

Τμήμα:
Μουσικής Τεχνολογίας και
Ακουστικής

Εργαστήριο 9^ο

Κουζούπης Σπύρος - Έκδοση 0.99 (13/01/2021)

Μέτρηση Ηχοαπόλειας Χωρισμάτων και Τοίχων

Σκοπός της Εργαστηριακής Άσκησης

Η άσκηση αυτή έχει ως στόχο την εφαρμογή της μεθόδου μέτρησης της ηχομόνωσης που παρουσιάζουν διάφορα κτιριακά στοιχεία, π.χ. τοίχοι, πόρτες, μονά ή

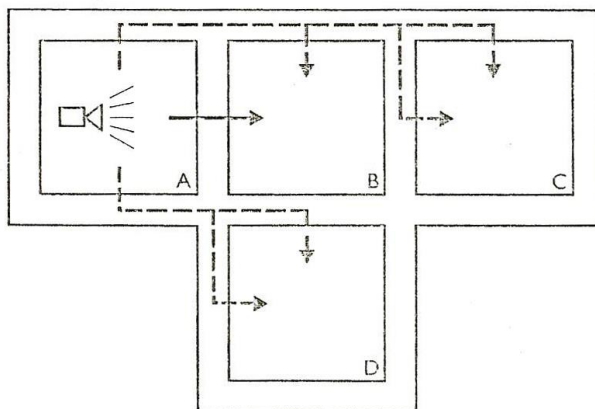
διπλά παράθυρα, δάπεδα και στοιχεία προσόψεως στην περίπτωση αερόφερτου θορύβου. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι χρήσιμα για τη σύγκριση των ηχομονωτικών ιδιοτήτων μεταξύ των διαφόρων κτιριακών στοιχείων και την ταξινόμηση τους σύμφωνα με τις προδιαγραφές αυτές, ώστε να μπορούν να επιτευχθούν συγκεκριμένες απαιτήσεις ηχομόνωσης στον ηχομονωτικό σχεδιασμό ενός κτιρίου γενικότερα. Στο συγκεκριμένο εργαστήριο θα μετρηθεί μόνον η ηχομονωτική ικανότητα ενός τοίχου (ή και παραθύρου), αλλά η μέθοδος είναι η ίδια και για τα υπόλοιπα κτιριακά στοιχεία.

Θεωρία Άσκησης Εργαστηρίου

Όταν παράγεται ένας ήχος σε ένα κλειστό χώρο μπορεί, να μεταφερθεί σε παράπλευρους χώρους μέσω διαφόρων διαδρομών. Για παράδειγμα μπορεί να μεταφερθεί μέσω των τοίχων, πατωμάτων, του σκελετού του κτιρίου και μέσω αεραγωγών (Σχήμα 1). Η προσπάθεια μείωσης της μεταφοράς της ηχητικής ενέργειας από ένα χώρο σε έναν άλλο, ονομάζεται ηχοαπομόνωση. Αν και ο ήχος μπορεί να μεταφερθεί δια μέσου των παραπλεύρων δομικών στοιχείων (στερεόφερτα), σε αυτό το εργαστήριο θα υποθέσουμε ότι η μεταφορά του ήχου γίνεται μόνο μέσω του υπό μέτρηση δοκιμίου.

Η αναγκαιότητα για ηχοαπομόνωση του αερόφερτου θορύβου είναι επιτακτική και μεγάλης σημασίας στο σχεδιασμό κτιρίων (π.χ. γραφείων, σχολείων, ακροατηρίων, αιθουσών συναυλιών, studios αλλά και άλλων χώρων όπου απαιτείται στοιχειώδης ακουστική άνεση).

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, ο αερογενής ήχος μεταφέρεται από μία περιοχή σε μία άλλη με πολλούς τρόπους. Ο αρχικός ήχος μπορεί απευθείας να προσπίπτει επάνω στο χώρισμα μεταξύ των δύο τοίχων, ή να προσπίπτει αφού έχει ήδη ανακλαστεί σε άλλους τοίχους. Με τον τρόπο αυτό στο χώρισμα εγείρονται εγκάρσια κύματα τα οποία ακτινοβολούν στον παρακείμενο χώρο. Ομοίως, κύματα προερχόμενα από τον αρχικό ήχο προσπίπτουν και σε παράπλευρους τοίχους όπου διεγείρουν κύματα τα οποία μεταφέρονται δομικά στους τοίχους του διπλανού δωματίου, όπου επανακτινοβολούν. Υπάρχει βέβαια και η περίπτωση κατά την οποία η αρχική πηγή του ήχου μεταφέρει μηχανικές ταλαντώσεις στο δάπεδο ή στους τοίχους, οι οποίες διαδίδονται στους τοίχους του επίμαχου δωματίου και εκπέμπουν.



