ενδεχόμενο λειτουργίας ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης στον υπαίθριο, η οποία θα αποτελούνταν από πλήθος κατευθυντικών ηχείων μικρής ισχύς. Μέσα από αυτή τη διαδικασία θα μπορέσει να συγκριθεί το επίπεδο όχλησης ως προς τις γειτονικές κατοικίες. Τέλος, σε μία ανάλογη μελέτη, κατά τη διαδικασία των μετρήσεων θα ήταν σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί ψηφιακό ηχόμετρο που να επιτρέπει την εξαγωγή των μετρήσεων σε ζώνη οκτάβας.

Το πρόβλημα υπέρβασης του επιτρεπόμενου ορίου θορύβου είναι σύνηθες σε καταστήματα τέτοιων χρήσεων τόσο στο κέντρο της Αθήνας όσο και στο ευρύτερο λεκανοπέδιο. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται ακόμα και σε καταστήματα που οι ηχητικές στάθμες είναι πολύ χαμηλότερες από τη αυτή που εξετάζουμε πράγμα που μας επιτρέπει να αποφανθούμε για την έλλειψη ηχομονωτικών προδιαγραφών. Οι λόγοι θεωρούμε ότι οφείλονται τόσο στην αμέλεια των καταστηματαρχών (εκμισθωτών) να δαπανήσουν χρήματα για μελέτη και κατασκευή ηχομόνωσης όσο και στο ότι η πολιτεία είναι αρκετά ελαστική ως προς τους ελέγχους υπέρβασης των ορίων θορύβου.

Κατά την προσωπική μας άποψη, το πιο σημαντικό βήμα, σε μία μελλοντική μελέτη ανάλογου αντικειμένου, είναι η επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας όπου θα εδρεύσει το εκάστοτε κέντρο διασκέδαση ή μουσικός πολυχώρος. Παράλληλα θα πρέπει να ληφθούν σημαντικά υπόψη και οι εμπορικοί κανόνες λειτουργίας, καθώς ένας τέτοιος χώρος θα πρέπει να επισκέπτεται από κόσμο ώστε να είναι οικονομικά υγιής. Αφενός το εμπορικό τρίγωνο της Αθήνας αποτελεί πόλο έλξης χιλιάδων ανθρώπων καθημερινά πράγμα που διευκολύνει τον παραπάνω σκοπό. Από την άλλη πλευρά είναι αδύνατη η κατάργηση των οικιστικών ζωνών μόνιμης ή προσωρινής κατοικίας ώστε να αποφευχθεί η όποια ενόχληση από τον θόρυβο. Θεωρούμε ότι πρέπει να βρεθεί μία χρυσή τομή η οποία θα βασίζεται είτε στον αυστηρό έλεγχο τήρησης των επιτρεπόμενων ορίων θορύβου κατά λειτουργία είτε στο σχεδιασμό ενός ευρύτερου πολεοδομικού πλάνου όπου κέντρα διασκέδασης και μουσικοί πολυχώροι θα αδειοδοτούνται μόνο σε συγκεκριμένες περιοχές οι οποίες θα

πληρούν προδιαγραφές οι οποίες θα διευκολύνουν την «υγιή» λειτουργία αυτών (π.χ. Μέσα Μαζικής Μεταφοράς, εμπορικά καταστήματα, πάρκα αναψυχής κ.α.).

Βιβλιογραφία

Κοντομίχος Φ., Ζαρούχας Θ. & Χατζηαντωνίου Π. (2013). Ειδικά Θέματα Ακουστικού Σχεδιασμού και Πολυμέσων-Λογισμικό και Μέθοδοι για Ακουστικό Σχεδιασμό. Τόμος Α. Πάτρα. Ε.Α.Π

Κοντομίχος Φ., Ζαρούχας Θ. & Χατζηαντωνίου Π. (2013). Ακουστική Χώρου-Βασικές Αρχές και Σύγχρονες Εξελίξεις στην Κτιριακή Ακουστική. Τόμος Α. Πάτρα. Ε.Α.Π

Μπάρκας Ν. (2002). Υπολογιστική Διερεύνηση του Σύνθετου Ηχομονωτικού Δείκτη Μίας Όψης: Οι Δυσεπίλυτες Εφαρμογές της Οικοδομικής Διαφάνειας. Πρακτικά Συνεδρίου Διαφάνεια και Αρχιτεκτονική : Κενά και πλήρη. (σ.σ. 284-290). Θεσσαλονίκη.

Μπάρκας Ν. & Δεληγιαννίδου Ε. (2010). Ο Προθάλαμος, ο Διάδρομος και η Σαλονοκουζίνα: Υπολογιστική Διερεύνηση της Ηχομονωτικής Ικανότητας Εσωτερικών Τοιχωμάτων της Σύγχρονης Κατοικίας. 5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ακουστικής. (σ.σ. 228-236) 4-6 Οκτωβρίου 2010. Αθήνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Μπάρκας Ν., Ανδριώτης Τ., Παπαγιαννίτσης Γ. & Ρίζος Δ. (2008). Οικοδομική Προστασία & Μονωτικές Εφαρμογές σε Συμβατικά Κτίρια Κατοικίας: Μία Διερεύνηση Απόψεων Μελετητών – Κατασκευαστών. ECON3, 4, σ.σ. 84-97

Σκαρλάτος Δ. (2015). Εφαρμοσμένη Ακουστική. 4^η Έκδοση. Εκδόσεις Gotsis

Σκαρλάτος Δ. (2013). Ηχομόνωση και Ηχοπροστασία. Τόμος Α. Πάτρα. Ε.Α.Π

Σκαρλάτος Δ. (2013). Ηχομόνωση και Ηχοπροστασία. Τόμος Β. Πάτρα. Ε.Α.Π

Τροχίδης Α. (2013). Ηχομόνωση Βασικές Αρχές και Εφαρμογές. Θεσσαλονίκη: Fibran A.E.

