

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πρότυπη Μελέτη Θορύβου σε χώρους εργασίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Σπουδαστής: Λαζαρίδης Γεώργιος

Κατεύθυνση Παραγωγής

A.M. : 02109658

Ακαδημαϊκό Έτος : 2015-2016

Επιβλέπων Καθηγητής: Μαρμαράς Νικόλαος

Καθηγητής Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Αθήνα, Ιούνιος 2016

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μέσα από αυτήν την παράγραφο θα ήθελα να ευχαριστήσω πραγματικά όλους όσους με βοήθησαν να φέρω εις πέρας την παρούσα διπλωματική εργασία.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Μαρμαρά Ν. για την ανάθεση του θέματος, την πολύτιμη βοήθεια, στήριξη και ενθάρρυνσή του κατά τη συγγραφή της διπλωματικής εργασίας.

Στη συνέχεια, θέλω να ευχαριστήσω την κυρία Δριβάλου Σ. ,ΕΤΕΠ της Μονάδας Εργονομίας, για την υπομονή της, την καθοδήγηση και τις πολύτιμες παρατηρήσεις που μου παρείχε τόσο κατά τη διαδικασία των πειραματικών μετρήσεων, όσο και για τις ιδέες και τις χρήσιμες πληροφορίες που μου μετέδιδε σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κύριο Παπαδάκο Γ. , Τεχνικό Ασφαλείας του ΕΜΠ, για τη συμβολή του στην επιλογή των χώρων μέτρησης, τις γνώσεις και τις χρήσιμες πληροφορίες που μου μετέδιδε κατά τη λήψη των μετρήσεων στους εργαστηριακούς χώρους.

Βέβαια σημαντική και πολύτιμη ήταν η βοήθεια από όλους τους ανθρώπους τους οποίους συναντήσαμε στους εργαστηριακούς χώρους που επισκεφθήκαμε. Αρχικά στο χώρο του Θωμαΐδειου Ιδρύματος, τόσο στην εκτυπωτική μονάδα όσο και στο χώρο της φοιτητικής μέριμνας οι εργαζόμενοι ήταν απόλυτα συνεργάσιμοι και συνέβαλαν τα μέγιστα προκειμένου να ολοκληρωθούν οι απαιτήσεις μας σε ό,τι τους ζητήσαμε. Συνεπώς, θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στον κύριο Γκάνη Ν., στον κύριο Ηλία Κ. και στον κύριο Σακελλάρη Μ. της εκτυπωτικής μονάδας, όπως επίσης και στον προϊστάμενο της φοιτητικής μέριμνας κύριο Φελέκη και σε όλους τους υπόλοιπους εργαζομένους για τη βοήθειά τους στη σωστή διεξαγωγή των μετρήσεων.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Βαγενά Θ. για την υπομονή του, τις πληροφορίες που μου μετέδωσε και τη βοήθεια του για την ολοκλήρωση των μετρήσεων στο Εργαστήριο Προπλάσμάτων.

Στο Εργαστήριο Τεχνολογίας των Κατεργασιών των Υλικών θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κύριο Βοσνιάκο Γ., καθώς και τους κύριους Μελισσά Ν. και Κερασιώτη Κ. για το χρόνο τους, τις πληροφορίες που μας παρείχαν, την υπομονή και τη βοήθεια που μας προσέφεραν κατά τη διαδικασία λήψης των μετρήσεων.

Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου για τη συνεχή στήριξή τους καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη του θορύβου σε τρεις εργαστηριακούς χώρους του Πολυτεχνείου, η επίδρασή του στους εργαζόμενους/χρήστες, καθώς και οι τρόποι απομείωσής του. Η συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιήθηκε προκειμένου να διαμορφωθεί ένα πρότυπο πρωτόκολλο καταγραφής του θορύβου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μελλοντικά για τη μελέτη του θορύβου σε χώρους του Ε.Μ.Π. με παρεμφερείς χρήσεις. Η διπλωματική αυτή εργασία μπορεί να χωριστεί σε τρεις επιμέρους ενότητες:

Αρχικά γίνεται αναφορά στο βιβλιογραφικό μέρος, στο οποίο αναλύθηκε ο ήχος, ο θόρυβος και στο οποίο παραθέτονται κάποια στατιστικά στοιχεία των επιπτώσεων του θορύβου στους χώρους εργασίας.

Στη συνέχεια, δίνονται συνοπτικά τα διεθνή πρότυπα στα οποία βασιστήκαμε για τη συγκεκριμένη μελέτη, καθώς και τη μέθοδο που ακολουθήσαμε για την εκπόνησή της.

Τέλος, μελετάται ο ακουστικός θόρυβος σε κάθε εργαστηριακό χώρο αναλυτικά, και παρουσιάζονται κάποια μέτρα/παρεμβάσεις για τη μείωση εκπομπής του.

Abstract

The scope of this thesis is to study the noise in three laboratory areas of the National Technical University, assess the effect to the employees / users, and explore ways to reduce this noise. Furthermore, this study was carried out with the aim to develop a protocol for studying occupational noise , which can be used in similar areas of the Technical University with similar uses. This thesis can be divided in three parts:

The first part is the bibliographical part, in which the sound, the noise is analyzed, and some statistics of noise effects in workplaces are given.

Then, the international standards for noise are briefly presented and compared, as well as the methodology adopted for this particular study it is described.

Finally, the occupational noise is studied in detail in each of the three laboratories and measures / interventions are proposed for the noise reduction.

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
Περίληψη	5
Περιεχόμενα.....	5
0. Εισαγωγή.....	9
0.1. Αντικείμενο διπλωματικής.....	9
1. Ηχητικό περιβάλλον σε χώρους εργασίας.....	11
1.1. Στατιστικά στοιχεία των επιπτώσεων του θορύβου στην εργασία.....	11
1.2. Ήχος.....	15
1.2.1. Χαρακτηριστικά ήχων.....	15
1.3. Θόρυβος.....	17
1.3.1 Κατηγοριοποίηση του θορύβου.....	17
1.3.2 Μετάδοση θορύβων.....	18
1.3.3. Επίπεδα θορύβου σε καθημερινές δραστηριότητες.....	19
1.4. Σχετική Νομοθεσία.....	19
2. Πρότυπα σχετιζόμενα με το θόρυβο στους χώρους εργασίας.....	21
2.1. Διεθνές Πρότυπο ISO 1996-2: 2007-03-15 (2 ^η έκδοση).....	22
2.2. Διεθνές Πρότυπο ISO 11201: 2010-05-15 (2 ^η έκδοση).....	28
2.3. Διεθνές Πρότυπο ISO 1999: 1990-01-15 (2 ^η έκδοση).....	37
2.4. Σύγκριση των προτύπων.....	44
2.5. Απαραίτητες πληροφορίες για μελέτη θορύβου σε χώρους εργασίας.....	46
3. Μεθοδολογία	49
3.1. Μελέτη του ηχητικού περιβάλλοντος.....	49
3.2. Βήμα 1 ^ο : Καταγραφή των στοιχείων του χώρου.....	49
3.3. Βήμα 2 ^ο : Συνέντευξη με τον υπεύθυνο του χώρου.....	50
3.4. Βήμα 3 ^ο : Καθορισμός σεναρίων μέτρησης.....	50
3.5. Βήμα 4 ^ο : Μετρήσεις.....	50
3.6. Βήμα 5 ^ο : Επεξεργασία των μετρήσεων.....	51
3.7. Βήμα 6 ^ο : Συμπεράσματα – Μέτρα μείωσης του θορύβου.....	53
3.8. Διεξαγωγή Μετρήσεων – Διεθνές Πρότυπο που ακολουθήθηκε.....	53
4. 1^{ος} Εργαστηριακός Χώρος - Θωμαΐδειο ίδρυμα	55
4.1. Εκτυπωτική μονάδα Ε.Μ.Π. (1 ^{ος} όροφος).....	56
4.1.1 Μηχανήματα.....	56
4.1.2. Χρήση των μηχανημάτων.....	57
4.1.3. Συνέντευξη.....	57

4.1.4. Μετρήσεις- Εκτυπωτική μονάδα Ε.Μ.Π.....	59
4.1.5.Συμπεράσματα - Προτάσεις για την Εκτυπωτική Μονάδα.....	65
4.1.6. Δοκιμαστική παρέμβαση.....	68
4.2. Φοιτητική μέριμνα (ισόγειο).....	77
4.2.1. Συνέντευξη	78
4.2.2. Μετρήσεις - Φοιτητική Μέριμνα	79
4.2.3. Συμπεράσματα-Προτάσεις για τη Φοιτητική Μέριμνα	80
5. 2^{ος}Εργαστηριακός Χώρος–Εργαστήριο Προπλασμάτων	81
5.1. Υπόγειο	83
5.1.1. Μετρήσεις	86
5.2. Ισόγειο	87
5.2.1. Μηχανήματα	90
5.2.2. Χρήση των μηχανημάτων	91
5.2.3. Συνέντευξη.....	92
5.2.4. Μετρήσεις.....	93
5.2.5. Συμπεράσματα-Προτάσεις για το Εργαστήριο Προπλασμάτων	103
6. 3^{ος} Εργαστηριακός Χώρος - Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών	107
6.1. Μηχανήματα	112
6.2. Χρήση των μηχανημάτων	113
6.3. Συνέντευξη.....	114
6.4. Μετρήσεις.....	114
6.4.1. Μέτρηση θορύβου σε θέσεις εργασίας.....	115
6.4.2. Μετρήσεις για αποτύπωση Χάρτη Θορύβου	116
6.4.3. Μέτρηση θορύβου με ηχοδοσίμετρο	117
6.5. Συμπεράσματα-Προτάσεις για το Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών.....	119
7. Γενικά Συμπεράσματα	123
Παράρτημα Α	125
Παράρτημα Β	139
B1. Χαρακτηριστικά λειτουργίας μηχανημάτων του 1 ^{ου} Εργαστηριακού Χώρου	139
B2. Χαρακτηριστικά λειτουργίας μηχανημάτων 2 ^{ου} Εργαστηριακού Χώρου	148
B3. Χαρακτηριστικά λειτουργίας μηχανημάτων 3 ^{ου} Εργαστηριακού Χώρου	160
Βιβλιογραφία	169

0. Εισαγωγή

Ο ήχος είναι άμεσα συνδεδεμένος με τη ζωή του ανθρώπου. Η ακοή είναι μία από τις βασικότερες αισθήσεις που αναπτύσσει ο άνθρωπος από την πρώτη στιγμή που γεννιέται. Το περιβάλλον στο οποίο ζει κατακλύζεται συνεχώς από πληθώρα ήχων, είτε ευχάριστους είτε δυσάρεστους και είναι πολύ σπάνια η περίπτωση απουσίας ήχων. Συνήθως, το ηχητικό περιβάλλον εργασίας διαμορφώνεται από πλήθος ηχογόνων πηγών όπως μηχανήματα, εργαλεία, αλλά και τους ίδιους τους ανθρώπους μέσω της ομιλίας τους, και μπορεί να ενισχύονται, να μειώνονται ή να απορροφούνται, ανάλογα με τη σύσταση και τη διαμόρφωση των δομικών στοιχείων του περιβάλλοντος της εργασίας (π.χ. τοίχοι επικαλυμμένοι με ανακλώντα ή απορροφητικά υλικά)[1].

0.1. Αντικείμενο διπλωματικής

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής, γίνεται μελέτη του θορύβου σε τρεις εργαστηριακούς χώρους του Πολυτεχνείου. Σκοπός της εργασίας είναι η μέτρηση του θορύβου στους χώρους αυτούς, η εκτίμηση της επίδρασης που έχει ο θόρυβος στους εργαζόμενους, καθώς και οι τρόποι απομείωσης των επιπέδων του θορύβου. Έγιναν μετρήσεις και τα αποτελέσματα που προκύπτουν συγκρίθηκαν με τα ανώτερα επιτρεπτά όρια όπως ορίζει η νομοθεσία. Όσον αφορά τους χώρους στους οποίους έγιναν οι μετρήσεις, οι δύο εξ αυτών αποτελούν εργαστηριακούς χώρους του Πολυτεχνείου. Πρόκειται για το εργαστήριο Προπλάσμάτων, το οποίο ανήκει στη Σχολή Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π. και στεγάζεται στα παλιά κτίρια του Πολυτεχνείου στην Πατησίων και το εργαστήριο Κατεργασιών, το οποίο ανήκει στη Σχολή Μηχανολόγων Ε.Μ.Π. και στεγάζεται στο συγκρότημα της Πολυτεχνειούπολης στη Ζωγράφου. Οι δύο αυτοί χώροι παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες, καθώς αυτούς επισκέπτονται πολλοί φοιτητές προκειμένου να πραγματοποιήσουν τις εργαστηριακές ασκήσεις στο πλαίσιο των ακαδημαϊκών μαθημάτων τους, και άλλοι φοιτητές για να υλοποιήσουν μέρος της διπλωματικής τους. Οι δύο χώροι εποπτεύονται από τον εκάστοτε υπεύθυνο του εργαστηρίου, ο οποίος είναι ο αρμόδιος για τη χρήση των μηχανημάτων στα οποία έγινε η μέτρηση του θορύβου. Ο τελευταίος χώρος που επιλέγη είναι το Θωμαΐδειο Ίδρυμα το οποίο βρίσκεται και αυτό στο συγκρότημα της Πολυτεχνειούπολης. Ωστόσο, δεν αποτελεί εργαστηριακό χώρο, αλλά μία εκτυπωτική μονάδα η οποία εξυπηρετεί τις ανάγκες εκτύπωσης συγγραμμάτων και εκπαιδευτικού υλικού του Ιδρύματος. Κοινή συνισταμένη και των τριών χώρων είναι ότι διαθέτουν μηχανήματα τα οποία παράγουν θόρυβο και σε περίπτωση συνδυαστικής χρήσης αυτών, η πολύωρη έκθεση στο χώρο μπορεί να δημιουργήσει προσωρινή ή μόνιμη βλάβη στο ακουστικό σύστημα των εργαζομένων. Για αυτό το λόγο, κατά την παρουσία μας στους χώρους αυτούς δημιουργήθηκαν, πέραν από τα τυπικά σενάρια χρήσης των μηχανημάτων, πιο θορυβώδη σενάρια με χρήση περισσότερων μηχανημάτων σε ταυτόχρονη λειτουργία προκειμένου να αποτυπωθούν οι πιθανές επιπτώσεις και να αξιολογηθεί η επικινδυνότητα.

Οι χώροι αυτοί επελέγησαν καθώς στις εκτιμήσεις επαγγελματικού κινδύνου που είχανε πραγματοποιηθεί σε εργαστήρια και στους χώρους του Ε.Μ.Π. το 2015, είχε διαπιστωθεί ότι ο θόρυβος κατά την εργασία αποτελεί μία παράμετρο που είναι σκόπιμο να διερευνηθεί περαιτέρω. Επιπλέον, οι χώροι αυτοί παρουσιάζουν ομοιότητες αλλά και σημαντικές διαφορές. Συγκεκριμένα:

- Η εκτυπωτική μονάδα παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά που υπάρχουν σε ένα επαγγελματικό περιβάλλον τυπογραφείου.
- Το εργαστήριο Προπλάσμάτων αποτελεί ένα διατομεακό εργαστήριο το οποίο εξυπηρετεί όλα τα μαθήματα της Σχολής, με συνέπεια να υπάρχει συνεχής ροή φοιτητών/χρηστών των μηχανημάτων. Όσο μεγαλύτερο είναι το πλήθος των χρηστών του χώρου, τόσο περισσότερα μηχανήματα δουλεύουν ταυτόχρονα, αυξάνοντας σημαντικά τα επίπεδα θορύβου.
- Το εργαστήριο Κατεργασιών αποτελεί ένα χώρο στον οποίο γίνεται προγραμματισμένη χρήση συγκεκριμένων μηχανημάτων στα πλαίσια των εργαστηριακών ασκήσεων, ενώ τα υπόλοιπα μηχανήματα χρησιμοποιούνται περιστασιακά στο πλαίσιο διπλωματικών εργασιών και διδακτορικών διατριβών.

Οι χώροι με τα χαρακτηριστικά χρήσης που προαναφέρθηκαν, μελετήθηκαν επίσης προκειμένου να διαμορφωθεί ένα πρότυπο πρωτόκολλο καταγραφής του θορύβου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μελλοντικά για τη μελέτη του θορύβου σε χώρους του Ε.Μ.Π. με παρεμφερείς χρήσεις.

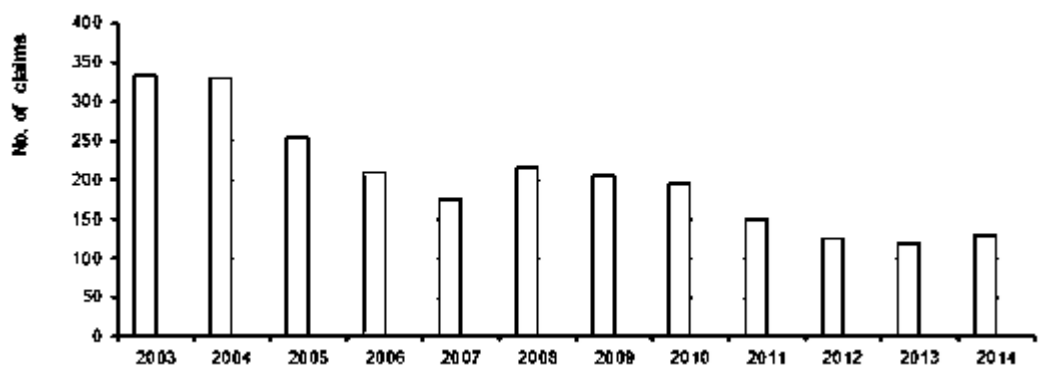
1. Ηχητικό περιβάλλον σε χώρους εργασίας

1.1. Στατιστικά στοιχεία των επιπτώσεων του θορύβου στην εργασία

Προκειμένου να καταδειχθεί η σημαντικότητα της επικινδυνότητας του θορύβου στους χώρους εργασίας, στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα σχετικών μελετών.

- Στην Ελλάδα το 1982 διεξήχθη έρευνα που αφορούσε στον έλεγχο της ακουστικής ικανότητας 439 εργαζομένων του Οργανισμού Σιδηροδρόμων Ελλάδος (ΟΣΕ). Διαπιστώθηκε ότι 240 άτομα (το 54,5%) εκ των 439 εμφάνισαν εκσεσημασμένη έως ελαφρού βαθμού ακουστική αναπηρία εκ θορύβου και ένα ποσοστό 16% (70 άτομα) ανέφερε εμβοές του ενός ή και των δύο ώτων. Σε ορισμένους χώρους του συνεργείου δε και του μηχανοστασίου, ο θόρυβος ξεπερνούσε τα διεθνώς επιτρεπόμενα όρια για 8άωρη απασχόληση, ενώ στιγμιαία έφθανε και τα 115dB(A) [5].
- Σύμφωνα με τα αποτελέσματα έρευνας σε 240 εργαζόμενους στην Ελληνική Χαλυβουργική Βιομηχανία, περίπου το 45% των εξετασθέντων παρουσίαζαν ακουστικά τραύματα εξαιτίας της έκθεσής τους στο θόρυβο [5].
- Σύμφωνα με το επίσημο επιστημονικό νοσηλευτικό περιοδικό, που εκδίδεται από τον Εθνικό Σύνδεσμο Νοσηλευτών Ελλάδας (Ε.Σ.Ν.Ε.), περίπου το 40% του πληθυσμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) εκτίθεται σε θόρυβο από την οδική κυκλοφορία και μάλιστα με ένα ισοδύναμο επίπεδο ηχητικής πίεσης, που υπερβαίνει τα 55 dB(A), κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ένα 20% του πληθυσμού εκτίθεται σε επίπεδα, τα οποία υπερβαίνουν τα 65 dB(A). Αν ληφθεί υπόψη όλος ο θόρυβος της κυκλοφορίας, τότε περίπου οι μισοί από τους πολίτες της (ΕΕ) διαμένουν σε περιοχές, που δε διασφαλίζουν ακουστική άνεση στους κατοίκους τους. Αντίστοιχα, περίπου το 45% του πληθυσμού των αστικών κέντρων στην Ελλάδα είναι εκτεθειμένο σε θόρυβο έντασης πάνω από 65dB(A). Οι πλέον θορυβώδεις περιοχές είναι αυτές που διατρέχονται ή εφάπτονται με κεντρικές οδικές αρτηρίες. Η μακρόχρονη έκθεση σε στάθμη θορύβου από 63dB(A) και πάνω ενέχει σοβαρούς κινδύνους για την ακοή [12] & [5].
- Σύμφωνα με το άρθρο της κυρίας Καρακατσάνη "Η εργασία...βλάπτει σοβαρά την υγεία" που κυκλοφόρησε το 2009, περίπου το 1/3 των Ευρωπαίων εργαζομένων, δηλαδή πάνω από 60 εκατομμύρια άτομα, είναι εκτεθειμένοι σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα θορύβου [8].
- Σε πειράματα που έγιναν, έχει αποδειχτεί ότι εργαζόμενοι που εκτέθηκαν σε πηγές υψηλού θορύβου 90 dB(A) ήταν λιγότερο παραγωγικοί, πιο επιρρεπείς σε ατυχήματα, εμπλέκονταν συστηματικά σε διενέξεις και απουσίαζαν συχνότερα από την εργασία τους [5].
- Σε ένα άρθρο της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας για θέματα Ασφάλειας και Υγιεινής σε χώρους εργασίας που δημοσιεύτηκε το 2005, υπάρχει μια έρευνα που διεξήχθη στη Δανία ανάμεσα σε 1600 άτομα ηλικίας 16-60 ετών και αφορούσε τις συνέπειες της επαγγελματικής κώφωσης που ελάμβαναν αυτά τα άτομα στον αντίστοιχο χώρο εργασίας τους. Η έρευνα αυτή διεξήχθη από το Ινστιτούτο της Δανίας Κοινωνικών Ερευνών το 2003 και οδήγησε στα ακόλουθα συμπεράσματα [11].

- Τα άτομα με απώλεια ακοής εγκατέλειψαν την αγορά εργασίας νωρίτερα από το κανονικό σε σχέση με τους υπόλοιπους συναδέλφους τους. Το 18% λαμβάνει σύνταξη αναπηρίας σε σύγκριση με το 7% του γενικού πληθυσμού.
- Είναι δυσκολότερο για τα άτομα με ακουστική αναπηρία να βρουν δουλειά. (7,5% άνεργοι συγκριτικά με το γενικό ποσοστό ανεργίας που ανέρχεται στο 4,8%).
- Το 8% των ατόμων που ήδη εργάζονται, λόγω των διαταραχών ακοής που αναπτύσσουν αναγκάζονται να παραιτηθούν ή να σταματήσουν οριστικά την εργασία τους.
- Οι βαρήκοοι άνθρωποι συχνά αισθάνονται ψυχικά ή σωματικά εξαντλημένοι στο τέλος της εργάσιμης ημέρας τους: το 47% υποστηρίζει ότι είναι ψυχικά εξαντλημένο, σε σύγκριση με το 36% του γενικού πληθυσμού, ενώ το 51% των ατόμων με βαρηκοΐα λέει ότι είναι σωματικά εξαντλημένο σε σύγκριση με το 31% στο γενικό πληθυσμό.
- Σύμφωνα με μια έρευνα του οργανισμού HSE (Health and Safety at Work Act), υπολογίζεται ότι περίπου 15.000 άνθρωποι στη Μ.Βρετανία που εργάστηκαν κατά τη διάρκεια του τελευταίου έτους υπέφεραν από επαγγελματικό θόρυβο [Noise-Induced Hearing Loss (NIHL)]. Με βάση τα στοιχεία από την Έρευνα Εργατικού Δυναμικού προέκυψαν 48 κρούσματα ανά 100.000 άτομα που απασχολούνται κατά τους τελευταίους 12 μήνες. Αυτό το ποσοστό είναι στατιστικά σημαντικά χαμηλότερο από το αντίστοιχο ποσοστό πριν από δέκα χρόνια, 68 κρούσματα ανά 100.000 άτομα [4].



Εικόνα 1.1 – New cases of Noise Induced Hearing Loss (NIHL) in Great Britain

- Το National Institute on Deafness and other Communication Disorders (NIDCD) εκτιμάει ότι περίπου το 15% των κατοίκων των ΗΠΑ (26 εκατομμύρια άνθρωποι) μεταξύ 20-69 ετών έχουν απώλεια ακοής υψηλών συχνοτήτων λόγω της έκθεσής τους στο θόρυβο κατά την εργασία [9].
- Κάθε χρόνο, περίπου 30 εκατομμύρια άνθρωποι στις Ηνωμένες Πολιτείες είναι επαγγελματικά εκτιθέμενοι σε επικίνδυνα επίπεδα θορύβου. Ο θόρυβος που σχετίζεται με απώλεια ακοής έχει καταχωρηθεί ως μία από τις πιο διαδεδομένες ανησυχίες επαγγελματικής υγείας στις Ηνωμένες Πολιτείες για περισσότερο από 25 χρόνια. Χιλιάδες εργαζόμενοι κάθε χρόνο υποφέρουν από προβλήματα ακοής λόγω των υψηλών επιπέδων θορύβου στο χώρο εργασίας. Από το 2004, το Bureau of Labor Statistics έχει αναφερθεί ότι σχεδόν 125.000 εργαζόμενοι έχουν υποστεί σημαντική, μόνιμη απώλεια ακοής[2]. Το 2007, περίπου 23.000 περιπτώσεις επαγγελματικών απωλειών ακοής είχαν

αναφερθεί στις ΗΠΑ, νούμερο αρκετά μεγάλο για να προκαλέσει προβλήματα ακοής. [3]. Το 2009, το BLS ανέφερε περισσότερες από 21.000 περιπτώσεις απώλειας ακοής [2].

- Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, 278 εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως αντιμετωπίζουν προβλήματα ακοής, το οποίο σημαίνει μερική ή ολική απώλεια ακοής από το ένα ή και τα δύο αυτιά. Ένα άτομο μπορεί να αντιμετωπίζει προβλήματα ακοής, για διάφορους λόγους, όπως η έκθεση σε χημικές ουσίες η οποία μπορεί να βλάψει το ακουστικό σύστημα, κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις, η ηλικία, ενδεχόμενες μολυσματικές ασθένειες, και η έκθεση σε υπερβολικό θόρυβο. Στην πραγματικότητα, ο συνδυασμός της έκθεσης σε υπερβολικό θόρυβο και κάτι από τις άλλες αιτίες μπορεί να οδηγήσει σε συνεργική δράση [6].
- Ο Cohen (1973) πραγματοποίησε μια μελέτη όπου σύγκρινε δύο διαφορετικές ομάδες εργαζομένων οι οποίοι είχαν παρόμοια εργασιακή εμπειρία και ηλικία. Διαπίστωσε ότι οι εργαζόμενοι που εκτίθενται σε επίπεδα θορύβου άνω των 95 dB(A) είχαν 35% υψηλότερο ποσοστό ατυχημάτων σε σχέση με τους εργαζόμενους που εκτίθενται σε επίπεδα θορύβου μικρότερα των 80 dB(A) [6].
- Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε από την Αμερικανική Υπηρεσία Δημόσιας Υγείας έδειξε ότι, ανεξάρτητα από οποιαδήποτε έκθεση στο θόρυβο, το 20% όλων των εργαζομένων μεταξύ των ηλικιών 50 και 59, θα αναπτύξει απώλεια ακοής [6].

Παρακάτω παρουσιάζονται δύο πίνακες στους οποίους εμφανίζονται οι πιθανότητες πρόκλησης βλαβών στην ακοή ανάλογα με τα έτη έκθεσης και τη στάθμη θορύβου για οκτάωρη εργασία.

dB(A)	5 έτη ηχοέκθεση (%)	10έτη ηχοέκθεση (%)
80	0	0
90	4	10
100	12	29
110	26	55

Πίνακας 1.1 - Ηχοέκθεση εργαζομένων [7]

ΗΧΟΕΚΘΕΣΗ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ

Στατιστικά στοιχεία ποσοστού ανθρώπων που πάσχουν από απώλεια ακοής εξαιτίας θορύβου στο χώρο εργασίας τους.

ΕΠΙΠΕΔΟ ΗΧΟΕΚΘΕΣΗΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΕ dB(A)	ΣΕ ΗΛΙΚΙΑ 40 (20 ΕΤΗ ΗΧΟΕΚΘΕΣΗ)	ΣΕ ΗΛΙΚΙΑ 50 (30 ΕΤΗ ΗΧΟΕΚΘΕΣΗ)	ΣΕ ΗΛΙΚΙΑ 60 (40 ΕΤΗ ΗΧΟΕΚΘΕΣΗ)
80	0	0	0
85	5	6.5	8
90	11.9	15.6	18
95	21.4	26.7	28
100	35.9	40.8	40
105	49.9	57.8	54
110	68.4	73.8	64
115	83.9	84.3	70

Πίνακας 1.2. - Ηχοέκθεση εργαζομένων [26].

Η απώλεια της ακοής είναι η πιο σημαντική συνέπεια του θορύβου στον εργαζόμενο και γενικότερα στον άνθρωπο. Η θορυβογενής απώλεια της ακοής (επαγγελματική βαρηκοΐα), εξακολουθεί να αποτελεί μια από τις πιο συνήθεις επαγγελματικές ασθένειες στην Ευρώπη και αντιπροσωπεύει το 1/3 περίπου όλων των επαγγελματικών ασθενειών, όπως αναφέρει ο Hans-Horst Konkolewsky, Διευθυντής του Ευρωπαϊκού οργανισμού για την ασφάλεια και την υγεία στην εργασία (EUOSHA). Ακόμα εκατομμύρια εργαζόμενοι στην Ευρώπη εκτίθενται καθημερινά σε θόρυβο, με αποτέλεσμα το 7% να υποφέρει από προβλήματα στην ακοή που σχετίζεται με την επαγγελματική τους έκθεση.

- Την τετραετία 2000-2004 το Ιταλικό Ινστιτούτο Ασφαλιστικής Κάλυψης Επαγγελματικού Κινδύνου (INAIL), κατέγραψε 18.268 αναγγελίες επαγγελματικής βαρηκοΐας σε σύνολο 38.055 αναγγελιών επαγγελματικών ασθενειών, για τους κλάδους της βιομηχανίας και των υπηρεσιών. Ο αριθμός αυτός αντιστοιχεί στο 48% του συνόλου των καταγεγραμμένων αναγγελιών [7].
- Στη χώρα μας παρά το έλλειμμα στην καταγραφή των επαγγελματικών νοσημάτων, το 2003 σε σύνολο 39 επαγγελματικών ασθενειών, η απώλεια ακοής εξαιτίας θορύβου καλύπτει το 10.3% του συνόλου με 4 καταγεγραμμένες περιπτώσεις. Για το 2004 σε σύνολο 32 περιπτώσεων η επαγγελματική βαρηκοΐα καλύπτει το 12.5% του συνόλου, με 4 καταγραφές επαγγελματικής βαρηκοΐας [7].
- Σύμφωνα με τη Δημόσια Υπηρεσία Υγείας των Ηνωμένων Πολιτειών (Public Health Service, 1991), περίπου δέκα εκατομμύρια από τα είκοσι ένα εκατομμύρια των Αμερικανών που πάσχουν από προβλήματα ακοής, υποφέρουν από αυτά τα προβλήματα εξαιτίας της έκθεσης σε θορύβους. Από μελέτη του Peretti που ολοκλήρωσε το 2003 προκύπτει ότι υπάρχει μια σημαντική διαφορά (μεταξύ 15-20 dB(A)) μεταξύ των συντελεστών ηχοεξασθένησης που δηλώνουν οι κατασκευαστές και των πραγματικών συντελεστών ηχοεξασθένησης, που μετρήθηκαν στους εργασιακούς χώρους [7].

Όσον αφορά τις μη ακουστικές επιδράσεις οι ερευνητές δεν μπορούν να πουν με σιγουριά ότι ο θόρυβος από μόνος του μπορεί να προκαλέσει τα καρδιακά και κυκλοφορικά προβλήματα που παρατηρούνται. Το μόνο, λοιπόν, που μπορούν να ισχυριστούν στατιστικά με βάση εργαστηριακές έρευνες, είναι μια προφανής σχέση μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι καλύτερες διαθέσιμες **μελέτες** είναι εκείνες που έχουν διεξαχθεί σε εργασιακούς χώρους.

Για παράδειγμα, σε εργάτες στην επεξεργασία ατσαλιού και μηχανεργάτες που εργάζονται κάτω από υψηλά επίπεδα θορύβου, εμφανίζονται τα περισσότερα περιστατικά κυκλοφορικών προβλημάτων από ότι σε εργαζόμενους εργοστασίων με χαμηλά επίπεδα θορύβου. Επιπλέον, μια γερμανική έρευνα τεκμηρίωσε μεγάλα ποσοστά καρδιακών νοσημάτων σε εργασιακούς χώρους με υψηλά επίπεδα θορύβου.

Σε ένα άρθρο που δημοσιεύτηκε στην Εβδομαδιαία Έκθεση περί νοσηρότητας και θνησιμότητας τον Απρίλιο του 2016, οι ερευνητές ανέφεραν ότι οι εργαζόμενοι στον τομέα της εξόρυξης είχαν τον μεγαλύτερο κίνδυνο απώλειας ακοής, με τις κατασκευαστικές και μεταποιητικές βιομηχανίες να ακολουθούν. Συμπέραναν επίσης ότι οποιαδήποτε πρόληψη, διάγνωση και παρέμβαση για να αποφευχθεί η απώλεια ακοής, είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της ποιότητας της ζωής των εργαζομένων. «Η απώλεια της ακοής είναι η τρίτη πιο κοινή χρόνια φυσική κατάσταση στις Ηνωμένες Πολιτείες, και είναι πιο διαδεδομένη από ό, τι ο διαβήτης ή ο καρκίνος», δήλωσε ο Elizabeth A. Masterson,

PhD, του Εθνικού Ινστιτούτου του CDC για την Ασφάλεια και την Υγεία. Οι ερευνητές ανέλυσαν δεδομένα από εννέα βιομηχανίες των ΗΠΑ, χρησιμοποιώντας 1.413.789 εργαζόμενους που εκτίθενται στο θόρυβο, από το Εθνικό Ινστιτούτο του CDC για την Ασφάλεια και την Υγεία. Το δείγμα αντιπροσώπευε 25.908 εταιρείες των ΗΠΑ, κατά τη διάρκεια του 2003-2012. Σύμφωνα με τους ερευνητές, μεταξύ όλων των κλάδων, το 13% των εργαζομένων που εκτίθενται στο θόρυβο είχε προβλήματα ακοής, ενώ το 2% υπέστη μέτρια ή χειρότερη δυσλειτουργία [10].

Ακόμη, σε δείγμα μεγέθους παραπάνω από 2000 άνδρες από τις κοινότητες του Caerphilly και Sreedwell, και πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι ηλικίας, κοινωνικοοικονομικής θέσης, οικογενειακής κατάστασης, βάρους σώματος, καπνιστικές συνήθειες και φυσικής κατάστασης. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι ο θόρυβος σχετίζεται με την αύξηση του επιπέδου της χοληστερόλης και των επιπέδων της γλυκόζης [7].

Τέλος, ορισμένες έρευνες δείχνουν μια σύνδεση μεταξύ της έκθεσης σε θόρυβο και του μαγνησίου του μεταβολισμού. Παρόμοιες όμως έρευνες έχουν αναγνωρίσει ξεκάθαρα την συνεισφορά του θορύβου και σε άλλες φυσικές δυσλειτουργίες. Μια πενταετής έρευνα από δύο παραγωγικές μονάδες στις Ηνωμένες Πολιτείες έδειξε ότι οι εργαζόμενοι σε θορυβώδεις θέσεις εργασίας παρουσίαζαν μεγαλύτερα νούμερα σε διαγνωσμένα ιατρικά προβλήματα, συμπεριλαμβανομένων και των αναπνευστικών δυσκολιών, από εργαζομένους που δουλεύουν σε πιο ήσυχες θέσεις εργασίας [7].

1.2. Ήχος

Ο ήχος είναι η περιοδική κίνηση των μορίων του αέρα, ή άλλων παλλόμενων υγρών ή στερεών σωμάτων, η οποία είναι ικανή να ερεθίσει την αίσθηση της ακοής και να γίνει αντιληπτή από τον άνθρωπο. Ο ήχος παράγεται όταν μια ηχητική πηγή ταλαντώνεται, δηλαδή εκτελεί παλμικές κινήσεις. Ο ήχος, λοιπόν, είναι ένα διαμήκες κύμα πίεσης που διαδίδεται σε ένα μέσο (συνήθως την ατμόσφαιρα). Ο ήχος δεν διαδίδεται στο κενό. Το κύμα αυτό αποτελεί το ερέθισμα της ακοής. Λόγω των ελαστικών ιδιοτήτων του υλικού η ενέργεια της ταλάντωσης μεταφέρεται από το κάθε μόριο στα γειτονικά του. Προκαλούνται έτσι μεταβολές της πίεσης και δημιουργούνται επάλληλα πυκνώματα (περιοχές υψηλής πίεσης) και αραιώματα (περιοχές χαμηλής πίεσης) των μορίων που συνιστούν την ατμόσφαιρα [1] & [14].