Σχήμα 1: Διάφοροι τρόποι μετάδοσης του αερογενούς ήχου σε διπλανούς χώρους.

Η ένταση του ήχου που μεταδίδεται, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως:

Τη συχνότητα της πηγής.

Την ένταση (με την φυσική έννοια του όρου) της πηγής.

Τη γωνία πρόσπτωσης του απευθείας ήχου στον ενδιάμεσο τοίχο (ή στο πάτωμα, ή στο ταβάνι).

Τις διαστάσεις του ενδιάμεσου τοίχου (χωρίσματος).

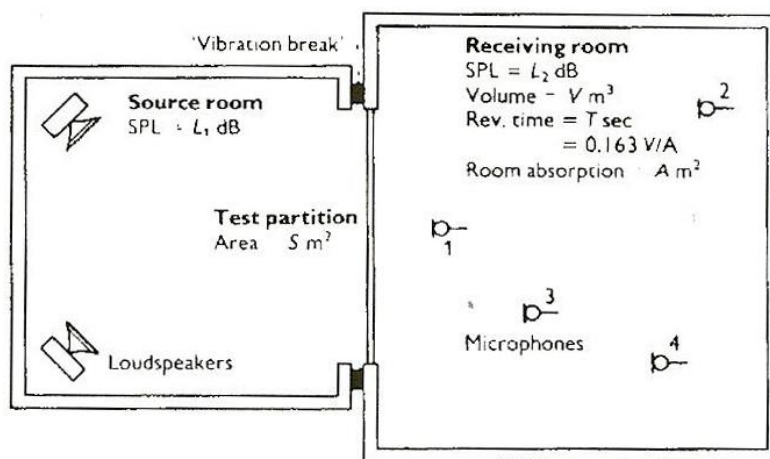
Την μάζα του ενδιάμεσου τοίχου (χωρίσματος).

Τον τρόπο με τον οποίο είναι συνδεδεμένα τα δομικά στοιχεία.

Την ποσότητα της ηχοαπορρόφησης που υπάρχει και στους δύο χώρους, αλλά κυρίως στο χώρο (δωμάτιο) του δέκτη.

Από άλλες έμμεσες διόδους, όπως αναφέρθηκε, αλλά και μέσω των καναλιών εξαερισμού ή το υδραυλικό σύστημα.

Αυτή η εργαστηριακή ενότητα καταπιάνεται με την μέτρηση της ηχοαπόλειας που παρέχει ένα κτιριακό στοιχείο και το οποίο κανονικά προσαρμόζεται σε ένα άνοιγμα που πρέπει να υπάρχει ανάμεσα στα δύο δωμάτια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Λόγω έλλειψης των κατάλληλων αυτών πρότυπων εργαστηριακών χώρων, στο εργαστήριο αυτό, θα μετρήσουμε την ηχοαπόλεια μετάδοσης που παρέχει, ένας κοινός τοίχος (ή παράθυρο ή πόρτα) που βρίσκεται μεταξύ δύο δωματίων. Το υπό μέτρηση δοκίμιο (κτιριακό στοιχείο) στη συγκεκριμένη περίπτωση, αν πρόκειται για τοίχο, θα είναι ολόκληρος ο τοίχος. Η όλη αυτή πρακτική (όσον αφορά κυρίως στους χώρους όπου θα γίνει το πείραμα), δεν είναι ενδεδειγμένη και τυπικά ορθή. Μας ενδιαφέρει όμως στην εργαστηριακή αυτή άσκηση να τηρηθούν όλες οι απαραίτητες διαδικασίες για τις μετρήσεις για διδακτικούς λόγους. Τα αποτελέσματα βέβαια δεν θα είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές που θέτουν τα πρότυπα, η διαδικασία όμως και οι συσκευές μέτρησης είναι αποδεκτές. Πρέπει επίσης να υποθέσουμε ότι δεν υπάρχει στερεόφερτος ήχος στο δεύτερο δωμάτιο.