Τσινίκας Ν. (2001). Κτιριακή Ακουστική – Ηχοπροστασία – Εφαρμογή του Κανονισμού της Ηχομόνωσης. Κτίριο, 32, Ανακτήθηκε 9 Μαΐου 2018, από http://users.auth.gr/tsinikas/PAPERS%20pdf/4_1%20ixiomonosi%2001.pdf

Τσιφλίδης Α. (2013). Ήχος και τέχνες. Τόμος Β. Πάτρα. Ε.Α.Π

Υπουργική Απόφαση Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός, (ΦΕΚ 210 Α' /18-12-1985)

Υπουργική Απόφαση Α5/3010 (1985). Μέτρα Προστασίας της Δημόσιας Υγείας από Θορύβους Μουσικής των Κέντρων Διασκέδασης και Λοιπών Καταστημάτων, ΦΕΚ 593 Β')

Φλώρος Α. (2013). Ήχος και τέχνες. Τόμος Α. Πάτρα. Ε.Α.Π

Χατζηάστρου (2008). Κατασκευαστικές Διατάξεις Ηχοαπορροφητικών Υλικών για την Επίλυση Προβλημάτων Ηχομόνωσης. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων. 21-23 Μαΐου 2008

Attenborough K., Kai Ming Li & Horoshenkov K. (2007). Predicting Outdoor Sound. New York : Taylor & Francis. p.p. 747 - 763

Baulac M., Defrance J. & Jean P. (2006). Optimisation with genetic algorithm of the acoustic performance of T-shaped noise barriers with a reactive top surface. Retrieved from www.sciencedirect.com

Bies D., Hansen C. & Howard C. (2018). Engineering Noise Control (Fifth Edition). New York : Taylor & Francis. p.p. 747 - 763

Bies D. & Hansen C. (2009). Engineering Noise Control: Theory and Practice (Fourth Edition). USA & Canada : Taylor & Francis. p.p. 340-410

Economou P. (2016). Olive Tree Lab 3 Training Course. Mediterranean Acoustics Research & Development Ltd.

Economou P. & Charalampous P. (2014). From Theory to Practice: Advanced Calculation Methods Applied in OTL – Terrain. 40th Annual German Congress on Acoustics. Oldenburg, Germany 10-13 March 2014

Grubeša S., Domitrović H. & Jambrošić K. (2011). : Performance of Traffic Noise Barriers with Varying Cross-Section. Retrieved from www.semanticscholar.org

Ballagh K. (2014). A Short Course for Knauf Insulation – Seminar 1. Marshall Day Acoustics.

Ballagh K. (2014). Design of Walls and Floors for Good Sound Insulation – Seminar 2. Marshall Day Acoustics.

Ballagh K. (2014). Apartment Acoustics – Seminar 3. Marshall Day Acoustics.

Lamancusa J.S . (2009). Noise Control, Outdoor Sound Propagation

Long M. (2014). Architectural Acoustics. Oxford : Academic Press p.p. 175-209

Maekawa Z. & Lord P. (1994). Environmental and Architectural Acoustics. London : E & FN Spon. p.p. 351-353

Trevor Cox & Peter D' Antonio. (2004). Acoustic Absorbers and Diffusers - Theory, Design and Application (Third Edition) London : Taylor & Francis , Spon Press.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Πίνακες

Π 1 : Τιμές παράγοντα απωλειών n για μερικά υλικά.

Υλικό	Παράγοντας Απωλειών n
Μέταλλα (γενικά)	0,0001 - 0,001
Αλουμίνιο	0,0001
Μόλυβδος	0,015
Χάλυβας	0,0001 - 0,0006
Λαμαρίνα	0,002
Χαλκός	0,002
Χυτοσίδηρος	0,001
Γυαλί	0,001
Plexiglass	0,002
Μπετόν , Τούβλο	0,015
Άμμος	0,01 - 0,05
Σοβάς	0,005
Γυψοσανίδα	0,1
Ξύλο, Μοριοσανίδα	0,01 - 0,02
Κόντρα Πλακέ	0,015
Πλαστικά (γενικά)	0,0001
PVC	0,3

Π 2 : Τιμές καμπυλών NR.