1.2.1. Χαρακτηριστικά ήχων

Σύμφωνα με τη Φυσική, κάθε ήχος χαρακτηρίζεται από [1]:

- την ενέργεια που μεταφέρουν οι παλμικές κινήσεις του αέρα
- την ένταση ,
- τη συχνότητα,
- και τη διάρκεια

Ένταση ήχου

Ως **ένταση ήχου** ορίζεται η ισχύς του ηχητικού κύματος ανά μονάδα επιφανείας κάθετης στη φορά διάδοσης του κύματος ή αλλιώς η ενέργεια που μεταφέρει το ηχητικό κύμα ανά μονάδα επιφανείας και ανά μονάδα χρόνου

Συχνότητα- Διάρκεια

Ο αριθμός των χρονικών κύκλων του ηχητικού κύματος πίεσης ανά δευτερόλεπτο ονομάζεται συχνότητα του ήχου και μετράται σε Χερτζ (Hz).

Για την Ψυχοακουστική υπάρχουν και ορισμένες άλλες παράμετροι που χαρακτηρίζουν τους ήχους, όπως [1]:

- η αντιλαμβανόμενη ένταση του ήχου ,
- το τονικό ύψος,
- η χροιά ,
- το αιφνίδιο ή το αναμενόμενο του ήχου

Η αντιλαμβανόμενη ένταση του ήχου

Είναι ένα υποκειμενικό χαρακτηριστικό του ήχου. Συνεπώς τα χαρακτηριστικά του ήχου που αντιλαμβάνεται ο κάθε άνθρωπος δεν ταυτίζονται απόλυτα με τις μετρούμενες φυσικές παραμέτρους του ήχου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι η ευαισθησία του αυτιού δεν είναι ίδια για όλες τις συχνότητες που μπορεί να αντιληφθεί. Για την ένταση του ήχου που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος χρησιμοποιείται μια ειδική μονάδα , τα φονς(phons), η οποία επηρεάζεται, εκτός από την ηχητική ένταση και από το φάσμα συχνοτήτων του ήχου που ακούγεται[1].

Τονικό ύψος (pitch)

Είναι η συχνότητα ενός ήχου την οποία αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος (οξύς ή βαρύς ήχος). Το τονικό ύψος ταυτίζεται με τη συχνότητα που μετράται σε Hz όταν ο αντιλαμβανόμενος ήχος είναι καθαρός, δηλαδή συνίσταται σε μία συχνότητα, ή , όλα τα μόρια του αέρα που μεταφέρουν τον ήχο αυτόν πάλλονται με την ίδια συχνότητα. Για τις περιπτώσεις σύνθετων ήχων, το τονικό ύψος ταυτίζεται με μία συχνότητα που αποκαλείται θεμελιώδης συχνότητα. Υπάρχουν περιπτώσεις ήχων που ο άνθρωπος δεν μπορεί να διακρίνει τονικό ύψος. Τους ήχους αυτούς τους αποκαλούμε λευκούς (white noise) και χαρακτηρίζονται από πεπλατυσμένο φάσμα συχνοτήτων, δηλαδή όλες οι επιμέρους συχνότητές τους έχουν περίπου την ίδια ένταση[1].

Χροιά

Η χροιά είναι ένα υποκειμενικό χαρακτηριστικό του ήχου που αφορά το πως αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο αυτί διαφορετικούς ήχους της ίδιας έντασης και συχνότητας. Η διαφοροποίηση της χροιάς δημιουργείται από το λόγο του πλάτους του θεμελιώδους ήχου προς τα πλάτη των ανώτερων αρμονικών ήχων, που είναι χαρακτηριστικό της πηγής του ήχου.

1.3. Θόρυβος

Από τα είδη ήχων που αναφέρθηκαν παραπάνω θα γίνει μια αναφορά στο θόρυβο.

Ο όρος θόρυβος χρησιμοποιείται στην Εργονομία συνήθως για να περιγράψει τον ανεπιθύμητο, ενοχλητικό για τον άνθρωπο ήχο. Θόρυβος συνήθως είναι ο ήχος που δεν φέρει καμία πληροφορία και που η έντασή του μεταβάλλεται τυχαία στο χρόνο. Σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης) δίνονται δύο ορισμοί του ακουστικού θορύβου:

- Θόρυβος ονομάζεται κάθε δυσάρεστος ή ανεπιθύμητος ήχος.
- Θόρυβος ονομάζεται κάθε απεριοδικός σύνθετος ήχος που η στιγμιαία τιμή του αυξομειώνεται με τυχαίο τρόπο.

Ο θόρυβος είναι μη επιθυμητός ήχος ο οποίος εκτός από την ένταση, περιλαμβάνει και παραμέτρους συναισθηματικής ενόχλησης όπως:

α) Μη επιθυμητούς ήχους που είναι φορείς δυσάρεστης πληροφορίας (κραυγές, δυσάρεστη μουσική) και

β) μη επιθυμητούς ήχους που προκαλούν φυσική ενόχληση (θόρυβος αεροπλάνου, πυροβολισμός, κομπρεσέρ) [13] & [15].

Ο θόρυβος δεν έχει κάποιο συγκεκριμένο φυσικό χαρακτηριστικό που να του δίνει τη δυνατότητα να διαχωρισθεί από έναν επιθυμητό ήχο. Αυτή η διαφορά καθορίζεται από υποκειμενικούς παράγοντες και για αυτό το λόγο κανένα όργανο δεν μπορεί να κάνει διαχωρισμό μεταξύ θορύβου και ήχου. Συνεπώς, οι ήχοι που εκπέμπονται σε ένα εργασιακό περιβάλλον, εκτός από ενόχληση μπορεί να αποτελούν και σημαντική πηγή πληροφόρησης. Για παράδειγμα, η επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων πραγματοποιείται κυρίως με τη βοήθεια των διαρθρωμένων ήχων (ομιλία) που αυτοί εκπέμπουν, ενώ οι μεταβολές των χαρακτηριστικών του ήχου που εκπέμπει μια μηχανή πληροφορούν το χειριστή της για την καλή ή όχι λειτουργία της, την ανάγκη τροφοδοσίας της ή συντήρησης. Ταυτόχρονα, όμως, το ηχητικό περιβάλλον μπορεί να έχει και πολλαπλές επιπτώσεις στον άνθρωπο, όπως ενόχληση και αδυναμία συγκέντρωσης, ή προσβολή του ακουστικού συστήματος που μπορεί να είναι αναστρέψιμη (ακουστική κόπωση) ή μη αναστρέψιμη (κώφωση) [1].

Ο θόρυβος, συνεπώς, επιδρά δυσμενώς στο σύστημα ακοής του ανθρώπου, καθώς μπορεί να προκαλέσει ακουστικό τραυματισμό και βαρηκοΐα. Ο θόρυβος μπορεί να επηρεάσει την απόδοση των εργαζομένων, κυρίως αυτών που κάνουν εργασίες που απαιτούν συγκέντρωση ή λεπτούς χειρισμούς.

1.3.1 Κατηγοριοποίηση του θορύβου

Ο θόρυβος ταξινομείται σε δύο κατηγορίες:

- **Θόρυβος περιβάλλοντος (ambient noise)**, είναι ο θόρυβος που εκπέμπεται από συγκεκριμένες ηχητικές πηγές που δε μας ενδιαφέρει κατά την ηχομέτρηση.

- **Θόρυβος υποβάθρου (background noise)**, είναι ο θόρυβος που προέρχεται από όλες τις πηγές που υπάρχουν στο χώρο και που δεν έχουν σχέση με έναν ορισμένο ήχο ο οποίος αποτελεί αντικείμενο ενδιαφέροντος.

Σύμφωνα με τον 'ΕΛΟΤ' (263.1) ο θόρυβος διαχωρίζεται επίσης, ανάλογα και με τον τρόπο που μεταβάλλεται [15] & [16] :

- **σταθερός θόρυβος** : παρουσιάζει πολύ μικρές σχεδόν αμελητέες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της μέτρησης.
- **μεταβλητός θόρυβος**: ο θόρυβος που δεν είναι σταθερός αλλά δεν μεταβάλλεται ραγδαία.

Ο μεταβλητός θόρυβος χωρίζεται και αυτός σε υποκατηγορίες:

- *Κυμαινόμενος θόρυβος*: Είναι ο μεταβλητός θόρυβος που η στάθμη του αλλάζει συνεχώς και σε σημαντικό βαθμό κατά τη διάρκεια της παρατήρησης.
- *Διακοπτόμενος θόρυβος*: Είναι ο μεταβλητός θόρυβος που παρουσιάζει απότομες πτώσεις της στάθμης στην τιμή της στάθμης θορύβου κατά τη διάρκεια της παρατήρησης και οι απότομες αυτές εξάρσεις είναι της τάξεως του 1 sec ή περισσότερο.
- *Παλμικός θόρυβος*: Είναι ο μεταβλητός θόρυβος που αποτελείται από μια ή περισσότερες εξάρσεις ηχητικής ενέργειας (ηχητικοί παλμοί) με διάρκεια μικρότερη από 1 sec η καθεμιά. Λόγω της μικρής διάρκειας των παλμικών ήχων το αυτί παρουσιάζει μειωμένη ευαισθησία στην αντίληψη της ακουστότητάς τους.

1.3.2 Μετάδοση θορύβων

Ο θόρυβος που φθάνει στο αυτί μεταδίδεται μέσω διαφορετικών οδών. Σε κλειστούς χώρους, ο θόρυβος μεταδίδεται μέσω αεραγωγών και άλλων ανοιγμάτων ή μεταδίδεται κατευθείαν από την πηγή στο αυτί. Θόρυβος που εκπέμπεται από μηχανήματα που βρίσκονται σε τελείως κλειστούς χώρους, δημιουργεί κραδασμούς στα διαχωριστικά τοιχώματα και επανεκπέμπεται για να φθάσει στο αυτί των εργαζομένων μέσω του αέρα. Το επίπεδο θορύβου εξαρτάται από την ένταση της πηγής και από το βαθμό που οι οδοί μετάδοσης μειώνουν το θόρυβο λόγω των διαφόρων παραγόντων απόσβεσης.

Η μετάδοση ήχων κάτω από συνθήκες κενού (απουσία ατμόσφαιρας) διαφέρει από τη μετάδοση των ήχων στην ατμόσφαιρα της γης. Καθώς αραιώνει η ατμόσφαιρα, μειώνεται η μετάδοση του θορύβου και ιδιαίτερα των συνιστωσών χαμηλής συχνότητας. Κατά τη μετάδοση ισχύει ο κανόνας του αντιστρόφου τετραγώνου της αποστάσεως από την πηγή. Σε συνθήκες απόλυτου κενού δεν είναι δυνατή η μετάδοση θορύβων [14].

1.3.3. Επίπεδα θορύβου σε καθημερινές δραστηριότητες

Γενικά οι θόρυβοι πάνω από 60 dB(A) εμποδίζουν την ικανότητα συγκέντρωσης του εργαζομένου και άρα, είναι ακατάλληλοι για χώρους εργασίας που απαιτείται - κύρια - πνευματική εργασία. Οι ειδικοί συμφωνούν σήμερα στον προσδιορισμό μίας ζώνης - περιοχής ασφάλειας, για την ένταση του θορύβου, στην οποία, είναι δυνατό να εκτίθεται ο εργαζόμενος και η οποία κυμαίνεται, ανάλογα με τη φύση της εργασίας από 60 έως 80 dB(A) [13]. Οι μέσες εντάσεις θορύβου που συναντά σε χώρους διαφορετικών χρήσεων είναι οι ακόλουθες :

- I. Δωμάτια ύπνου (ανοικτό παράθυρο) 25-30 dB(A)
- II. Δωμάτια ασθενών 30-40 dB(A)
- III. Δωμάτια πνευματικώς εργαζομένων 20-30 dB(A)
- IV. Χώροι συνηθισμένης εργασίας 50-70 dB(A)
- V. Θορυβώδη εργοστάσια > 80 dB(A)
- VI. Χώροι κατοικιών την ημέρα 45 dB(A)
- VII. Περιοχές αναρρωτηρίων – Κήποι Αναψυχής 30-40 dB(A)

1.4. Σχετική Νομοθεσία

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει τα εξής όρια για έκθεση των εργαζομένων στον θόρυβο (για την Ελλάδα Π.Δ. 149/2006) [1]:

- A. οριακή τιμή: ημερήσια έκθεση $L_{eq,8h} = 87$ dB(A) και μέγιστη στιγμιαία έκθεση ή κορυφοτιμή $L_{max} = 140$ dB(C). Όταν η έκθεση των εργαζομένων υπερβαίνει την οριακή τιμή, ο εργοδότης πρέπει υποχρεωτικά να λαμβάνει μέτρα μείωσης του θορύβου,
- B. ανώτερη τιμή ανάληψης δράσης: ημερήσια έκθεση $L_{eq,8h} = 85$ dB(A) και μέγιστη στιγμιαία έκθεση ή κορυφοτιμή $L_{max} = 137$ dB(C). Στην περίπτωση υπέρβασης της τιμής αυτής, πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια μείωσης του θορύβου. Εφόσον τα μέτρα δεν μπορούν να ληφθούν άμεσα ή δεν υπάρχουν τέτοια, (i) οι εργαζόμενοι πρέπει υποχρεωτικά να φορούν κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας, (ii) ο χώρος πρέπει να οριοθετείται με κατάλληλη σήμανση και (iii) η πρόσβαση άλλων εργαζομένων πρέπει να περιορίζεται κατά το δυνατόν,
- C. κατώτερη τιμή ανάληψης δράσης: ημερήσια έκθεση $L_{eq,8h} = 80$ dB(A) και μέγιστη στιγμιαία έκθεση ή κορυφοτιμή $L_{max} = 135$ dB(C). Εκτός από τις προσπάθειες για μείωση του θορύβου, εφόσον η έκθεση των εργαζομένων υπερβαίνει την κατώτερη τιμή ανάληψης δράσης, ο εργοδότης πρέπει:
 - (i) να παρέχει στους εργαζομένους κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας,
 - (ii) να εξασφαλίζει την περιοδική παρακολούθηση της ακουστικής τους οξύτητας από γιατρό, και
 - (iii) να τους ενημερώνει για τους κινδύνους τους οποίους διατρέχει η ακοή τους, τα μέτρα που λαμβάνονται και τη σωστή χρήση των μέσων ατομικής προστασίας.

Σημειώνεται ότι, εάν οι στάθμες θορύβου στις οποίες εκτίθενται οι εργαζόμενοι ποικίλλουν κατά τις ημέρες της εβδομάδας (π.χ. το πρόγραμμα παραγωγής προβλέπει διαφορετικές εργασιακές δραστηριότητες ανά ημέρα), τότε οι πιο πάνω τιμές έκθεσης υπολογίζονται σε εβδομαδιαία βάση. Τα όρια αυτά έχει υιοθετήσει και η σχετική ελληνική νομοθεσία με το Π.Δ. 149/2006.

Γενικά, πρέπει να τονιστεί ότι τα προαναφερθέντα ανώτερα επιτρεπτά επίπεδα έκθεσης στον θόρυβο είναι αποτέλεσμα συμβιβασμών και μπορούν ανά πάσα στιγμή να αναθεωρούνται. Η μείωση της στάθμης θορύβου κάτω από τα όρια αυτά, καθώς και η βελτίωση του ηχητικού περιβάλλοντος στους χώρους εργασίας πρέπει να είναι μια συνεχής επιδίωξη. Πράγματι, όπως έχει ήδη ειπωθεί, εκτός από τον άμεσο κίνδυνο προσβολής της υγείας, ένα επιβαρυντικό ηχητικό περιβάλλον προξενεί ποικίλες ενοχλήσεις, αυξάνει τον κίνδυνο λαθών και ατυχημάτων και μειώνει την απόδοση των εργαζομένων.

2. Πρότυπα σχετιζόμενα με το θόρυβο στους χώρους εργασίας

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) είναι μια παγκόσμια ομοσπονδία των εθνικών φορέων τυποποίησης. Η προετοιμασία των Διεθνών Προτύπων κανονικά διεξάγεται μέσω των τεχνικών επιτροπών. Κάθε μέλος που ενδιαφέρεται για ένα θέμα για το οποίο έχει ιδρυθεί μια τεχνική επιτροπή έχει το δικαίωμα να εκπροσωπείται στην επιτροπή αυτή. Διεθνείς οργανισμοί, κυβερνητικοί και μη, συμμετέχουν επίσης σε συνεργασία με το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης. Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης συνεργάζεται στενά με τη Διεθνή Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) σε όλα τα θέματα της ηλεκτροτεχνικής τυποποίησης.

Τα Διεθνή Πρότυπα έχουν συνταχθεί σύμφωνα με τους κανόνες όπως αναφέρεται στις οδηγίες του ISO/IEC , Μέρος 2 .

Το κύριο μέλημα των τεχνικών επιτροπών είναι να προετοιμάσουν τα Διεθνή Πρότυπα. Τα σχέδια των Διεθνών Προτύπων που εγκρίθηκαν από τις τεχνικές επιτροπές δίδονται στα μέλη για ψηφοφορία. Για να υπάρξει δημοσίευση ως ένα Διεθνές Πρότυπο απαιτείται η έγκριση τουλάχιστον του 75% των μελών που συμμετέχουν στην ψηφοφορία.

Προσοχή εφιστάται στην πιθανότητα που κάποια από τα στοιχεία αυτού του εγγράφου ίσως αποτελούν αντικείμενο ευρεσιτεχνίας. Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης δεν θα πρέπει να θεωρηθεί υπεύθυνος για τον εντοπισμό οποιασδήποτε τέτοιας ευρεσιτεχνίας.

Στην παρούσα εργασία θα γίνει αναφορά σε τρία βασικά πρότυπα, στο Διεθνές Πρότυπο ISO 1996-2:2007-03-15 , στο Διεθνές Πρότυπο ISO 11201:2010-05-15 και στο Διεθνές Πρότυπο ISO 1999:1990-01-15. Αρχικά, παρουσιάζεται παρακάτω μια περιληπτική περιγραφή του καθενός.

2.1. Διεθνές Πρότυπο ISO 1996-2: 2007-03-15 (2^η έκδοση)

Το ISO 1996 ασχολείται με την ακουστική ενός δωματίου ή ενός χώρου. Επί της ουσίας αναφέρει τα χαρακτηριστικά αυτών των χώρων που καθορίζουν το πως διαδίδεται ο ήχος. Το ISO 1996 αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη [27]:

Μέρος 1 : Βασικές ποσότητες και διαδικασίες αξιολόγησης

Μέρος 2 : Καθορισμός των επιπέδων του περιβαλλοντικού θορύβου

Στην προκειμένη περίπτωση θα γίνει αναφορά στο δεύτερο μέρος του συγκεκριμένου ISO (Μέρος 2: **Καθορισμός των επιπέδων του περιβαλλοντικού θορύβου**).

Το συγκεκριμένο πρότυπο περιγράφει πως τα επίπεδα ηχητικής πίεσης μπορούν να προσδιοριστούν με τους εξής τρόπους:

1. Με άμεση μέτρηση,
2. Με αναγωγή των αποτελεσμάτων της μέτρησης με τη βοήθεια υπολογισμών, ή ,
3. Αποκλειστικά με υπολογισμούς που προορίζονται ως η βάση για την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού θορύβου.

Πρέπει να δίδονται συστάσεις λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμότερες προϋποθέσεις για τη μέτρηση ή τον υπολογισμό και εφαρμόζονται σε περιπτώσεις που δεν ισχύουν άλλοι κανόνες. Αυτό το πρότυπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μέτρηση με οποιαδήποτε στάθμιση συχνότητας ή σε οποιαδήποτε ζώνη συχνότητας.

Προτού γίνει ο προσδιορισμός των επιπέδων ηχητικής πίεσης θα γίνει μια αναφορά στο θεωρητικό κομμάτι στο οποίο εμπεριέχονται τα απαραίτητα έγγραφα στα οποία βασίστηκε το Διεθνές Πρότυπο για την εφαρμογή του καθώς και ορισμένοι όροι/ορισμοί χρήσιμοι για το χειριστή. Παρακάτω αναφέρονται οι όροι και δίνεται μια επεξήγηση αυτών.

Όροι και ορισμοί

- **Θέση του Δέκτη:** Θέση στην οποία αξιολογείται ο θόρυβος.
- **Μέθοδος Υπολογισμού:** Σύνολο των αλγορίθμων για τον υπολογισμό του επιπέδου ηχητικής πίεσης σε αυθαίρετες τοποθεσίες από μετρημένες ή προβλεπόμενες εκπομπές ήχου και από δεδομένα ηχητικής εξασθένησης.
- **Μέθοδος Πρόβλεψης:** Υποσύνολο μιας μεθόδου υπολογισμού που προορίζεται για τον υπολογισμό των μελλοντικών επιπέδων θορύβου.
- **Χρονικό Διάστημα Μέτρησης:** Χρονικό διάστημα κατά το οποίο γίνεται ΜΟΝΟ μια μέτρηση.
- **Χρονικό Διάστημα Παρατήρησης :** Χρονικό διάστημα κατά το οποίο γίνεται μια σειρά μετρήσεων.
- **Μετεωρολογικό Παράθυρο:** Σύνολο των καιρικών συνθηκών κατά τη διάρκεια του οποίου μπορούν να πραγματοποιηθούν μετρήσεις με περιορισμένη και γνωστή διακύμανση στα αποτελέσματα αυτών εξαιτίας καιρικών μεταβολών.
- **Ακτίνα καμπυλότητας:** Ακτίνα που προσεγγίζει την καμπυλότητα των ηχητικών διαδρομών λόγω ατμοσφαιρικής διάθλασης.

- **Ήχος χαμηλής συχνότητας:** Ήχος που περιέχει συχνότητες εντός της περιοχής που καλύπτει το ένα τρίτο της ζώνης οκτάβας από 16 Hz έως 200 Hz.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα όργανα μέτρησης, οι συνθήκες λειτουργίας των πηγών και η επίδραση των καιρικών συνθηκών κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων, πληροφορίες σημαντικές προκειμένου ο χρήστης να κάνει τις μετρήσεις.

Όργανα

Όσον αφορά τα όργανα μέτρησης, το σύστημα οργάνων περιλαμβάνει το μικρόφωνο, το προστατευτικό κάλυμμα, τα καλώδια και τις συσκευές εγγραφής του ήχου. Αυτά πρέπει να συμφωνούν σύμφωνα με τις απαιτήσεις σε ένα από τα ακόλουθα:

- Κατηγορία 1 , όπως καθορίζεται στο **IEC 61672-1:2002**,
- Κατηγορία 2 , όπως καθορίζεται στο **IEC 61672-1:2002**.

Το ποια κατηγορία από τις παραπάνω θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τις συνθήκες μέτρησης, τον εξοπλισμό που είναι διαθέσιμος και κυρίως από το χρήστη. Συνήθως τα όργανα συμμορφώνονται σύμφωνα με την κατηγορία 1.

Σημείωση 1. Θερμοκρασία αέρα που καθορίζεται για τα όργανα:

κατηγορία 1 (-10° – 50° C), κατηγορία 2 (0° – 40° C) .

Βαθμονόμηση οργάνου

Αμέσως πριν και μετά από κάθε σειρά μετρήσεων, είτε στη μία είτε στην άλλη κατηγορία, ένας βαθμονομητής ήχου σύμφωνα με το IEC 60942:2003 πρέπει να εφαρμόζεται στο μικρόφωνο προκειμένου να ελεγχθεί η βαθμονόμηση ολόκληρου του συστήματος μέτρησης μια φορά.

Εάν οι μετρήσεις διαρκούν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, πχ μια μέρα ή περισσότερο, τότε το σύστημα θα πρέπει να ελέγχεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, πχ μια ή δύο φορές τη μέρα. Συνιστάται να ελέγχεται η συμμόρφωση του βαθμονομητή με τις απαιτήσεις του IEC 60942 τουλάχιστον μία φορά το χρόνο και η συμμόρφωση του συστήματος των οργάνων με τις απαιτήσεις των σχετικών IEC προτύπων τουλάχιστον κάθε δύο χρόνια σε ένα εργαστήριο με ιχνηλασιμότητα στα εθνικά πρότυπα. Είναι απαραίτητη η καταγραφή της ημερομηνίας του τελευταίου ελέγχου και η επιβεβαίωση της συμμόρφωσής του με το σχετικό πρότυπο IEC.

Κατόπιν, παρουσιάζονται οι *συνθήκες λειτουργίας της πηγής* για τις διάφορες περιπτώσεις που εξετάζονται στο παρόν έγγραφο. Έτσι ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κάθε πηγής εν λειτουργία γίνεται παραπομπή στην αντίστοιχη υποπαράγραφο του εγγράφου και ισχύουν οι αντίστοιχες σχετικές εξισώσεις, τόσο για την ισοδύναμη στάθμη συνεχούς ηχητικής πίεσης, L_{eqT} , όσο και για τα ανώτατα επίπεδα ηχητικής πίεσης, L_{max} . Οι περιπτώσεις που περιλαμβάνονται συνοπτικά είναι:

- Μελέτη θορύβου οδικής κυκλοφορίας
- Μελέτη θορύβου σιδηροδρομικής κυκλοφορίας
- Μελέτη θορύβου εναέριας κυκλοφορίας
- Μελέτη θορύβου σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις
- Πηγές ήχου χαμηλής συχνότητας

Οι συνθήκες λειτουργίας της πηγής πρέπει να είναι στατιστικώς αντιπροσωπευτικές του περιβάλλοντος θορύβου. Για την απόκτηση μιας αξιόπιστης εκτίμησης της ισοδύναμης στάθμης συνεχούς ηχητικής πίεσης, καθώς και του μέγιστου επιπέδου ηχητικής πίεσης, το χρονικό διάστημα της μέτρησης θα πρέπει να περιλαμβάνει έναν ελάχιστο αριθμό γεγονότων θορύβου.

Η ισοδύναμη στάθμη συνεχούς ηχητικής πίεσης, L_{eqT} , του θορύβου από τις σιδηροδρομικές και αεροπορικές μεταφορές μπορεί συχνά να προσδιοριστεί πιο αποτελεσματικά μετρώντας έναν αριθμό μεμονωμένων γεγονότων, L_E , και υπολογίζοντας την ισοδύναμη στάθμη συνεχούς ηχητικής πίεσης που βασίζεται σε αυτά. Η άμεση μέτρηση της ισοδύναμης στάθμης συνεχούς ηχητικής πίεσης, L_{eqT} , είναι δυνατή όταν ο θόρυβος είναι σταθερός ή χρονικά μεταβαλλόμενος, όπως είναι για παράδειγμα η περίπτωση με το θόρυβο από την οδική κυκλοφορία και τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Παράλληλα με τις συνθήκες λειτουργίας της πηγής πρέπει να εξετάζονται οι *καιρικές συνθήκες* που επικρατούν. Οι καιρικές συνθήκες θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικές της έκθεσης θορύβου στην υπό εξέταση κατάσταση. Οι μετεωρολογικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της μέτρησης πρέπει να περιγράφονται ή, αν χρειαστεί, να παρακολουθούνται μέσα σε ένα χρονικό διάστημα (βραχυπρόθεσμο ή μακροπρόθεσμο) ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο συνδυασμός των συνθηκών λειτουργίας της πηγής και η διάδοση του ήχου που εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, έτσι ώστε κάθε σημαντική συνιστώσα της έκθεσης του ήχου να παρουσιάζεται στα αποτελέσματα της μέτρησης. Είναι βολικό να διεξάγονται μετρήσεις υπό συγκεκριμένες μετεωρολογικές συνθήκες, δηλαδή σταθερές συνθήκες διάδοσης του θορύβου, ευνοϊκές για τη μετάδοση του ήχου, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να μπορούν να αναπαραχθούν.

Μετά την παρουσίαση των δευτερευόντων στοιχείων, που είναι σημαντικά για τη διεξαγωγή των μετρήσεων, περιγράφονται παρακάτω οι τρόποι προσδιορισμού των επιπέδων ηχητικής πίεσης.

1) Άμεση μέτρηση

Το βασικό μέρος αυτού του Προτύπου είναι η *Διαδικασία Μέτρησης* που ακολουθείται. Για την επιλογή των κατάλληλων χρονικών διαστημάτων παρατήρησης και μέτρησης, είναι απαραίτητο να ληφθούν μακροχρόνιες μετρήσεις. Το χρονικό διάστημα μέτρησης πρέπει να καλύπτει όλες τις σημαντικές μεταβολές στην εκπομπή θορύβου και στη διάδοση. Εάν ο θόρυβος εμφανίζει περιοδικότητα, το χρονικό διάστημα της μέτρησης θα πρέπει να καλύπτει έναν ακέραιο αριθμό από τουλάχιστον τρεις περιόδους. Εάν δεν μπορούν να γίνουν συνεχείς μετρήσεις κατά τη διάρκεια μιας τέτοιας περιόδου, τα χρονικά διαστήματα της μέτρησης θα πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε το καθένα να αντιπροσωπεύει ένα μέρος του κύκλου και επομένως, όλα μαζί, να αντιπροσωπεύουν τον πλήρη κύκλο.

Όταν η μέτρηση του θορύβου γίνεται από μεμονωμένα γεγονότα, τα χρονικά διαστήματα της μέτρησης θα πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να μπορεί να προσδιοριστεί το επίπεδο έκθεσης του ήχου, L_E , από το μεμονωμένο συμβάν.

Τοποθέτηση μικροφώνου:

- Εξωτερικούς χώρους

Για να εκτιμηθεί η κατάσταση σε μια συγκεκριμένη θέση, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα μικρόφωνο σε αυτή τη συγκεκριμένη τοποθεσία.

Για άλλους σκοπούς, χρησιμοποιείται μία από τις ακόλουθες θέσεις:

α) *Θέση ελεύθερου πεδίου*

β) *Θέση με το μικρόφωνο εντοιχιζόμενο στην ανακλαστική επιφάνεια*

γ) *Θέση με το μικρόφωνο 0,5m έως 2m μπροστά από την ανακλαστική επιφάνεια*

Οποιαδήποτε από τις θέσεις που περιγράφεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί, υπό την προϋπόθεση ότι η θέση αυτή αναφέρεται μαζί με τη δήλωση του κατά πόσον ή όχι έγινε κάποια διόρθωση στην κατάσταση αναφοράς. Σε ορισμένες ειδικές περιπτώσεις, οι θέσεις που περιγράφονται υπόκεινται σε περαιτέρω περιορισμούς.

Κατά την αποτύπωση των εντάσεων σε χάρτη θορύβου, χρησιμοποιείται το μικρόφωνο σε ύψος $4,0 \pm 0,5$ m σε πολυώροφα κατοικημένων περιοχών. Σε διώροφο κατοικημένων περιοχών και σε χώρους αναψυχής, χρησιμοποιείται το μικρόφωνο σε ύψος $1,2 \pm 0,1$ m ή $1,5 \pm 0,1$ m.

Για μόνιμη παρακολούθηση του θορύβου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν άλλα ύψη μικροφώνου.

- Εσωτερικούς χώρους

Πρέπει να χρησιμοποιούνται τουλάχιστον τρεις διακριτές θέσεις ομοιόμορφα κατανεμημένες σε περιοχές του δωματίου, όπου τα θιγόμενα άτομα περνούν κατά προτίμηση το χρόνο τους, ή, ως εναλλακτική λύση για συνεχή θόρυβο, πρέπει να χρησιμοποιείται ένα σύστημα μικροφώνου που περιστρέφεται.

Αν ο κυρίαρχος θόρυβος είναι χαμηλής συχνότητας, μία από τις τρεις θέσεις πρέπει να είναι σε γωνία και δεν επιτρέπεται η περιστροφή του μικροφώνου. Η θέση στη γωνία θα πρέπει να απέχει 0,5m από τις γειτονικές επιφάνειες και να μην εμπεριέχει ανοίγματα στους τοίχους σε απόσταση μικρότερη των 0,5 m.

Τα άλλα μικρόφωνα θα πρέπει να τοποθετούνται σε απόσταση τουλάχιστον 0,5m από τους τοίχους, την οροφή ή το δάπεδο, και τουλάχιστον 1m από τα σημαντικά στοιχεία μετάδοσης του ήχου, όπως τα παράθυρα ή τα ανοίγματα εισαγωγής αέρα. Η απόσταση μεταξύ γειτονικών θέσεων μικροφώνου πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,7m. Εάν χρησιμοποιείται ένα μικρόφωνο και ο χρήστης κινείται συνεχώς, η ακτίνα σάρωσής του πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,7m. Το εγκάρσιο επίπεδο συμμετρίας του πρέπει να έχει κλίση προκειμένου να καλύψει ένα μεγάλο μέρος του επιτρεπόμενου χώρου του δωματίου και δεν πρέπει να βρίσκεται εντός 10° από το επίπεδο της κάθε επιφάνειας του δωματίου. Οι ανωτέρω απαιτήσεις όσον αφορά την απόσταση από διακριτές θέσεις του μικροφώνου σε τοίχους, στην οροφή, στο δάπεδο και στα στοιχεία μετάδοσης ισχύουν επίσης και για κινητές θέσεις μικροφώνων. Η διάρκεια της περιόδου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 15 δευτερόλεπτα.

Οι διαδικασίες σε αυτήν την υποπαράγραφο προορίζονται κυρίως για χώρους με όγκους μικρότερους των 300m^3 . Για μεγαλύτερα δωμάτια, περισσότερες θέσεις μικροφώνου μπορεί να είναι κατάλληλες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, για θόρυβο χαμηλής συχνότητας, το ένα τρίτο των επιπλέον θέσεων θα πρέπει να είναι γωνιακές θέσεις.

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων υπολογίζονται βασικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν το θόρυβο. Αυτά είναι αναφορικά τα εξής:

- ✓ **Ισοδύναμη συνεχή στάθμη ηχητικής πίεσης, L_{eqT}**
- ✓ **Επίπεδο έκθεσης στο θόρυβο, L_E**
- ✓ **Ποσοστό υπέρβασης N , $L_{N,T}$**
- ✓ **Μέγιστος χρόνος και σταθμισμένη συχνότητα επιπέδου ηχητικής πίεσης, L_{Fmax} , L_{Smax}**
- ✓ **Μέγιστο επίπεδο ηχητικής πίεσης L_{peak}**
- ✓ **Τονικός ήχος**
- ✓ **Παρορμητικός ήχος**
- ✓ **Ήχος χαμηλής συχνότητας**
- ✓ **Υπολειμματικός ήχος**
- ✓ **Φάσμα συχνοτήτων**

Αφού γίνει καταγραφή των παραπάνω μεγεθών μετά τη διαδικασία των μετρήσεων επακολουθεί η *αξιολόγηση των αποτελεσμάτων*. Αρχικά, απαιτείται διόρθωση όλων των μετρημένων **εξωτερικών τιμών**, στις συνθήκες αναφοράς που είναι στο ελεύθερο πεδίο, αποκλείοντας όλες τις ανακλάσεις, πέραν εκείνων που προέρχονται από το έδαφος. Στη συνέχεια για κάθε θέση μικροφώνου και κάθε κατηγορία συνθηκών λειτουργίας της πηγής που έχει χρησιμοποιήσει ο χρήστης, πρέπει να προσδιοριστούν τα κάτωθι:

- η μέση ενέργεια των μετρούμενων τιμών των L_E ή L_{eqT}
- η μέγιστη τιμή L_{max}
- ο αριθμητικός μέσος όρος
- η μέση ενέργεια
- η τυπική απόκλιση
- η στατιστική κατανομή των μετρούμενων τιμών των L_{max}
- Ανάλυση του ποσοστού υπέρβασης N , $L_{N,T}$

Για **εσωτερικές μετρήσεις** πρέπει να γίνεται χρήση ενός μικροφώνου σάρωσης ή να χρησιμοποιούνται διακριτές θέσεις. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθούν διακριτές θέσεις η χωρική μέση τιμή της ισοδύναμης συνεχούς στάθμης ηχητικής πίεσης, L_{eq} , υπολογίζεται μέσω εξίσωσης.

Εάν οι μετρήσεις πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια διαφορετικών χρονικών διαστημάτων με διαφορετικές συνθήκες κυκλοφορίας, καθένα από τα επίπεδα θορύβου, L_{eqj} , θα πρέπει να μετατρέπεται στις ίδιες κυκλοφοριακές συνθήκες αναφοράς χρησιμοποιώντας μία κατάλληλη μέθοδο υπολογισμού.