Σχήμα 2: Δωμάτιο εκπομπής και λήψης με το υπό μέτρηση χωρίσμα εγκατεστημένο.

Ο βασικός δείκτης που καθορίζει την ηχοαπόλεια μετάδοσης ενός χωρίσματος είναι ο Δείκτης Ηχομείωσης (Sound Reduction Index), R , ο οποίος εκφράζεται σε dB μέσω της σχέσης,

$$R = 10 \log \left(\frac{W_1}{W_2} \right) \quad (1)$$

όπου W_1 είναι η ολική ηχητική ισχύς που προσπίπτει πάνω στο χωρίσμα, ενώ W_2 είναι η ηχητική ισχύς που μεταδίδεται στον αέρα από την άλλη πλευρά μέσω του χωρίσματος. Πρέπει να αναφερθεί ότι ο Δείκτης Ηχομείωσης, ονομάζεται πολλές φορές και Ηχοαπόλεια Μετάδοσης, (Sound Transmission Loss).

Επίσης ο λόγος $\tau = \frac{W_2}{W_1}$ ονομάζεται *Συντελεστής Ηχοαπόλειας Μετάδοσης*, και συμβολίζεται συνήθως με τ .

Ισχύει δηλαδή:

$$R = 10 \log \left(\frac{1}{\tau} \right) \quad (2)$$

Εκ των ανωτέρω συνάγεται ότι, εάν ένας τοίχος έχει υψηλό δείκτη ηχομείωσης αυτό σημαίνει ότι η ηχητική ισχύς η οποία μεταδίδεται μέσω αυτού είναι πολύ μικρή. Για παράδειγμα εάν ένας τοίχος έχει δείκτη ηχομείωσης 60 dB, τότε η ηχητική ισχύς που μεταφέρεται είναι το ένα εκατομμυριοστό της προσπίπτουσας ισχύος.

Επειδή τα χαρακτηριστικά ηχοαπομόνωσης των χωρισμάτων εξαρτώνται από τις συχνότητες του προσπίπτοντος ήχου, είναι απαραίτητο να υπολογιστεί και να εκφραστεί ο δείκτης ηχομείωσης σε τριτοκταβικές (ή οκταβικές) ζώνες. Είναι επίσης πολλές φορές χρήσιμο να υπάρχει ένας και μόνον αριθμός ο οποίος θα χαρακτηρίζει τη συμπεριφορά του χωρίσματος. Υπάρχουν αρκετά πρότυπα, αλλά συνήθως χρησιμοποιείται ο *Σταθμισμένος Δείκτης Ηχομείωσης*, R_w (Weighted Sound Reduction Index), ο οποίος προκύπτει σταθμίζοντας κατάλληλα τον δείκτη R στις περιοχές συχνοτήτων από 100 - 3150 Hz, [1].

Στο δωμάτιο της πηγής κανονικά πρέπει να δημιουργηθεί ένα διάχυτο ηχητικό πεδίο. Άρα η W_1 , δηλαδή η ολική ηχητική ισχύς που προσπίπτει πάνω στο χώρισμα (κατά το μη μεταβατικό στάδιο ανάπτυξης του ηχητικού πεδίου), μπορεί να προσδιορισθεί από την μέση τιμή της ηχητικής πίεσης p_1 (σε Pa), στο δωμάτιο της πηγής. Θα ισχύει,

$$W_1 = \frac{p_1^2}{4\rho c} S \quad (3)$$

όπου S είναι η επιφάνεια του δοκιμίου σε m^2 . (Όπου υπάρχουν δείκτες, ο δείκτης 1 αναφέρεται στο δωμάτιο της πηγής ή στο δωμάτιο εκπομπής και ο δείκτης 2 στο δωμάτιο λήψης). Η μεταδιδόμενη ηχητική ισχύς προσδιορίζεται με αντίστοιχο τρόπο, αφού η ηχητική ισχύς που ακτινοβολείται από το δοκίμιο ισούται με τη συνολική απορροφούμενη ηχητική ισχύ στο δωμάτιο λήψης.

Δηλαδή θα ισχύει,

$$W_2 = \frac{p_2^2}{4\rho c} A_2 \quad (4)$$

όπου A_2 (σε m^2) είναι η *ισοδύναμη επιφάνεια ηχοαπορρόφησης* του δωματίου λήψης. Το A_2 μπορεί να εκτιμηθεί από την εξίσωση του Sabine,

$$A_2 = \frac{0.163V_2}{T_2} \quad (5)$$

όπου V_2 και T_2 είναι ο όγκος και ο χρόνος αντήχησης του δωματίου λήψης, αντίστοιχα.