NR	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	55,4	35,5	22	12	4,8	0	-3,5	-6,1	-8
5	58,8	39,4	26,3	16,6	9,7	5	1,6	-1	-2,8
10	62,2	43,4	30,7	21,3	14,5	10	6,6	4,2	2,3
15	65,6	47,3	35	25,9	19,4	15	11,7	9,3	7,4
20	69	51,3	39,4	30,6	24,3	20	16,8	14,4	12,6
25	72,4	55,2	43,7	35,2	29,2	25	21,9	19,5	17,7
30	75,8	59,2	48,1	39,9	34	30	26,9	24,7	22,9
35	79,2	63,1	52,4	44,5	38,9	35	32	29,8	28
40	82,6	67,1	56,8	49,2	43,8	40	37,1	34,9	33,2
45	86	71	61,1	53,6	48,6	45	42,2	40	38,3
50	89,4	75	65,5	58,5	53,5	50	47,2	45,2	43,5
55	92,9	78,9	69,8	63,1	58,4	55	52,3	50,3	48,6
60	96,3	82,9	74,2	67,8	63,2	60	57,4	55,4	53,8
65	99,7	86,8	78,5	72,4	68,1	65	62,5	60,5	58,9
70	103,1	90,8	82,9	77,1	73	70	67,5	65,7	64,1
75	106,5	94,7	87,2	81,7	77,9	75	72,6	70,8	69,2
80	109,9	98,7	91,6	86,4	82,7	80	77,7	75,9	74,4
85	113,3	102,6	95,9	91	87,6	85	82,8	81	79,5
90	116,7	106,6	100,3	95,7	92,5	90	87,8	86,2	84,7
95	120,1	110,5	104,6	100,3	97,3	95	92,9	91,3	89,8
100	123,5	114,5	109	105	102,2	100	98	96,4	95
105	126,9	118,4	113,3	109,6	107,1	105	103,1	101,5	100,1
110	130,3	122,4	117,7	114,3	111,9	110	108,1	106,7	105,3
115	133,7	126,3	122	118,9	116,8	115	113,2	111,8	110,4
120	137,1	130,3	126,4	123,6	121,7	120	118,3	116,9	115,6
125	40,5	134,2	130,7	128,2	126,6	125	123,4	122	120,7
130	143,9	138,2	135,1	132,9	131,4	130	128,4	127,2	125,9

Π 3 : Χαρακτηρισμός Χώρων με βάση τα κριτήρια NR.

Χαρακτηρισμός Χώρου	NR
Πολύ Ήσυχος	< 30
Ήσυχος	30
Σχετικά Θορυβώδης	40
Θορυβώδης	50
Πολύ Θορυβώδης	60

Π 4 : Προσδιορισμός χρήσης χώρων με βάση τα κριτήρια NR.

Προσδιορισμός Χρήσης Χώρων	NR
Κλινικές	10 – 20
Concert Halls, Opera Houses, Recital Rooms	20 – 25
Σχολικές Αίθουσες, Studio TV, Χώροι Διαλέξεων	20 – 30
Cinema, Νοσοκομεία, Μικροί Χώροι Διαλέξεων	25 – 35
Γραφεία, Βιβλιοθήκες, Αίθουσες Δικαστηρίων	30 – 40
Εστιατόρια, Bar, Καφετέριες	35 – 45
Γυμναστήρια, Πισίνες	40 – 50
Χώροι Εργασίας	60 – 70

Π 5 : Συχνοτικές στάθμες καμπυλών θορύβου NC.

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
NC 15	47	36	29	22	17	14	12	11	25
NC 20	51	40	33	26	22	19	17	16	30
NC 25	54	44	37	31	27	24	22	21	35
NC 30	57	48	41	35	31	29	28	27	40
NC 35	60	52	45	40	36	34	33	32	45
NC 40	64	57	51	45	41	39	38	37	50
NC 45	67	60	54	49	46	44	43	42	55
NC 50	71	64	58	54	51	49	48	47	60
NC 55	74	67	62	58	56	54	53	52	65
NC 60	77	71	67	63	61	59	58	57	70
NC 65	80	75	71	68	66	64	63	62	75

Π 6 : Όρια θορύβου για κέντρα διασκέδασης.

Χαρακτήρας Περιοχής	Στάθμη (dBA)
Περιοχές καθαρά βιομηχανικές χωρίς κατοικίες	-
Περιοχές όπου επικρατεί το βιομηχανικό στοιχείο αλλά υπάρχουν και κατοικίες	45
Περιοχές όπου συνυπάρχουν εξίσου βιομηχανικό και αστικό στοιχείο	40
Περιοχές όπου επικρατεί το αστικό στοιχείο αλλά υπάρχουν και βιομηχανίες	35
Περιοχές όπου υπάρχουν μόνο κατοικίες και περιοχές ειδικής προστασίας	30

Π 7 : Παράμετροι ακουστικής άνεσης.

Είδος Ηχομόνωσης & Ηχοπροστασίας	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ			ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ		
	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ
Ηχομόνωση από Αερόφερτο Ήχο	Σταθμισμένος Δείκτης Ηχομείωσης	R_w (dB)	461.1	Δείκτης Ηχομείωσης	R (dB)	370.3
	Σταθμισμένος Φαινόμενος Δείκτης Ηχομείωσης	R'_w (dB)	461.1	Φαινόμενος Δείκτης Ηχομείωσης	R' (dB)	370.4
Ηχομόνωση από Κτυπογενή Ήχο	Σταθμισμένη κανονικοποιημένη στάθμη ηχητικής πίεσης κτυπογενούς θορύβου	$L'_{n,w}$ (dB)	461.2	Κανονικοποιημένη στάθμη ηχητικής πίεσης κτυπογενούς θορύβου	L'_n (dBA)	370.7 370.8
Ηχοπροστασία από Αερόφερτο θόρυβο εξωτερικών πηγών	Ωριαία ισοδύναμη Α-ηχοστάθμη	L_{Aeqh} (dBA)	230	Α-ηχοστάθμη	L_{pA} (dBA)	230
Ηχοπροστασία από Αερόφερτο θόρυβο που παράγεται από εγκαταστάσεις	Α-ηχοστάθμη	L_{pA} (dBA)	229	Α-ηχοστάθμη	L_{pA} (dBA)	229

Π 8 : Κριτήρια Ηχομόνωσης - Ηχοπροστασίας για "Υψηλή ακουστική άνεση" - Κατηγορία Α.