Εάν το δωμάτιο στο οποίο γίνεται η μέτρηση είναι συνήθως επιπλωμένο ή έχει ακουστική επεξεργασία στο ταβάνι, δεν γίνονται διορθώσεις των μετρούμενων τιμών. Εάν το δωμάτιο είναι άδειο και χωρίς ακουστική επεξεργασία, γίνεται αφαίρεση 3 dB(A) από τις μετρούμενες τιμές.

Για τον υπολειμματικό ήχο, εάν η υπολειμματική στάθμη ηχητικής πίεσης είναι 10 dB(A) ή περισσότερο κάτω από τη μετρούμενη στάθμη ηχητικής πίεσης, δεν πραγματοποιούνται διορθώσεις. Η μετρούμενη τιμή είναι τότε έγκυρη για την υπό εξέταση πηγή. Εάν η εναπομένουσα στάθμη ηχητικής πίεσης είναι 3 dB(A) ή λιγότερο κάτω από τη μετρούμενη στάθμη ηχητικής πίεσης, δεν επιτρέπονται διορθώσεις. Η αβεβαιότητα της μέτρησης είναι τότε μεγάλη. Τα αποτελέσματα μπορεί, ωστόσο, να αναφέρονται και μπορεί να είναι χρήσιμα για τον προσδιορισμό ενός άνω ορίου στο επίπεδο ηχητικής πίεσης της πηγής. Αν τα δεδομένα αυτά αναφέρονται, θα πρέπει σαφώς να επισημαίνεται στο κείμενο της

έκθεσης, καθώς και σε γραφήματα και σε πίνακες των αποτελεσμάτων, ότι η αναφερόμενη τιμή δεν μπορεί να διορθωθεί για να αφαιρεθεί το αποτέλεσμα του υπολειμματικού ήχου. Για τις περιπτώσεις όπου η υπολειπόμενη στάθμη ηχητικής πίεσης είναι εντός του εύρους των 3 dB(A) έως 10 dB(A) κάτω από τη μετρούμενη στάθμη ηχητικής πίεσης, πρέπει να γίνει διόρθωση.

2) Αναγωγή των αποτελεσμάτων

Αναγωγή των αποτελεσμάτων των μετρήσεων χρησιμοποιείται συχνά για να εκτιμηθεί το επίπεδο ηχητικής πίεσης σε μια άλλη θέση. Μια τέτοια αναγωγή είναι χρήσιμη, για παράδειγμα, όταν ο υπολειμματικός ήχος εμποδίζει την άμεση μέτρηση στη θέση του δέκτη.

Οι μετρήσεις θορύβου θα πρέπει να διεξάγονται σε μία καλά καθορισμένη τοποθεσία, ούτε πολύ κοντά ούτε πολύ μακριά από την πηγή. Για να υπολογιστεί η εξασθένηση του θορύβου κατά τη διάρκεια της διάδοσής του από την πηγή στη θέση που γίνεται η μέτρηση, μια εκτίμηση των εκπομπών θορύβου της πηγής είναι απαραίτητη. Η εκτίμηση αυτή χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τον υπολογισμό του επιπέδου ηχητικής πίεσης σε ένα δέκτη που βρίσκεται πιο μακριά από την πηγή του θορύβου σε σχέση με την ενδιάμεση θέση μέτρησης. Για τον υπολογισμό της εξασθένησης μετάδοσης του ήχου, είναι απαραίτητη η χρήση μιας υπολογιστικής μεθόδου. Η ενδιάμεση θέση θα πρέπει να επιλέγεται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθεί μια αξιόπιστη μέτρηση.

Συχνά οι μετρήσεις διεξάγονται κατά τη διάρκεια χρονικών περιόδων μικρότερων από το χρονικό διάστημα αναφοράς και τα αποτελέσματα πρέπει να ρυθμίζονται σε άλλες συνθήκες χρόνου και λειτουργίας. Οι μακροπρόθεσμοι μέσοι όροι υπολογίζονται από βραχυπρόθεσμες μετρήσεις λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις επιρροές και άλλες ροές κυκλοφορίας, μια άλλη σύνθεση του οχήματος, μια άλλη κατανομή των καιρικών συνθηκών, κ.λπ. Μερικές φορές οι διαφορετικές ώρες της ημέρας σταθμίζονται διαφορετικά. Είναι απαραίτητο να βασιστούν αυτές οι προσαρμογές σε κάποια μέθοδο υπολογισμού.

3) Υπολογισμοί

Σε πολλές περιπτώσεις, οι μετρήσεις μπορεί να αντικατασταθούν ή να συμπληρωθούν από τους υπολογισμούς. Οι υπολογισμοί είναι συχνά πιο αξιόπιστοι από μία μόνο βραχυπρόθεσμη μέτρηση, όταν μακροπρόθεσμοι μέσοι όροι πρέπει να προσδιορίζονται και σε περιπτώσεις όπου είναι αδύνατη η διεξαγωγή μετρήσεων, λόγω της υπερβολικής υπολειμματικής στάθμης ηχητικής πίεσης. Στην περίπτωση αυτή, μερικές φορές είναι βολικό η πραγματοποίηση των μετρήσεων σε μικρή απόσταση από την πηγή και στη συνέχεια η χρησιμοποίηση μιας μεθόδου υπολογισμού για να υπολογιστεί το αποτέλεσμα σε μεγαλύτερη απόσταση.

Κατά τον υπολογισμό του επιπέδου ηχητικής πίεσης αντί της μέτρησης, είναι απαραίτητο να υπάρχουν δεδομένα για τις εκπομπές του θορύβου από την πηγή, κατά προτίμηση ως ένα επίπεδο ηχητικής πηγής ενέργειας (συμπεριλαμβανομένης της κατευθυντικότητας της πηγής), και για τη θέση της σημειακής πηγής δημιουργώντας το ίδιο επίπεδο ηχητικής πίεσης στο περιβάλλον όπως η πραγματική πηγή. Για τον κυκλοφοριακό θόρυβο, τα επίπεδα ηχητικής ισχύος συχνά αντικαθίστανται από επίπεδα ηχητικής πίεσης που καθορίζονται κάτω από καθορισμένες προϋποθέσεις. Συχνά τα δεδομένα αυτά δίνονται στα καθιερωμένα μοντέλα υπολογισμού, αλλά σε άλλες περιπτώσεις, είναι απαραίτητο ότι θα πρέπει να ελέγχονται σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση.

2.2. Διεθνές Πρότυπο ISO 11201: 2010-05-15 (2^η έκδοση)

Αυτό το Διεθνές Πρότυπο καθορίζει μια μέθοδο για τον προσδιορισμό της εκπομπής του επιπέδου ηχητικής πίεσης σε μια θέση εργασίας και σε άλλες σαφώς καθορισμένες θέσεις, κοντά σε μια μηχανή ή σε ένα κομμάτι του εξοπλισμού, σε ένα ουσιαστικά ελεύθερο πεδίο πάνω από ένα ανακλαστικό επίπεδο [28]. Η μέθοδος που καθορίζεται στο παρόν διεθνές πρότυπο διαφέρει από εκείνες τις μεθόδους σε άλλα Διεθνή Πρότυπα (ISO 11200^[15] έως ISO 11205^[19]) στα οποία δεν εφαρμόζεται καμία περιβαλλοντική διόρθωση. Οι απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται από το περιβάλλον καθορίζονται για ακρίβεια βαθμού 1 και βαθμού 2 για μετρήσεις σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους. Ακριβείς μετρήσεις με ακρίβεια βαθμού 1 μπορεί γενικά να πραγματοποιηθούν σε ημι-ανηχοϊκά δωμάτια δοκιμών ή σε εξωτερικούς χώρους υπό την προϋπόθεση ότι πληρούνται οι απαιτήσεις σχετικά με τις περιβαλλοντικές προϋποθέσεις. Με τις προδιαγραφές που ορίζονται στα ακόλουθα θα πρέπει να είναι δυνατό σε ορισμένες περιπτώσεις, να παρέχονται τέτοιες συνθήκες σε βιομηχανικά περιβάλλοντα με μεγαλύτερους εξωτερικούς χώρους χωρίς ανακλώμενα αντικείμενα.

Αυτή η έκδοση του Διεθνούς Προτύπου παρέχει μια μέθοδο για την ακρίβεια βαθμού 2 που είναι ουσιαστικά ίδια με εκείνη που δίνεται στο πρότυπο ISO 11201:1995. Επίσης, παρέχει μια πιο ακριβή μέθοδο του βαθμού ακρίβειας 1. Οι χρήστες και οι συντάκτες των δοκιμών θορύβου που αναφέρονται στο παρόν Διεθνές Πρότυπο πρέπει να αναφέρουν με σαφήνεια ποια μέθοδος (ακρίβεια βαθμού 1 ή ακρίβεια βαθμού 2) χρησιμοποιείται. Διορθώσεις εφαρμόζονται για το θόρυβο υποβάθρου, αλλά όχι για το ακουστικό περιβάλλον. Ένας σκοπός των μετρήσεων είναι να καταστεί δυνατή η σύγκριση των επιδόσεων των διαφόρων μονάδων μιας δεδομένης οικογένειας μηχανών, υπό καθορισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες και τυποποιημένες συνθήκες τοποθέτησης και λειτουργίας.

Σε γενικές γραμμές, τα επίπεδα εκπομπής της ηχητικής πίεσης είναι μικρότερα ή ίσα με εκείνα που εμφανίζονται όταν η μηχανή ή ο εξοπλισμός λειτουργεί σε κανονικό περιβάλλοντα χώρο. Αυτό συμβαίνει επειδή τα επίπεδα ηχητικής πίεσης προσδιορίζονται χωρίς τις επιδράσεις του θορύβου υποβάθρου, καθώς επίσης και τις επιδράσεις των ανακλάσεων, εκτός εκείνων από το ανακλαστικό επίπεδο επί του οποίου τοποθετείται το μηχάνημα. Για τον προσδιορισμό ή τον υπολογισμό του επιπέδου ηχητικής πίεσης στη θέση του χειριστή με τη μηχανή εν λειτουργία σε ένα δωμάτιο, τόσο το επίπεδο ακουστικής ισχύος όσο και το επίπεδο ηχητικής πίεσης είναι απαραίτητα, καθώς και πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες του δωματίου ή τις αντανακλάσεις και το θόρυβο από άλλες πηγές ήχου ή μηχανές.

Τύποι θορύβου και πηγές θορύβου

Η μέθοδος που καθορίζεται στο παρόν Διεθνές Πρότυπο είναι κατάλληλη για όλους τους τύπους θορύβου (σταθερό, μη σταθερό, κυμαινόμενο, απομονωμένες εκρήξεις της ηχητικής ενέργειας, κλπ) όπως ορίζεται στο πρότυπο ISO 12001.

Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους τύπους και τα μεγέθη των πηγών θορύβου.

Σταθμός εργασίας και άλλες καθορισμένες θέσεις

Αυτό το Διεθνές Πρότυπο εφαρμόζεται σε σταθμούς εργασίας και σε άλλες καθορισμένες θέσεις όπου τα επίπεδα εκπομπής ηχητικής πίεσης πρέπει να καθοριστούν. Κατάλληλες θέσεις όπου μπορούν να γίνουν μετρήσεις περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- α) σταθμός εργασίας τοποθετημένος κοντά στην περιοχή της πηγής. Αυτή είναι η περίπτωση για πολλά βιομηχανικά μηχανήματα και οικιακές συσκευές,
- β) σταθμός εργασίας μέσα σε ένα θαλαμίσκο το οποίο αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της πηγής. Αυτή είναι η περίπτωση για πολλά βιομηχανικά φορτηγά και χωματουργικά μηχανήματα,
- γ) σταθμός εργασίας μέσα σε μερικό ή ολικό περίβλημα που παρέχεται από τον κατασκευαστή ως ένα αναπόσπαστο μέρος της πηγής,
- δ) σταθμός εργασίας που είναι μερικώς ή ολικώς κλειστός από την πηγή - η κατάσταση αυτή μπορεί να προκύψει με ορισμένες μεγάλες βιομηχανικές μηχανές,
- ε) θέσεις παρευρισκομένων στις οποίες βρίσκονται άτομα που δεν είναι υπεύθυνα για τη λειτουργία της πηγής, αλλά που μπορεί να είναι στην περιοχή αυτή, είτε περιστασιακά ή συνεχώς,
- στ) άλλες καθορισμένες θέσεις, οι οποίες δεν αποτελούν απαραίτητα σταθμούς εργασίας ή θέσεις παρευρισκομένων.

Στο θεωρητικό κομμάτι εμπεριέχονται τα απαραίτητα έγγραφα στα οποία βασίστηκε το Διεθνές Πρότυπο για την εφαρμογή του καθώς και ορισμένοι όροι/ορισμοί χρήσιμοι για το χειριστή. Παρακάτω αναφέρονται οι όροι και δίνεται μια επεξήγηση αυτών.

- **Εκπομπή**

Ακουστική αερόφερτου θορύβου που εκπέμπεται από μια καλά καθορισμένη πηγή θορύβου (π.χ. το μηχανήμα υπό δοκιμή).

- **Εκπομπή ηχητικής πίεσης, p**

Ηχητική πίεση, σε μια θέση εργασίας ή σε μια άλλη καθορισμένη θέση, κοντά σε μια πηγή θορύβου, όταν η πηγή είναι σε λειτουργία υπό συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας και τοποθέτησης σε μια ανακλαστική επιφάνεια επιπέδου, με εξαίρεση τις επιπτώσεις του θορύβου υποβάθρου, καθώς και τις επιπτώσεις των αντανάκλασεων, εκτός εκείνων από το επίπεδο ή τα επίπεδα που επιτρέπονται για τους σκοπούς της ηχητικής πίεσης δοκιμής.

- **Επίπεδα εκπομπής ηχητικής πίεσης, L_p**

$$L_p = 10 * \log \frac{p^2}{p_0^2} \text{ db} \quad , \quad (\text{εξίσωση 1})$$

Όπου :

p η εκπομπή ηχητικής πίεσης (σε Pascals) και

p₀ η εκπομπή ηχητικής πίεσης αναφοράς (**p₀=20 μPa**).

- **Χρονικό μέσο επίπεδο εκπομπής ηχητικής πίεσης**

$$L_{p,T} = 10 * \log \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p(t)^2 dt \right] \text{ db} \quad (\text{εξίσωση 2})$$

- **Μέγιστη εκπομπή της ηχητικής πίεσης, p_{peak}**

Μέγιστη ηχητική πίεση σε ένα χρονικό διάστημα.

Σημείωση. Η εκπομπή ηχητικής πίεσης εκφράζεται σε μονάδες pascal.

- **Μέγιστο επίπεδο εκπομπής ηχητικής πίεσης, $L_{p,peak}$**

$$L_{p,peak} = 10 * \log \frac{p_{peak}^2}{p_0^2} \text{ db} \quad (\text{εξίσωση 3})$$

- **Μεμονωμένο επίπεδο εκπομπής της ηχητικής πίεσης, L_E**

$$L_E = L_{p,T} + 10 * \log \frac{T}{T_0} \text{ db} \quad (\text{εξίσωση 4})$$

- **Ακουστική ελεύθερου ηχητικού πεδίου σε ηχοανακλαστικό επίπεδο**

Πεδίο ήχου σε ένα ομοιογενές, ισότροπο μέσο στο μισό χώρο πάνω από ένα άπειρο ανακλαστικό επίπεδο, με την απουσία οποιωνδήποτε άλλων εμποδίων.

- **Ελεύθερο πεδίο σε ανακλαστικό επίπεδο**

Περιβάλλον που προσεγγίζει ένα ακουστικό ελεύθερο πεδίο πάνω σε ένα ανακλαστικό επίπεδο στο οποίο βρίσκεται η πηγή θορύβου .

- **Φάσμα συχνοτήτων**

Για γενικούς σκοπούς, το φάσμα συχνοτήτων της οκτάβας με ονομαστική μέση ζώνη συχνοτήτων από 125 Hz έως 8 000 Hz ή το $\frac{1}{3}$ - οκτάβας με ονομαστική μέση ζώνη συχνοτήτων από 100 Hz έως 10 000 Hz. Το φάσμα συχνοτήτων μπορεί να επεκταθεί ή να μειωθεί ώστε να περιλαμβάνει τις συχνότητες που μας ενδιαφέρουν.

- **Σταθμός εργασίας- θέση χειριστή**

Θέση στη γειτονική περιοχή του μηχανήματος το οποίο προορίζεται για τον χειριστή.

- **Χειριστής**

Ένα άτομο του οποίου ο χώρος εργασίας του είναι κοντά σε ένα μηχάνημα και ο οποίος εκτελεί μια εργασία που σχετίζεται με αυτό το μηχάνημα.

- **Καθορισμένη θέση**

Θέση που ορίζεται σε σχέση με ένα μηχάνημα, συμπεριλαμβανομένης και της θέσης του χειριστή. Η θέση μπορεί να είναι ένα ενιαίο, σταθερό σημείο, ή ένας συνδυασμός σημείων κατά μήκος μιας διαδρομής που βρίσκεται σε καθορισμένη απόσταση από το μηχάνημα.

Θέσεις που βρίσκονται πλησίον του σταθμού εργασίας, ή κοντά σε ένα αφύλακτο μηχάνημα, χαρακτηρίζονται ως «θέσεις παρευρισκομένων».

- **Διάστημα λειτουργίας**

Χρονικό διάστημα κατά το οποίο μια συγκεκριμένη διαδικασία επιτυγχάνεται.

- **Κύκλος λειτουργίας**

Συγκεκριμένη αλληλουχία των λειτουργικών περιόδων που συμβαίνουν, ενώ η πηγή πραγματοποιεί έναν πλήρη κύκλο εργασίας, όπου κάθε περίοδος λειτουργίας του

συνδέεται με μια συγκεκριμένη διαδικασία που μπορεί να συμβεί μόνο μία φορά, ή μπορεί να επαναληφθεί, κατά τη διάρκεια του κύκλου λειτουργίας.

- **Χρονικό διάστημα μέτρησης**

Ένα τμήμα ή ένα πολλαπλάσιο μιας περιόδου λειτουργίας ή ενός κύκλου λειτουργίας της πηγής, για το οποίο το χρονικό επίπεδο εκπομπής ηχητικής πίεσης καθορίζεται, ή, για το οποίο ζητείται το μέγιστο επίπεδο εκπομπών ηχητικής πίεσης.

- **Χρόνος ιστορίας**

Συνεχής καταγραφή του επιπέδου εκπομπής ηχητικής πίεσης, ως συνάρτηση του χρόνου, το οποίο λαμβάνεται κατά τη διάρκεια ενός ή περισσότερων περιόδων λειτουργίας σε έναν κύκλο λειτουργίας.

- **Θόρυβος υποβάθρου**

Θόρυβος από όλες τις άλλες ηχογόνες μηχανές πέραν της πηγής.

- **Διόρθωση του θορύβου υποβάθρου, K_1**

Η διόρθωση K_1 εφαρμόζεται στα μετρούμενα επίπεδα ηχητικής πίεσης ώστε να αντισταθμιστεί η επίδραση του θορύβου υποβάθρου. Εκφράζεται σε $db(A)$ και εξαρτάται από τη συχνότητα. Στην περίπτωση της στάθμισης με την κλίμακα A, η διόρθωση, K_{1A} , καθορίζεται από A-σταθμισμένες μετρούμενες τιμές.

- **Πλαίσιο αναφοράς**

Είναι ένα υποθετικό ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο που τελειώνει στην ανακλώμενη επιφάνεια πάνω στην οποία η πηγή είναι τοποθετημένη. Περικλείει την πηγή συμπεριλαμβανομένου και όλων των σημαντικών ηχο-ακτινοβολούμενων συστατικών και οποιοδήποτε τραπέζι στο οποίο η πηγή μπορεί να τοποθετηθεί.

- **Μέτρηση επιφάνειας αναφοράς, S_M**

Είναι μια υποθετική επιφάνεια που ορίζεται από ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο που περιβάλλει την πηγή θορύβου, τελειώνει στην ανακλώμενη επιφάνεια πάνω στην οποία η πηγή είναι τοποθετημένη, και έχει πλευρές παράλληλες προς εκείνες του πλαισίου αναφοράς με κάθε πλευρά να απέχει μεταξύ της ίση απόσταση από την αντίστοιχη πλευρά του πλαισίου αναφοράς.

- **περιβαλλοντική διόρθωση, K_2**

Είναι ένας όρος για να αντισταθμιστεί η επιρροή του ανακλώμενου ήχου στο μέσο επίπεδο ηχητικής πίεσης στην επιφάνεια μέτρησης αναφοράς. Εκφράζεται σε $db(A)$ και εξαρτάται από τη συχνότητα. Στην περίπτωση της στάθμισης με την κλίμακα A, συμβολίζεται με K_{2A} .

- **Τοπική περιβαλλοντική διόρθωση, K_3**

Διόρθωση που εφαρμόζεται στα μετρούμενα επίπεδα ηχητικής πίεσης στο σταθμό εργασίας ώστε να αντισταθμιστεί η επιρροή του ανακλώμενου ήχου. Εκφράζεται σε $db(A)$. Στην περίπτωση της στάθμισης με την κλίμακα A, συμβολίζεται με K_{3A} .

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα όργανα μέτρησης, το περιβάλλον δοκιμής, η επίδραση των καιρικών συνθηκών κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων και πληροφορίες χωροθέτησης και τοποθεσίας των μηχανημάτων οι οποίες είναι σημαντικές προκειμένου ο χρήστης να κάνει τις μετρήσεις. Δίνονται επίσης οδηγίες για τη λειτουργία της πηγής και για την επιλογή των θέσεων των μικροφώνων για το σταθμό εργασίας και για άλλες καθορισμένες θέσεις.

Όργανα

Όσον αφορά τα όργανα, το σύστημα οργάνων, συμπεριλαμβανομένων των μικροφώνων, των καλωδίων, και του προστατευτικού καλύμματος, αν χρησιμοποιηθεί, πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 61672-1: 2002, κατηγορίας 1, και τα φίλτρα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του IEC 61260: 1995, κατηγορίας 1.

Βαθμονόμηση οργάνου

Πριν και μετά από κάθε σειρά μετρήσεων, ένας βαθμονομητής ήχου που πληροί τις απαιτήσεις του IEC 60942: 2003, κατηγορίας 1, θα πρέπει να εφαρμόζεται σε κάθε μικρόφωνο για την επαλήθευση της βαθμονόμησης ολόκληρου του συστήματος μέτρησης σε μία ή περισσότερες συχνότητες εντός του φάσματος συχνοτήτων που μας ενδιαφέρει. Χωρίς περαιτέρω προσαρμογές, η διαφορά μεταξύ των ενδείξεων σε κάθε άκρο της σειράς των μετρήσεων πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση με 0,5 dB(A). Εάν η διαφορά υπερβαίνει το 0,5 dB(A), τα αποτελέσματα της σειράς των μετρήσεων θα πρέπει να απορρίπτονται.

Ο βαθμονομητής ήχου θα πρέπει να διακριβώνεται και η συμμόρφωση του συστήματος οργάνων προς τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 61672-1 θα πρέπει να επαληθεύεται κατά διαστήματα σε ένα εργαστήριο που κάνει βαθμονομήσεις σύμφωνα με τα κατάλληλα πρότυπα. Στην περίπτωση που οι εθνικοί κανονισμοί υπαγορεύουν διαφορετικά, ο βαθμονομητής ήχου πρέπει να διακριβώνεται σε ετήσια βάση, και η συμμόρφωση του συστήματος οργάνων προς τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 61672-1, πρέπει να ελέγχεται ανά διαστήματα που δεν υπερβαίνουν τα 2 έτη.

Περιβάλλον Δοκιμής

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω αυτό το Διεθνές Πρότυπο επιτρέπει τον προσδιορισμό της εκπομπής του επιπέδου ηχητικής πίεσης με ακρίβεια βαθμού 1 και βαθμού 2, σε ένα περιβάλλον δοκιμής υπό συνθήκες ελεύθερου πεδίου πάνω από ένα ανακλαστικό επίπεδο, όπου δεν εφαρμόζεται καμία διόρθωση για την επίδραση του περιβάλλοντος. Το περιβάλλον δοκιμής, ως εκ τούτου, πρέπει να πληροί αυστηρές προϋποθέσεις οι οποίες είναι συχνά αδύνατο να συμμορφωθούν με τις εγκαταστάσεις στο φυσικό περιβάλλον που γίνονται. Οι προσδιορισμοί της εκπομπής του επιπέδου ηχητικής πίεσης με ακρίβεια βαθμού 1 ή με ακρίβεια βαθμού 2 είναι εφικτοί σε ένα ημι-ανηχοϊκό δωμάτιο, καθώς και σε εξωτερικούς χώρους σε ένα ανακλαστικό επίπεδο, χωρίς αντικατοπτριζόμενα αντικείμενα να επηρεάζουν το αποτέλεσμα της μέτρησης. Οι προσδιορισμοί της ακρίβειας βαθμού 2 σύμφωνα με το παρόν Διεθνές Πρότυπο είναι δυνατόν σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, εάν ο θόρυβος του περιβάλλοντος και η επίδραση από ήχο που αντανακλάται δεν υπερβαίνει συγκεκριμένα όρια.

Εκτός από τους εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, υπάρχουν και οι κλειστές θέσεις εργασίας όπου τα επίπεδα εκπομπής ηχητικής πίεσης μπορούν κι αυτά να προσδιοριστούν με την ακρίβεια βαθμού 1 ή 2. Ως κλειστή θέση εργασίας λογίζεται η περίπτωση κατά την

οποία ο χειριστής βρίσκεται σε ένα κλειστό θαλαμίσκο ή σε ένα κλειστό περίβλημα χωριστό από την πηγή, με αποτέλεσμα οι ηχητικές ανακλάσεις στο εσωτερικό να θεωρούνται συνεισφορές στα επίπεδα εκπομπής ηχητικής πίεσης.

Συνθήκες περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια των μετρήσεων

Οι συνθήκες περιβάλλοντος μπορεί να έχουν δυσμενή επίδραση στο μικρόφωνο που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις. Τέτοιες συνθήκες (όπως τα ισχυρά ηλεκτρικά ή μαγνητικά πεδία, ο άνεμος, οι υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες, ή η πρόσπτωση της εκκένωσης του αέρα από την υπό δοκιμή πηγή), θα πρέπει να αποφευχθούν με την κατάλληλη επιλογή ή τοποθέτηση του μικροφώνου. Οι συνθήκες περιβάλλοντος διαφοροποιούνται ανάλογα με το βαθμό ακρίβειας για την επάρκεια του περιβάλλοντος δοκιμής.

Εγκατάσταση και λειτουργία της πηγής

Ο τρόπος με τον οποίο η υπό-δοκιμή πηγή είναι τοποθετημένη και λειτουργεί μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στα επίπεδα εκπομπής ηχητικής πίεσης στους σταθμούς εργασίας. Το γεγονός αυτό καθορίζει τις συνθήκες εκείνες οι οποίες συμβάλουν στο να ελαχιστοποιηθούν οι διακυμάνσεις των εκπομπών θορύβου που οφείλονται στις συνθήκες τοποθέτησης και λειτουργίας της πηγής. Οι ίδιες συνθήκες τοποθέτησης και λειτουργίας της πηγής πρέπει να χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των επιπέδων εκπομπής ηχητικής πίεσης και ηχητικής ισχύος. Τέτοιες μηχανές μπορεί να τοποθετηθούν στο δάπεδο κατά τη διάρκεια του προσδιορισμού της ηχητικής ισχύος και να τοποθετηθούν σε ένα τραπέζι κατά τη διάρκεια δοκιμών της εκπομπής των επιπέδων ηχητικής πίεσης. Ιδιαίτερα για τις μεγάλες μηχανές, είναι απαραίτητο να ληφθεί μια απόφαση ως προς το ποια στοιχεία, υποσυστήματα, βοηθητικός εξοπλισμός, πηγές ενέργειας, κλπ, ανήκουν στην πηγή. Για πηγές για τις οποίες το επίπεδο θορύβου εξαρτάται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, αυτή πρέπει να διατηρείται στους $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Τοποθεσία της πηγής

Η θέση της πηγής πρέπει να τοποθετείται σε σχέση με το ανακλαστικό επίπεδο σε μία ή περισσότερες θέσεις, όπως αν είχαν τοποθετηθεί για κανονική χρήση. Εάν δεν τοποθετηθούν σε έναν τοίχο ως συνήθως, τότε η υπό-δοκιμή πηγή πρέπει να απομακρυνθεί από οποιοδήποτε τοίχο, οροφή ή άλλα ανακλώμενα αντικείμενα. Τυπικές συνθήκες τοποθέτησης για μερικά μηχανήματα περιλαμβάνουν δύο ή περισσότερες ανακλώμενες επιφάνειες (π.χ. μια συσκευή εγκατεστημένη σε ένα τοίχο) ή σε έναν ελεύθερο χώρο (π.χ. ανυψωτήρας) ή ένα άνοιγμα σε ένα ανακλαστικό επίπεδο, έτσι ώστε η ακτινοβολία να μπορεί να υπάρξει και στις δύο πλευρές του κατακόρυφου επιπέδου.

Τοποθέτηση της πηγής

Σε πολλές περιπτώσεις, η εκπομπή θορύβου στο σταθμό εργασίας της πηγής εξαρτάται από τις συνθήκες τοποθέτησης της πηγής. Κάθε φορά που υπάρχει μια τυπική συνθήκη τοποθέτησης για μια πηγή, η συνθήκη αυτή θα πρέπει να χρησιμοποιείται ή να προσομοιώνεται. Αν δεν υπάρχει μια τυπική συνθήκη τοποθέτησης ή αν δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την αποφυγή αλλαγών στην εκπομπή ήχου της πηγής που προκαλούνται από το σύστημα τοποθέτησης που χρησιμοποιείται για τη δοκιμή. Πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για να μειώνεται οποιαδήποτε ακτινοβολία του ήχου.

Πολλά μικρά μηχανήματα, ενώ είναι σώματα φτωχά σε ήχους χαμηλής συχνότητας, μπορεί, εξαιτίας της μεθόδου τοποθέτησής τους, να ακτινοβολούν περισσότερο ήχο χαμηλής συχνότητας όταν η δονητική ενέργειά τους μεταδίδεται σε επιφάνειες αρκετά μεγάλες ώστε να είναι αποτελεσματικά. Ελαστική τοποθέτηση πρέπει να παρεμβάλλεται, αν είναι δυνατόν, μεταξύ της πηγής και της επιφάνειας στήριξης, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η μετάδοση των δονήσεων στην υποστήριξη και την αντίδραση της πηγής. Σε αυτήν την περίπτωση, η βάση στήριξης θα πρέπει να είναι άκαμπτη (δηλαδή να έχει επαρκώς υψηλή μηχανική αντίσταση) για να την αποτρέψει από τον υπερβολικά δονούμενο και ακτινοβολούμενο ήχο. Ωστόσο, ελαστικές βάσεις πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο εάν η υπό-δοκιμή πηγή τοποθετείται σε τυπικές εγκαταστάσεις τομέα.

Μηχανήματα χειρός

Τέτοια μηχανήματα πρέπει να καθοδηγούνται από το χέρι, έτσι ώστε ο ήχος να μη μεταδίδεται μέσω οποιουδήποτε σημείου στερέωσης που δεν ανήκει στην πηγή. Εάν η πηγή απαιτεί ένα στήριγμα για τη λειτουργία της, η δομή στήριξης πρέπει να είναι μικρή, θεωρώντας ότι είναι ένα μέρος της πηγής, και περιγράφεται στο σχετικό κώδικα δοκιμής θορύβου, αν υπάρχει.

Μηχανήματα τοποθετημένα στη βάση και στον τοίχο

Τέτοια μηχανήματα πρέπει να τοποθετούνται σε ανακλώμενο επίπεδο (δάπεδο ή τοίχο). Τα μηχανήματα που προορίζονται αποκλειστικά για τοποθέτηση μπροστά από έναν τοίχο πρέπει να εγκατασταθούν σε μία ακουστικά σκληρή επιφάνεια μπροστά από έναν ακουστικά σκληρό τοίχο. Επιτραπέζια μηχανήματα πρέπει να τοποθετούνται σε ένα τραπέζι ή όρθια, όπως απαιτείται για λειτουργία σύμφωνα με το σχετικό κώδικα δοκιμής θορύβου. Ο χώρος αυτός πρέπει να απέχει τουλάχιστον 1,5m από οποιαδήποτε απορροφητική επιφάνεια του χώρου δοκιμής. Τέτοια μηχανήματα πρέπει να τοποθετούνται στο κέντρο της κορυφής του πρότυπου δοκιμαστικού πίνακα.

Αφού έγινε παρουσίαση των δευτερευόντων στοιχείων που χρειάζονται για μια μέτρηση, το Διεθνές Πρότυπο περιγράφει στη συνέχεια εκτενέστερα τη διαδικασία μέτρησης που ακολουθείται.

Καταρχάς, πρέπει να καθοριστεί το χρονικό διάστημα μέτρησης. Το χρονικό διάστημα μέτρησης επιλέγεται με τέτοιο τρόπο ώστε το επίπεδο εκπομπής ηχητικής πίεσης και τα χρονικά χαρακτηριστικά του ήχου εκπομπής σε μια θέση εργασίας να προσδιοριστούν για τις συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας. Για μηχανήματα με ένα συγκεκριμένο κύκλο λειτουργίας, είναι συνήθως απαραίτητο να επεκταθεί το χρονικό διάστημα μέτρησης σε έναν ακέραιο αριθμό διαδοχικών κύκλων λειτουργίας. Το χρονικό διάστημα μέτρησης αντιστοιχεί μόνο σε περιόδους λειτουργίας για τις οποίες το επίπεδο εκπομπής ηχητικής πίεσης και τα χρονικά χαρακτηριστικά του ήχου εκπομπής είναι επιθυμητά. Το χρονικό διάστημα μέτρησης εξαρτάται από τον εκπεμπόμενο θόρυβο σε μια θέση εργασίας. Αν η εκπομπή θορύβου σε μια θέση εργασίας είναι σταθερή για τις συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας, το χρονικό διάστημα μέτρησης πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 sec.

Αν η εκπομπή θορύβου σε μια θέση εργασίας δεν είναι σταθερή για τις συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας, το χρονικό διάστημα μέτρησης και οι περίοδοι λειτουργίας της πηγής ορίζονται προσεκτικά και αναφέρονται στα αποτελέσματα των δοκιμών.

Για τις ζώνες συχνοτήτων που επικεντρώνονται κάτω από 160 Hz, η ελάχιστη περίοδος παρατήρησης είναι 30 sec. Για τις ζώνες συχνοτήτων που επικεντρώνεται πάνω από 200 Hz το χρονικό διάστημα μέτρησης πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 sec.

Τέλος, το χρονικό διάστημα μέτρησης, T, μπορεί να αποτελείται από έναν αριθμό υπο-διαστημάτων μέτρησης, T_i, καθένα από τα οποία αντιστοιχεί σε μια καθορισμένη περίοδο λειτουργίας της πηγής. Σε αυτήν την περίπτωση ισχύει η παρακάτω εξίσωση

$$L_p = 10 * \log\left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^N T_i * 10^{L_{p,T_i}/10}\right] \text{ db}$$

Όπου,

T είναι το συνολικό χρονικό διάστημα μέτρησης, $T = \sum_{i=1}^N T_i$

T_i είναι ο αριθμός των χρονικών υπο-διαστημάτων μέτρησης ,

N είναι ο συνολικός αριθμός των χρονικών υπο-διαστημάτων μέτρησης ή των χρονικών περιόδων λειτουργίας ,

L_{pTi} είναι το επίπεδο εκπομπής ηχητικής πίεσης (Α-σταθμισμένη ή σε ζώνες συχνοτήτων) σε ένα χρονικό υπο-διάστημα μέτρησης, T_i.