Άρα ο *Δείκτης Ηχομείωσης* γίνεται,

$$R = 10 \log \left(\frac{W_1}{W_2} \right) = 10 \log \left(\frac{p_1^2}{p_2^2} \right) + 10 \log \left(\frac{S}{A_2} \right) = \langle L_1 \rangle - \langle L_2 \rangle + 10 \log \left(\frac{S}{A_2} \right) \quad (6)$$

ή αντίστοιχα,

$$R = \langle L_1 \rangle - \langle L_2 \rangle + 10 \log S + 10 \log \left(\frac{T_2}{0.163V_2} \right) \quad (7)$$

όπου $\langle L_1 \rangle$ και $\langle L_2 \rangle$ σε dB, είναι οι *ισοδύναμες στάθμες μέσης χωρικής ηχητικής πίεσης* στο δωμάτιο εκπομπής και λήψης αντίστοιχα, ενώ S είναι το εμβαδόν του δοκιμίου (ή το εμβαδόν του ανοίγματος, αν υπάρχει, μέσα στο οποίο τοποθετείται το δοκίμιο).

Η μέτρηση της *ισοδύναμης στάθμης μέσης χωρικής ηχητικής πίεσης* μπορεί να γίνει σε κάθε δωμάτιο και για κάθε συχνοτική ζώνη (τριτοκταβική ή οκταβική), με δύο τρόπους:

- α) Με ένα ή περισσότερα σταθερά μικρόφωνα ή με το ηχόμετρο σε διάφορες θέσεις.
- β) Με ένα κινούμενο μικρόφωνο.

Στην πρώτη περίπτωση, σε ορισμένες σταθερές θέσεις 1,2,3,... με ένα ή περισσότερα σταθερά μικρόφωνα ή με το ηχώμετρο, μετρούνται οι ισοδύναμες στάθμες ηχητικής πίεσης L_1, L_2, L_3, \dots και εφαρμόζεται ο τύπος,

$$\langle L \rangle = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right] \quad (8)$$

δηλαδή:

$$\langle L \rangle = 10 \log \left[\frac{10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}}{n} \right] \quad (9)$$

Στη δεύτερη περίπτωση, η ισοδύναμη στάθμη χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης μετρίεται απευθείας μέσω ενός συνεχώς κινούμενου μικροφώνου που ολοκληρώνει το μέγεθος p^2 (αυτό γίνεται συνήθως με τις κατάλληλες συσκευές οι οποίες επιτελούν τη διαδικασία αυτή εσωτερικά).

Διαδικασία μετρήσεων και υπολογισμών

Πρέπει κανονικά να χρησιμοποιηθούν οκταβικά (ή τριτοκταβικά) φίλτρα για τον παραγόμενο ήχο στο δωμάτιο εκπομπής και ο ήχος αυτός πρέπει να είναι σταθερός με σταθερό συνεχές φάσμα στην υπό μέτρηση ζώνη.

Σε κάθε ζώνη συχνοτήτων η ηχητική ισχύς πρέπει να είναι τέτοια ώστε η στάθμη ηχητικής πίεσης να είναι το λιγότερο 10 dB πάνω από τη στάθμη θορύβου βάθους.

Αν υπάρχουν πολλές πηγές στο δωμάτιο εκπομπής, πρέπει όλες να βρίσκονται σε συμφωνία φάσης και κάθε διάσταση του ηχείου να μην ξεπερνά τα 0.7 m. Το ηχείο ή τα ηχεία πρέπει να τοποθετηθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να παράγεται όσο το δυνατό πιο διάχυτο πεδίο και να είναι σε κάποια απόσταση από το δοκίμιο ώστε να μην επικρατεί η άμεση ηχητική ακτινοβολία στη θέση του δοκίμιου. Στην περίπτωση πολλών μικροφώνων κάθε μικρόφωνο πρέπει να απέχει 0.7 m τουλάχιστον, από τις συννοριακές επιφάνειες του δωματίου.

Καλό θα είναι οι μετρήσεις να γίνουν με οκταβικά ή τριτοκταβικά φίλτρα των οποίων οι κεντρικές συχνότητες θα πρέπει να είναι οι ακόλουθες (σε Hz):

100, **125**, 160, 200, **250**, 315, 400, **500**, 630, 800, **1000**, 1250, 1600, **2000**, 2500, 3150, **4000**.