Είδος Κτηρίου	Ηχομόνωση από γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης. Ηχομόνωση από χώρους κοινής χρήσης (παρ.4,1)		Ηχομόνωση κατοικίας (Διαμερίσματος) από άλλο χώρο κύριας χρήσης (παρ.4,2)		Ηχοπροστασία από		Ηχομόνωση ανάμεσα στους χώρους της ίδιας κατοικίας	Ηχομόνωση κύριου χώρου από χώρους εγκαταστάσεων	
	1	2	3	4	Εξωτερικούς θορύβους	Θορύβους Εγκαταστάσεων		8	9
	R'w	L'n,w	R'w	L'n,w	LAeqh	LpA	R'w	R'w	L'n,w
Κατοικία & Προσωρινή Διαμονή	54	55	-	-	30	25	48	60	45
Γραφεία & Εμπόριο	52	60	58	52	35	30	-	55	55
Εκπαίδευση	57	58	58	52	30	25	-	60	45
Υγεία	57	55	58	52	30	25	-	60	45
Συνάθροιση & Βιομηχανία	65	40	62	47	(25)	(25)	-	(65)	(40)

Π 9 : Κριτήρια Ηχομόνωσης - Ηχοπροστασίας για "Κανονική ακουστική άνεση" - Κατηγορία Β.

Είδος Κτηρίου	Ηχομόνωση από γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης. Ηχομόνωση από χώρους κοινής χρήσης (παρ.4,1)				Ηχομόνωση κατοικίας (Διαμερίσματος) από άλλο χώρο κύριας χρήσης (παρ.4,2)		Ηχομόνωση ανάμεσα στους χώρους της ίδιας κατοικίας		Ηχομόνωση κύριου χώρου από χώρους εγκαταστάσεων
	1	2	3	4	Εξωτερικούς θορύβους	Θορύβους Εγκαταστάσεων	7	8	9
	R'_{w}	$L'_{n,w}$	R'_{w}	$L'_{n,w}$	L_{Aeqh}	L_{pA}	R'_{w}	R'_{w}	$L'_{n,w}$
Κατοικία & Προσωρινή Διαμονή	50	60	-	-	35	30	42	55	50
Γραφεία & Εμπόριο	40	65	52	55	40	35	-	53	60
Εκπαίδευση	50	65	55	55	35	30	-	55	50
Υγεία	50	60	55	55	35	30	-	53	50
Συνάθροιση & Βιομηχανία	60	45	60	48	(25)	(25)	-	(62)	(45)

Παρατηρήσεις:

Οι τιμές στις παρενθέσεις αποτελούν οδηγό για σχεδιασμό θεάτρων, κινηματογράφων, αιθουσών συγκεντρώσεων, αιθουσών μουσικής, χώρων ηχογράφησης και επεξεργασίας ήχου, εκκλησιών και άλλων χώρων, στου οποίους η αυξημένη ηχοπροστασία αποτελεί προϋπόθεση για τη διαμόρφωση της εσωτερικής ακουστικής τους.

Οι τιμές της στήλης 9 αφορούν μόνο επιφάνεια έδρασης των μηχανημάτων.

Π 10 : Σχέση μεταξύ R'_{w} και R_w .

R'_{w} (dB)	R_w (dB)
έως 42	$R'_{w} + 0$
από 43 έως 48	$R'_{w} + 2$
από 48 έως 52	$R'_{w} + 3$
από 53 έως 55	$R'_{w} + 4$
από 56 έως 60	$R'_{w} + 6$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Πίνακες προσδιορισμού επιφανειών και υπολογισμών.

Στο συγκεκριμένο κομμάτι παρουσιάζονται πίνακες προσδιορισμού επιφανειών και υλικών που αποτελούν τον εκάστοτε υπό μελέτη χώρο λήψης καθώς και πίνακες αποτελεσμάτων από υπολογισμούς συνολικής απορρόφησης A , μέσου συντελεστή απορρόφησης $\bar{\alpha}$, απορρόφησης των χώρων λήψης A_N , εμβαδών διαχωριστικών επιφανειών A_W , όγκων V και χρόνων αντήχησης.

Ηχομόνωση κέντρου διασκέδασης.

Βόρεια όψη του κέντρου διασκέδασης.

Π 11 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν τη βόρεια όψη του κέντρου διασκέδασης.

A/A	m ²	Προσδιορισμός Επιφανειών	Υλικά
1	0,94	δοκάρι κάθετο 1	Μπετόν Βαμμένο
2	8,2	τοίχος 1	Σοβάς
3	1,85	δοκάρι οριζόντιο 1	Μπετόν Βαμμένο
4	5,84	τοίχος 2	Σοβάς
5	1,48	δοκάρι οριζόντιο 2	Μπετόν Βαμμένο
6	5,29	τοίχος 3	Σοβάς
7	1,19	δοκάρι οριζόντιο 3	Μπετόν Βαμμένο
8	5,56	τοίχος 4	Σοβάς
9	1,25	δοκάρι οριζόντιο 4	Μπετόν Βαμμένο
10	7,72	τοίχος 5	Σοβάς
11	1,95	δοκάρι οριζόντιο 5	Μπετόν Βαμμένο
12	6,37	τοίχος 6	Σοβάς
13	0,59	δοκάρι οριζόντιο 6	Μπετόν Βαμμένο

Στέψη κέντρου διασκέδασης.