Διαδικασία μέτρησης

Το επίπεδο ηχητικής πίεσης μετράται στο σταθμό εργασίας της πηγής σε μια τυπική περίοδο λειτουργίας. Διορθώσεις του θορύβου στο υπόβαθρο θα πρέπει να εφαρμόζονται. Οι βασικές ποσότητες που πρέπει να μετρηθούν σε κάθε σταθμό εργασίας κατά τις καθορισμένες περιόδους λειτουργίας ή σε ένα κύκλο λειτουργίας της πηγής είναι:

- η Α-σταθμισμένη στάθμη ηχητικής πίεσης, L' _{pA} ,
- η C-σταθμισμένη στάθμη ηχητικής πίεσης, L_{pC,peak}

Προκειμένου να μειωθεί η αβεβαιότητα στον προσδιορισμό του επιπέδου εκπομπής ηχητικής πίεσης στο σταθμό εργασίας, μπορεί να είναι απαραίτητο, για ένα συγκεκριμένο τύπο πηγής, να επαναληφθεί η μέτρηση πολλές φορές. Η τιμή (π.χ. μέση ή μέγιστη) που θα χρησιμοποιηθεί μετά από επανειλημμένες μετρήσεις πρέπει να είναι αυτή που ορίζεται στο σχετικό κώδικα δοκιμής θορύβου. Επαναλαμβανόμενες μετρήσεις περιλαμβάνουν την ακόλουθη διαδικασία:

- α) η πηγή απενεργοποιείται και τίθεται σε λειτουργία ξανά,
- β) το μικρόφωνο απομακρύνεται από το σημείο μέτρησης και επανέρχεται στη συνέχεια εκ νέου στο σταθμό εργασίας,
- γ) η μέτρηση εκτελείται πάλι στο ίδιο περιβάλλον, με τα ίδια όργανα στο ίδιο χρονικό διάστημα με τις ίδιες συνθήκες τοποθέτησης και λειτουργίας.

Λειτουργία της πηγής θορύβου κατά τη διάρκεια της μέτρησης

Το επίπεδο εκπομπής ηχητικής πίεσης που παράγεται από μια πηγή μπορεί να επηρεαστεί από το φορτίο που εφαρμόζεται, την ταχύτητα λειτουργίας και τις συνθήκες υπό τις οποίες λειτουργεί. Η πηγή θα πρέπει να ελέγχεται, όποτε είναι δυνατόν, στην πιο θορυβώδη

λειτουργία σε τυπικές συνθήκες χρήσης οι οποίες μπορεί να αναπαράγονται και να είναι αντιπροσωπευτικές. Οι προδιαγραφές που δίνονται στο σχετικό κώδικα δοκιμής θορύβου, αν υπάρχει, θα πρέπει να ακολουθούνται, αλλά εν απουσία του κώδικα δοκιμής θορύβου ένας ή περισσότεροι από τους ακόλουθους τρόπους λειτουργίας θα πρέπει να επιλέγονται για τη δοκιμή:

- α) πηγή υπό συγκεκριμένες συνθήκες φορτίου ,
- β) πηγή υπό πλήρες φορτίο ,
- γ) πηγή χωρίς φορτίο (ρελαντί),
- δ) πηγή στη μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας υπό καθορισμένες συνθήκες,
- ε) πηγή που λειτουργεί υπό συνθήκες που αντιστοιχούν στη μέγιστη αντιπροσωπευτική μιας κανονικής χρήσης,
- στ) πηγή με προσομοίωση φόρτωσης, υπό καθορισμένες συνθήκες,
- ζ) πηγή που υποβάλλεται σε ένα χαρακτηριστικό κύκλο εργασιών κάτω από καθορισμένες συνθήκες.

Διαδικασία για θόρυβο παλμικού χαρακτήρα

Αν ο ήχος εκπομπής είναι παλμικός, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να λαμβάνεται κατά τη μέτρηση του επιπέδου ηχητικής πίεσης για να εξασφαλιστεί ότι το δυναμικό εύρος των οργάνων είναι αρκετά μεγάλο, και ότι το ηχόμετρο είναι εξοπλισμένο με ένδειξη υπερφόρτωσης. Για τη μέτρηση των χρονικών χαρακτηριστικών των εκπομπών παλμικού ήχου (π.χ. μέγιστες τιμές), το χρονικό διάστημα της μέτρησης πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον 10 παλμικά γεγονότα, εκτός αν ορίζεται διαφορετικά στον κώδικα δοκιμής θορύβου, αν υπάρχει. Η τελική τιμή που επιλέγεται είναι συνήθως ο μέσος όρος, εκτός και αν μετράται η μέγιστη τιμή. Στην περίπτωση αυτή, η υψηλότερη από τις τιμές αιχμής διατηρείται. Εάν η πηγή παράγει απομονωμένους ήχους απλών γεγονότων, το ενιαίο επίπεδο εκπομπής ηχητικής πίεσης στη θέση του σταθμού εργασίας, L_E , θα πρέπει να καθορισθεί.

Θέσεις τοποθέτησης μικροφώνου

Το μικρόφωνο πρέπει να είναι προσανατολισμένο με τέτοιο τρόπο ώστε η γωνία πρόσπτωσης του ήχου να συμπίπτει με την κατεύθυνση αναφοράς του μικροφώνου όπως ορίζεται από τον κατασκευαστή για να πληροί τις απαιτήσεις του IEC 61672-1. Όποτε είναι εφικτό, το επίπεδο εκπομπής ηχητικής πίεσης πρέπει να μετράται με την πηγή χωρίς επιτήρηση και με την κατεύθυνση του μικροφώνου προσανατολισμένη προς την κυρίαρχη ηχητική πηγή. Σε γενικές γραμμές, για μικρόφωνα ελεύθερου πεδίου (βαθμονομημένα για "κανονική πρόσπτωση" στο διάφραγμα του μικροφώνου), ο άξονας του μικροφώνου-προενισχυτή, θα πρέπει να προσανατολίζεται προς την κυρίαρχη πηγή ήχου. Για μικρόφωνα διάχυτου πεδίου, ο άξονας του μικροφώνου-προενισχυτή, θα πρέπει να προσανατολίζεται σε ορθή γωνία σε σχέση με την κατεύθυνση προς την κυρίαρχη πηγή ήχου.

Ο χειριστής, εάν είναι παρών, δεν πρέπει να φοράει ρούχα με ανώμαλες ήχο-απορροφητικές ιδιότητες, ή κάποιο καπέλο ή μαντήλι (πέραν από ένα προστατευτικό κράνος που απαιτείται για λόγους ασφαλείας, ή ένα κράνος ή κάποιο πλαίσιο που

χρησιμοποιείται για να στηριχθεί ένα μικρόφωνο), τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις μετρήσεις του ήχου.

Εάν ένας χειριστής είναι παρών, το μικρόφωνο θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση 0,20 m \pm 0,02 m από την πλευρά του κεντρικού επιπέδου του κεφαλιού του χειριστή, σε νοητή γραμμή με το επίπεδο των ματιών του, με τον άξονά του παράλληλο προς τη γραμμή της όρασής του, και σε εκείνη την πλευρά, όπου παρατηρείται η υψηλότερη τιμή, L'_{PA} , της Α-σταθμισμένης στάθμης ηχητικής πίεσης. Εάν η μετρούμενη στάθμη ηχητικής πίεσης εξαρτάται απόλυτα από τη θέση, συνιστάται ότι ο μέσος χώρος πρέπει να ληφθεί σε μια μικρή μετρούμενη επιφάνεια (π.χ. 0,5 m \times 0,5 m) παράλληλη προς το πλαίσιο αναφοράς και κεντρικά στο σταθμό εργασίας.

Συνοπτικά οι θέσεις που πρέπει να είναι τοποθετημένο το μικρόφωνο σύμφωνα με αυτό το Διεθνές Πρότυπο είναι οι κάτωθι:

- **Θέσεις μικροφώνου για ένα καθήμενο χειριστή**
- **Θέσεις μικροφώνου για έναν όρθιο ακίνητο χειριστή**
- **Θέσεις μικροφώνου για ένα χειριστή που κινείται κατά μήκος μιας καθορισμένης διαδρομής**
- **Θέσεις μικροφώνου για τους παρευρισκομένους και για τις χωρίς επίβλεψη μηχανές**

2.3. Διεθνές Πρότυπο ISO 1999: 1990-01-15 (2^η έκδοση)

Αυτό το Διεθνές Πρότυπο παρουσιάζει, με στατιστικούς όρους, τη σχέση μεταξύ των εκθέσεων θορύβου και του Noise-Induced Permanent Threshold Shift (NIPTS) σε άτομα διαφόρων ηλικιών [29]. Παρέχει διαδικασίες για τον υπολογισμό των διαταραχών της ακοής, εξαιτίας της έκθεσης στο θόρυβο, πληθυσμών που δεν παρουσίαζαν ως τότε ακουστικά προβλήματα (με πρόβλεψη για τις επιπτώσεις της ηλικίας), ή για μη ελεγμένους πληθυσμούς των οποίων η ικανότητα ακοής έχει ήδη μετρηθεί ή εκτιμηθεί. (Το NIPTS είναι ένας πρόσθετος όρος ανεξάρτητος από άλλα στοιχεία της ακοής. Είναι μηδέν για απουσία θορύβου και για οποιαδήποτε έκθεση στο θόρυβο έχει μια σειρά από θετικές τιμές που αντιπροσωπεύουν τη μεταβλητότητα της επιδεκτικότητας του θορύβου μεταξύ των ατόμων ενός πληθυσμού).

Το NIPTS προηγείται συνήθως από μια προσωρινή αναστρέψιμη επίδραση στην ακοή η οποία λέγεται θόρυβος που προκαλείται από προσωρινή μετατόπιση του ορίου TTS. Η σοβαρότητα του TTS και η ανάκαμψη από αυτό εξαρτάται από το επίπεδο της έκθεσης και του χρόνου. Για ένα μόνο άτομο δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί ακριβώς ποιες αλλαγές στην ακοή προκαλούνται από το θόρυβο και ποιες από άλλους παράγοντες, εάν και σε μεμονωμένες περιπτώσεις τα δεδομένα σε αυτό το ISO ίσως παρέχουν ένα πρόσθετο μέσο για την εκτίμηση των πιο πιθανών αιτιών σε ακουολογικές διαγνώσεις. Ωστόσο για ένα μεγάλο πληθυσμό που εκτίθεται σε ένα συγκεκριμένο θόρυβο αλλαγές στις στατιστικές κατανομές του επιπέδου του ορίου της ακοής μπορούν να προσδιοριστούν. Τέτοιες παράμετροι όπως η μέση τιμή του NIPTS, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει διαφορές στα επίπεδα ακοής μεταξύ δύο πληθυσμών που είναι παρόμοιοι σε όλες τις απόψεις εκτός από το ότι ένας πληθυσμός έχει μια καλά καθορισμένη, συνήθως επαγγελματική, έκθεση στο θόρυβο.

Αυτό το Διεθνές Πρότυπο μπορεί να εφαρμοσθεί για τον υπολογισμό του κινδύνου της διατήρησης της απώλειας ακοής λόγω τακτικής έκθεσης επαγγελματικού θορύβου ή λόγω της οποιαδήποτε καθημερινής επαναλαμβανόμενης έκθεσης θορύβου. Κατά συνέπεια δεν ορίζει (σε αντίθεση με την 1^η έκδοση του ISO 1999) μια συγκεκριμένη φόρμουλα για την αξιολόγηση του κινδύνου απώλειας ακοής, αλλά καθορίζει ενιαίες μεθόδους για την πρόβλεψη των διαταραχών της ακοής, οι οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της αναπηρίας σύμφωνα με την επιθυμητή φόρμουλα ή με αυτήν που ορίζεται σε μια συγκεκριμένη χώρα. Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από αυτό το Διεθνές Πρότυπο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν για την κατανόηση των μόνιμων επιδράσεων του θορύβου στην αντίληψη των καθημερινών ακουστικών σημάτων, την εκτίμηση της μουσικής ή την επίδραση μιας συγκεκριμένης συχνότητας, όχι απαραίτητα ορισμένη από μια φόρμουλα με ακουστική αναπηρία.

Δεδομένου ότι η απώλεια ακοής είναι αποτέλεσμα όχι μόνο επαγγελματικής έκθεσης σε θόρυβο αλλά της συνολικής έκθεσης στο θόρυβο στο σύνολο του πληθυσμού, ίσως να είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη η μη-επαγγελματική έκθεση των ατόμων κατά την καθημερινή μετακίνηση προς και από τη δουλειά τους, το σπίτι τους και κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων αναψυχής. Μόνο αν αυτή η μη-επαγγελματική έκθεση των ατόμων είναι αμελητέα σε σχέση με την επαγγελματική έκθεση, το Διεθνές Πρότυπο επιτρέπει την πρόβλεψη εμφάνισης απώλειας ακοής λόγω επαγγελματικής έκθεσης στο θόρυβο. Διαφορετικά θα πρέπει να χρησιμοποιείται η συνολική ημερήσια έκθεση στο θόρυβο. Η συνεισφορά της επαγγελματικής έκθεσης του θορύβου με τη συνολική απώλεια ακοής μπορεί τότε να εκτιμηθεί.

Αυτό το Διεθνές Πρότυπο καθορίζει μια μέθοδο για τον υπολογισμό της αναμενόμενης μόνιμης μετατόπισης στα επίπεδα (όρια ανώτατα – κατώτατα) ακοής των ενήλικων πληθυσμών λόγω των διαφόρων επιπέδων και της διάρκειας της έκθεσης σε θόρυβο. Παρέχει τη βάση για τον υπολογισμό της απώλειας ακοής σύμφωνα με διάφορες φόρμουλες όταν αυτά τα επίπεδα ακοής μετρημένα σε ακοομετρικές συχνότητες, ή σε συνδυασμούς των εν λόγω συχνοτήτων, υπερβαίνουν μια ορισμένη τιμή. Εφαρμόζεται σε θόρυβο συχνότητας ήχου που είναι σταθερός, διακοπτόμενος, κυμαινόμενος, ακανόνιστος ή με παρορμητικό χαρακτήρα.

Για τον υπολογισμό των οριακών επιπέδων ακοής και του κινδύνου απόκτησης απώλειας ακοής λόγω της έκθεσης στο θόρυβο, τα όρια ακοής ενός μη-εκτιθέμενου στο θόρυβο πληθυσμού της ίδιας ηλικίας πρέπει να είναι γνωστά. Εφόσον διαφορετικά κριτήρια μπορούν να εφαρμοστούν για την επιλογή του πληθυσμού, το συγκεκριμένο Διεθνές Πρότυπο επιτρέπει δύο πιθανά σενάρια:

A) έναν ακουολογικά φυσιολογικό πληθυσμό ,

B) οποιοδήποτε άλλο πληθυσμό στην διακριτή ευχέρεια του χρήστη που θεωρεί εκείνος κατάλληλο.

Το θεωρητικό κομμάτι του παρόντος προτύπου εμπεριέχει τα απαραίτητα έγγραφα στα οποία βασίστηκε το Διεθνές Πρότυπο για την εφαρμογή του καθώς και ορισμένους ορισμούς χρήσιμους για το χειριστή. Παρακάτω αναφέρονται οι ορισμοί και δίνεται μια επεξήγηση αυτών.

Ορισμοί

- Επίπεδο ηχητικής πίεσης, L_p

$$L_p = 10 * \log \frac{p^2}{p_0^2} \text{ db} ,$$

Όπου :

p η εκπομπή ηχητικής πίεσης (σε Pascal) και

p_0 η εκπομπή ηχητικής πίεσης αναφοράς ($p_0=20 \mu\text{Pa}$).

- A-σταθμισμένο επίπεδο ηχητικής πίεσης, L_{pA}

$$L_{pA} = 10 * \log \frac{pA^2}{p_0^2} \text{ db} ,$$

Όπου :

p_A η A-σταθμισμένη εκπομπή ηχητικής πίεσης (σε Pascal) και

p_0 η εκπομπή ηχητικής πίεσης αναφοράς ($p_0=20 \mu\text{Pa}$).

- A-σταθμισμένη ηχητική έκθεση, $E_{A,T}$

$$E_{A,T} = \int_{t_1}^{t_2} pA^2(t) dt ,$$

Όπου :

$p_A(t)$ η στιγμιαία A-σταθμισμένη ηχητική πίεση ενός ηχητικού σήματος το οποίο ολοκληρώνεται εντός ενός χρονικού διαστήματος $[t_1-t_2]$.

Το χρονικό διάστημα επιλέγεται έτσι ώστε να καλύπτει την επαγγελματική έκθεση του θορύβου μιας συνολικής εργάσιμης ημέρας (συνήθως 8 ώρες) ή μιας μεγαλύτερης περιόδου η οποία πρέπει να διευκρινίζεται, πχ. μιας εβδομάδας.

- Καθημερινή A-σταθμισμένη ηχητική έκθεση, $E_{A,D}$

Είναι η συνολική A-σταθμισμένη ηχητική έκθεση ενός 24ώρου, η οποία εκφράζεται σε $\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$.

- Ισοδύναμη συνεχής A-σταθμισμένη στάθμη ηχητικής πίεσης, $L_{Aeq,T}$

$$L_{Aeq,T} = 10 * \log \left[\frac{1}{t_2-t_1} * \int_{t_1}^{t_2} \frac{pA^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

- Επίπεδο έκθεσης θορύβου για μια 8ωρη εργάσιμη ημέρα, $L_{EX,8h}$

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 * \log \left(\frac{T_e}{T_0} \right)$$

Όπου :

T_e είναι η ουσιαστική διάρκεια μιας εργάσιμης ημέρας,

T_0 είναι η διάρκεια αναφοράς ($T_0=8h$)

Αν $T_e \leq T_0$, τότε $L_{EX,8h} = L_{Aeq,8h}$

Σημείωση 1. Το επίπεδο έκθεσης θορύβου για μια 8ωρη εργάσιμη ημέρα, $L_{EX,8h}$, μπορεί να υπολογιστεί και με την παρακάτω εξίσωση:

$$L_{EX,8h} = 10 * \log [E_{A,Te} / (1,15 * 10^{-5})]$$

$E_{A,Te} \text{ (Pa}^2\cdot\text{s)}$	$L_{EX,8h} \text{ (db(A))}$
$0,364 \cdot 10^3$	75
$0,458 \cdot 10^3$	76
$0,576 \cdot 10^3$	77
$0,726 \cdot 10^3$	78
$0,913 \cdot 10^3$	79
$1,15 \cdot 10^3$	80
$1,45 \cdot 10^3$	81
$1,82 \cdot 10^3$	82
$2,29 \cdot 10^3$	83
$2,89 \cdot 10^3$	84
$3,64 \cdot 10^3$	85
$4,58 \cdot 10^3$	86
$5,76 \cdot 10^3$	87
$7,26 \cdot 10^3$	88
$9,13 \cdot 10^3$	89
$11,5 \cdot 10^3$	90
$14,5 \cdot 10^3$	91
$18,2 \cdot 10^3$	92
$22,9 \cdot 10^3$	93
$28,9 \cdot 10^3$	94
$36,4 \cdot 10^3$	95
$45,8 \cdot 10^3$	96
$57,6 \cdot 10^3$	97
$72,6 \cdot 10^3$	98
$91,3 \cdot 10^3$	99
$115 \cdot 10^3$	100

Πίνακας 2.1. Α-σταθμισμένες εκθέσεις θορύβου και αντιπροσωπευτικά επίπεδα έκθεσης θορύβου για μια 8ωρη εργάσιμη ημέρα

Σημείωση 2. Εάν είναι επιθυμητό τα επίπεδα έκθεσης θορύβου για πάνω από εργάσιμη ημέρα, (έστω μια εβδομάδα), τότε η μέση τιμή της $L_{EX,8h}$ για μία ολόκληρη περίοδο καθορίζεται από τις τιμές $(L_{EX,8h})_i$, χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση:

$$\bar{L}_{EX,8h} = 10 * \log \left[\frac{1}{k} * \sum_{i=1}^n 10^{0.1 * (Lex,8h)_i} \right]$$

Η τιμή του k επιλέγεται σύμφωνα με το σκοπό της διαδικασίας εκλογής μέσου όρου:

Θα είναι ένας συμβατικός σταθερός αριθμός εάν η έκθεση πρόκειται να κανονικοποιηθεί σε έναν ονομαστικό αριθμό ημερών (πχ. k=5 σημαίνει ότι η καθημερινή έκθεση του θορύβου κανονικοποιείται σε μια ονομαστική εβδομάδα των 5 εργάσιμων ημερών).

- **Διαταραχές ακοής**

Μια απόκλιση ή μια αλλαγή προς το χειρότερο του ορίου ακοής σε σχέση με το κανονικό.

- **Μειονέκτημα ακοής**

Το μειονέκτημα ακοής που επιβάλλεται από τις διαταραχές ακοής αρκεί για να επηρεάσει την προσωπική απόδοση ενός ατόμου στις δραστηριότητες της καθημερινής του ζωής.

- **Εμπόδιο**

Είναι τα επίπεδα ορίου ακοής πάνω από τα οποία υπάρχει ένας βαθμός αναπηρίας της ακοής.

- **Κίνδυνος απώλειας ακοής**

Το ποσοστό του πληθυσμού που υποφέρει από ακουστικές διαταραχές.

- **Κίνδυνος απώλειας ακοής λόγω θορύβου**

Ο κίνδυνος απώλειας ακοής ενός πληθυσμού που εκτίθεται στο θόρυβο.

- **(HTLAN), Η'**

Το μόνιμο όριο ακοής ενός πληθυσμού που σχετίζεται με την ηλικία και το θόρυβο.

- **(NIPTS), Ν'**

Η μόνιμη μετατόπιση (δυσνητική ή πραγματική) του επιπέδου ορίου ακοής που εκτιμάται ότι προκαλείται αποκλειστικά από την εκπομπή στο θόρυβο ελλείψη άλλων αιτιών.

- **(HTLA), Η**

Το μόνιμο όριο ακοής ενός πληθυσμού που σχετίζεται με την ηλικία μη συμπεριλαμβανομένης της επίδρασης από το θόρυβο.

- **Παρορμητικός θόρυβος**

Παρόλο που ο παρορμητικός θόρυβος μπορεί να οριστεί με διαφορετικούς τρόπους (ISO 2204, ISO 1996-2), για τους σκοπούς αυτού του Διεθνούς Προτύπου όλοι οι μη σταθεροί θόρυβοι στη βιομηχανία συνήθως χαρακτηρίζονται ως επίδραση. Ο παρορμητικός θόρυβος πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στη μέτρηση της ηχητικής έκθεσης.

Μέτρηση των επιπέδων ηχητικής πίεσης

Για να εκτιμηθούν οι διαταραχές ακοής και ο κίνδυνος απώλειας της ακοής λόγω της έκθεσης στο θόρυβο, η μέση Α-σταθμισμένη ηχητική έκθεση, $E_{A,8h}$ και τα επίπεδα έκθεσης του θορύβου μιας κανονικής (8 ώρες) εργάσιμης ημέρας, $L_{EX,8h}$, θα πρέπει είτε να μετρώνται άμεσα από μετρήσεις έκθεσης του ήχου ή να ολοκληρώνονται από επίπεδα μετρήσεων του ήχου ή να υπολογίζονται από μετρήσεις ηχητικής πίεσης και του χρόνου έκθεσης. Τέτοιες μετρήσεις θα πρέπει να γίνονται με όργανα τα οποία είναι είτε ακίνητα ή συνδέονται με το αρμόδιο άτομο. Οι τοποθεσίες των μετρήσεων και η διάρκεια των μετρήσεων θα πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε ο θόρυβος να είναι αντιπροσωπευτικός μιας τυπικής ημέρας.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα όργανα μέτρησης και η θέση των μικροφώνων, πληροφορίες σημαντικές προκειμένου ο χρήστης να κάνει τις μετρήσεις.

Όργανα

Για άμεση μέτρηση της ισοδύναμης συνεχούς Α-σταθμισμένης στάθμης ηχητικής πίεσης, τα ηχόμετρα θα πρέπει να συμμορφώνονται με το πρότυπο IEC 804, τύπος 2. Μέχρις ότου δημοσιευθεί ένα Διεθνές Πρότυπο που να πραγματεύεται για τη μέτρηση της ηχητικής έκθεσης, κατάλληλα όργανα επιτρέπονται, δεδομένου ότι αυτά πληρούν κατ'ελάχιστο τις παρακάτω απαιτήσεις:

- η σταθμισμένη συχνότητα της μέτρησης του οργάνου θα πρέπει να συμμορφώνεται με το IEC 651,

- το τετράγωνο της Α-σταθμισμένης ηχητικής πίεσης πρέπει να ολοκληρώνεται σε κατάλληλες χρονικές περιόδους, για την ένδειξη του Α-σταθμισμένου ήχου $E_{A,T}$ και της ισοδύναμης συνεχούς Α-σταθμισμένης στάθμης ηχητικής πίεσης, $L_{Aeq,T}$,
- ειδική μέριμνα θα πρέπει να λαμβάνεται για να επιβεβαιωθεί ότι το δυναμικό εύρος είναι αρκετά μεγάλο για τις εφαρμογές και ότι ο εγγενής ηλεκτρικός θόρυβος και η ικανότητα υπερφόρτωσης είναι κατάλληλα.

Βαθμονόμηση και έλεγχος οργάνου

Όλος ο εξοπλισμός θα πρέπει να βαθμονομείται και οι παράμετροι για τη βαθμονόμηση και τον έλεγχο θα πρέπει να είναι σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Σημείωση. Μια ολοκληρωμένη εκ νέου βαθμονόμηση σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα μπορεί να συνταγογραφείται από αρχές που είναι αρμόδιες για τη χρήση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων.

Ένας έλεγχος πεδίου θα πρέπει να γίνεται από το χρήστη τουλάχιστον πριν και μετά από κάθε σειρά μετρήσεων. Ένας ηλεκτρονικός έλεγχος των ενισχυτών, των συσκευών εγγραφής και των δεικτών πρέπει να γίνεται, καθώς και ένας ακουστικός έλεγχος της ευαισθησίας του μικροφώνου και ολόκληρου του συστήματος.

Θέσεις μικροφώνων

Η μέτρηση της ηχητικής πίεσης για τον καθορισμό της Α-σταθμισμένης έκθεσης του ήχου και της ισοδύναμης συνεχούς Α-σταθμισμένης στάθμης ηχητικής πίεσης θα πρέπει να γίνεται με το μικρόφωνο τοποθετημένο σε θέσεις που κανονικά ο χειριστής θεωρείται ότι βρίσκεται. Εάν είναι αναγκαίο το άτομο να παρευρίσκεται ή αν χρειάζεται να μετακινείται, το μικρόφωνο θα πρέπει να τοποθετείται σε απόσταση $0,10\text{m} \pm 0,01\text{m}$ από την πλευρά του αυτιού που λαμβάνει την υψηλότερη τιμή της Α-σταθμισμένης έκθεσης ήχου ή της ισοδύναμης συνεχούς Α-σταθμισμένης στάθμης ηχητικής πίεσης. Οι ακριβείς θέσεις στις οποίες πραγματοποιούνται οι μετρήσεις θα πρέπει να αναφέρονται.

Αφού έγινε παρουσίαση των δευτερευόντων στοιχείων που χρειάζονται για μια μέτρηση, το Διεθνές Πρότυπο περιγράφει στη συνέχεια τη **διαδικασία μέτρησης** που ακολουθείται. Η μέτρηση είναι άμεσα συνδεδεμένη κάθε φορά και με το είδος του θορύβου.

Σχετικές λεπτομέρειες του οργάνου μέτρησης, της διαδικασίας μέτρησης και των επικρατούσων συνθηκών κατά τη διάρκεια των μετρήσεων θα πρέπει να καταγράφονται προσεκτικά και να χρησιμοποιούνται για σκοπούς αναφοράς. Όταν αναφέρεται το αποτέλεσμα της μέτρησης, μια εκτίμηση της συνολικής αβεβαιότητας της μέτρησης θα πρέπει να επισημαίνεται λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση παραμέτρων όπως οι εξής:

- Όργανο μέτρησης
- Θέσεις μικροφώνων
- Αριθμός των μετρήσεων
- χρονική και χωρική διακύμανση της πηγής θορύβου

Καθημερινή έκθεση στο θόρυβο κατά τη διάρκεια μιας εκτεταμένης χρονικής περιόδου

Η καθημερινή Α-σταθμισμένη έκθεση ήχου ή τα επίπεδα έκθεσης θορύβου θα πρέπει να καθορίζονται για έναν επαρκή αριθμό ημερών και για τα υπό εξέταση άτομα, ώστε να

επιτρέπεται ο προσδιορισμός της μέσης έκθεσης σε θόρυβο για τα έτη ή τις δεκαετίες, με μια συνολική αβεβαιότητα κατάλληλη για το συγκεκριμένο πρόβλημα του θορύβου.

Άμεση μέτρηση σε καθημερινή έκθεση στο θόρυβο

Ο άμεσος καθορισμός της καθημερινής έκθεσης θα πρέπει να γίνεται από όργανο το οποίο παρέχει μια ένδειξη της Α-σταθμισμένης έκθεσης ήχου ή της ισοδύναμης συνεχής Α-σταθμισμένης στάθμης ηχητικής πίεσης. Τέτοια όργανα ενσωματώνουν τις διακυμάνσεις του θορύβου που παράγεται από μια πηγή θορύβου χρονικά μεταβαλλόμενη ή από την κίνηση του ατόμου από τόπο σε τόπο. Οι διακυμάνσεις μπορεί να κλιμακωθούν σε ένα ευρύ φάσμα των επιπέδων και να είναι από ακανόνιστα χρονικά χαρακτηριστικά. Οι διακυμάνσεις μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν θόρυβο από παρορμητικούς χαρακτήρες.

Έμμεση μέτρηση σε καθημερινή έκθεση στο θόρυβο

Για έμμεση μέτρηση της έκθεσης του θορύβου, το επίπεδο ηχητικής πίεσης θα πρέπει να μετράται με ηχόμετρο ή με ισοδύναμο εξοπλισμό καταγραφής. Το χρονικό διάστημα έκθεσης για κάθε περιοχή εμφανώς διακριτή μετράται ξεχωριστά.

Σημείωση. Ενσωματωμένα ηχόμετρα προτιμώνται. Εάν χρησιμοποιούνται συμβατικά ηχόμετρα, ο χρόνος στάθμισης με χαρακτηριστικό F (fast) συνιστάται και ο χρόνος-στάθμισης με χαρακτηριστικό I (impulse) δεν συνιστάται.

Έκθεση σε σταθερό θόρυβο

Εάν ο θόρυβος είναι τέτοιος που οι διακυμάνσεις είναι μικρές για όλη την περίοδο για την οποία η ισοδύναμη συνεχής Α-σταθμισμένη στάθμη ηχητικής πίεσης είναι καθορισμένη, ο αριθμητικός μέσος που αναγράφεται στο επίπεδο ηχητικής πίεσης είναι αριθμητικά ίσος με την ισοδύναμη συνεχή Α-σταθμισμένη στάθμη ηχητικής πίεσης.

Σημείωση. Ο θόρυβος μπορεί να θεωρείται σταθερός, εάν το συνολικό φάσμα των υποδεικνυόμενων επιπέδων ηχητικής πίεσης βρίσκεται μέσα σε ένα εύρος των 5 db(A) έχοντας χρόνο-στάθμισης με χαρακτηριστικό S (slow).

Έκθεση σε σταθερό θόρυβο με σταδιακές διακυμάνσεις στο επίπεδο

Εάν ο θόρυβος είναι σταθερός αλλά συμβαίνει σε μια σειρά από σαφώς διακριτά επίπεδα, τα χωριστά επίπεδα θα πρέπει να μετρώνται μαζί με τις αντίστοιχες διάρκειες των διαφόρων επιπέδων. Η συνολική Α-σταθμισμένη έκθεση ήχου, $E_{A,T}$, θα πρέπει να υπολογίζεται με χρήση της παρακάτω εξίσωσης:

$$E_{A,T} = \sum_{i=1}^n p0^{2*} [Ti * 10^{0.1*LAeq,Ti}]$$

Όπου:

$L_{Aeq,Ti}$ είναι η ισοδύναμη συνεχής Α-σταθμισμένη στάθμη ηχητικής πίεσης, σε db(A), που συμβαίνει σε ένα χρονικό διάστημα Ti ,

n είναι ο συνολικός αριθμός των σαφώς διακριτών επιπέδων .

Η ισοδύναμη συνεχής Α-σταθμισμένη στάθμη ηχητικής πίεσης $L_{Aeq,T}$, σε db(A), θα πρέπει να υπολογίζεται από το $E_{A,T}$ ή με χρήση της παρακάτω εξίσωσης:

$$L_{Aeq,T} = 10 * \log\left[\frac{1}{T} * \sum_{i=1}^n (Ti * 10^{0.1*LAeq,Ti})\right]$$

Όπου:

$L_{Aeq,Ti}$ είναι η ισοδύναμη συνεχής Α-σταθμισμένη στάθμη ηχητικής πίεσης, σε db(A), που συμβαίνει σε ένα χρονικό διάστημα T_i ,

$$T = \sum_{i=1}^n T_i$$

Μέτρηση σε καθημερινή έκθεση στο θόρυβο με χρήση μεθόδων δειγματοληψίας και στατιστικών κατανομών

Μια προσέγγιση για το αποτέλεσμα της άμεσης μεθόδου με τη χρήση ενός αριθμού δειγμάτων που λαμβάνονται σε διαφορετικούς χρόνους εξαρτάται από τον αριθμό των ασυσχέτιστων δειγμάτων. Η διάρκεια της μέτρησης του δείγματος και του ρυθμού δειγματοληψίας πρέπει να επιλέγονται για να παρέχουν επαρκή ακρίβεια για την εκτίμηση της ισοδύναμης συνεχούς Α-σταθμισμένης στάθμης ηχητικής πίεσης.

Αφότου πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις ανάλογα την περίπτωση και το είδος του θορύβου που συναντάται γίνεται μια εκτίμηση των αποτελεσμάτων και μια πρόβλεψη των επιπτώσεων του θορύβου στα επίπεδα ακοής. Στην πρόβλεψη αυτή πιθανώς γίνεται χρήση στατιστικών κατανομών, πινάκων και εξισώσεων που προσφέρει το παρόν πρότυπο έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί μια ολοκληρωμένη εκτίμηση των διαταραχών και της πιθανής απώλειας ακοής.

2.4. Σύγκριση των προτύπων

Καθένα πρότυπο παρουσιάζει τη δική του δομή και εξειδικεύεται σε διαφορετικά σημεία σε σχέση με το άλλο, ωστόσο είναι εύλογο να παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες είτε ανά δύο, είτε όλα μαζί καθώς κοινό χαρακτηριστικό και των τριών προτύπων είναι η ακουστική και τα επίπεδα έκθεσης θορύβου σε χώρους εργασίας. Καταγραφή των ομοιοτήτων και των διαφορών των συγκεκριμένων προτύπων εμφανίζεται παρακάτω.

Ομοιότητες

- Βασίζονται σε έγγραφα-παραπομπές άλλων προτύπων τα οποία είναι απαραίτητα για την εφαρμογή τους.
- Παρουσιάζουν ένα θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο αναλύονται ορισμένες ορολογίες χρήσιμες για το χρήστη προκειμένου αρχικά να κατανοήσει τα χαρακτηριστικά του θορύβου και κατόπιν να γνωρίζει τα βασικά μεγέθη των μετρήσεων που υπολογίζει (L_E , $L_{EX,8h}$, L_{Aeq} , $L_{N,T}$, $L_{p,peak}$, $L_{p,A}$, L_{Fmax} , L_{Smax} , κλπ.). Πολλές από αυτές τις ορολογίες αποτυπώνονται και με μαθηματικές εξισώσεις, οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία υπολογισμών.
- Αναφέρονται στα όργανα μέτρησης του θορύβου, στα όργανα βαθμονόμησης αυτών για διακρίβωση των μετρήσεων και στις επικρατούσες καιρικές συνθήκες κατά τη λήψη των μετρήσεων.
- Περιγράφουν τη διαδικασία μέτρησης και τα χρονικά διαστήματα που επιλέχθηκαν ανάλογα το είδος του θορύβου (κυμαινόμενος, σταθερός, με διακυμάνσεις, κλπ.).
- Γίνεται αναφορά, σε κάποια πρότυπα εκτενέστερη (ISO 1996 & 11201) και σε άλλα όχι (ISO 1999), στην αβεβαιότητα των μετρήσεων και στους τρόπους απαλοιφής

της, είτε αυτή προκύπτει λόγω του χειρισμού του χρήστη, είτε εξαιτίας του ίδιου του οργάνου, είτε λόγω των καιρικών συνθηκών και των χαρακτηριστικών του χώρου που διεξάγεται η μέτρηση.

- Και στα τρία πρότυπα δίνονται πληροφορίες σχετικά με τις θέσεις τοποθέτησης των μικροφώνων.
- Το ISO 11201 και το ISO 1996 παραθέτουν πληροφορίες χρήσιμες για το χρήστη οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να καταγράφονται κατά τη διαδικασία λήψης των μετρήσεων.