Η ισοδύναμη επιφάνεια ηχοαπορρόφησης εκτιμάται από τον τύπο (5) μετρώντας το χρόνο αντήχησης στο δωμάτιο λήψης (διαδικασία η οποία είναι γνωστή από προγενέστερα εργαστήρια της Εφαρμοσμένης Ακουστικής).

Ενδεικτικές τιμές του δείκτη ηχομείωσης για κάποια δομικά στοιχεία φαίνονται στον Πίνακα 1, που ακολουθεί.

Αναφορές


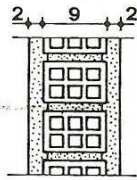
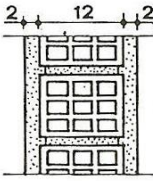
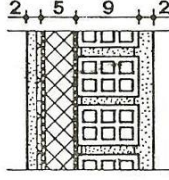
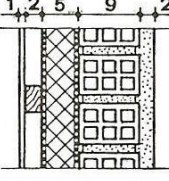
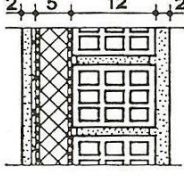
[1] ISO 717-1

[2] ISO 140-3

[3] *Noise and Vibration Control*, Beranek L. 1988, INCE.

Πίνακας 1: Ενδεικτικές τιμές του δείκτη ηχομείωσης για κάποια δομικά στοιχεία.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΧΩΡΙΣΜΑΤΑ

| είδος δομικού στοιχείου | | Δείκτης ηχομείωσης [R] ή [ΔΗ] | | | | | | σταθμ. |
|---|---|-----------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
| | | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz | 4000 Hz | R_w |
| α. πλινθοδομές κλιμ. 1:10 |  | | | | | | | |
| 1. d=10 cm όρθια δομική, βοηθ, με επίχρισμα | | 41 | 35 | 31 | 34 | 34 | 34 | 35 |
| 2. d=13 cm δρομική, βοηθ, με επίχρισμα |  | | | | | | | |
| | | 38 | 34 | 36 | 42 | 45 | 46 | 40 |
| 3. d=16 cm δρομική, θοπη, με επίχρισμα |  | | | | | | | |
| | | 35 | 35 | 42 | 51 | 57 | 59 | 43 |
| 4. d=18 cm δρομική βοηθ, με πλάκες υαλοβάμβακα και επίχρισμα επί νερβομετάλ |  | | | | | | | |
| | | 48 | 44 | 45 | 52 | 55 | 56 | 50 |
| 5. d=17 cm δρομική, βοηθ, με πλάκες υαλοβάμβακα και γυψόπλακα επί σκελετού |  | | | | | | | |
| | | 51 | 47 | 49 | 55 | 58 | 59 | 53 |
| 6. d=21 cm δρομική, θοπη, με πλάκες υαλοβάμβακα και επίχρισμα επί νερβομετάλ |  | | | | | | | |
| | | 44 | 44 | 51 | 60 | 66 | 68 | 52 |

ΔΕΙΚΤΕΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ - ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΧΩΡΙΣΜΑΤΑ

Διαδικασία μετρήσεων

Συγγραφή Σ. Μπρέζας, Έκδοση Μαρτίου 2022

Απαιτούμενες μετρήσεις:

1. Μέτρηση στάθμης εκπεμπόμενου θορύβου στο δωμάτιο λήψης
2. Μέτρηση στάθμης εκπεμπόμενου θορύβου στο δωμάτιο εκπομπής
3. Μέτρηση στάθμης θορύβου βάθους στο δωμάτιο εκπομπής
4. Μέτρηση χρόνου αντήχησης στο δωμάτιο εκπομπής

Σημεία τοποθέτησης της ηχητικής πηγής

Η θέση 1 πρέπει να απέχει τουλάχιστον 0.5 m από κάθε περατωτική επιφάνεια του δωματίου και τουλάχιστον 1 m από το υπό μέτρηση χώρισμα. Η θέση 2 θα πρέπει να επιλεγεί τοιουτοτρόπως. Επιπροσθέτως, θα πρέπει να είναι σε διαφορετικό επίπεδο σχετικά με τις περατωτικές επιφάνειες του χώρου και να απέχει τουλάχιστον 1.4 m από τη θέση 1.