Π 12 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν τη στέψη του κέντρου διασκέδασης.

A/A	m ²	Προσδιορισμός Επιφανειών	Υλικά
1	31,37	οροφή 1	Μπετόν Βαμμένο
2	38,48	οροφή 2	Μπετόν Βαμμένο
3	3,16	οροφή 3	Μπετόν Βαμμένο
4	21,36	οροφή 4	Μπετόν Βαμμένο
5	7	οροφή 5	Μπετόν Βαμμένο
6	53,84	οροφή 6	Μπετόν Βαμμένο
7	52,14	οροφή 7	Μπετόν Βαμμένο

Ανατολική όψη του κέντρου διασκέδασης.

Π 13 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν την ανατολική όψη του κέντρου διασκέδασης.

A/A	m ²	Προσδιορισμός Επιφανειών	Υλικά
1	8,6	τοιχος 1	Σοβάς
2	0,8	δοκάρι οριζόντιο 1	Μπετόν Βαμμένο
3	9,1	τοιχος 2	Σοβάς
4	2,05	δοκάρι οριζόντιο 2	Μπετόν Βαμμένο
5	6,48	τοιχος 3	Υαλοπίνακας
6	1,64	δοκάρι οριζόντιο 3	Μπετόν Βαμμένο
7	4,24	τοιχος 4	Σοβάς
8	0,95	δοκάρι οριζόντιο 4	Μπετόν Βαμμένο
9	3,02	τοιχος 5	Υαλοπίνακας
10	0,76	δοκάρι οριζόντιο 5	Μπετόν Βαμμένο
11	11,43	τοιχος 6	Σοβάς
12	2,58	δοκάρι οριζόντιο 6	Μπετόν Βαμμένο
13	8,14	τοιχος 7	Υαλοπίνακας
14	2,06	δοκάρι οριζόντιο 7	Μπετόν Βαμμένο
15	1,11	δοκάρι κάθετο 1	Μπετόν Βαμμένο
16	5,55	τοιχος 8	Σοβάς
17	2,66	τοιχος 9	Σοβάς
18	9,03	τοιχος 10	Σοβάς
19	0,84	δοκάρι οριζόντιο 8	Μπετόν Βαμμένο
20	5,11	τοιχος 11	Σοβάς
21	1,15	τοιχος 12	Σοβάς
22	8,79	τοιχος 13	Σοβάς
23	1,4	δοκάρι οριζόντιο 9	Μπετόν Βαμμένο

Δυτική όψη (πρόσοψη) του κέντρου διασκέδασης.

Π 14 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν τη δυτική όψη (πρόσοψη) του κέντρου διασκέδασης.

A/A	m ²	Προσδιορισμός Επιφανειών	Υλικά
1	0,94	δοκάρι κάθετο 1	Μπετόν Βαμμένο
2	14,44	τζαμαρία πρόσοψης 1	Υαλοπίνακας
3	1,61	τελάρo πόρτας	Υαλοπίνακας
4	1,6	πόρτα γυάλινη 1	Υαλοπίνακας
5	3,97	δοκάρι οριζόντιο 1	Μπετόν Βαμμένο
6	12,56	τζαμαρία πρόσοψης 2	Υαλοπίνακας
7	3,18	δοκάρι οριζόντιο 2	Μπετόν Βαμμένο
8	2,35	δοκάρι κάθετο 2	Μπετόν Βαμμένο
9	6,33	τζαμαρία πρόσοψης 3	Υαλοπίνακας
10	1,42	δοκάρι οριζόντιο 3	Μπετόν Βαμμένο
11	4,5	τζαμαρία πρόσοψης 4	Υαλοπίνακας
12	1,14	δοκάρι οριζόντιο 4	Μπετόν Βαμμένο
13	0,94	δοκάρι κάθετο 3	Μπετόν Βαμμένο
14	15,98	τοίχος 1	Σοβάς
15	9,87	τοίχος 2	Σοβάς
16	15,98	τοίχος 3	Σοβάς
17	2,35	δοκάρι κάθετο 4	Μπετόν Βαμμένο
18	6,61	τζαμαρία πρόσοψης 5	Υαλοπίνακας
19	1,6	πόρτα γυάλινη 2	Υαλοπίνακας
20	1,85	δοκάρι οριζόντιο 5	Μπετόν Βαμμένο
21	5,85	τζαμαρία πρόσοψης 6	Υαλοπίνακας
22	1,48	δοκάρι οριζόντιο 6	Μπετόν Βαμμένο
23	0,94	δοκάρι κάθετο 5	Μπετόν Βαμμένο

Γραφείο ημιώροφου εντός του κέντρου διασκέδασης.

Π 15 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν το χώρο του γραφείου.