Διαφορές

- Παρόλο που και τα τρία πρότυπα αναφέρονται στις θέσεις τοποθέτησης των μικροφώνων, υπάρχει διαφοροποίηση ως προς την περιγραφή αυτών των θέσεων. Έτσι στο ISO 1996 γίνεται διαχωρισμός των θέσεων ως προς το χώρο διεξαγωγής της μέτρησης, δηλαδή εάν είναι σε εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο. Τα άλλα δύο πρότυπα εστιάζουν στη θέση του χειριστή με το ISO 11201 να κάνει πιο λεπτομερή κατηγοριοποίηση ανάλογα με το αν ο χειριστής είναι παρών ή όχι, αν κάθεται ή παραμένει όρθιος.
- Το ISO 1996 εστιάζει στον καθορισμό των επιπέδων του περιβαλλοντικού θορύβου, το ISO 11201 στο θόρυβο που εκπέμπεται από τα μηχανήματα και τις συσκευές, ενώ το ISO 1999 στην επαγγελματική έκθεση θορύβου και την εκτίμηση της απομείωσης της ακοής.
- Το ISO 1996 και το ISO 1999 παρουσιάζουν ίδια δομή κατά την περιγραφή και μέτρηση της έκθεσης στο θόρυβο, καθώς τα βασικά μεγέθη τους είτε μετρώνται άμεσα, είτε προκύπτουν με αναγωγή με χρήση υπολογισμών, ή υπολογίζονται κατευθείαν. Αντίθετα, το ISO 11201 δεν ακολουθεί αυτή τη διαδικασία. Αυτό το Διεθνές Πρότυπο επιτρέπει τον προσδιορισμό της εκπομπής του επιπέδου ηχητικής πίεσης με ακρίβεια βαθμού 1 ή 2. Είναι στην ευχέρεια του χρήστη ποιο θα επιλέξει μεταξύ των δύο αυτών βαθμών ακρίβειας.
- Το ISO 1999 είναι το μοναδικό πρότυπο σε σχέση με τα υπόλοιπα που καθορίζει μεθόδους για την πρόβλεψη των επιπτώσεων του θορύβου, μεθόδους υπολογισμού της μετατόπισης των ορίων ακοής των πληθυσμών λόγω έκθεσης στο θόρυβο και κάνει εκτίμηση των διαταραχών ακοής ή προβλημάτων αναπηρίας. Παραθέτει κιάλας στατιστικούς όρους και δείκτες του NIPTS για άτομα διαφόρων ηλικιών.
- Το ISO 1999 και τα στατιστικά στοιχεία που αυτό διαθέτει δεν ισχύουν μεμονωμένα για ένα μόνο άτομο, καθώς δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί ακριβώς ποιες αλλαγές στην ακοή προκαλούνται από το θόρυβο και ποιες από άλλους παράγοντες. Γι αυτό είναι το μόνο πρότυπο στο οποίο γίνεται εκτίμηση θορύβου για έναν πληθυσμό και όχι για έναν ιδιώτη. Αυτή η ιδιαιτερότητα δεν ακολουθεί τα άλλα δύο πρότυπα.
- Σε αντίθεση με το ISO 1999, το ISO 1996 και το ISO 11201 αναφέρονται στη λειτουργία της πηγής και στις κατάλληλες θέσεις όπου μπορούν να γίνουν μετρήσεις. Παρουσιάζουν πληροφορίες τόσο για εξωτερικούς όσο και για εσωτερικούς χώρους που μας ενδιαφέρουν. Βέβαια και τα δύο αυτά πρότυπα παρουσιάζουν διαφορές κατά την περιγραφή αυτή καθώς το ISO 1996 εστιάζει σε περιπτώσεις κυρίως εξωτερικών συνθηκών λειτουργίας όπως στην οδική κυκλοφορία, στη σιδηροδρομική κυκλοφορία και στην εναέρια κυκλοφορία, ενώ

στο ISO 11201 περιλαμβάνονται περισσότερες πληροφορίες, όπως για σταθμούς εργασίας μέσα σε θαλαμίσκο, για σταθμούς εργασίας που είναι μερικώς ή ολικώς κλειστοί από την πηγή, ή, για σταθμούς εργασίας μέσα σε μερικό ή ολικό περίβλημα κλπ.

2.5. Απαραίτητες πληροφορίες για μελέτη θορύβου σε χώρους εργασίας

Η ανάγνωση των προτύπων είναι απαραίτητη προκειμένου να γίνει μια μελέτη θορύβου σε χώρους εργασίας. Προτού ξεκινήσει η διαδικασία των μετρήσεων, είναι χρήσιμο κάποιος να γνωρίζει τον τρόπο που πρόκειται να πραγματοποιήσει τη μέτρηση και για αυτό το λόγο πρέπει να βασιστεί σε συγκεκριμένα πρότυπα. Οι ακόλουθες πληροφορίες πρέπει να συγκεντρώνονται και να καταγράφονται και προσφέρουν στο χρήστη ένα υπόβαθρο για τη διεξαγωγή των μετρήσεων.

1) Πηγή υπό δοκιμή

Βασική πληροφορία για κάθε μελέτη θορύβου αποτελεί η ηχογόνος πηγή που παράγει το θόρυβο. Η περιγραφή της υπό-δοκιμή πηγής, περιλαμβάνει τα κάτωθι:

- α) τύπος,
- β) τεχνικά δεδομένα,
- γ) διαστάσεις.
- δ) κατασκευαστής,
- ε) αριθμός σειράς,
- στ) έτος κατασκευής.

Στη συνέχεια, σκόπιμη είναι η αναφορά στα χαρακτηριστικά του χώρου όπου θα γίνει η μελέτη και στις επικρατούσες συνθήκες κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων.

2) Συνθήκες δοκιμής

Περιγραφή των συνθηκών δοκιμής, περιλαμβάνει τα κάτωθι:

- α) ακριβή ποσοτική περιγραφή των συνθηκών λειτουργίας και των περιόδων λειτουργίας,
- β) όρους τοποθέτησης,
- γ) τη θέση της πηγής στο περιβάλλον δοκιμής,
- δ) εάν η πηγή έχει πολλαπλές πηγές θορύβου, μια περιγραφή των πηγών που βρίσκονται σε λειτουργία.

3) Ακουστικό περιβάλλον

Περιγραφή του περιβάλλοντος δοκιμής:

- α) εάν βρισκόμαστε σε εσωτερικούς χώρους, περιγραφή της φυσικής επεξεργασίας του τοίχου, της οροφής και του δαπέδου, σκαρίφημα που δείχνει τη θέση της πηγής και τα

περιεχόμενα του δωματίου, τις ακουστικές ιδιότητες του δωματίου, τη θερμοκρασία αέρα (°C) , την πίεση περιβάλλοντος (Pa), και τη σχετική υγρασία (%),

β) εάν βρισκόμαστε σε εξωτερικούς χώρους, σκαρίφημα που δείχνει τη θέση της πηγής σε σχέση με το έδαφος, συμπεριλαμβανομένων των κάτωθι :

- ✚ φυσική περιγραφή του περιβάλλοντος δοκιμών,
- ✚ περιγραφή των μετεωρολογικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία του αέρα σε °C, η πίεση περιβάλλοντος σε Pa και η σχετική υγρασία σε ποσοστό,
- ✚ ταχύτητα του ανέμου σε m/sec.

4) Όργανα

Σημαντική και απαραίτητη λεπτομέρεια είναι η περιγραφή των οργάνων μέτρησης που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή των εντάσεων θορύβου υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες και στους αντίστοιχους χώρους που επελέγησαν. Χωρίς αυτά δεν μπορεί να προσδιοριστούν τα επίπεδα θορύβου των ηχογόνων πηγών. Η περιγραφή των οργάνων, περιλαμβάνει τα κάτωθι:

- α) τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για μετρήσεις, συμπεριλαμβανομένου του ονόματος, του είδους, του αριθμού σειράς και του κατασκευαστή,
- β) τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για την επαλήθευση της βαθμονόμησης του συστήματος μέτρησης · την ημερομηνία, τον τόπο και το αποτέλεσμα της βαθμονόμησης,
- γ) τα χαρακτηριστικά του προστατευτικού καλύμματος (αν υπάρχουν).

5) Δεδομένα θορύβου

Περιγραφή των δεδομένων θορύβου:

- α) μέτρηση και, κατά περίπτωση, διόρθωση των επιπέδων ηχητικής πίεσης (L_{eqT} , L_E , L_{max}), σε A-σταθμισμένη κλίμακα (προαιρετικά C-σταθμισμένη) και, αν απαιτείται, η ίδια ποσότητα με άλλες σταθμίσεις συχνότητας ή / και ζώνες συχνοτήτων,
- β) το ποσοστιαίο επίπεδο υπέρβασης ($L_{N,T}$) συμπεριλαμβανομένης της βάσης επί της οποίας υπολογίζεται (ρυθμός δειγματοληψίας και άλλες παραμέτρους),
- γ) διευρυμένη αβεβαιότητα μέτρησης των αποτελεσμάτων, σε db(A), μαζί με το σχετικό συντελεστή κάλυψης και την πιθανότητα κάλυψης,
- δ) διόρθωση της A-σταθμισμένης στάθμης θορύβου βάθους και του θορύβου υποβάθρου, K_{1A} , σε κάθε σταθμό εργασίας, καθώς και, εφόσον απαιτείται, τα επίπεδα θορύβου υποβάθρου και διόρθωση, K_1 , σε ζώνες συχνοτήτων,
- ε) διόρθωση του A-σταθμισμένου περιβαλλοντικού θορύβου, K_{2A} ,
- στ) το μέρος, το χρόνο, την ημερομηνία κατά την οποία έγιναν οι μετρήσεις, και τον υπεύθυνο για τη δοκιμή,
- ζ) προαιρετικές πληροφορίες, όπως το υψηλότερο επίπεδο εκπομπής της ηχητικής πίεσης που μετράται σε μια μέτρηση ή οποιαδήποτε άλλα δεδομένα.

3. Μεθοδολογία

3.1. Μελέτη του ηχητικού περιβάλλοντος

Η μελέτη ενός ηχητικού περιβάλλοντος εργασίας έχει ως σκοπούς:

- i. την αξιολόγηση της επικινδυνότητας που παρουσιάζει το ηχητικό περιβάλλον για τους εργαζομένους,
- ii. τον εντοπισμό των ηχογόνων πηγών,
- iii. την ανάπτυξη μέτρων για τη μείωση της επικινδυνότητας που παρουσιάζει το ηχητικό περιβάλλον.

Για να μελετηθεί ένα ηχητικό περιβάλλον, πρέπει να γίνουν κατάλληλες μετρήσεις ώστε να προσδιορισθούν **[1]**:

- οι στάθμες θορύβου στις οποίες εκτίθενται οι εργαζόμενοι,
- οι χρόνοι έκθεσης στις αντίστοιχες στάθμες θορύβου,
- η σύσταση του φάσματος συχνοτήτων των ήχων στους οποίους εκτίθενται οι εργαζόμενοι.

Στη συγκεκριμένη διπλωματική γίνεται μελέτη σε τρία διαφορετικά ηχητικά περιβάλλοντα. Ωστόσο, τα βήματα που ακολουθήθηκαν σε κάθε περίπτωση παρέμειναν τα ίδια.

3.2. Βήμα 1^ο : Καταγραφή των στοιχείων του χώρου

Σκοπός των επισκέψεων ήταν η πλήρης αποτύπωση του κάθε εργαστηριακού χώρου και η καταγραφή των στοιχείων που είχε το καθένα. Το βασικότερο κομμάτι αφορά τον εξοπλισμό που διέθεταν, δηλαδή τα μηχανήματα (ενεργά και εκτός λειτουργίας), τους πάγκους εργασίας και τα υλικά χρήσης σε κάθε χώρο.

Για καλύτερη αποτύπωση του χώρου των μετρήσεων και γενικότερα της διάταξης και χωροθέτησης των μηχανημάτων στο χώρο δημιουργήθηκε ένα σκαρίφημα της κάτοψης ώστε να φαίνεται καθαρά σε ποια σημεία έγιναν οι μετρήσεις αλλά και ποια η συμβολή των διαφορετικών μηχανημάτων που λειτουργούν κάθε φορά στα επίπεδα θορύβου.

Καταγράφηκαν οι διαστάσεις του κάθε χώρου και το ύψος, το δάπεδο και η κατάσταση στην οποία βρισκόταν, η ύπαρξη παραθύρων και η δυνατότητα που αυτά παρείχαν για φυσικό φωτισμό και εξαερισμό των χώρων και η ύπαρξη κατάλληλης σήμανσης δίπλα από κάθε μηχανήμα ή διαχωριστικών ζωνών μπροστά από αυτά. Τέλος, καταγράφηκε η ύπαρξη, ή μη, εσωτερικών δωματίων ή θαλαμίσκων στο χώρο, η ύπαρξη διαδρόμων και τρόπου διαφυγής σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης και ρωτήθηκαν τα χρόνια λειτουργίας του καθενός όπως λειτουργούν με τη σημερινή τους μορφή.

Επιπλέον, μετρήθηκαν οι επικρατούσες θερμοκρασιακές συνθήκες, όπως όριζαν και τα πρότυπα μέτρησης του θορύβου. Η μέτρηση αυτή έγινε με ένα υγρόμετρο/θερμόμετρο, το οποίο διαθέτει κατάλληλους αισθητήρες, σε απόσταση 1,10m από το ύψος του δαπέδου. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε ήταν της εταιρείας Lutron. Φωτογραφία του συγκεκριμένου οργάνου φαίνεται στο παράρτημα Α

3.3. Βήμα 2^ο : Συνέντευξη με τον υπεύθυνο του χώρου

Σημαντική βοήθεια για την καταγραφή των στοιχείων του κάθε χώρου έδινε ο εκάστοτε υπεύθυνος. Σε κάθε επίσκεψη, λοιπόν, γινόταν συνέντευξη με τον υπεύθυνο του εργαστηρίου όπου καταγράφαμε σημαντικά στοιχεία του χώρου όπως τη συχνότητα χρήσης του κάθε μηχανήματος ημερησίως, ποιος τα χειρίζεται, τα χρόνια λειτουργίας τους, πληροφορίες για τη λειτουργία τους και τι εξυπηρετεί το καθένα, αν χρησιμοποιούνται αποκλειστικά στα πλαίσια της σχολής ή όχι και τελικώς την ονομασία τους και τα τυπικά χαρακτηριστικά τους (εταιρεία, μοντέλο, στροφές λειτουργίας, έτος κατασκευής, διαστάσεις κλπ). Επιπλέον, ρωτήθηκαν, τόσο ο υπεύθυνος όσο και το υπόλοιπο προσωπικό που υπάρχει σε κάθε χώρο, για το αν χρησιμοποιούν ατομικά μέσα προστασίας κατά τη χρήση των μηχανημάτων (γυαλιά, ωτοασπίδες, ωτοβύσματα, ειδική προστατευτική μάσκα, γάντια, ειδικό ρουχισμό κλπ.).

3.4. Βήμα 3^ο : Καθορισμός σεναρίων μέτρησης

Σε κάθε χώρο δημιουργήθηκαν σενάρια μέτρησης του θορύβου. Το πρώτο σενάριο αφορούσε τη μέτρηση της πιο θορυβώδους λειτουργίας των μηχανημάτων (δυσμενής συνθήκη λειτουργίας) και το δεύτερο σενάριο αφορούσε την πιο συνηθισμένη λειτουργία των μηχανημάτων (τυπική συνθήκη λειτουργίας). Τα δύο αυτά σενάρια προέκυψαν μετά από συνεννόηση με τον αντίστοιχο υπεύθυνο του κάθε εργαστηριακού χώρου προκειμένου να γίνει γνωστό ποια μηχανήματα χρησιμοποιούνται συνήθως. Προφανώς η δυσμενής συνθήκη προκύπτει όταν υπάρχει ταυτόχρονη λειτουργία όσο το δυνατό περισσότερων μηχανημάτων.

3.5. Βήμα 4^ο : Μετρήσεις

Όσον αφορά τη διαδικασία των μετρήσεων αρχικά μετρήθηκε η ισοδύναμη στάθμη ηχητικής πίεσης στις θέσεις των μηχανημάτων, όπως φαίνεται πως αυτά είναι διατεταγμένα στο χώρο μέσω της κάτοψης. Η μέτρηση αυτή έγινε με το ηχώμετρο (όργανο μέτρησης για το οποίο υπάρχει αναλυτική παρουσίαση στο παράρτημα Α) σε ύψος 1.60m από το πάτωμα και η διάρκεια της μέτρησης ήταν 90 sec. Ο λόγος που μετρήθηκε το επίπεδο ηχητικής πίεσης σε κάθε μηχάνημα ξεχωριστά ήταν για να διαπιστωθεί τι θόρυβο παράγει καθένα από αυτά μεμονωμένα, και για να υπάρχει μια πλήρης αποτύπωση του επιπέδου του θορύβου στην περίπτωση της ταυτόχρονης λειτουργίας των μηχανημάτων.

Κατόπιν, δημιουργήθηκε χάρτης θορύβου. Συγκεκριμένα, με τη βοήθεια του σκαριφήματος της κάτοψης, τμήθηκε αρχικά ο χώρος μελέτης σε ισομεγέθεις νοητές ζώνες και επιλέχθηκαν τα σημεία εκείνα στα οποία έγιναν οι μετρήσεις. Έπειτα, ελήφθησαν οι μετρήσεις ισοδύναμης στάθμης ηχητικής πίεσης στα σημεία αυτά. Η ισοδύναμη αυτή στάθμη θορύβου L_{eq} αποτελεί τη βάση για τη στάθμη αξιολόγησης του περιβαλλοντικού θορύβου. Οι μετρήσεις έγιναν σε ύψος 1,60m. από το έδαφος στο κέντρο κάθε περιοχής, σε σχήμα «σταυρού», δηλαδή κατευθύνοντας το ηχώμετρο προς «Βορρά, Δύση, Νότο και Ανατολή». Κατόπιν γινόταν καταγραφή της κάθε τιμής $L_{AF,Inst}$. Η $L_{AF,Inst}$ είναι η στιγμιαία τιμή ηχητικής πίεσης, σταθμισμένη στην Α κλίμακα και μετρημένη χρησιμοποιώντας την ταχεία (F) στάθμιση χρόνου, σε dB(A). Σε γειτονικά σημεία όπου η διαφορά ήταν μεγαλύτερη από 2-3 dB(A) γινόταν λήψη επιπλέον μέτρησης. Τελικώς τα σημεία της ίδιας ηχοστάθμης ενώνονταν και δημιουργήθηκαν οι ισοϋψείς του θορύβου, για τις οποίες υιοθετήθηκε

κατάλληλη χρωματική κωδικοποίηση για κάθε υποδιάστημα. Προφανώς, σε όσα περισσότερα σημεία τέμνεται ο χώρος, τόσες περισσότερες μετρήσεις γίνονται και τόσο πιο ακριβής θα είναι η χαρτογράφηση του θορύβου [13].

Στη συνέχεια, ένα δεύτερο μέτρο αποτύπωσης του θορύβου είναι η εκτίμηση του άμεσου θορύβου – Ανάλυση Φάσματος. Για την εκτίμηση του άμεσου θορύβου χρησιμοποιήθηκαν ηχώμετρα που επιτρέπουν τη μέτρηση των επιπέδων θορύβου και την ανάλυση ανά οκτάβα ή περιοχή συχνοτήτων. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για να πραγματοποιηθεί η εκτίμηση του άμεσου θορύβου είναι τα κάτωθι[13]:

1. Σε απόσταση 60 cm από την ηχητική πηγή ελήφθησαν μετρήσεις με το ηχώμετρο, και καταγράφηκαν οι τιμές $L_{AF,inst}$ (στιγμιαία ηχητική πίεση, σταθμισμένη στην A κλίμακα και μετρημένη χρησιμοποιώντας την ταχεία (F) στάθμιση χρόνου, σε dB(A)).
2. Πραγματοποιήθηκε μέτρηση για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (προσδιορίζεται από το ηχώμετρο - 17 sec) και καταγράφηκαν οι τιμές που δίνει η ανάλυση ανά οκτάβα ή περιοχή συχνοτήτων.

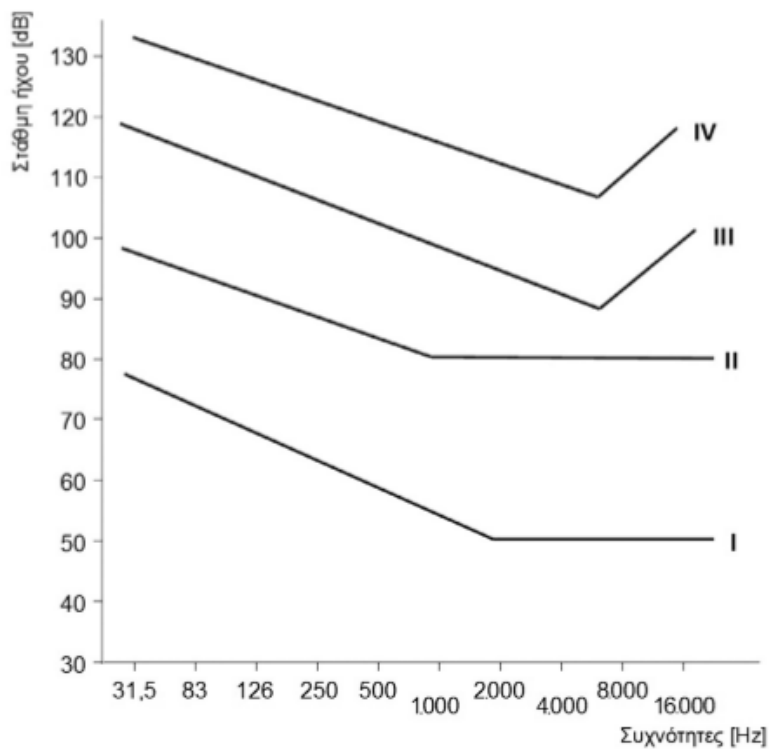
Τέλος, για την εκτίμηση των ατομικών δόσεων έκθεσης στο θόρυβο των εργαζομένων χρησιμοποιήθηκαν ηχοδοσίμετρα, τα οποία τοποθετούνται κατάλληλα στους εργαζόμενους προκειμένου να γίνει η μέτρηση. Το χρονικό διάστημα της μέτρησης συνήθως ήταν μιάμησι ώρα, όσο διαρκούσε δηλαδή η επίσκεψη μας στους χώρους εργασίας.

Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν το ηχώμετρο 2238 Mediator™ — Class 1 της εταιρείας Brüel & Kjaer και το ηχοδοσίμετρο 4436 της ίδιας εταιρείας Brüel & Kjaer. Η περιγραφή των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή των μετρήσεων δίνεται στο **Παράρτημα Α**.

3.6. Βήμα 5^ο : Επεξεργασία των μετρήσεων

Μετά τη συγκέντρωση των μετρούμενων τιμών και την παράθεσή τους σε πίνακες, έγινε επεξεργασία των μετρήσεων προκειμένου να διαπιστωθεί η σημαντικότητα του θορύβου στους χώρους εργασίας. Κατά την επεξεργασία των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν χρήσιμα εργαλεία (πίνακες, διαγράμματα), ώστε να οπτικοποιηθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Συγκεκριμένα, κατά την επεξεργασία των μετρήσεων για την εκτίμηση του άμεσου θορύβου χρησιμοποιήθηκε το διάγραμμα (Εικόνα 3.1) στο οποίο παρουσιάζονται συνοπτικά οι κίνδυνοι για την ακοή και οι επιπτώσεις στην εργασία τις οποίες έχουν διάφορες περιοχές ήχων (συνδυασμοί έντασης και συχνότητας). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το διάγραμμα αυτό ισχύει για συνεχείς και όχι για αυξομειούμενες στάθμες θορύβου [1].



Εικόνα 3.1: Κίνδυνοι για την ακοή και επιπτώσεις στην εργασία τις οποίες προξενούν διάφοροι ήχοι.

ΗΧΟΙ	ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΩΦΩΣΗΣ	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ
Κάτω από καμπύλη I	Κανένας	Καμία
Μεταξύ καμπύλης I και II	Η καμπύλη II είναι ένα όριο που δεν πρέπει να ξεπερνιεται	Η νοητική εργασία καθίσταται δυσχερής έως πολύ δυσχερής
Μεταξύ καμπύλης II και III	Πιθανότητα 0-100% για έκθεση 8 ωρών/ημέρα	Η χειρονακτική εργασία καθίσταται δυσχερής. Αδυναμία συγκέντρωσης και αυξημένη πιθανότητα λαθών.
Μεταξύ καμπύλης III και IV	Πιθανότητα 25-100% για συνεχή έκθεση 1 ώρας	Η οποιαδήποτε εργασία καθίσταται δυσχερής.
Πάνω από καμπύλη IV	Κίνδυνος ακόμη και για στιγμιαία έκθεση	Η οποιαδήποτε εργασία καθίσταται αδύνατη.

Πίνακας 3.1: Κίνδυνοι για την ακοή και επιπτώσεις στην εργασία τις οποίες προξενούν διάφοροι ήχοι.

Κατόπιν, για την εκτίμηση της επικινδυνότητας του ηχητικού περιβάλλοντος ενός εργασιακού χώρου στον οποίο οι εργαζόμενοι δεν βρίσκονται σε σταθερή θέση αλλά μετακινούνται συχνά, καταστρώνονται χάρτες θορύβου με τη βοήθεια του σκαριφήματος, στους οποίους καθορίζονται οι περιοχές με διαφορετικές στάθμες θορύβου.

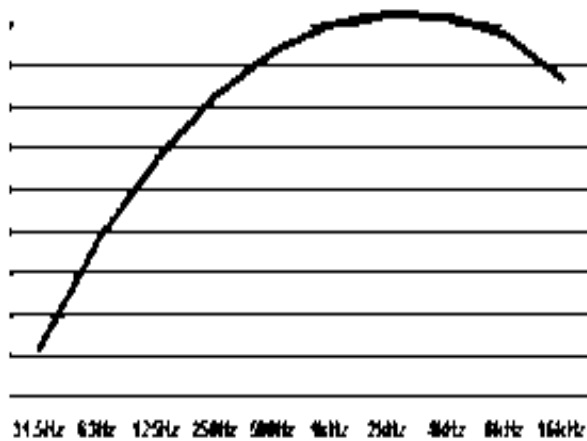
Τέλος, με τη χρήση του ηχοδοσιμέτρου, μετρήθηκε ο θόρυβος που δέχεται ο εργαζόμενος στο ωράριο της βάρδιας του (συνήθως 8 ώρες) ανάγοντάς το σε εκατοστιαία δόση της προκαθορισμένης επιτρεπτής οριακής τιμής για οκτάωρη έκθεση. Επίσης, το ηχοδοσίμετρο παρείχε τη δυνατότητα της ισοδύναμης δόσης για διαφορετικές ώρες εργασίας, γεγονός πολύ χρήσιμο κατά το σχολιασμό των αποτελεσμάτων, καθώς οι εργαζόμενοι σπάνια εκτίθενται στο θόρυβο σε όλη τη διάρκεια της βάρδιάς τους.

3.7. Βήμα 6^ο : Συμπεράσματα – Μέτρα μείωσης του θορύβου

Με βάση το προηγούμενο βήμα της επεξεργασίας των μετρήσεων, έγινε σύγκριση των τιμών με τα όρια που θεσπίζει η νομοθεσία και εξήχθησαν συμπεράσματα για κάθε εργαστηριακό χώρο. Ανάλογα με τα επίπεδα θορύβου κάθε φορά κρίθηκε σκόπιμη η άμεση, ή μη, λήψη μέτρων μείωσης του θορύβου. Μάλιστα σε ορισμένες περιπτώσεις μελετήθηκαν και προτάθηκαν μέτρα περαιτέρω απομείωσης του θορύβου.

3.8. Διεξαγωγή Μετρήσεων: –Διεθνές Πρότυπο που ακολουθήθηκε

Σε όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, ακολουθήθηκαν τα ίδια βήματα και έγιναν κάτω από τις ίδιες συνθήκες, έτσι ώστε να υπάρχει μία ομοιομορφία στα αποτελέσματα των μετρήσεων και να μπορούμε να εξαγάγουμε σωστά αποτελέσματα. Το πρότυπο το οποίο ακολουθήθηκε για τη διεξαγωγή των μετρήσεων ήταν το ISO 11201:2010(E). Σύμφωνα με αυτό, το μικρόφωνο θα πρέπει να τοποθετείται σε τέτοια απόσταση ανάλογα τη θέση του χειριστή. Σε κάθε περίπτωση οι μετρήσεις θα πρέπει να γίνονται πάντα σε μία απόσταση όχι μεγαλύτερη του 1m από την ηχογόνο πηγή και όχι σε μικρότερη απόσταση από 0.5m. Λόγου χάρη, το πρότυπο ISO 11201 ορίζει ότι σε μηχανήματα που ο χειριστής είναι παρών και έχει θέση καθημένη προς το μηχάνημα το όργανο θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση $0,80m \pm 0,5m$. Συνήθως η μέτρηση γινόταν στη θέση που βρίσκεται ο χειριστής, σε απόσταση περίπου 0,70m - 0,80m από το μηχάνημα. Το όργανο βρισκόταν σε όρθια θέση (το μικρόφωνο κοιτούσε προς τα πάνω) κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Το πρότυπο που ακολουθήθηκε όριζε ύψος $h = 1.55m$, η μέτρηση ωστόσο έγινε σε ύψος περίπου $h = 1,60m - 1,65m$ καθώς σε αυτό το ύψος είναι το επίπεδο των αυτιών του μέσου ανθρώπου, προκειμένου η μέτρηση να αποτυπώσει όσο το δυνατόν πιο πιστά τον ήχο. Κατά την παρουσία μας στους εργαστηριακούς χώρους σε πολλές θέσεις η μέτρηση επαναλαμβανόταν και δεύτερη φορά ώστε να μεγαλώσει η αξιοπιστία των μετρήσεών μας. Οι περισσότερες μετρήσεις θορύβου πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας «Α» στάθμιση συχνότητας και τα αποτελέσματα εκφράζονται σε dB(A). Υπενθυμίζεται ότι όταν η μέτρηση είναι σταθμισμένη στην «Α» κλίμακα, το μετρητικό όργανο ανταποκρίνεται με τρόπο όμοιο με το ανθρώπινο αυτί «κωφεύοντας» στις χαμηλές και πολύ υψηλές συχνότητες. Στη γραφική απεικόνιση (Εικόνα 3.2) φαίνεται πώς το «Α» σταθμισμένο φίλτρο αφαιρεί πολλές από τις χαμηλές και μερικές από τις υψηλές συχνότητες.



Εικόνα 3.2 - Μέτρηση σταθμισμένη στην κλίμακα A

Ακόμα, για τον ίδιο λόγο, επιλέχθηκε και η ρύθμιση “Fast” στο ηχόμετρο, αφού γίνεται πιο γρήγορα ο υπολογισμός των εισερχόμενων σημάτων θορύβου όπως είναι επιθυμητό και στην περίπτωση που εξετάζουμε.

Αναλυτικά ο τρόπος που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις στους τρεις εργαστηριακούς χώρους αντίστοιχα και η υπάρχουσα χωροθέτηση των μηχανημάτων και της κτιριακής υποδομής κάθε χώρου θα αναλυθεί λεπτομερώς στη συνέχεια.

4. 1^{ος} Εργαστηριακός Χώρος - Θωμαΐδειο ίδρυμα



Εικόνα 4.1 – Θωμαΐδειο ίδρυμα



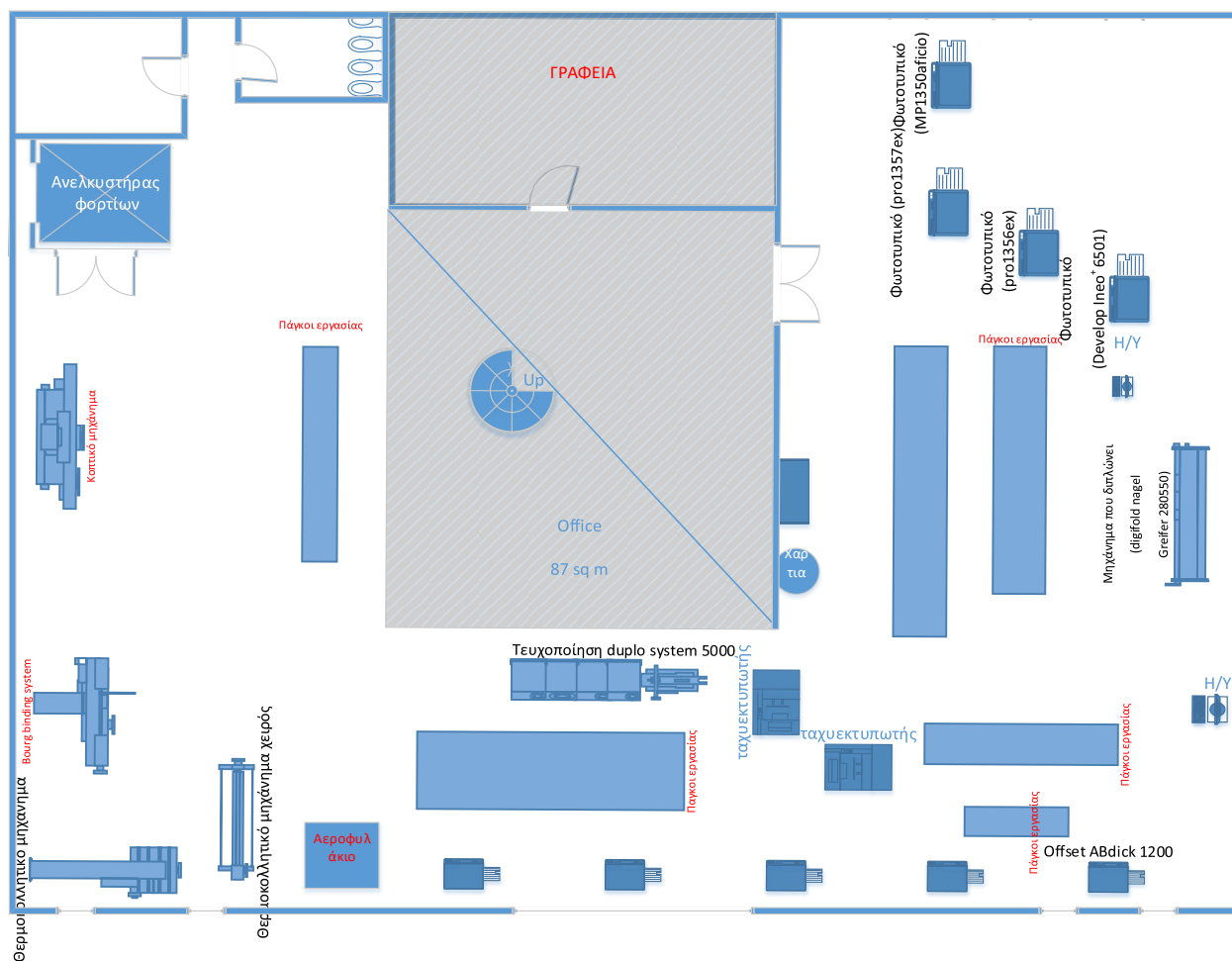
Εικόνα 4.2 – Θωμαΐδειο ίδρυμα

Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ) είναι το πιο παλιό και πιο φημισμένο εκπαιδευτικό ίδρυμα της Ελλάδας στον τομέα της τεχνολογίας και έχει συνεισφέρει τα μέγιστα στην επιστημονική, τεχνική και οικονομική ανάπτυξη της χώρας από την ίδρυση του το 1836. Οι λειτουργίες του Ιδρύματος εξυπηρετούνται από εξοπλισμένες κτιριακές εγκαταστάσεις στο ιστορικό συγκρότημα στην Πατησίων και στο συγκρότημα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Οι περισσότερες δραστηριότητες του ιδρύματος λαμβάνουν χώρα στην Πολυτεχνειούπολη, μία έκταση πολλών στρεμμάτων στους βορειοδυτικούς πρόποδες του Υμηττού. Εκεί στεγάζονται οι οκτώ από τις εννέα Σχολές του Πολυτεχνείου και εκεί εδρεύει η Διοίκηση[20]. Στο χώρο αυτό βρίσκεται και το **Θωμαΐδειο Ίδρυμα**, που φαίνεται στις εικόνες 4.1 και 4.2. Πρόκειται για ένα διώροφο κτίριο το οποίο στο ισόγειό του φιλοξενεί τη Φοιτητική Μέριμνα του ΕΜΠ και στον 1^ο όροφο την Εκτυπωτική Μονάδα του Ε.Μ.Π. Αυτοί οι δύο χώροι είναι εκείνοι που θα μας απασχολήσουν και για τους οποίους θα γίνει περαιτέρω ανάλυση.

4.1. Εκτυπωτική μονάδα Ε.Μ.Π. (1^{ος} όροφος)

Πρόκειται για μια μονάδα εξοπλισμένη με μηχανήματα, στην οποία αναπαράγονται διδακτικές σημειώσεις και κάθε άλλο έντυπο που έχει ανάγκη το Ίδρυμα.