Σημεία τοποθέτησης του/των μικροφώνου/ων

Να ορισθούν 5 σημεία τοποθέτησης του/των μικροφώνου/ων καταναμημένα στο μέγιστο επιτρεπτό χώρο στο δωμάτιο λήψης και εκπομπής. Τα σημεία των μετρήσεων θα πρέπει να βρίσκονται σε διαφορετικό επίπεδο σε σχέση με τις περατωτικές επιφάνειες του χώρου και δε θα πρέπει να συνιστούν κανονικό πλέγμα. Θα πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθες ελάχιστες αποστάσεις:

0.7 m μεταξύ των θέσεων του/των μικροφώνου/ων

0.5 m μεταξύ κάθε θέσης μικροφώνου και περατωτικής επιφάνειας

1.0 m μεταξύ κάθε θέσης μικροφώνου και της πηγής

Δείκτες που δύνανται να υπολογιστούν

α) Διαφορά στάθμης:

$$D = \overline{L_{p, \text{sender}}} - \overline{L_{p, \text{receiver}}} \quad (1)$$

όπου $\overline{L_{p, \text{sender}}}$ και $\overline{L_{p, \text{receiver}}}$ η ισοδύναμη στάθμη μέσης χωρικής ηχητικής πίεσης στο δωμάτιο εκπομπής και λήψης αντίστοιχα.

β) Φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης του υπό εξέταση χωρίσματος:

$$R' = D + 10 \lg \left(\frac{S}{A} \right) \text{ dB} \quad (2)$$

όπου S το εμβαδόν του υπό μέτρηση χωρίσματος και A η ισοδύναμη επιφάνεια απορρόφησης του δωματίου λήψης.

γ) Κανονικοποιημένη διαφορά στάθμης:

$$D_n = D - 10 \lg \left(\frac{A}{10 \text{ m}^2} \right) \text{ dB} \quad (3)$$

δ) Τυποποιημένη διαφορά στάθμης:

$$D_{nT} = D + 10 \lg \left(\frac{T}{0.5 \text{ s}} \right) \text{ dB} \quad (4)$$

όπου T ο χρόνος αντήχησης του δωματίου λήψης.

Επεξεργασία μετρήσεων

- 1) Να υπολογιστεί ο φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης, η κανονικοποιημένη διαφορά στάθμης και η τυποποιημένη διαφορά στάθμης του χωρίσματος και να δοθούν σε κοινό διάγραμμα.
- 2) Να υπολογιστεί θεωρητικώς ο δείκτης ηχομείωσης και να συγκριθεί με το μετρούμενο φαινόμενο δείκτη ηχομείωσης. Συμφωνούν οι θεωρητικές με τις τιμές των μετρήσεων; Πού πιστεύετε ότι οφείλονται τυχούσες αποκλίσεις;

Βιβλιογραφία:

Δ. Σκαρλάτος, *Εφαρμοσμένη Ακουστική*, Εκδόσεις Gotsis, 5^η έκδοση, Πάτρα, 2018, ISBN 978-960-9427-78-4

NTI Audio application note, *Airborne sound insulation*, <https://www.nti-audio.com/Portals/0/data/en/NTi-Audio-AppNote-Airborne-Sound-Insulation-Index-with-XL2.pdf>, τελευταία ανάκτηση στις 28/03/2022

Παράρτημα πινάκων μετρήσεων

Πίνακας 1: Στάθμη θορύβου βάθους δωματίου λήψης

| Συχνότητα / Hz | Στάθμη θορύβου βάθους / dB |
|----------------|----------------------------|
| | Δωμάτιο λήψης |
| 100 | |
| 125 | |
| 160 | |
| 200 | |
| 250 | |
| 315 | |
| 400 | |
| 500 | |
| 630 | |
| 800 | |
| 1000 | |
| 1250 | |
| 1600 | |
| 2000 | |
| 2500 | |
| 3150 | |