A/A	m ²	Προσδιορισμός Επιφανειών	Υλικά
1	25,87	δάπεδο μεγάλο	Ξύλινο δάπεδο με παρκέ
2	8,71	τοίχος 1	Σοβάς
3	8,22	τοίχος 4 μεσοτοιχία με βοηθητικό ημιώροφου	Σοβάς
4	1,05	πόρτα	Πόρτα Ξύλινη
5	2,35	δοκάρι 2 πάνω από τοίχο 4	Σοβάς
6	6,95	τοίχος 3 μεσοτοιχία με κήπο	Σοβάς
7	1,76	δοκάρι 1 πάνω από τοίχο 3	Σοβάς
8	11,62	τοίχος 2 μεσοτοιχία με κέντρο διασκέδασης	Σοβάς
9	25,87	οροφή	Ξύλο Λουστραρισμένο
Σολικό	92,4		

Π 16 : Υπολογισμός συνολικής απορρόφησης A , μέσου συντελεστή απορρόφησης $\bar{\alpha}$ και απορρόφηση A_N του προστατευόμενου χώρου λήψης.

	63	125	250	500	1000	2000	4000
Συνολική Απορρόφηση χώρου A (m²)	-	5,47	4,64	4,99	5,79	5,04	7,33
Μέσος συντελεστής απορρόφησης από τοίχους $\bar{\alpha}$	-	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,08
Απορρόφηση του χώρου λήψης, γραφείο A_N	-	5,6	4,8	5,1	6,0	5,2	7,6

Π 17 : Υπολογισμός εμβαδού της διαχωριστικής επιφάνειας μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος, A_w και όγκος γραφείου, V .

Συνολικό Εμβαδόν διαχωριστικής επιφάνειας αίθουσας γραφείου με κέντρο διασκέδασης A_w (m²)	46,2
---	-------------

Όγκος αίθουσας γραφείου $V (m^3)$	51,14
--------------------------------------	-------

Πρώτη διαμόρφωση στούντιο εκπομπής διαδικτυακού ραδιοφώνου

Π 18 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν το χώρο του δισκοπωλείου.

A/A	m ²	Προσδιορισμός Επιφανειών	Υλικά
1	22,67	δάπεδο μεγάλο	Μπετόν
2	0,18	σκαλοπάτι πρόσοψης	Μπετόν
3	0,61	οριζόντια επιφάνεια σκαλοπάτι πρόσοψης	Μπετόν
4	1,23	κάθετη επιφάνεια σκαλοπάτι πρόσοψης	Μπετόν
5	15,69	οροφή 1	Μπετόν Βαμμένο
6	7,59	οροφή ημιώροφου	Μπετόν Βαμμένο
7	1,82	οροφή σκαλοπάτι	Μπετόν Βαμμένο
8	16,73	τοιίχος 1	Σοβάς
9	1,56	σκελετός 1	Μπετόν
10	0,44	δοκάρι 1	Μπετόν
11	0,1	δοκάρι 2	Μπετόν
12	4,62	τοιίχος δοκάρι 1	Μπετόν
13	0,67	τοιίχος δοκάρι 2	Μπετόν
14	6,33	είσοδος στούντιο	Υαλοπίνακας
15	1,11	τοιίχος δοκάρι 3	Μπετόν
16	4,62	τοιίχος δοκάρι 4	Μπετόν
17	0,44	δοκάρι 3	Μπετόν
18	0,1	δοκάρι 4	Μπετόν
19	8,02	τοιίχος ημιώροφου	Σοβάς
20	15,44	τοιίχος 2	Σοβάς
21	1,44	σκελετός 2	Μπετόν
22	0,94	δοκάρι 5	Μπετόν
23	1,23	δοκάρι 6	Μπετόν
24	5,27	πρόσοψη 1	Υαλοπίνακας
25	1,6	πρόσοψη πόρτα είσοδος	Υαλοπίνακας
26	1,82	σκελετός 3	Μπετόν
27	5,77	πρόσοψη 2	Υαλοπίνακας
28	1,46	σκελετός 4	Μπετόν
29	0,94	δοκάρι 7	Μπετόν
Σολικό	130,44		

Π 19 : Υπολογισμός συνολικής απορρόφησης A , μέσου συντελεστή απορρόφησης $\bar{\alpha}$ και απορρόφηση A_N του δισκοπωλείου.

	63	125	250	500	1000	2000	4000
Συνολική Απορρόφηση χώρου A (m^2)	-	7,75	5,86	5,39	4,51	4,02	4,72
Μέσος συντελεστής απορρόφησης από τοίχους $\bar{\alpha}$	-	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04
Απορρόφηση του χώρου λήψης, δισκοπωλείο A_N	-	8,0	6,0	5,5	4,6	4,1	4,8

Π 20 : Υπολογισμός εμβαδού της διαχωριστικής επιφάνειας μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος, A_w και όγκος δισκοπωλείου, V .

Συνολικό Εμβαδόν διαχωριστικής επιφάνειας αίθουσας δισκοπωλείου με αίθουσα στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου A_w (m^2)	8,99
Όγκος αίθουσας δισκοπωλείου V (m^3)	90,24

A. Καθορισμός επιφάνειας εισόδου στούντιο με Πτυσσόμενη Γυάλινη πόρτα Winab 2000 (4mm γυαλί / 0,76mm φύλλο / 4mm γυαλί – 59mm διάκενο - 4mm γυαλί / 0,76mm φύλλο / 4mm γυαλί)

Π 21 : Προσδιορισμός υλικών ηχομείωσης των τμημάτων που αποτελούν τη σύνθετη διαχωριστική επιφάνεια μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος.