Στην εικόνα 4.3 φαίνεται η κάτοψη του 1^{ου} ορόφου προκειμένου να γίνει απεικόνιση του χώρου εργασίας και μια ακριβής αναπαράσταση της χωροθέτησης των μηχανημάτων στο χώρο. Με αυτόν τον τρόπο παρουσιάζονται οι θέσεις εργασίας ώστε να γίνεται σαφές κάθε φορά σε ποιο σημείο έγινε η μέτρηση.



Εικόνα 4.3 – Κάτοψη της Εκτυπωτικής

4.1.1 Μηχανήματα

Στο χώρο εργασίας των εργαζομένων και κατόπιν επικοινωνίας με αυτούς έγινε καταγραφή των μηχανημάτων που υπήρχαν. Αναλυτικά παρατηρήσαμε τα εξής:

- 3 φωτοτυπικά ασπρόμαυρα
- 1 φωτοτυπικό έγχρωμο
- 2 φωτοτυπικά ταχείας εκτύπωσης
- 1 μηχανήματα που διπλώνει χαρτί
- 1 μηχανήματα σύνθεσης βιβλίων (duplo system)
- 5 offset

- 1 αεροφυλάκιο
- 3 θερμοκολλητικά
- 1 κοπτικό

Στον Πίνακα 4.1 περιλαμβάνονται συγκεντρωτικά τα μηχανήματα του χώρου μαζί με τα χρόνια λειτουργίας του καθενός ξεχωριστά και την ημερήσια διάρκεια λειτουργίας τους.

Μηχανήματα	Έτη Λειτουργίας	Διάρκεια Λειτουργίας σε 1 μέρα (σε ώρες)
Φωτοτυπικά	12	8-12
Ταχυεκτυπωτικά	3	7
Κοπτικό μηχάνημα	10	1
Duplo	15	Εξαρτάται από τις ανάγκες
Offset	20 τα πρώτα τρία 12 τα άλλα δύο	
Θερμοκολλητικό	20	8-12

Πίνακας 4.1 – Συχνότητα χρήσης μηχανημάτων

Στο **Παράρτημα Β** γίνεται μια περιγραφή των πηγών στις οποίες έγινε καταγραφή θορύβου.

4.1.2. Χρήση των μηχανημάτων

Δεν λειτουργούν ποτέ όλα μαζί είτε διότι δεν είναι αναγκαίο, είτε λόγω συχνών βλαβών, είτε λόγω έλλειψης ανθρώπινου δυναμικού. Λόγου χάρη, την ημέρα που επισκεφθήκαμε το χώρο και έγινε η καταγραφή των μηχανημάτων παρατηρήθηκε ότι από τα 5 offset λειτουργούσε μόνο το ένα και από τα φωτοτυπικά (ασπρόμαυρα, έγχρωμο) δε λειτουργούσαν και τα τέσσερα ταυτόχρονα. Πιο συγκεκριμένα, ο πρώτος εργαζόμενος χειριζόταν αποκλειστικά το ταχυεκτυπωτικό, ο δεύτερος το θερμοκολλητικό και ο τρίτος εναλλασσόταν από μία θέση εργασίας σε μία άλλη χειριζόμενος το Duplo, είτε το κοπτικό, ή το offset, ή κάποιο ταχυεκτυπωτικό. Σύμφωνα με τον υπεύθυνο της Μονάδας, οι περίοδοι με το μεγαλύτερο εργασιακό φόρτο είναι στην αρχή του ακαδημαϊκού έτους (Σεπτέμβριος, Οκτώβριος) όπου γίνεται η παραγωγή συγγραμμάτων για τις σχολές του Ε.Μ.Π. Ίδιος φόρτος εργασίας υπάρχει και κατά την αρχή του θερινού εξαμήνου (Φεβρουάριος, Μάρτιος) αντίστοιχα. Μάλιστα πέραν από την παραγωγή συγγραμμάτων, υπάρχουν πολλοί φοιτητές που τυπώνουν τις διπλωματικές τους εργασίες ή άλλες εργασίες για τα αντίστοιχα μαθήματα στο τέλος των εξαμήνων τους (Ιανουάριος, Ιούνιος).

4.1.3. Συνέντευξη

Κατά την παρουσία μας στο *Θωμαΐδειο* συνομιλήσαμε με τους εργαζομένους προκειμένου να συγκεντρώσουμε όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες για το χώρο εργασίας τους και να καταγράψουμε τυχόν προβλήματα. Πήραμε, λοιπόν, συνέντευξη από τους 3 εργαζομένους που υπάρχουν στην εκτυπωτική μονάδα.

Α. Ο πρώτος εργαζόμενος είναι ο υπεύθυνος με τον οποίο συνομιλούσαμε προκειμένου να επισκεπτόμαστε το χώρο του ιδρύματος. Πρόκειται για τον πιο παλιό εργαζόμενο στο χώρο καθώς βρίσκεται εκεί για 27 χρόνια, συνεπώς έχει τη μεγαλύτερη εμπειρία από τον καθένα. Κατά την παρουσία μας στο χώρο τον είδαμε να χειρίζεται το θερμοκολλητικό χειρός, το

μηχάνημα τευχοποίησης duplo system 5000, τα ταχυεκτυπωτικά, τα φωτοτυπικά, το κοπτικό. Επί της ουσίας έχει την ευχέρεια να χειρίζεται κάθε μηχάνημα στο χώρο και κατανέμει τις δραστηριότητές του ανάλογα με τον καθημερινό φόρτο δουλειάς που υπάρχει. Εργάζεται κατά μέσο όρο 12 ώρες περίπου κάθε μέρα οπότε εκτίθεται συνέχεια στο θόρυβο των μηχανημάτων σε βαθμό που η ακοή του να αρχίζει να αποκτά πρόβλημα. Παρόλα αυτά διαπιστώσαμε ότι δεν είναι μόνο ο θόρυβος που τον ενοχλούσε.

Αρχικά η θερμοκρασία σε συνδυασμό με την υγρασία στο χώρο είναι δύο παράγοντες που δυσχεραίνουν την εργασία τους καθώς κατά τους καλοκαιρινούς μήνες επικρατεί πολύ ζέστη, ενώ αντίθετα τους χειμερινούς πολύ κρύο. Βέβαια γίνεται χρήση του κλιματιστικού, ωστόσο πολλές φορές αυτό υπολειτουργεί με συνέπεια να μην βελτιώνεται η κατάσταση.

Επίσης, ο εξερισμός είναι ένα σημαντικό πρόβλημα καθώς τα φίλτρα που υπάρχουν προκειμένου να τραβούν τις οσμές από τα μηχανήματα θέλουν αλλαγή ανά τακτά χρονικά διαστήματα κάτι το οποίο είναι απαιτητικό και απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα ώστε να γίνεται από τους ίδιους. Κατά την παρουσία μας μάλιστα στο χώρο πολλές φορές, ειδικά προς τους καλοκαιρινούς μήνες ήταν έντονο το αίσθημα της οσμής, λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών και της μη καλής χρήσης πολλές φορές του εξερισμού, σε σημείο που οι συνθήκες εργασίας να είναι δύσκολες.

Επίσης, το πάτωμα δεν είναι βιομηχανικό και είναι ακατάλληλο για τις εργασίες τους. Σε πολλά σημεία παρουσίαζε φθορές (εικόνες 4.8) αφού αρκετά πλακάκια έχουν σπάσει και ελλοχεύει ο κίνδυνος τραυματισμού των εργαζομένων κατά τη μεταφορά αντικειμένων ή απλής μετακίνησης από κάποια θέση εργασίας σε κάποια άλλη.

Τέλος, ο φωτισμός που υπάρχει στο χώρο δεν είναι ο καλύτερος καθώς το κίτρινο φως των λαμπτήρων περισσότερο κουράζει παρά βοηθάει, οπότε χρειάζεται βελτίωση της ποιότητάς του. Ακόμη και τους καλοκαιρινούς μήνες που περισσότερο φως διαχέεται στο χώρο είναι απαραίτητη η ύπαρξη εσωτερικού φωτισμού για τις δραστηριότητες των εργαζομένων.

Β. Ο δεύτερος εργαζόμενος εργάζεται 14 χρόνια στο Θωμαΐδειο και τα τελευταία 2 χρόνια χειρίζεται κυρίως το εκτυπωτικό offset και το θερμοκολλητικό, μηχανήματα που λειτουργούν καθημερινά και χρειάζονται κάποιον ειδικό χειριστή. Ωστόσο ανάλογα με τις εργασίες του καταπιάνεται και με άλλα μηχανήματα όπως το κοπτικό, το μηχάνημα που διπλώνει χαρτί ή και τα φωτοτυπικά. Κατά την παρουσία μας στο χώρο ο συγκεκριμένος εργαζόμενος χειριζόταν το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα το θερμοκολλητικό μηχάνημα. Πρόκειται για ένα μηχάνημα το οποίο παράγει θόρυβο (επίπεδο θορύβου, Πίνακας 4.4). Πέραν του θορύβου το συγκεκριμένο μηχάνημα καθώς λειτουργεί παράγει ατμούς κόλλας. Πάνω από το μηχάνημα υπάρχει προσαρμοσμένος ένας σωλήνας ο οποίος διαθέτει ειδικά φίλτρα για να απορροφά τους ατμούς. Προτού ξεκινήσει η λειτουργία του θερμοκολλητικού, ο εργαζόμενος μας ενημέρωσε πως καθαρίζει κάθε μέρα μόνος του τα φίλτρα χειροκίνητα ώστε να καθαριστούν και να είναι σε θέση να εργαστεί μη εισπνέοντας τους ατμούς κόλλας. Εργάζεται 12 ώρες περίπου κάθε μέρα. Κατά τη διάρκεια της συζήτησης μας ενημέρωσε πως λόγω της καθημερινής του ενασχόλησης στο συγκεκριμένο μηχάνημα, ανέπτυξε σταδιακά προβλήματα τόσο στην ακοή όσο και στην οσμή του.

Γ. Ο τρίτος εργαζόμενος δουλεύει 11 χρόνια στο Θωμαΐδειο. Εργάζεται 8 ώρες κάθε μέρα. Στην ουσία ασχολείται με βοηθητικές δραστηριότητες καθώς δεν έχει την εμπειρία των δύο προηγούμενων. Τον περισσότερο χρόνο της βάρδιάς του χειρίζεται τα ταχυεκτυπωτικά τα οποία δίνουν την αίσθηση του περισσότερου θορύβου στο χώρο. Μας ενημέρωσε πως η

καθημερινή του ενασχόληση στα ταχυεκτυπωτικά τον κουράζει τόσο σωματικά όσο και ψυχολογικά, πολλές φορές ακόμα και όταν τελειώνει το ωράριό του. Λόγω της έκθεσης στο δυνατό θόρυβο πολλές φορές δεν ακούει καλά και συχνά δυσκολεύεται στην επικοινωνία με τους συναδέλφους του. Επιπρόσθετα, η πούδρα και η μυρωδιά από την κόλλα που παρήγαγε το θερμοκολλητικό μηχάνημα, ήταν δύο παράμετροι που τον ενοχλούσαν αρκετά.

Παρατηρήθηκε και από τους 3 εργαζόμενους ότι, λόγω της καθημερινής τους έκθεσης στο θόρυβο, σε άλλες δραστηριότητες τους προτιμούν χαμηλή ένταση ήχων. Ακόμα μας είπαν ότι μετά από εύλογη αποχή από τη δουλειά τους, όπως οι διακοπές του καλοκαιριού, όταν επιστρέφουν στο χώρο εργασίας τους τόσο η ακοή όσο και η όσφρησή τους είναι αισθητά βελτιωμένες δείγμα του πόσο τους φθείρει η καθημερινή τους δραστηριότητα. Τέλος έγιναν αναφορές σε πρώην συναδέλφους τους οι οποίοι εγκατέλειψαν τη συγκεκριμένη δουλειά λόγω προβλημάτων υγείας.

4.1.4. Μετρήσεις- Εκτυπωτική μονάδα Ε.Μ.Π.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την Παρασκευή 11/03/2016 και την Παρασκευή 18/03/2016. Πριν τη διεξαγωγή των μετρήσεων θορύβου, μετρήθηκε επίσης η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία σε χαρακτηριστικές θέσεις εργασίας των εργαζομένων. Η μέτρηση αυτή έγινε με ένα υγρόμετρο/θερμόμετρο σε απόσταση 1,10m από το ύψος του δαπέδου, την Παρασκευή 11/03/2016 στις 13:40. Οι μετρήσεις παραθέτονται στον Πίνακα 4.3.

Θέση	Θ(°C)	Σχετική υγρασία (%)
1: φωτοτυπικό (άχρωμο -pro1357ex)	20,9	37,4
2: φωτοτυπικό (έγχρωμο-Develop Ineo+ 6501)	20,7	38,7
3: ταχυεκτυπωτής (Riso RZ 200ep)	20	42
4: Τευχοποίηση (duplo system 5000)	20	41,8
5: θερμοκολλητικό μηχάνημα	19,5	42,2

Πίνακας 4.3 – Θερμοκρασία/Υγρασία στην Εκτυπωτική Μονάδα

Προκειμένου να διαπιστωθεί η διαφορά στις θερμοκρασιακές συνθήκες στο χώρο καθώς πλησίαζε η εαρινή περίοδος, πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στην Εκτυπωτική Μονάδα την Πέμπτη 16/06/2016. Η μέτρηση αυτή έγινε με ένα υγρόμετρο/θερμόμετρο σε απόσταση 1,10m από το ύψος του δαπέδου, στις 13:00. Οι μετρήσεις παραθέτονται στον Πίνακα 4.4.

Θέση	Θ(°C)	Σχετική υγρασία (%)
1: φωτοτυπικό (άχρωμο -pro1357ex)	25,1	37,8
2: ταχυεκτυπωτής (δίπλα στο duplo)	24,2	40,5
3: ταχυεκτυπωτής (Riso RZ 200ep) (εργαζόμενος 'στέκεται' στην αριστερή πλευρά)	23,8	41,2

4: Τευχοποίηση (duplo system 5000)	24,5	39,9
5: offset	24,9	39,4
6: θερμοκολλητικό μηχάνημα	25	39,1

Πίνακας 4.4 – Θερμοκρασία/Υγρασία στην Εκτυπωτική Μονάδα

Σημείωση: Κατά την μέτρηση των θερμοκρασιακών συνθηκών στη δεύτερη περίπτωση, λειτουργούσε στο χώρο κλιματιστική μονάδα

4.1.4.1. Μέτρηση Θορύβου σε θέσεις εργασίας

Στον Πίνακα 4.5 φαίνονται τα αποτελέσματα όπως αποτυπώθηκαν στο όργανο μέτρησης.

A/A	Θέση εργασίας	L_{Aeq} dB(A)	$L_{A Fmax}$ dB(A)	$L_{A Fmin}$ dB(A)	$L_{C peak}$ dB(A)
1	Φωτοτυπικό (pro1357ex)	69,3	73,0	67,0	91,6
2	Ταχυεκτυπωτικό (Riso RZ 200ep)	72,5	83,9	63,7	103,6
3	Τευχοποίηση duplo system 5000	76,1	88,9	65,8	110
4	Offset ABdick 1200	74,6	89,5	61,6	107,9
5	Αεροφυλάκιο	81,3	83,4	77,5	98,1
6	Μηχάνημα που διπλώνει (digifold nagel Greifer 280550)	78,6	85,4	63,0	107,1
7α	Θερμοκολλητικό μηχάνημα σε λειτουργία	77,9	91,6	67,8	111,1
7β	Θερμοκολλητικό μηχάνημα στο ρελαντί	68,8	77,2	65,6	91,5
8	Κοπτικό μηχάνημα (perfecta schneid system)	71,3	92,0	60,6	112,7

Πίνακας 4.5 – Μετρήσεις ημερήσιας ηχοέκθεσης σε θέσεις εργασίας στην Εκτυπωτική Μονάδα

Από τις μετρήσεις θορύβου που έγιναν στις μεμονωμένες θέσεις εργασίας (Πίνακας 4.5) διαπιστώθηκε ότι τα επίπεδα θορύβου για ημερήσια ηχοέκθεση κυμαίνονταν μεταξύ 69,3 db(A) (ελάχιστη τιμή) και 78,6 db(A) (μέγιστη τιμή). Εξαίρεση αποτελεί το αεροφυλάκιο για το οποίο καταγράφηκαν επίπεδα ημερήσιας ηχοέκθεσης 81,3 db(A), ωστόσο είναι ένα μηχάνημα που σπάνια λειτουργεί καθημερινά. Συνεπώς το εύρος των τιμών στις θέσεις εργασίας βρίσκεται εντός των ορίων που επιβάλλει η νομοθεσία, καθώς η μέγιστη τιμή που παρατηρήθηκε είναι μικρότερη από την κατώτερη τιμή ανάληψης δράσης η οποία για ημερήσια έκθεση ανέρχεται στα $L_{eq,8h} = 80$ dB(A).

4.1.4.2. Ανάλυση στάθμης θορύβου ανά οκτάβα συχνοτήτων

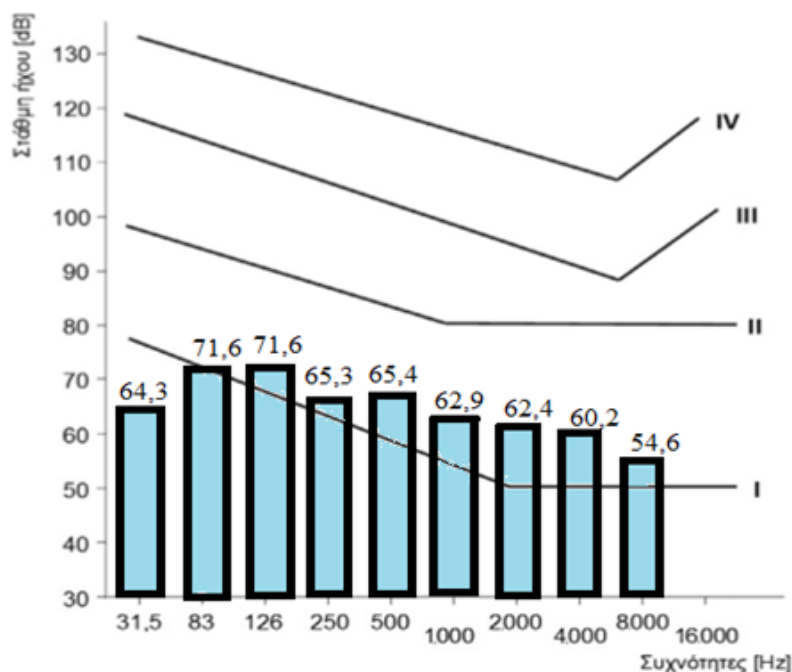
Στις θέσεις εργασίας των μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται συνήθως τις περισσότερες φορές κατά τη διάρκεια της ημέρας και είναι από τα πιο θορυβώδη, πραγματοποιήθηκε

ανάλυση της στάθμης θορύβου ανά οκτάβα συχνοτήτων. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6.:

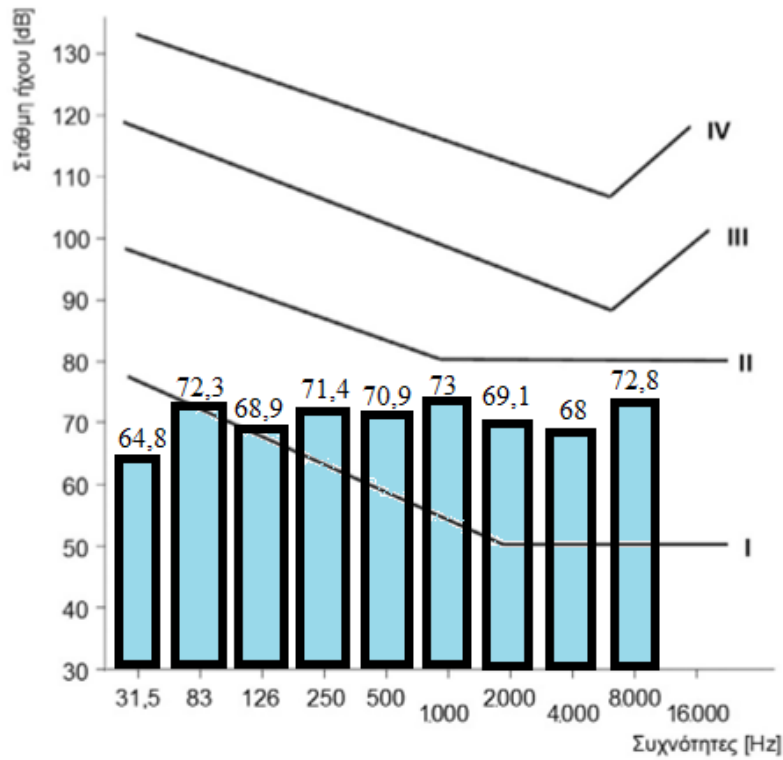
Μηχάνημα/Συσκευή	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz	Παρατηρήσεις
Θερμοκολλητικό	64,3	71,6	71,6	65,3	65,4	62,9	62,4	60,2	54,6	
Τευχοποίηση duplo system 5000	64,8	72,3	68,9	71,4	70,9	73,0	69,1	68,0	72,8	
Ταχεκτυπωτικό (Riso RZ 200ep)	64,8	70,8	68,9	69,7	72,5	67,6	67,2	65,9	64,2	Με λειτουργία του θερμοκολλητικού και του offset

Πίνακας 4.6 – Ανάλυση στάθμης θορύβου ανά οκτάβα συχνοτήτων σε μηχανήματα της Εκτυπωτικής Μονάδας

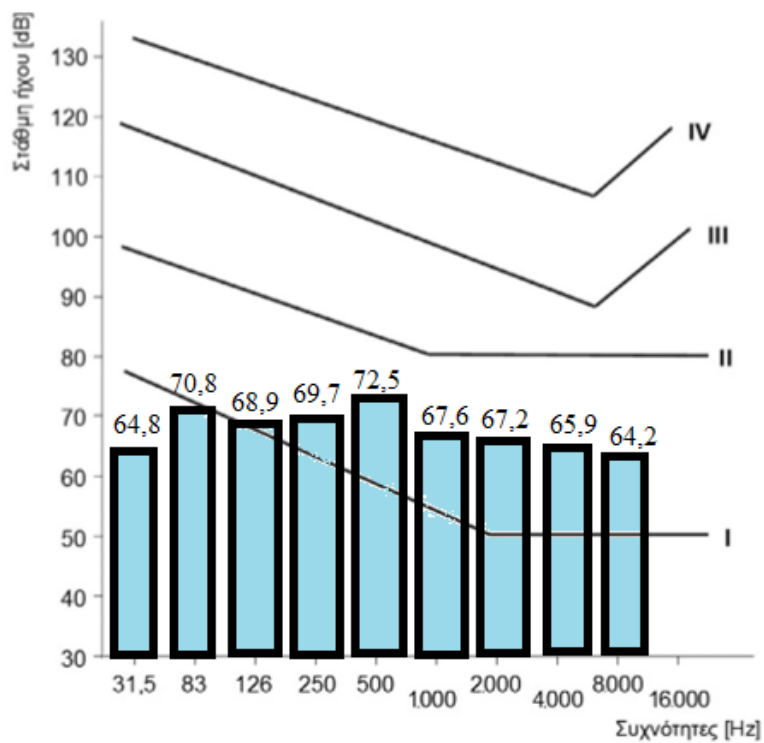
Στη συνέχεια τα διαγράμματα που προέκυψαν από την ανάλυση της στάθμης θορύβου ανά οκτάβα συχνοτήτων, τοποθετήθηκαν στο διάγραμμα για την εκτίμηση των ενδεχόμενων κινδύνων για την ακοή των εργαζομένων και των επιπτώσεων που αυτοί προξενούν στην εργασία (εικόνες 4.4 , 4.5 και 4.6).



Εικόνα 4.4 – Εκτίμηση των επιπτώσεων του θορύβου στην ακοή και την εργασία στο Θερμοκολλητικό



Εικόνα 4.5 – Εκτίμηση των επιπτώσεων του θορύβου στην ακοή και την εργασία στο duplex system 5000



Εικόνα 4.6 – Εκτίμηση των επιπτώσεων του θορύβου στην ακοή και την εργασία στο Ταχυεκτυπωτικό

Από την ανάλυση της στάθμης θορύβου ανά οκτάβα συχνοτήτων που πραγματοποιήθηκε για το θόρυβο που παράγεται από το θερμοκολλητικό μηχάνημα, το ταχυεκτυπωτικό και το μηχάνημα τευχοποίησης duplo (Πίνακας 4.6 και Εικόνες 4.4 - 4.6) παρατηρείται σχετικά ομοιόμορφη κατανομή του θορύβου στις επιμέρους περιοχές συχνοτήτων. Σε ορισμένα μηχανήματα όπως στο θερμοκολλητικό και στο ταχυεκτυπωτικό προκύπτει ότι σε χαμηλές συχνότητες ο ήχος ήταν μεγαλύτερης έντασης, ενώ στις περιοχές μέγιστης ευαισθησίας του ανθρώπινου αυτιού (μεταξύ 3000 – 4000 Hz) ο ήχος κυμαινόταν σε χαμηλότερα επίπεδα. Τέλος, παρατηρούμε πως και στα τρία μηχανήματα, η στάθμη του ήχου στις διάφορες συχνότητες κυμαίνεται μεταξύ της καμπύλης I και II (Εικόνες 4.4 – 4.6). Συνεπώς, οι εργαζόμενοι δεν διατρέχουν άμεσα κάποιον κίνδυνο απώλειας ακοής ή δυσχέρασης της εργασίας τους εξαιτίας των επιπέδων θορύβου. Υπενθυμίζεται ότι η καμπύλη II είναι ένα όριο που δεν πρέπει να ξεπερνιέται και σε περίπτωση που αυτό συμβεί η νοητική εργασία καθίσταται δυσχερής έως πολύ δυσχερής.

4.1.4.3. Μετρήσεις για αποτύπωση Χάρτη Θορύβου

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με τη χρήση του ηχομέτρου προκειμένου να αποτυπώσουμε τις εντάσεις σε χάρτη θορύβου. Τα μηχανήματα που ήταν σε λειτουργία ήταν το θερμοκολλητικό, δύο φωτοτυπικά, ένα ταχυεκτυπωτικό, ένα offset και το μηχάνημα για την τευχοποίηση (duplo system 5000). Η περίπτωση αυτή, με τα συγκεκριμένα μηχανήματα σε λειτουργία, αποτελεί ένα **τυπικό σενάριο** λειτουργίας σύμφωνα με τον υπεύθυνο του χώρου. Σημειώνεται δε πως στο χώρο της Εκτυπωτικής Μονάδας ελήφθησαν μετρήσεις για χάρτη θορύβου μόνο για αυτήν την περίπτωση (τυπικό σενάριο), διότι όπως προαναφέρθηκε (παράγραφος 4.1.2) δε λειτουργούν ποτέ όλα τα μηχανήματα μαζί και δεν κρίθηκε αναγκαία η δημιουργία και η μέτρηση ενός δυσμενούς σεναρίου.

Στον Πίνακα 4.7 παρουσιάζονται οι μετρήσεις που καταγράφηκαν για την αποτύπωση του χάρτη θορύβου. Για τις περιπτώσεις που δεν υπήρχε καμία μέτρηση, καθώς τα σημεία αυτά καλύπτονταν από τοίχους ή άλλα αντικείμενα υιοθετήθηκε το σύμβολο του αστερίσκου (*).

												παράθυρα								
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	63,2	64	63	66	64,4	62,4	63,3	T	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	64,5	65,6	66	66,7	68,6	64	64,3	Π	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	65,7	65,6	66	69	68,6	64	64,1		
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	68,9	69,5	69	68,4	67	66	66,3		
62,8	61,9	58,6	59,2	*	*	*	*	*	*	*	*	68,5	69,5	69	68,9	67	66	64,5		
62,8	61,9	58,6	59,2	*	*	*	*	*	*	*	*	66,4	67	67	66	66	64	64		
60	61,7	63	61,6	*	*	*	*	*	*	*	*	65,8	67	67	65,6	66	64	63,5		
60	61,7	63	61,6	*	*	*	*	*	*	*	*	70,4	71,5	70,6	67,4	71,3	64	64,3		
62,1	61,7	63	59,3	62,6	62,6	62,8	61,9	63	61,2	59	71	71,3	71,5	70,6	68,7	71,3	64	64,3	T	
62,1	61,7	63	59,3	63	63	62,3	62,7	61,8	60,3	59,7	67	66,9	67,5	68,7	68,2	66,8	65,2	64		
69	70	69	66,3	63	63	61,8	62,7	61,8	59	59,7	67	66,5	67,5	68,7	67,8	66,8	65,2	63,8		
69	70	69	66,3	66	65,6	64	63,2	61	60,5	58	*	64	63,3	63,9	62	62,8	62	62,4		
παράθυρα				τζαμαρία								παράθυρα								

Πίνακας 4.7 – Μετρήσεις για τη δημιουργία χάρτη θορύβου στην Εκτυπωτική Μονάδα
[T: Τοίχος, Π : Παράθυρα]

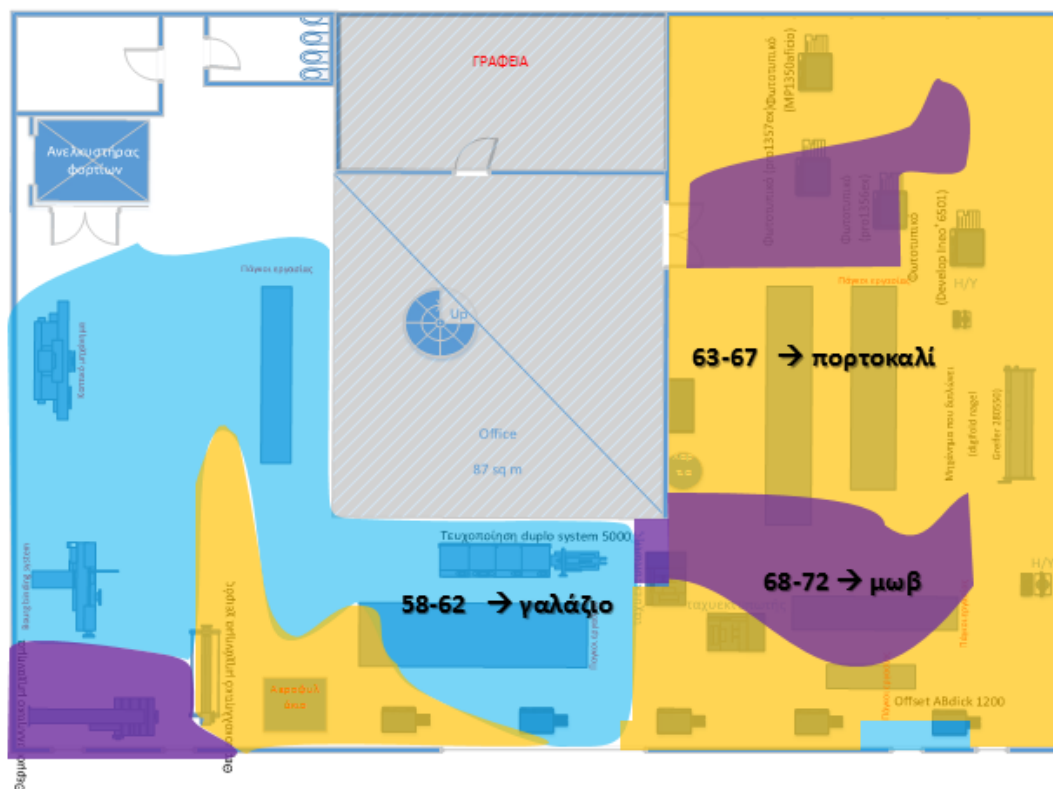
Σημείωση 1: Όπως φαίνεται στην κάτοψη του χώρου (Εικόνα 4.3) στη δυτική πλευρά του χώρου υπάρχει τοίχος σε απόσταση 0,80m από το έδαφος και στη συνέχεια υπάρχουν παράθυρα και μια ενιαία τζαμαρία. Στην ανατολική πλευρά όσο και στη δυτική υπάρχουν παράθυρα και τοίχος. Τέλος, στη βόρεια πλευρά του χώρου, στη μεριά των φωτοτυπικών υπάρχουν επίσης παράθυρα.

Σημείωση 2: Κατά την διάρκεια της λήψης των μετρήσεων, υπήρχαν φορές που κάποια μηχανήματα σταματούσαν στο πλαίσιο του χρόνου λειτουργίας τους, ή επειδή λόγω χάρη τελείωνε το χαρτί από τα ταχυεκτυπωτικά ή από το μηχάνημα τευχοποίησης, είτε λόγω της εναλλαγής κάποιου offset. Το γεγονός αυτό, δηλαδή της μη σταθερής λειτουργίας των μηχανημάτων σε όλο τον κύκλο των μετρήσεων προφανώς επιδρά στο τελικό αποτέλεσμα.

Για τη δημιουργία του χάρτη θορύβου ορίστηκε η ακόλουθη χρωματική κωδικοποίηση:

- 58-62 dB(A) → γαλάζιο
- 63-67 dB(A) → πορτοκαλί
- 68-72 dB(A) → μωβ

Στην εικόνα 4.7 παρουσιάζεται ο χάρτης θορύβου της Εκτυπωτικής Μονάδας, όπου φαίνονται οι ισοθορυβικές περιοχές.



Εικόνα 4.7– Χάρτης θορύβου της Εκτυπωτικής Μονάδας

Από το χάρτη θορύβου διαπιστώνεται ότι συνήθως, στη μεγαλύτερη έκταση της αίθουσας κυριαρχούν επίπεδα θορύβου μεταξύ 58 - 67 dB(A) (γαλάζιες και πορτοκαλί ζώνες), ενώ υψηλότερες εντάσεις καταγράφονται στην περιοχή των ταχυεκτυπωτικών και των φωτοτυπικών (μωβ ζώνη) στη δεξιά πλευρά.

4.1.4.4. Μέτρηση θορύβου με ηχοδοσίμετρο

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με τη χρήση του ηχοδοσιμέτρου προκειμένου να αποτυπωθεί η κατανομή των εντάσεων θορύβου στους εργαζόμενους. Το πρώτο ηχοδοσίμετρο είχε τοποθετηθεί στον ένα εργαζόμενο ο οποίος χειριζόταν το ταχυεκτυπωτικό μηχάνημα. Το δεύτερο ηχοδοσίμετρο είχε τοποθετηθεί στον υπεύθυνο του χώρου, ο οποίος βρισκόταν σε συνεχή κίνηση καθώς χειριζόταν πολλά μηχανήματα (duplo system 5000, κοπτικό μηχάνημα, θερμοκολλητικό χειρός κ.ά). Οι ενδείξεις των δύο οργάνων έδωσαν αντίστοιχα για τους δύο εργαζόμενους τα εξής: $L_{eq} = 86.8 \text{ dB(A)}$, $L_{epd} = 86.8 \text{ dB(A)}$ και $L_{eq} = 83.9 \text{ dB(A)}$, $L_{epd} = 83,9 \text{ dB(A)}$. Στον Πίνακα 4.8 παρουσιάζεται η ποσοστιαία χρονική κατανομή των εντάσεων θορύβου που έδωσε κάθε ηχοδοσίμετρο.

	Μετρήσεις Ηχοδοσιμέτρου	50 dB(A)	55 dB(A)	60 dB(A)	65 dB(A)	70 dB(A)	75 dB(A)	80 dB(A)	85 dB(A)	90 dB(A)	95 dB(A)	100 dB(A)
Ηχοδοσίμετρο 1	Ποσοστό %	0,4	0	0,5	3,6	25,9	37	13,2	7,3	6,1	4,3	1,4
Ηχοδοσίμετρο 2	Ποσοστό %	0	0,2	2,8	13,3	24,2	20,7	24,1	7,8	4,4	2,4	0,3

Πίνακας 4.8 – Ποσοστιαία χρονική κατανομή εντάσεων θορύβου που δέχονται οι εργαζόμενοι στην Εκτυπωτική Μονάδα

Από τις μετρήσεις θορύβου που έγιναν με το ηχοδοσίμετρο (Πίνακας 4.8) διαπιστώθηκε ότι η κατανομή των εντάσεων θορύβου των δύο εργαζομένων κυμαίνεται κυρίως μεταξύ 70 - 80 dB(A). Σε αυτό το διάστημα δηλαδή καταγράφηκε το μεγαλύτερο ποσοστό των εντάσεων στο χώρο.

Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρατηρείται ότι και οι δύο εργαζόμενοι δέχονται ισοδύναμη στάθμη συνεχούς ήχου μεγαλύτερη από 80 dB(A). Υπενθυμίζεται ότι η συγκεκριμένη τιμή αποτελεί την κατώτερη τιμή ανάληψης δράσης. Θα πρέπει, λοιπόν, να παρέχονται στους εργαζομένους κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας, να εξασφαλίζεται η περιοδική παρακολούθηση της ακουστικής τους οξύτητας από το γιατρό εργασίας, και τέλος, να ενημερώνονται για τους κινδύνους που διατρέχει η ακοή τους, τα μέτρα που λαμβάνονται και τη σωστή χρήση των μέσων ατομικής προστασίας.

Παρόλα αυτά, οι μετρήσεις των δύο ηχοδοσιμέτρων δεν υπερβαίνουν την οριακή τιμή ηχοέκθεσης, η οποία ανέρχεται στα 87dB(A) για οκτάωρη εργασία και συνεπώς δεν κρίνεται υποχρεωτική η άμεση λήψη μέτρων μείωσης του θορύβου.

4.1.5. Συμπεράσματα - Προτάσεις για την Εκτυπωτική Μονάδα

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των μετρήσεων, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι είναι δυνατή η εργασία χωρίς την τοποθέτηση προστατευτικού καλύμματος στα αυτιά των εργαζομένων. Βέβαια υπάρχει η δυνατότητα λήψης μέτρων προκειμένου να μειωθούν περαιτέρω τα επίπεδα θορύβου στο χώρο εργασίας.

Ένα τέτοιο μέτρο θα ήταν η αντικατάσταση του υπάρχοντος δαπέδου, που κρίνεται ακατάλληλο για το συγκεκριμένο χώρο, με ένα άλλο ελαστικό βιομηχανικό δάπεδο το οποίο

θα απορροφάει τους κραδασμούς και θα λειτουργεί ηχομονωτικά στο χώρο. Το υπάρχον δάπεδο μάλιστα σε πολλά σημεία του είναι χαλασμένο (Εικόνες 4.8) και ελλοχεύει ο κίνδυνος ατυχημάτων. Ενδεικτικά, πολλές είναι οι φορές κατά τις οποίες το καρότσι που χρησιμοποιούν οι εργαζόμενοι για τη μεταφορά των υλικών που χρειάζονται εγκλωβίζεται στα συγκεκριμένα σημεία όπου υπάρχει φθορά του δαπέδου με συνέπεια οι εργαζόμενοι να αναγκάζονται να ασκήσουν περισσότερη δύναμη ώστε να το μετακινήσουν κινδυνεύοντας να τραυματιστούν. Για αυτό το λόγο σε πολλά σημεία έχουν τοποθετηθεί χαρτόνια (Εικόνα 4.9) ως μια πρόχειρη αντιμετώπιση του προβλήματος. Συνεπώς η αντικατάστασή του κρίνεται απαραίτητη όχι μόνο από πλευράς θορύβου, αλλά και για την ασφάλεια και σωματική ακεραιότητα των εργαζομένων.



Εικόνες 4.8 – Φθορές δαπέδου στην Εκτυπωτική Μονάδα



Εικόνα 4.9 – Αντιμετώπιση φθορών δαπέδου στην Εκτυπωτική Μονάδα

Από τη μελέτη του χώρου διαπιστώθηκε ότι οι μεγάλες ποσότητες χαρτιού που υπάρχουν στην αίθουσα λειτουργούν ηχοαπορροφητικά περιορίζοντας τις αντανακλάσεις θορύβου στις επιμέρους επιφάνειες του χώρου. Αναλυτικότερα, στο χώρο υπάρχουν βιβλία έτοιμα προς παράδοση τα οποία έχουν συγκεντρωθεί σε κάποιο σημείο προκειμένου να τα παραλάβουν οι φοιτητές, βιβλία τα οποία βρίσκονται σε ενδιάμεσα στάδια παραγωγής (πχ. έχει γίνει η εκτύπωση και η τευχοποίηση και εκκρεμεί το στάδιο της θερμοκόλλησης, ή χαρτί εκτύπωσης σε κούτες το οποίο στοιβάζεται πάνω σε πάγκους ή ακόμα και στο πάτωμα γύρω από τις θέσεις εργασίας, σε σημεία που εξυπηρετούν τους εργαζόμενους.

Με αφορμή τη χωροθέτηση των μηχανημάτων, των βοηθητικών υλικών και του εξοπλισμού που υπάρχουν στο χώρο, υπήρξε η σκέψη για τη δημιουργία ηχοφραγμάτων με τα διαθέσιμα και διακινούμενα υλικά στο χώρο (στοίβες, παλέτες χαρτιού εκτύπωσης, χαρτί που συγκεντρώνεται για να ανακυκλωθεί και συγγράμματα σε ενδιάμεσο ή τελικό στάδιο εκτύπωσης/τευχοποίησης).



Εικόνα 4.10 – Χώρος ταχυεκτυπωτικών, Offset στην Εκτυπωτική Μονάδα



Εικόνα 4.11 – Χώρος φωτοτυπικών και μηχανήματος που διπλώνει χαρτί στην Εκτυπωτική Μονάδα



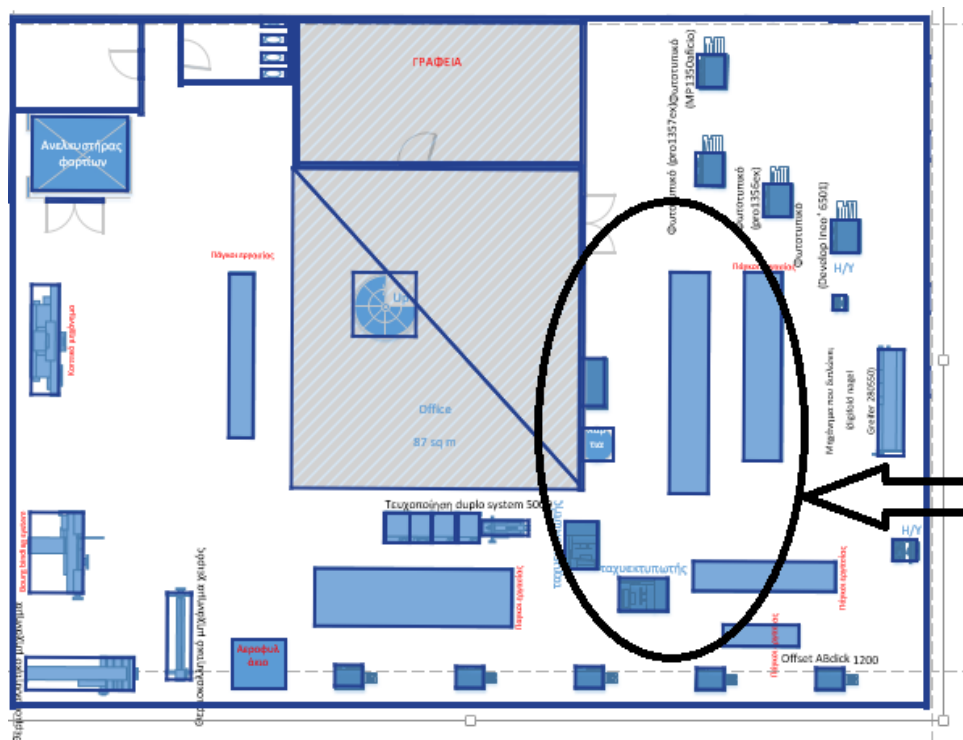
Εικόνα 4.15 – Χώρος Θερμοκολλητικού στην Εκτυπωτική Μονάδα

4.1.6. Δοκιμαστική παρέμβαση

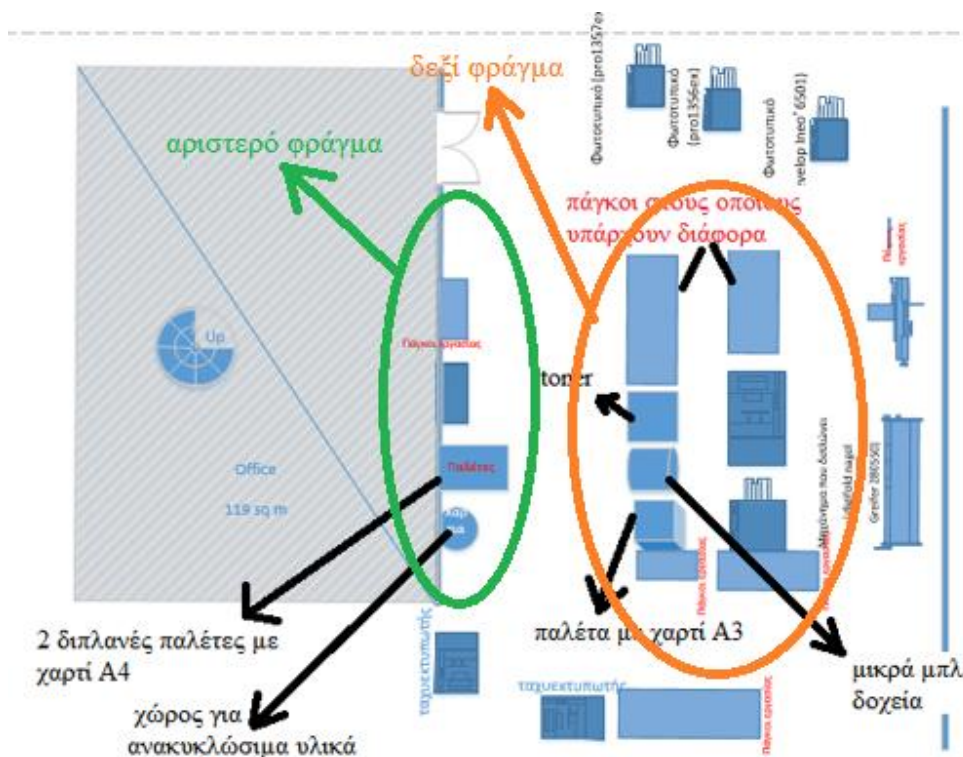
Την Πέμπτη 16/06/2016 πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στην Εκτυπωτική Μονάδα, προκειμένου να υλοποιηθεί η σκέψη για τη δημιουργία ηχοφραγμάτων με υλικά διαθέσιμα και διακινούμενα στο χώρο. Σκοπός αυτής της διαδικασίας ήταν να διαπιστωθεί σε ποιον βαθμό η ύπαρξη των ηχοφραγμάτων βοηθάει στην απομείωση των επιπέδων θορύβου στο χώρο.

Λαμβάνοντας υπόψη τις ισοθρουβικές περιοχές στο χάρτη θορύβου και τις ζώνες που καταγράφηκαν οι υψηλότερες εντάσεις (Πίνακας 4.7 και Εικόνα 4.7), κρίναμε σκόπιμη την τοποθέτηση ηχοφραγμάτων κοντά στην περιοχή των ταχυεκτυπωτικών, χρησιμοποιώντας διαθέσιμα και διακινούμενα υλικά που υπάρχουν στο χώρο. Έτσι, αποφασίστηκε η τοποθέτησή τους σε σημεία που δεν θα παρεμποδίζονταν η εργασία των εργαζομένων.

Στην εικόνα 4.16 φαίνεται η κάτοψη της εκτυπωτικής μονάδας και επισημαίνεται σε ποιο σημείο έγινε τελικώς η δοκιμαστική παρέμβαση.

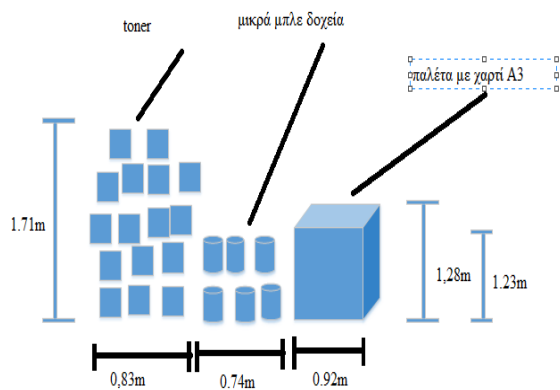


Εικόνα 4.16 – Σημείο της Εκτυπωτικής Μονάδας που πραγματοποιήθηκε η δοκιμαστική παρέμβαση

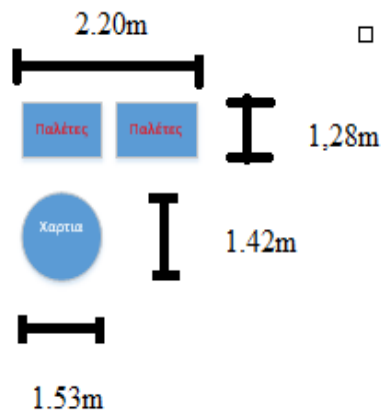


Εικόνα 4.17 – Διαχωριστικές ζώνες. Στο αριστερό ηχοφράγμα υπήρχαν στοίβες με χαρτιά A4, πάγκοι εργασίας που είχαν πάνω διάφορα αντικείμενα της Εκτυπωτικής Μονάδας, κούτες που βρίσκονται τοποθετημένες στο πάτωμα και ένας μεγάλος χώρος στον οποίο συγκεντρώνεται το χαρτί ή βιβλία που δεν χρειάζονται για ανακύκλωση. Στο δεξί ηχοφράγμα υπήρχαν στοίβες με χαρτιά A3, κουτιά τοπέρ, διάφορα μικρά δοχεία για τη συντήρηση των μηχανημάτων, μηχανήματα τα οποία ήταν εκτός λειτουργίας και πάγκοι εργασίας στους οποίους εναποθέτονταν διάφορα αντικείμενα της Εκτυπωτικής Μονάδας

Δημιουργήθηκαν, λοιπόν, δύο φυσικές διαχωριστικές ζώνες (αριστερό και δεξί ηχοφράγμα – Εικόνες 4.17 – 4.19) και ελήφθησαν ξανά οι εντάσεις προκειμένου να διαπιστωθεί η λειτουργικότητα αυτής της πρότασης για απομείωση του θορύβου.



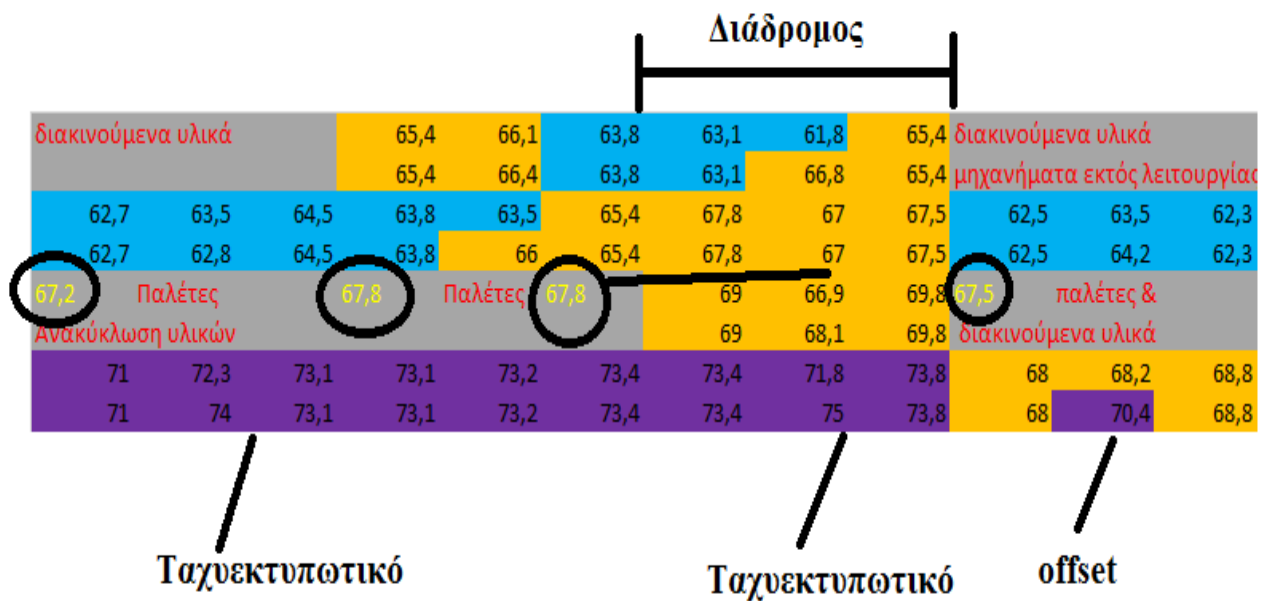
Εικόνα 4.18 – Δεξιά ηχοφράγμα



Εικόνα 4.19 – Αριστερό ηχοφράγμα

Πραγματοποιήθηκαν δύο σενάρια μέτρησης στα οποία διαφοροποιούνται το ύψος του αριστερού ηχοφράγματος.

Στο πρώτο σενάριο μέτρησης, έγιναν μετρήσεις με τη χρήση του ηχομέτρου προκειμένου να αποτυπώσουμε τις εντάσεις σε χάρτη θορύβου. Οι μετρήσεις ελήφθησαν σε ύψος 1,23m από το δάπεδο. Τα μηχανήματα που ήταν σε λειτουργία ήταν δύο ταχυεκτυπωτικά και ένα offset. Στην εικόνα 4.20 παρουσιάζονται οι μετρήσεις που καταγράφηκαν για την δημιουργία του χάρτη θορύβου.



Εικόνα 4.20 – Μετρήσεις για τη δημιουργία του Χάρτη θορύβου (Σενάριο 1)

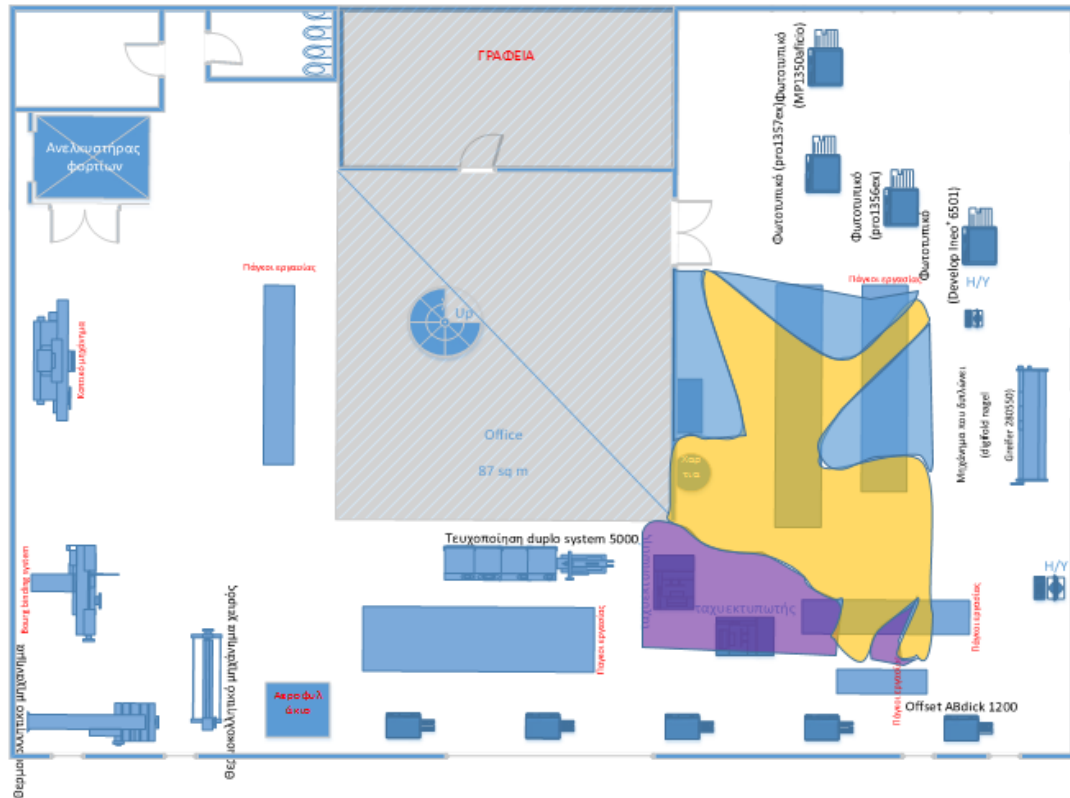
Σημείωση 1: Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων θορύβου, υπήρχαν φορές που δεν λειτουργούσαν ταυτόχρονα και τα τρία μηχανήματα, επειδή λόγω χάρη το offset σταματούσε, ή επειδή τελείωνε το χαρτί από τα ταχυεκτυπωτικά και υπήρχε κάποιο χρονικό διάστημα μέχρι να επανεκκινήσει η εκτύπωση.

Σημείωση 2: Οι τέσσερις τιμές που έχουν τοποθετηθεί σε κύκλο αφορούν σημειακές μετρήσεις που ελήφθησαν ακριβώς πάνω από το ησόφραγμα (αριστερό & δεξιό) σε ύψος 1,77m, στην ίδια νοητή ευθεία.

Για τη δημιουργία του χάρτη θορύβου ορίστηκε η ακόλουθη χρωματική κωδικοποίηση:

- 61,8 – 65dB(A) → γαλάζιο
- 65,1 – 70dB(A) → πορτοκαλί
- 70,1 – 75dB(A) → μωβ

Στην εικόνα 4.21 παρουσιάζεται ο χάρτης θορύβου κατά την δοκιμαστική παρέμβαση στην Εκτυπωτική Μονάδα, όπου φαίνονται οι ισοθροβικές περιοχές.



Εικόνα 4.21 – Χάρτης θορύβου δοκιμαστικής παρέμβασης στην Εκτυπωτική Μονάδα

Στη συνέχεια, θα γίνει περιγραφή του δεύτερου σεναρίου μέτρησης που δημιουργήθηκε. Σε αυτήν την περίπτωση το φράγμα που δημιουργήθηκε από τα διαθέσιμα υλικά στο χώρο ήταν ψηλότερο. Στις εικόνες 4.22 φαίνονται παράλληλα τα ύψη στα οποία είχαμε τοποθετήσει τα κουτιά και δημιουργήθηκαν τα δύο σενάρια μέτρησης (υψηλό και χαμηλό σενάριο).



Εικόνες 4.22 – Σενάρια μέτρησης στα οποία διαφοροποιήθηκε το ύψος του αριστερού ηχοφράγματος.

Στο σενάριο 2, στο αριστερό φράγμα, υψώσαμε ορισμένες δεσμίδες χαρτιών ψηλότερα από το αρχικό ύψος (1,32m). Τοποθετήθηκαν, λοιπόν, κούτες με δεσμίδες πάχους 0,39m καθ' ύψος από το 1,32m μέχρι το 2,05m και ελήφθησαν μετρήσεις σε διαφορετικά ύψη, μπροστά και πίσω από αυτό το φυσικό φράγμα (Εικόνες 4.23). Τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων παρουσιάζονται στον πίνακα 4.9.



Εικόνες 4.23 – Αριστερό Φράγμα (σενάριο 2)

Ύψος Μέτρησης (m)	Θέσεις	Μετρήσεις Θορύβου dB(A)	Θέσεις	Μετρήσεις Θορύβου dB(A)
1,16	A	67,3	A'	58,5
1,61	B	68	B'	62,2
1,84	Γ	69	Γ'	62,5
2,28	Δ	65,8		
1,16	E	65,1	E'	60,9
1,61	Z	67,5	Z'	61,8
1,84	H	67,4	H'	62,3
2,28	Θ	65,6		

Πίνακας 4.9 – Μετρήσεις Θορύβου σε διαφορετικά ύψη στην μπροστινή και στην πίσω όψη του ηχοφράγματος (Σενάριο 2).

Σχολιασμός – Συμπεράσματα

Από τον Πίνακα 4.9 παρατηρούμε ότι όταν το ηχοφράγμα παρεμβάλλεται μεταξύ της ηχογόνου πηγής και της θέσης όπου πραγματοποιήθηκε η μέτρηση, η ένταση του θορύβου μειώνεται. Στη θέση Δ και Θ έγινε λήψη μιας τιμής ακριβώς πάνω από το φράγμα που δημιουργήσαμε. Φαίνεται ότι όσο πιο ψηλά γινόταν η μέτρηση, μπροστά και πίσω από το φράγμα, τα επίπεδα θορύβου που καταγράφονταν ήταν μεγαλύτερα.

Από το χάρτη θορύβου, παρατηρούμε ότι στην πλευρά μπροστά από το δεξιό και το αριστερό ηχοφράγμα οι τιμές των εντάσεων του θορύβου είναι πάνω από 70 dB(A). Στην περιοχή του διαδρόμου ανάμεσα στα δύο ηχοφράγματα οι εντάσεις θορύβου σταδιακά μειώνονται καθώς απομακρυνόμαστε από το σημείο που βρίσκονται οι ηχογόνες πηγές, κάτι που ήταν αναμενόμενο. Ενδεικτικά οι τιμές στο διάδρομο πέφτουν από τα 69 dB(A) μέχρι τα 62-63 dB(A). Τέλος, όπως φαίνεται και από το χάρτη θορύβου (Εικόνα 4.21) στη ζώνη ακριβώς πίσω από τα δύο ηχοφράγματα στα οποία λήφθηκε μέτρηση, επικρατούν επίπεδα θορύβου που ανήκουν στη γαλάζια ζώνη της χρωματικής κωδικοποίησης. Γίνεται δηλαδή, αντιληπτό πως η ύπαρξη αυτών των ηχοφραγμάτων μειώνει τα επίπεδα θορύβου πιο απότομα σε σχέση με τη σταδιακή μείωση που, όπως προαναφέρθηκε, παρατηρούμε στην περιοχή του διαδρόμου καθώς απομακρυνόμαστε από τις ηχογόνες πηγές.

Αξιοπρόσεκτο ήταν το γεγονός πως κατά την αποτύπωση των εντάσεων θορύβου παρατηρήθηκε πως όταν λειτουργούσε το ένα από τα δύο ταχυεκτυπωτικά, τα επίπεδα θορύβου έπεφταν περίπου γύρω στα 10 dB(A).

Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη τις ισοθορυβικές περιοχές στο χάρτη θορύβου (Εικόνα 4.7), παρατηρήθηκαν υψηλές εντάσεις θορύβου και στην περιοχή του θερμοκολλητικού μηχανήματος. Ωστόσο, έπειτα από συζήτηση με τους εργαζομένους, διαπιστώσαμε ότι στο θερμοκολλητικό μηχάνημα, εξαιτίας των ατμών κόλλας που παράγονται κατά τη χρήση του, δε θα ήταν σκόπιμη η ανύψωση ηχοφράγματος, διότι θα εμποδιζόταν η κυκλοφορία του αέρα κάνοντας εντονότερη την αίσθηση της οσμής στον περιβάλλοντα χώρο για το χρήστη. Βέβαια, κατά την παρουσία μας στο χώρο παρατηρήσαμε πως οι εργαζόμενοι είχαν τοποθετήσει κάποιες στοιβές από ετοιμοπαράδοτα βιβλία και άλλο έντυπο υλικό (Εικόνες 4.24) σε πάγκους κοντά στο θερμοκολλητικό, το οποίο ωστόσο δε λειτουργούσε εκείνη την ημέρα και δεν πραγματοποιήθηκε μέτρηση του θορύβου.





Εικόνες 4.24 – Βιβλία και έντυπο υλικό κοντά στο θερμοκολλητικό μηχάνημα

Επίσης, στο χώρο της εκτυπωτικής μονάδας παρατηρήσαμε κάποιους πάγκους πάνω στους οποίους οι εργαζόμενοι τοποθετούσαν χαρτιά, βιβλία, κούτες και άλλα διακινούμενα υλικά όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Αυτοί οι πάγκοι εργασίας δεν ήταν σταθεροί και ήταν εφικτή η μεταφορά τους (Εικόνα 4.25). Έτσι, πέραν από τις παλέτες και τα υπόλοιπα υλικά που συμμετείχαν για τη δημιουργία της δοκιμαστικής παρέμβασης θα ήταν εφικτό η μεταφορά αυτών των πάγκων προκειμένου να δημιουργηθούν κι άλλα φυσικά διαχωριστικά ηχοφράγματα.

Συμπερασματικά, η δοκιμαστική παρέμβαση έδειξε ότι η εκμετάλλευση των αποθηκευμένων και υπό διακίνηση υλικών ως ηχοφραγμάτων συνεπάγεται σημαντική μείωση της στάθμης θορύβου στον ευρύτερο χώρο της Εκτυπωτικής Μονάδας. Επομένως, προτείνεται η διεξαγωγή ειδικής μελέτης, με σκοπό τον προσδιορισμό συγκεκριμένων χώρων ενδιάμεσης αποθήκευσης των υλικών και τοποθέτησης κατάλληλων ραφιών (σταθερών και μετακινούμενων). Αυτοί οι ενδιάμεσοι αποθηκευτικοί χώροι θα πρέπει να προσδιοριστούν με γνώμονα αφενός μεν την εξυπηρέτηση της ροής εργασίας (μείωση των μετακινήσεων των υλικών από τους εργαζόμενους) και αφετέρου τη μείωση του θορύβου στο χώρο της Εκτυπωτικής Μονάδας.



Εικόνα 4.25 – Πάγκος αποθήκευσης έντυπου υλικού

4.2. Φοιτητική μέριμνα (ισόγειο)

Μετά την ανάλυση του 1^{ου} ορόφου θα κάνουμε αναφορά για το χώρο του ισογείου (εικόνες 4.26).



Εικόνες 4.26 – Ισόγειο

Στο χώρο αυτό φιλοξενούνται εργαζόμενοι οι οποίοι αποτελούν κομμάτι της *Διοικητικής Υποδομής για τη Μέριμνα*.

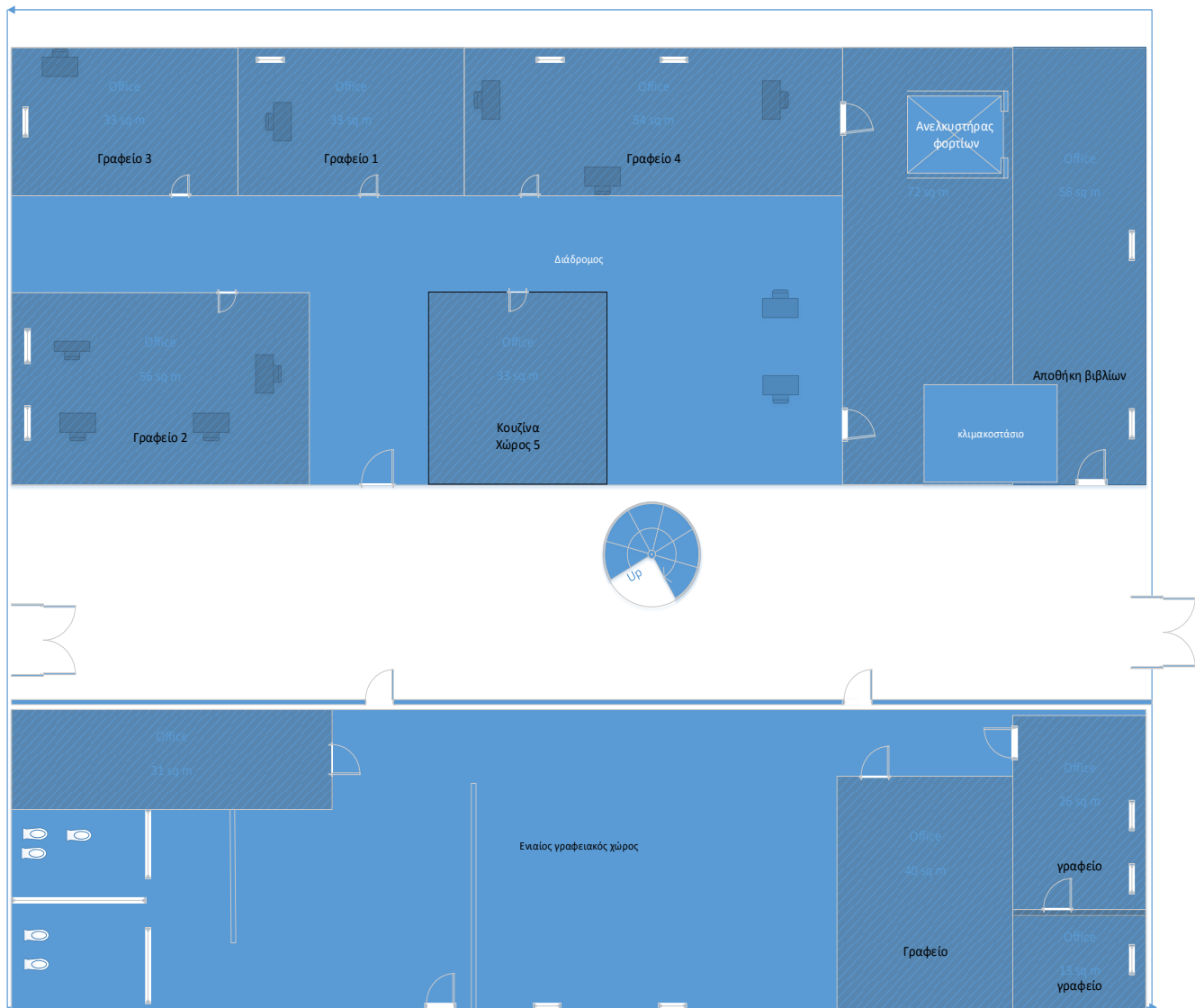
Η Διεύθυνση Μέριμνας διαρθρώνεται από τα ακόλουθα Τμήματα :

1. Φοιτητικής Μέριμνας, 2. Φυσικής Αγωγής, 3. Μουσικό, και 4. Ιατρικό.

Στο χώρο που μας ενδιαφέρει στεγάζεται το τμήμα της Φοιτητικής Μέριμνας το οποίο είναι στελεχωμένο από 11 εργαζομένους, οι οποίοι διεκπεραιώνουν όλο το σχετικό έργο, δηλαδή [21]:

- Την έκδοση 1000-1200 περίπου καρτών σίτισης φοιτητών ετησίως. Το σύνολο των ατόμων, που σιτίζονται δωρεάν σήμερα από το Ε.Μ.Π. αποτελεί περί το 10% του συνολικού αριθμού των φοιτητών του Ιδρύματος.
- τη διεκπεραίωση των δικαιολογητικών 125 περίπου φοιτητών που στεγάζονται σε Φοιτητικές Εστίες ετησίως,
- την έγκριση χορηγήσεων υποτροφιών και βραβείων.

Στην εικόνα 4.27 φαίνεται η κάτοψη του ισογείου του **Θωμαϊδείου ιδρύματος** που βρίσκονται τα γραφεία των εργαζομένων στον οποίο επισκεφθήκαμε και έγιναν μετρήσεις θορύβου, θερμοκρασίας και υγρασίας. Στο σκαρίφημα φαίνεται μια τυχαία αρίθμηση των γραφείων προκειμένου να γίνεται σαφές σε ποιο σημείο έγινε η κάθε μέτρηση.



Εικόνα 4.27 – Κάτοψη Ισογείου

4.2.1. Συνέντευξη

Κατά την παρουσία μας στο χώρο συνομιλήσαμε με τους εργαζομένους προκειμένου να μας ενημερώσουν για τις συνθήκες εργασίας τους και κατά πόσον οι δραστηριότητες των εργαζομένων στον 1^ο όροφο τους επηρεάζει.

Όπως έχει αναφερθεί το πάτωμα στον 1^ο όροφο δεν είναι βιομηχανικό και είναι ακατάλληλο για εργασίες στο χώρο. Το παράπονο που μας εξέφρασαν, λοιπόν, είναι πως όταν χρησιμοποιείται στον 1^ο όροφο το καρότσι για μεταφορά βιβλίων, χαρτιού A4, A3 και άλλων αντικειμένων, εξαιτίας του δαπέδου και της φθοράς του σε αρκετά σημεία (εικόνες 4.8), ο θόρυβος στο ισόγειο γίνεται ιδιαίτερα έντονος και αισθητός. Ίδια αίσθηση υπάρχει και στην περίπτωση που κάποια στοίβα χαρτιών, λόγω χάρη, πέσει στο πάτωμα με δύναμη. Βέβαια μας ενημέρωσαν πως αυτό το περιστατικό δε συμβαίνει συνέχεια και συνήθως επαναλαμβάνεται μια φορά το μήνα όταν γίνονται παραλαβές χαρτιού και υλικών για την εκτυπωτική μονάδα.

Ένα ακόμη πρόβλημα είναι η θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες. Η τοποθέτηση των fan-coils είναι λανθασμένη καθώς δεν παίρνουν αέρα, με αποτέλεσμα να χαλάνε οι φτερωτές και να προκύπτουν συνεχώς προβλήματα στον κυκλοφορητή. Έτσι τον περισσότερο χρόνο δε λειτουργούν ή υπολειτουργούν. Για αυτό το λόγο γίνεται χρήση air-condition και προσωπικών φορητών καλοριφέρ (χώρος 2, 3 και 6) για τη θερμική άνεση των εργαζομένων. Το κλιματιστικό παρατηρήσαμε βρισκόταν στο γραφείο 4, σε κεντρικό σημείο προκειμένου να υπάρχει ροή αέρα προς όλους τους χώρους. Σε αυτή τη ροή αέρα διευκόλυνε το γεγονός ότι τα γραφεία χωρίζονταν με διαχωριστικά τα οποία δεν ήταν υπερυψωμένα μέχρι το ταβάνι και στην ουσία υπήρχε επικοινωνία μεταξύ των γραφείων από ψηλά.