Πίνακας 2: Στάθμη εκπεμπόμενου θορύβου στο δωμάτιο εκπομπής. Πηγή θέση 1

| Δωμάτιο εκπομπής – Πηγή θέση 1 | | | | | |
|---------------------------------------|---|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Συχνότητα / Hz | Στάθμη εκπεμπόμενου θορύβου / dB | | | | |
| | Μικρόφωνο θέση 1 | Μικρόφωνο θέση 2 | Μικρόφωνο θέση 3 | Μικρόφωνο θέση 4 | Μικρόφωνο θέση 5 |
| 100 | | | | | |
| 125 | | | | | |
| 160 | | | | | |
| 200 | | | | | |
| 250 | | | | | |
| 315 | | | | | |
| 400 | | | | | |
| 500 | | | | | |
| 630 | | | | | |
| 800 | | | | | |
| 1000 | | | | | |
| 1250 | | | | | |
| 1600 | | | | | |
| 2000 | | | | | |
| 2500 | | | | | |
| 3150 | | | | | |

Πίνακας 3: Στάθμη εκπεμπόμενου θορύβου στο δωμάτιο εκπομπής. Πηγή θέση 2

| Δωμάτιο εκπομπής – Πηγή θέση 2 | | | | | |
|---------------------------------------|---|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Συχνότητα / Hz | Στάθμη εκπεμπόμενου θορύβου / dB | | | | |
| | Μικρόφωνο θέση 1 | Μικρόφωνο θέση 2 | Μικρόφωνο θέση 3 | Μικρόφωνο θέση 4 | Μικρόφωνο θέση 5 |
| 100 | | | | | |
| 125 | | | | | |
| 160 | | | | | |
| 200 | | | | | |
| 250 | | | | | |
| 315 | | | | | |
| 400 | | | | | |
| 500 | | | | | |
| 630 | | | | | |
| 800 | | | | | |
| 1000 | | | | | |
| 1250 | | | | | |
| 1600 | | | | | |
| 2000 | | | | | |
| 2500 | | | | | |
| 3150 | | | | | |

Πίνακας 4: Στάθμη εκπεμπόμενου θορύβου στο δωμάτιο λήψης. Πηγή θέση 1

| Δωμάτιο λήψης – Πηγή θέση 1 | | | | | |
|------------------------------------|---|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Συχνότητα / Hz | Στάθμη εκπεμπόμενου θορύβου / dB | | | | |
| | Μικρόφωνο θέση 1 | Μικρόφωνο θέση 2 | Μικρόφωνο θέση 3 | Μικρόφωνο θέση 4 | Μικρόφωνο θέση 5 |
| 100 | | | | | |
| 125 | | | | | |
| 160 | | | | | |
| 200 | | | | | |
| 250 | | | | | |
| 315 | | | | | |
| 400 | | | | | |
| 500 | | | | | |
| 630 | | | | | |
| 800 | | | | | |
| 1000 | | | | | |
| 1250 | | | | | |
| 1600 | | | | | |
| 2000 | | | | | |
| 2500 | | | | | |
| 3150 | | | | | |

Πίνακας 5: Στάθμη εκπεμπόμενου θορύβου στο δωμάτιο λήψης. Πηγή θέση 2

| Δωμάτιο λήψης – Πηγή θέση 2 | | | | | |
|------------------------------------|---|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Συχνότητα / Hz | Στάθμη εκπεμπόμενου θορύβου / dB | | | | |
| | Μικρόφωνο θέση 1 | Μικρόφωνο θέση 2 | Μικρόφωνο θέση 3 | Μικρόφωνο θέση 4 | Μικρόφωνο θέση 5 |
| 100 | | | | | |
| 125 | | | | | |
| 160 | | | | | |
| 200 | | | | | |
| 250 | | | | | |
| 315 | | | | | |
| 400 | | | | | |
| 500 | | | | | |
| 630 | | | | | |
| 800 | | | | | |
| 1000 | | | | | |
| 1250 | | | | | |
| 1600 | | | | | |
| 2000 | | | | | |
| 2500 | | | | | |
| 3150 | | | | | |

Πίνακας 6: Χρόνος αντήχησης δωματίου λήψης.

| Δωμάτιο Λήψης | | | |
|----------------|----------------------|------------------|------------------|
| Συχνότητα / Hz | Χρόνος αντήχησης / s | | |
| | Μικρόφωνο θέση 1 | Μικρόφωνο θέση 2 | Μικρόφωνο θέση 3 |
| 100 | | | |
| 125 | | | |
| 160 | | | |
| 200 | | | |
| 250 | | | |
| 315 | | | |
| 400 | | | |
| 500 | | | |
| 630 | | | |
| 800 | | | |
| 1000 | | | |
| 1250 | | | |
| 1600 | | | |
| 2000 | | | |
| 2500 | | | |
| 3150 | | | |