A/A	m ²	Προσδιορισμός Επιφανειών	Υλικά	Υλικά Ηχομείωσης Επιφανειών
10	0,44	δοκάρι 1	Μπετόν	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 1
13	0,67	τοιχος δοκάρι 2	Μπετόν	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 1
14	6,33	είσοδος στούντιο	Υαλοπίνακας	Πτυσσόμενη Γυάλινη πόρτα Winab 2000
15	1,11	τοιχος δοκάρι 3	Μπετόν	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 1
17	0,44	δοκάρι 3	Μπετόν	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 1

B. Καθορισμός επιφάνειας εισόδου στούντιο με Διπλό Υαλοπίνακα 10mm (τύπου laminated) – 120mm διάκενο - 12mm (τύπου laminated)

Π 22 : Προσδιορισμός υλικών ηχομείωσης των τμημάτων που αποτελούν τη διαχωριστική επιφάνεια μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος.

A/A	m ²	Προσδιορισμός Επιφανειών	Υλικά	Υλικά Ηχομείωσης Επιφανειών
10	0,44	δοκάρι 1	Μπετόν	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 1
13	0,67	τοιχος δοκάρι 2	Μπετόν	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 1
14	6,33	είσοδος στούντιο	Υαλοπίνακας	Διπλός Υαλοπίνακας 10mm-120mm-10mm
15	1,11	τοιχος δοκάρι 3	Μπετόν	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 1
17	0,44	δοκάρι 3	Μπετόν	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 1

Δεύτερη διαμόρφωση στούντιο εκπομπής διαδικτυακού ραδιοφώνου

Π 23 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν το χώρο εξωτερικά του στούντιο.

A/A	m ²	Προσδιορισμός Επιφανειών	Υλικά
1	5,55	δάπεδο	Μπετόν
2	0,85	οροφή πόρτα διαχωριστική	Μπετόν Βαμμένο
3	10,32	οροφή	Μπετόν Βαμμένο
4	1,54	οροφή με dancefloor4	Μπετόν Βαμμένο
5	0,62	οροφή μεσοτοιχία με αποθήκες ξενοίκιαστες	Μπετόν Βαμμένο
6	0,67	τοίχος πόρτα διαχωριστική δοκάρι 1	Μπετόν Βαμμένο
7	1,11	τοίχος δοκάρι	Μπετόν Βαμμένο
8	0,26	σοβατεπί 1	Σοβάς
9	5,47	τοίχος σοβατεπί 1	Σοβάς
10	0,05	σοβατεπί 2	Σοβάς
11	1,06	τοίχος σοβατεπί 2	Σοβάς
12	0,12	σοβατεπί 3	Σοβάς
13	2,54	τοίχος σοβατεπί 3	Σοβάς
14	4,73	τοίχος διαχωριστικός με σκάλα	Γυψοσανίδα 9-12,5mm
15	1,6	πόρτα διαχωριστικής επιφάνειας με σκάλα	Πόρτα Ξύλινη
16	6,84	τοίχος με αποθήκες ξενοίκιαστες	Σοβάς
17	1,55	δοκάρι με αποθήκες ξενοίκιαστες	Μπετόν Βαμμένο
18	0,67	τοίχος πόρτα διαχωριστική δοκάρι 2	Μπετόν Βαμμένο
19	6,33	πόρτα είσοδος	Υαλοπίνακας
20	6,3	πρόσοψη στούντιο	Υαλοπίνακας
21	4,79	τοίχος στούντιο με dancefloor4	Γυψοσανίδα 9-12,5mm
22	2,66	τοίχος στούντιο με σκάλα 1	Γυψοσανίδα 9-12,5mm
23	1,52	πόρτα στούντιο	Γυψοσανίδα 9-12,5mm
24	0,08	τοίχος στούντιο με σκάλα 2 (πάνω από πόρτα)	Πόρτα Ξύλινη
25	2,66	τοίχος στούντιο με σκάλα 3	Γυψοσανίδα 9-12,5mm
26	4,79	τοίχος στούντιο με αποθήκες ξενοίκιαστες	Γυψοσανίδα 9-12,5mm
27	7,36	οροφή στούντιο 1	Γυψοσανίδα 9-12,5mm
28	0,43	οροφή στούντιο 2	Γυψοσανίδα 9-12,5mm

Π 24 : Υπολογισμός συνολικής απορρόφησης A , μέσου συντελεστή απορρόφησης $\bar{\alpha}$ και απορρόφηση A_N του χώρου λήψης.

	63	125	250	500	1000	2000	4000
Συνολική Απορρόφηση χώρου A (m^2)	-	12,43	7,44	5,55	3,92	3,41	3,26
Μέσος συντελεστής απορρόφησης από τοίχους $\bar{\alpha}$	-	0,15	0,09	0,07	0,05	0,04	0,04
Απορρόφηση του χώρου λήψης, εξωτερικός χώρος διαδικτυακού ραδιοφώνου A_N	-	13,47	7,79	5,74	4,02	3,48	3,32

Π 25 : Υπολογισμός εμβαδού της διαχωριστικής επιφάνειας μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος, A_w .

Συνολικό Εμβαδόν διαχωριστικής επιφάνειας αίθουσας στούντιο με εξωτερική γειτονική αίθουσα A_w (m^2)	6,3
---	------------

A.1. Καθορισμός επιφάνειας πρόσοψης στούντιο με Πτυσσόμενη Γυάλινη Πόρτα Winab 2000 4mm γυαλί / 0,76mm φύλλο / 4mm γυαλί – 59mm διάκενο - 4mm γυαλί / 0,76mm φύλλο / 4mm γυαλί

Π 26 : Προσδιορισμός υλικών ηχομείωσης των τμημάτων που αποτελούν τη διαχωριστική επιφάνεια μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος.

A/A	m ²	Προσδιορισμός Επιφανειών	Υλικά	Υλικά Ηχομείωσης Επιφανειών
20	6,3	πρόσοψη στούντιο	Υαλοπίνακας	Winab Glass folding wall 2000

Π 27 : Προσδιορισμός Εμβαδού και υλικών επικάλυψης των επιφανειών που αποτελούν το χώρο του δισκοπωλείου.

A/A	m ²	Προσδιορισμός Επιφανειών	Υλικά
1	22,67	δάπεδο μεγάλο	Πέτρα
2	0,18	σκαλοπάτι πρόσοψης	Μπετόν
3	0,61	οριζόντια επιφάνεια σκαλοπάτι πρόσοψης	Μπετόν
4	1,23	κάθετη επιφάνεια σκαλοπάτι πρόσοψης	Μπετόν
5	15,69	οροφή 1	Μπετόν Βαμμένο
6	7,59	οροφή ημιώροφου	Μπετόν Βαμμένο
7	1,82	οροφή σκαλοπάτι	Μπετόν Βαμμένο
8	16,73	τοιχος 1	Λουστραρισμένο Ξύλο
9	1,56	σκελετός 1	Μπετόν
10	0,44	δοκάρι 1	Μπετόν
11	0,1	δοκάρι 2	Μπετόν
12	4,62	τοιχος δοκάρι 1	Μπετόν
13	0,67	τοιχος δοκάρι 2	Μπετόν
14	6,33	είσοδος στούντιο	Υαλοπίνακας
15	1,11	τοιχος δοκάρι 3	Μπετόν
16	4,62	τοιχος δοκάρι 4	Μπετόν
17	0,44	δοκάρι 3	Μπετόν
18	0,1	δοκάρι 4	Μπετόν
19	8,02	τοιχος ημιώροφου	Σοβάς
20	15,44	τοιχος 2	Λουστραρισμένο Ξύλο
21	1,44	σκελετός 2	Μπετόν
22	0,94	δοκάρι 5	Μπετόν
23	1,23	δοκάρι 6	Μπετόν
24	5,27	πρόσοψη 1	Υαλοπίνακας
25	1,6	πρόσοψη πόρτα είσοδος	Υαλοπίνακας
26	1,82	σκελετός 3	Μπετόν
27	5,77	πρόσοψη 2	Υαλοπίνακας
28	1,46	σκελετός 4	Μπετόν
29	0,94	δοκάρι 7	Μπετόν
Σολικό	130,44		

Π 28 : Υπολογισμός συνολικής απορρόφησης A , μέσου συντελεστή απορρόφησης $\bar{\alpha}$ και απορρόφηση A_N του χώρου λήψης.

	63	125	250	500	1000	2000	4000
Συνολική Απορρόφηση Χώρου λήψης A (m^2)	-	16,34	14,38	17,26	14,05	17,77	18,83
Μέσος συντελεστής απορρόφησης από τοίχους $\bar{\alpha}$	-	0,13	0,11	0,13	0,11	0,14	0,14
Απορρόφηση του χώρου λήψης, δισκοπωλείο A_N	-	17,5	15,2	18,5	14,9	19,1	20,3

Π 29 : Υπολογισμός εμβαδού της διαχωριστικής επιφάνειας μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος, A_w και όγκος δισκοπωλείου, V .

Συνολικό Εμβαδόν διαχωριστικής επιφάνειας αίθουσας δισκοπωλείου με αίθουσα στούντιο διαδικτυακού ραδιοφώνου A_w (m^2)	8,99
Όγκος αίθουσας δισκοπωλείου V (m^3)	90,24

A2. Καθορισμός επιφάνειας εισόδου από τον εξωτερικό χώρο του στούντιο στο δισκοπωλείο με Πτυσσόμενη Γυάλινη πόρτα Winab 2000 4mm γυαλί / 0,76mm φύλλο / 4mm γυαλί – 59mm διάκενο - 4mm γυαλί / 0,76mm φύλλο / 4mm γυαλί

Π 30 : Προσδιορισμός υλικών ηχομείωσης των τμημάτων που αποτελούν τη διαχωριστική επιφάνεια μέσω της οποίας διέρχεται ο ήχος.

A/A	m ²	Προσδιορισμός Επιφανειών	Υλικά	Υλικά Ηχομείωσης Επιφανειών
10	0,44	δοκάρι 1	Μπετόν	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 1
13	0,67	τοιχος δοκάρι 2	Μπετόν	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 1
14	6,33	είσοδος στούντιο	Γαλοπίνακας	WINAB Glass folding wall 2000
15	1,11	τοιχος δοκάρι 3	Μπετόν	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 1
17	0,44	δοκάρι 3	Μπετόν	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 1