Τέλος, ένα ακόμη πρόβλημα είναι ο φυσικός αερισμός του χώρου. Ο προϊστάμενος μας ενημέρωσε πως πολλά τζάμια τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό κέλυφος του οικοδομήματος είτε είναι φρακαρισμένα είτε τα έχουν σφραγίσει για λόγους ασφαλείας, ωστόσο με αυτόν τον τρόπο δεν υπάρχει η αναγκαία ανανέωση του αέρα. Ειδικά τους τελευταίους μήνες του έτους, από Σεπτέμβριο μέχρι και Ιανουάριο, όπου πολλοί φοιτητές επισκέπτονται το χώρο για ζητήματα της σχολής τους, η κατάσταση γίνεται αποπνικτική λόγω ελλιπούς εξαερισμού με σοβαρές συνέπειες στην υγιεινή τους. Η μεγάλη προσέλευση των φοιτητών αυτή την περίοδο έχει ως αποτέλεσμα να επικρατεί συνωστισμός στο χώρο και τα επίπεδα θορύβου να αυξάνονται. Οι εργαζόμενοι στο χώρο μας ενημέρωσαν πως αυτό το γεγονός δεν είναι ενοχλητικό κατά τη διάρκεια της συναλλαγής και εξυπηρέτησης των φοιτητών, ωστόσο όταν κάνουν κάποια πνευματική εργασία η οποία απαιτεί μεγαλύτερη συγκέντρωση τότε τα αυξημένα αυτά επίπεδα θορύβου λειτουργούν ανασταλτικά στο έργο τους.

4.2.2. Μετρήσεις - Φοιτητική Μέριμνα

Την Παρασκευή 18/03/2016 πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στο **Θωμαΐδειο ίδρυμα**, στον ισόγειο χώρο όπου στεγάζεται η Φοιτητική Μέριμνα. Αφότου έγινε μία τυχαία αρίθμηση των γραφείων (κάτοψη – εικόνα 4.27) έγινε μέτρηση σε κάθε χώρο εργασίας, στις θέσεις όπου βρίσκονται συνήθως οι εργαζόμενοι.

Στον Πίνακα 4.10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων:

Χώρος εργασίας	Θόρυβος (dB-A)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
Γραφείο 1	50,5	24,3	43,4
Γραφείο 2 (κοντά στο παράθυρο)	46	25,6	36,4
Γραφείο 2 (κοντά στην πόρτα)	46,8	25,5	37,5
Γραφείο 3	44,9	25,9	35,9
Γραφείο 4	67	25,3	39,1
Γραφείο 5(κουζίνα)	57	25,4	38,3
Γραφείο 6	62,8	25,5	37,5
Διάδρομος	56,3	25,6	36,8

Πίνακας 4.10 – Μετρήσεις ισογείου

Παρατήρηση 1: Ο χώρος (γραφείο 6) που υπάρχει στον παραπάνω πίνακα είναι τα δύο γραφεία που υπάρχουν στο ισόγειο του Θωμαϊδείου ιδρύματος και βρίσκονται στον ενιαίο χώρο στο τέλος του διαδρόμου.

Παρατήρηση 2: Κατά τη διάρκεια της μέτρησης του θορύβου στο γραφείο 6 υπήρχαν τρεις εργαζόμενοι, στο γραφείο 4 υπήρχαν τρεις εργαζόμενοι οι οποίοι είχαν μια επαγγελματική συνεργασία και συνεπώς υπήρχαν συνομιλίες, στο γραφείο 2 υπήρχαν δύο εργαζόμενοι και τέλος στα γραφεία 1 και 3 ένας εργαζόμενος.

4.2.3. Συμπεράσματα-Προτάσεις για τη Φοιτητική Μέριμνα

Η επίσκεψη στο χώρο της Φοιτητικής Μέριμνας έγινε σε περίοδο όπου δεν είναι αυξημένος ο φόρτος εργασίας των εργαζομένων. Υπενθυμίζεται ότι τους τελευταίους μήνες του έτους είναι έντονη η παρουσία των φοιτητών στο χώρο για διεκπεραίωση των αναγκών τους και συνεπώς μεγαλύτερος ο φόρτος εργασίας και τα επίπεδα θορύβου.

Γενικότερα, πρέπει να καταβάλλονται προσπάθειες να διατηρούνται τα επίπεδα θορύβου στα γραφεία κάτω από τα 60 dB(A). Οι θόρυβοι πάνω από 60 dB(A) εμποδίζουν την ικανότητα συγκέντρωσης του εργαζόμενου, για αυτό το λόγο κρίνονται ακατάλληλοι για χώρους εργασίας που απαιτείται πνευματική εργασία και μεγαλύτερη συγκέντρωση. Επίσης, επίπεδα θορύβου πάνω από 60 dB(A) επικαλύπτουν τη φωνητική επικοινωνία και δυσχεραίνουν το έργο των εργαζομένων. Την περίοδο που ελήφθησαν οι συγκεκριμένες μετρήσεις διαπιστώθηκε ότι η ελάχιστη τιμή ήταν 44,9 dB(A) και η μέγιστη τιμή ήταν 67 dB(A).

Παρόλο που τα επίπεδα θορύβου στο χώρο της Φοιτητικής Μέριμνας δεν κρίνονται υψηλά, διότι δύο μόνο παρατηρήσεις υπερβαίνουν το όριο των 60 dB(A), θα μπορούσε να γίνει παρέμβαση στο χώρο προκειμένου να βελτιωθεί η ακουστική. Μια λύση που θα μπορούσαμε να προτείνουμε είναι οι διαχωριστικοί τοίχοι που χωρίζουν στην ουσία το χώρο σε γραφεία. Τα διαχωριστικά αυτά συνιστάται να είναι όσο το δυνατόν πιο ηχομονωτικά ώστε να απορροφούν τον ήχο σε διαφορετικούς βαθμούς. Μια τέτοια λύση φαίνεται παρακάτω (εικόνες 4.28) που διασφαλίζει από τη μία υψηλά επίπεδα ηχομόνωσης και από την άλλη συμβάλλει στην αισθητική αναβάθμιση του χώρου εργασίας.



Εικόνα 4.28 – Χωρίσματα γραφείων

5. 2^{ος} Εργαστηριακός Χώρος–Εργαστήριο Προπλασμάτων

Το Εργαστήριο Προπλασμάτων ανήκει στη Σχολή Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π. Υπάγεται στον κοσμήτορα της Σχολής και διοικείται από επιτροπή τεσσάρων μελών ΔΕΠ που εκπροσωπούν τους τομείς. Ένα από τα μέλη της διοικητικής επιτροπής εκτελεί καθήκοντα διευθυντή του Εργαστηρίου. Το μόνιμο προσωπικό του Εργαστηρίου έχει ως κύρια αποστολή την εκπαίδευση των σπουδαστών στον χειρισμό του εξοπλισμού που έχει κριθεί κατάλληλος για αυτούς, την παρουσίαση τεχνικών κατασκευής προπλασμάτων και την παρακολούθηση της υλοποίησης των κατασκευών [22].

Οι σπουδαστές όλων των εξαμήνων και μαθημάτων της Σχολής Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π. έχουν δικαίωμα:

1. Να συμβουλευόμαστε το αρμόδιο προσωπικό του Εργαστηρίου για οποιαδήποτε κατασκευή προπλάσματος μαθήματος όσον αφορά τα υλικά, τις τεχνικές κατασκευής, τα εργαλεία, τους τρόπους παρουσίασης κ.ά.
2. Να κάνουν χρήση των συμβατικών μηχανημάτων και εργαλείων (“εξοπλισμού”) που διαθέτει το Εργαστήριο, εφόσον έχουν εκπαιδευτεί για τον ορθό χειρισμό του εξοπλισμού και για την αποφυγή κινδύνων που ενέχει η χρήση τους.

Το Εργαστήριο Προπλασμάτων είναι επί της ουσίας ένα διατομεακό εργαστήριο καθώς απασχολεί τους σπουδαστές όλων των εξαμήνων της Σχολής Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π. και υπό προϋποθέσεις μπορεί να απασχολήσει και άλλα άτομα εκτός σχολής. Επιπλέον, οι σπουδαστές που εκπονούν τη διπλωματική τους εργασία έχουν και εκείνοι το δικαίωμα να χρησιμοποιήσουν τα μηχανήματα προηγμένης τεχνολογίας για την κατασκευή προπλασμάτων της διπλωματικής τους.

Συνεπώς, το Εργαστήριο Προπλασμάτων σκοπό έχει την τεχνική υποστήριξη του διδακτικού έργου της Σχολής Αρχιτεκτόνων και στους χώρους του προσφέρεται στους σπουδαστές εκπαίδευση σε τεχνικές κατασκευής προπλασμάτων με συμβατικές ή τεχνολογικά εξελιγμένες μεθόδους.

Ο εξοπλισμός του Εργαστηρίου Προπλασμάτων περιλαμβάνει χειροκίνητα εργαλεία κατασκευής προπλασμάτων, συμβατικά μηχανήματα ξυλουργείου και επεξεργασίας μετάλλων, όπως και σύγχρονες εργαλειομηχανές οδηγούμενες από Η.Υ. (router, laser cutter, digital cutter, 3d printers, 3d scanners).

Αφότου έγινε μια συνοπτική περιγραφή της λειτουργίας του Εργαστηρίου, θα γίνει μια αναφορά στην έννοια του αρχιτεκτονικού προπλάσματος.

Πρόπλασμα

Είναι το πλαστικό πρότυπο, το ομοίωμα ή το υπόδειγμα που δίνει υλική υπόσταση σε μια τρισδιάστατη κατασκευή. Επί της ουσίας είναι η μακέτα η οποία αναπαριστά το υπάρχον με διαφορετικό υλικό σε μικρές διαστάσεις (δηλαδή σε διαφορετική κλίμακα) [22].

Με πιο απλά λόγια, το αρχιτεκτονικό πρόπλασμα που κατασκευάζεται στο Εργαστήριο Προπλασμάτων από τους φοιτητές, το οποίο αποτελεί την κεντρική συνιστώσα του

Εργαστηρίου, είναι ένα προσχέδιο ή μια μικρογραφία η οποία φτιάχνεται είτε χειρονακτικά είτε με τη βοήθεια του “εξοπλισμού”. Η μακέτα, λοιπόν, είναι ένας από τους τρόπους έκφρασης της ιδέας, μια μέθοδος μετάδοσης πληροφοριών για τη φόρμα, τη μορφή, τη σύνθεση, τη λειτουργία των αντικειμένων, αλλά και την πραγματική διάσταση της κατασκευής και γενικότερα τις ογκομετρικές διαστάσεις και τη δυναμικότητά της.

Η επιλογή των υλικών και των εργαλείων για την κατασκευή μακετών και μοντέλων (προπλάσματα) εξαρτάται πάντα από το σκοπό της κατασκευής, της χρήσης και το στάδιο της μακετοποίησης (μακέτες εργασίας, σύνθεσης, παρουσίασης).

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως στο Εργαστήριο είναι τα εξής :

- Βιομηχανικό ξύλο-αντικολλητά,επικολητά [μασίφ μαλακά ξύλα (μπάλσα, λευκά, αγιούζ κτλ) έως 12mm, μασίφ σκληρά ξύλα (οξιά, δρυ, κτλ) έως 3-4mm, καπλαμάδες διακοσμητικοί (0,5-0,8mm)].
- Μοριοσανίδες-νοβοπάν (οι μοριοσανίδες είναι πλάκες ξυλομορίων και κατασκευάζονται από μόρια ξύλου και κόλλες συνθετικής ρητίνης υπό την επίδραση θερμότητας και πιέσεως. Κατασκευάζονται από πευκοειδή, έλατο, λεύκα, κλείθρα, οξιά και σημύδα). [κόντρα πλακέ μαλακής ξυλείας (λεύκας, ελάτης, οκουμέ, κτλ) έως 3-4mm, κόντρα πλακέ μοντελισμού πολύστρωμα σκληρής ξυλείας (οξιάς, σημύδας, κτλ) έως 3-4mm].
- Ινοσανίδες(MDF)(Οι ινοσανίδες μέσης πυκνότητας(MDF) είναι πάνελ που προέρχονται από τη θερμή συμπίεση ινών ξύλου, με πρόσμιξη ρητίνης).
- Μέταλλο
- Χαρτί και χαρτόνια (γκρι χαρτόνι βιβλιοδεσίας έως 4mm, χαρτόνι τύπου xanita 10-16mm, χαρτί και χαρτόνι τύπου οντουλέ 10-15mm)
- Ακρυλικά (διαφανή/ημιδιαφανή(μονής ή διπλής αμμοβολής, φθοριωμένα)/αδιαφανή χωρίς χρώμα/ημιδιαφανή με χρώμα/αδιαφανή με χρώμα μόνο χυτά έως 6mm)
- Πολυμερή (πολυπροπένιο, πολυαιθυλένιο κ.ά)
- Μεγάλες διατομές σιδήρου

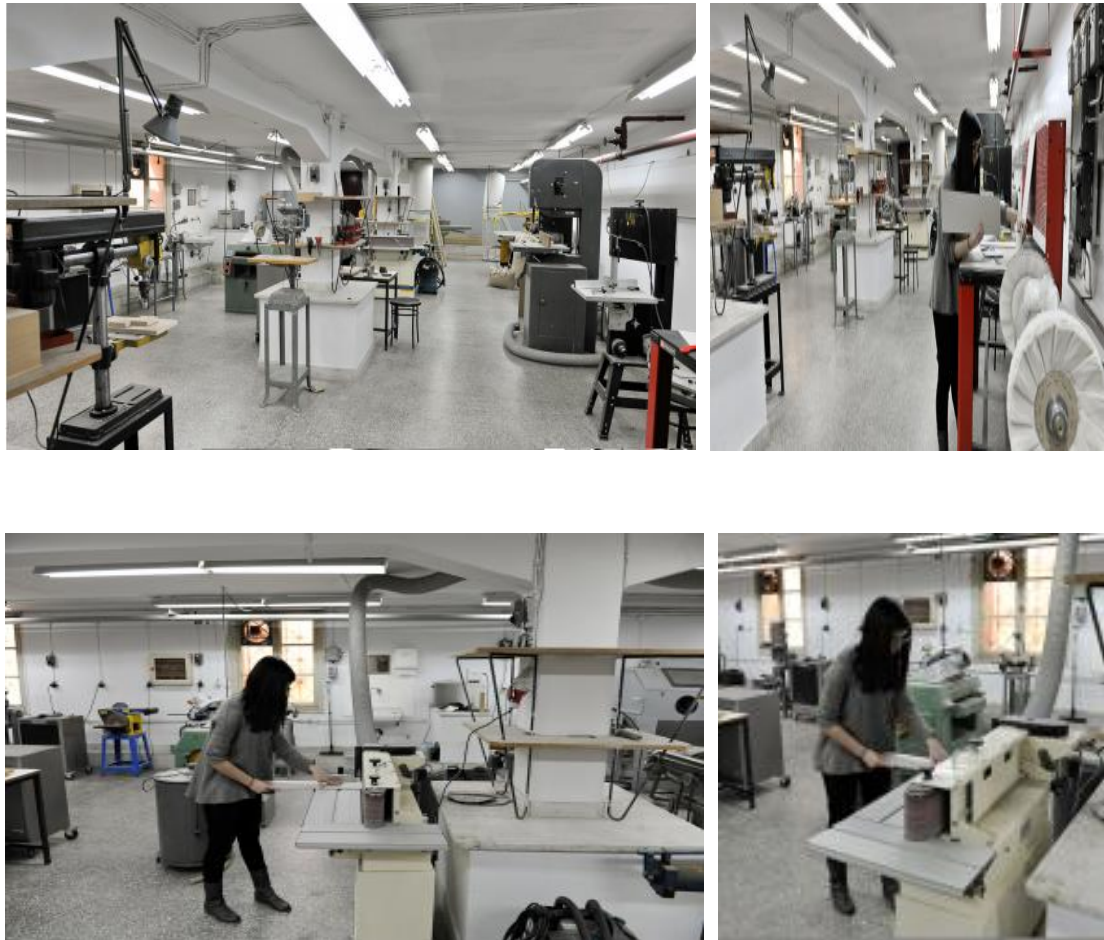
Κατά την παρουσία μας στο χώρο του Εργαστηρίου και κατά τη διάρκεια των μετρήσεων του θορύβου παρατηρήθηκε η κοπή πολλών εξ αυτών των υλικών με τη χρήση των μηχανημάτων.

Ο χώρος αυτός λειτουργεί δύο χρόνια και η διαμόρφωσή του (χωροθέτηση μηχανημάτων, κατάλληλη σήμανση, ζώνες ασφαλείας κ.ά) βελτιώνεται συνεχώς. Παλαιότερα το Εργαστήριο στεγαζόταν στον υπόγειο χώρο, ο οποίος υφίσταται ακόμα και σήμερα, ωστόσο δεν είναι ανοικτός προς το κοινό, παρά μόνο στον υπεύθυνο του Εργαστηρίου ο οποίος τον χρησιμοποιεί ανάλογα τις ανάγκες της Σχολής. Τα μηχανήματα που υπήρχαν στο υπόγειο, κάποια μεταφέρθηκαν στον υφιστάμενο χώρο προς χρήση και τα υπόλοιπα παρέμειναν εκεί είτε επειδή δεν χωρούσαν στο νέο χώρο, είτε επειδή αντικαταστήθηκαν από

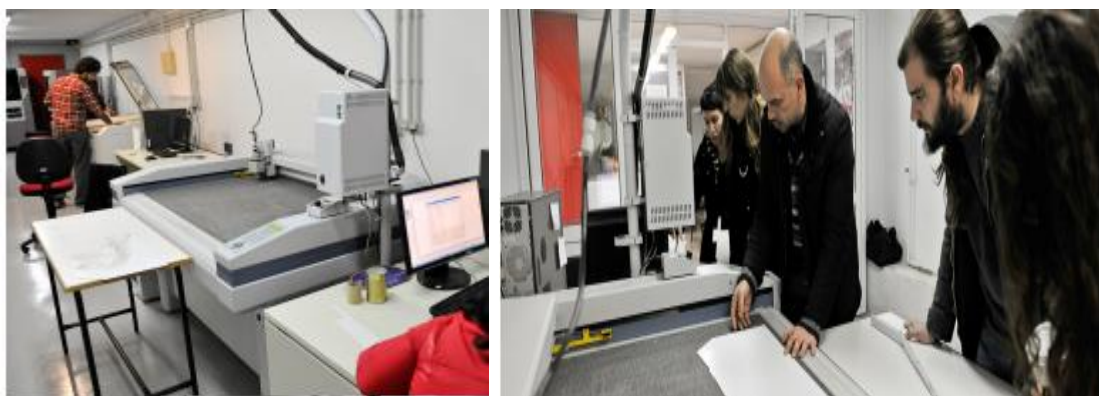
πανομιότυπα καινούρια μοντέλα, είτε επειδή δεν ήταν σε συμμόρφωση με τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές και συνεπώς ήταν ακατάλληλα προς χρήση.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν ορισμένες εικόνες του πως ήταν παλαιότερα το εργαστήριο (χώρος υπογείου) και πως είναι πλέον στον υφιστάμενο χώρο (χώρος ισογείου) [23].

5.1. Υπόγειο



Εικόνες 5.1 – Χώρος Συμβατικών Μηχανημάτων Ξυλουργικά και Μετάλλου στο Εργαστήριο Προπλασμάτων (υπόγειο)



Εικόνες 5.2 – Χώρος Μηχανημάτων Οδηγούμενων Μέσω Η/Υ Zund, Laser, 3D printers, CNC Router στο Εργαστήριο Προπλασμάτων (υπόγειο)



Εικόνες 5.3 – Χώρος Εργασίας Φοιτητών στο Εργαστήριο Προπλασμάτων (υπόγειο)



Εικόνες 5.4 – Διάφορα μηχανήματα στο Εργαστήριο Προπλασμάτων (υπόγειο)

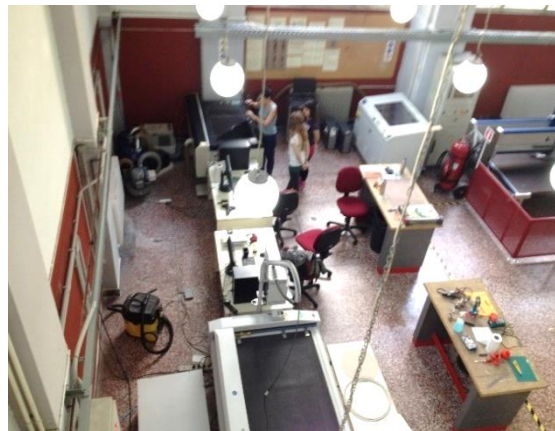
5.1.1. Μετρήσεις

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την Πέμπτη 19/05/2016. Στον Πίνακα 5.1 φαίνονται τα αποτελέσματα όπως αποτυπώθηκαν στο όργανο μέτρησης.

A/A	Θέση εργασίας	L_{Aeq} dB(A)	$L_{A Fmax}$ dB(A)	$L_{A Fmin}$ dB(A)	$L_C peak$ dB(A)
1	Ξεχονδριστήρας	86,0	94,0	79,1	106,2
2	Πλάνη	86,9	94,5	79,1	106,2
3	radial	86,5	97,3	72,2	108,5
4	Κορδέλα	89,6	101,7	72,2	113,1

Πίνακας 5.1 – Μέτρηση ημερήσιας ηχοέκθεσης σε θέσεις εργασίας στο Εργαστήριο Προπλασμάτων

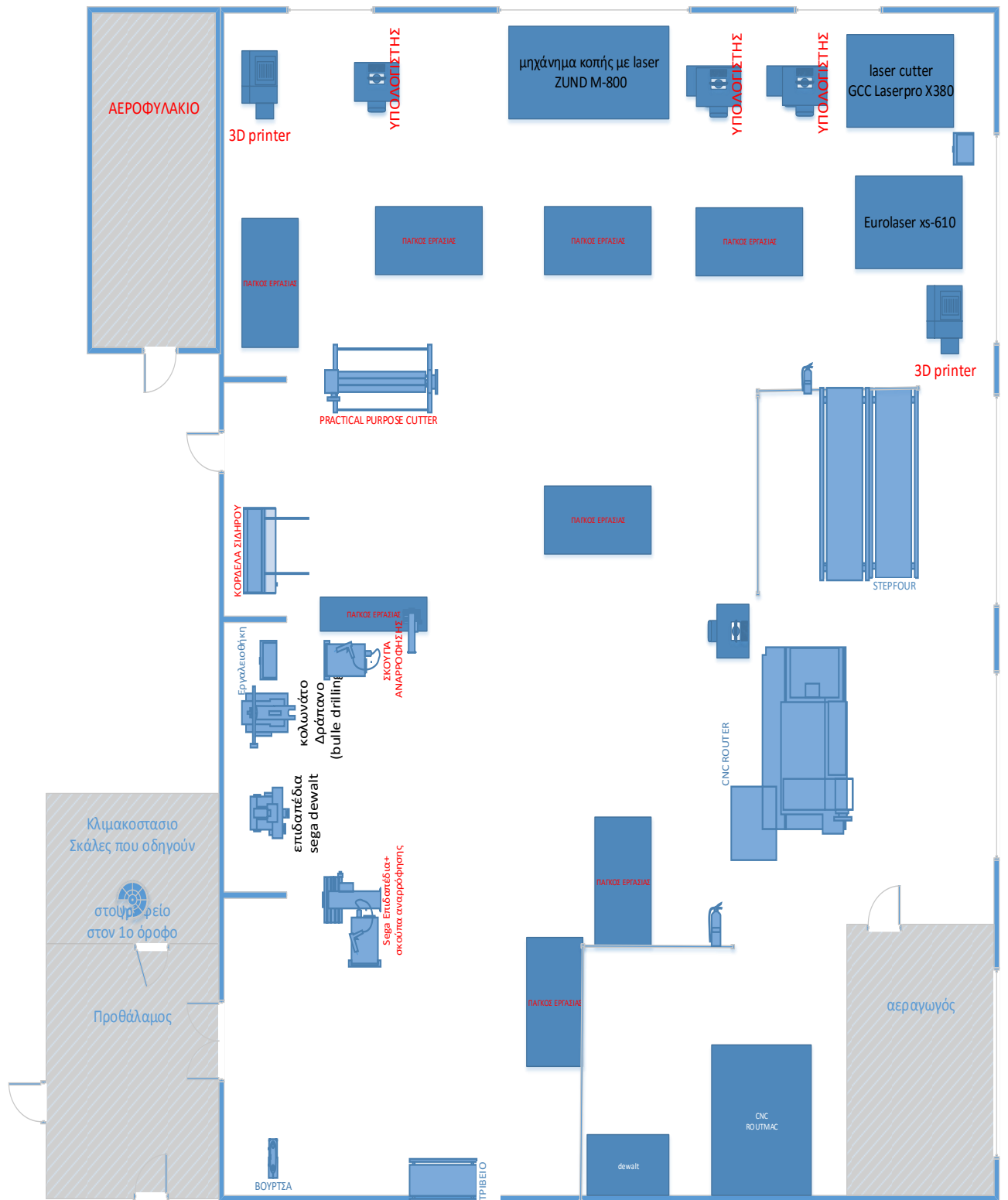
5.2. Ισόγειο





Εικόνες 5.6 – Γενικές φωτογραφίες από το Εργαστήριο Προπλασμάτων (ισόγειο)

Για καλύτερη αποτύπωση του εργαστηριακού χώρου και για ακριβή αναπαράσταση της χωροθέτησης των μηχανημάτων παρουσιάζεται στην εικόνα 5.7 η κάτοψη του Εργαστηρίου Προπλασμάτων.



Εικόνα 5.7 – Κάτοψη του Εργαστηρίου Προπλαμάτων

5.2.1. Μηχανήματα

Στο χώρο του εργαστηρίου και κατόπιν επικοινωνίας με τον υπεύθυνο, έγινε καταγραφή των μηχανημάτων που υπήρχαν. Αναλυτικά παρατηρήσαμε τα εξής :

- 1 οριζόντιος ταινιολειαντήρας/ τριβείο + σκούπα αναρρόφησης στερεών ρύπων (η οποία βρίσκεται εντός κουβουκλίου)
- 1 επιδαπέδια sega + 1 επιδαπέδια σκούπα αναρρόφησης ρύπων
- 1 επιδαπέδια sega dewalt de7880 + 1 επιδαπέδια σκούπα αναρρόφησης ρύπων
- 1 επιδαπέδια sega dewalt dw 721 + 1 επιδαπέδια σκούπα αναρρόφησης ρύπων (η οποία βρίσκεται εντός κουβουκλίου)
- 1 κολωνάτο επιδαπέδιο δράπανο-τρυπάνι (bulle drilling)
- 1 αποθηκευτικός πάγκος εργαλείων χειρός
- 7 πάγκους facom (πάγκοι που υπάρχουν μηχανήματα κοπής χειρός και χώροι ταυτόχρονα που εργάζονται οι φοιτητές)
- 1 κορδέλα κοπής μετάλλων
- 1 βούρτσα γυαλίσματος μετάλλων και ακρυλικών
- 2 cnc router + vacuum αντλία (ισχύος 2,2 kW) + σκούπα αναρρόφησης στερεών ρύπων (η οποία βρίσκεται εντός κουβουκλίου)
- 1 laser cutter (GCC Laserpro X380) + 1 vacuum αντλία με φίλτρα ενεργού άνθρακα
- 1 digital cutter (Eurolaser xs-610)
- 1 3D-printer
- 1 Ψηφιακό Κοπτικό plotter κοπής ZUND M-800 + 1 vacuum αντλία (ισχύος 2,2 kW)
- Sterfour (μηχάνημα για θερμοκοπή)
- Αεροσυμπιεστής 200lt (μπορεί να μείνει στο χώρο ως βοηθητικός γιατί έχει ρόδες και μεταφέρεται όπου τον χρειαστούμε)
- Αεροσυμπιεστής 500lt (θα δίνει αέρα , μέσω δικτύου, στα μηχανήματα (cnc router, zund M-800 , eurolaserpro xs-610)
- Ξηραντήρας (για το δίκτυο πεπιεσμένου αέρα), (στο δωμάτιο που βρίσκεται το αεροφυλάκιο)
- 1 βραστήρας διαλύματος NaOH (στο δωμάτιο που βρίσκεται το αεροφυλάκιο)

Στον Πίνακα 5.2 περιλαμβάνονται συγκεντρωτικά τα μηχανήματα του χώρου μαζί με τα χρόνια λειτουργίας του καθενός ξεχωριστά.

Μηχανήματα	Έτη Λειτουργίας
οριζόντιος ταινιολειαντήρας/ τριβείο	7
επιδαπέδια sega	4
κολωνάτο επιδαπέδιο δράπανο-τρυπάνι(bulle drilling)	7
επιδαπέδια sega dewalt de7880	8
επιδαπέδια sega dewalt dw721	7

κορδέλα κοπής μετάλλων	6
βούρτσα γυαλίσματος μετάλλων και ακρυλικών	5
3D printer	2
αεροφυλάκιο	8
laser cutter (GCC Laserpro X380)	1
Eurolaser xs-610	5
Ψηφιακό Κοπτικό plotter κοπής ZUND M-800	6
cnc router	8
cnc router(routmac)	Αχρησιμοποίητο (εκτός λειτουργίας)
Stepfour(μηχάνημα για θερμοκοπή)	Αχρησιμοποίητο
Σκούπα αναρρόφησης του τριβείου	1
Σκούπα αναρρόφησης του cnc router	8
Σκούπα αναρρόφησης του laser cutter (GCC Laserpro X380)	5

Πίνακας 5.2 – Χρόνια λειτουργίας μηχανημάτων

Στο **Παράρτημα Β** γίνεται μια περιγραφή των πηγών στις οποίες έγινε καταγραφή θορύβου.

5.2.2. Χρήση των μηχανημάτων

Το Εργαστήριο Προπλασμάτων, όπως αναφέρθηκε, είναι ένα διατομεακό Εργαστήριο που απασχολεί φοιτητές όλων των εξαμήνων. Έτσι, κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους υπάρχουν περίοδοι κατά τις οποίες το Εργαστήριο δέχεται φοιτητές (μεμονωμένοι, ή, σε ομάδες) οι οποίοι χρησιμοποιούν το χώρο και τον εξοπλισμό του προκειμένου να υλοποιήσουν τις εργασίες τους. Σύμφωνα με τον υπεύθυνο του Εργαστηρίου, οι περίοδοι με το μεγαλύτερο εργασιακό φόρτο αποτελούν οι μήνες που οι φοιτητές τελειώνουν τις διπλωματικές τους εργασίες, δηλαδή ο Σεπτέμβριος, ο Φεβρουάριος και ο Ιούλιος. Περίπου ενάμιση μήνα πριν τη λήξη των προθεσμιών ο φόρτος εργασίας των μηχανημάτων είναι μεγάλος και όσο πλησιάζουν οι ημερομηνίες παράδοσής τους, αυξάνεται περισσότερο. Αυτό το γεγονός ως προς την πλευρά των μηχανημάτων μεταφράζεται ως εξής.

Ένα έως ενάμιση μήνα πριν τις προθεσμίες παράδοσης των διπλωματικών το **Ψηφιακό Κοπτικό plotter κοπής ZUND M-800** και το **laser cutter (GCC Laserpro X380)** δουλεύουν κάθε μέρα συνέχεια. Κάθε τόσο προστίθενται θόρυβοι. Μπορεί, δηλαδή, να υπάρχουν φοιτητές σε πάγκους εργασίας και να χρησιμοποιούν το σφυρί (ή κάποια άλλα εργαλεία χειρός), είτε την επιδαπέδια sega ή το κολωνάτο επιδαπέδιο δράπανο κλπ. Ο θόρυβος από το **σφυρί** δεν είναι συνεχόμενος και η εργασία με τη χρήση του διαρκεί το πολύ 5 λεπτά, ωστόσο λόγω της κρουστικότητάς του επιβαρύνει σημαντικά τα επίπεδα θορύβου.

Αντίστοιχα η **επιδαπέδια sega**, η οποία δουλεύει πάντα μαζί με τη σκούπα αναρρόφησής της, ή **οποιοδήποτε άλλο μηχάνημα** το οποίο είναι σε θέση κάποιος εκπαιδευμένος φοιτητής να χρησιμοποιήσει μεμονωμένα, αυξάνει τα επίπεδα θορύβου στο χώρο. Η περίπτωση που δουλεύουν ταυτόχρονα το **Ψηφιακό Κοπτικό plotter κοπής ZUND M-800**, το **laser cutter (GCC Laserpro X380)** και η **επιδαπέδια sega** αντιστοιχεί περίπου στο 40% του χρόνου παραγωγής. Τα επίπεδα θορύβου αυξάνονται περισσότερο όταν οι φοιτητές που εκπονούν τη διπλωματική τους εργασία χρησιμοποιούν και άλλα μηχανήματα, όπως το **cnc router**. Έτσι, ανάλογα με το πλήθος των εργασιών που υπάρχουν δημιουργούνται αντίστοιχες ομάδες φοιτητών για χρήση των μηχανημάτων. Το **cnc router**, λοιπόν, δε δουλεύει συνέχεια αλλά εξαρτάται από το φόρτο εργασίας και αντιστοιχεί περίπου στο 1/20 (5%) του χρόνου παραγωγής. Τέλος, το **αεροφυλάκιο** δουλεύει συνέχεια, ωστόσο επειδή βρίσκεται σε απομονωμένο κλειστό χώρο δεν είναι έντονος και δίνει την αίσθηση ενός υπόκωφου θορύβου. Όλες οι παραπάνω περιπτώσεις των μηχανημάτων σε συνδυασμό με το πλήθος των φοιτητών που παρευρίσκονται στο χώρο και τυχόν ομιλίες και συζητήσεις που μπορεί να έχουν μεταξύ τους αυξάνει κατά πολύ τα επίπεδα ηχητικής πίεσης. Αντίθετα, τις υπόλοιπες χρονικές περιόδους, δηλαδή τους μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο, Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο (τους δύο τελευταίους μάλιστα παρευρεθήκαμε στο χώρο για τη λήψη των μετρήσεών μας) ο φόρτος εργασίας των μηχανημάτων είναι πιο ήπιος και τα επίπεδα θορύβου ανεκτά. Τις περιόδους αυτές στις οποίες δεν υπάρχει μεγάλος φόρτος εργασίας λόγω διπλωματικών, τα μηχανήματα δε δουλεύουν συνέχεια. Κυρίως οι φοιτητές χρησιμοποιούν τα εργαλεία χειρός (όπως η **επιδαπέδια sega**, η **επιδαπέδια sega dewalt**, η **κορδέλα κοπής μετάλλων**, το **κολωνάτο επιδαπέδιο δράπανο-τρύπανι (bulle drilling)**). Κάποιες άλλες φορές χρησιμοποιείται μόνο ο **οριζόντιος ταινιολειαντήρας/ τριβείο**, το **Ψηφιακό Κοπτικό plotter κοπής ZUND M-800** ή το **laser cutter (GCC Laserpro X380)**, ενώ ορισμένες φορές χρησιμοποιούνται μέσα στη μέρα όλα τα παραπάνω μηχανήματα, όχι όμως συνδυαστικά.

5.2.3. Συνέντευξη

Μετά από συνομιλίες με τον υπεύθυνο του Εργαστηρίου Προπλασμάτων, καταγράψαμε ότι μετά από έκθεση σε ισχυρό θόρυβο, είτε μετά από πολύωρη συνεχόμενη έκθεση σε θόρυβο εμφάνιζε συχνά *εμβοές*. (Πρόκειται για ήχους οι οποίοι μπορεί να έχουν διάφορες χροιές (σφύριγμα, βουητό, κλπ) και στην ουσία μεταφράζονται ως κάποια βλάβη του εσωτερικού τμήματος του αυτιού (έσω ους), ή ότι υπάρχει ακόμη και βλάβη νεύρων – [24]). Μας ενημέρωσε πως το βουητό αυτό είναι παροδικό, διαρκώντας μόνο μερικές ώρες. Αναμφίβολα, όμως, το εμβοές αθροίζεται καθημερινά όλο και περισσότερο με την έκθεση στο θόρυβο με την πάροδο του χρόνου, το βουητό σταδιακά παύει να παραμένει παροδικό και διαρκεί περισσότερο, μέχρις ότου καταστεί μόνιμο, για αυτό το λόγο απαιτείται προσοχή. Επιπλέον, καταγράψαμε ότι ο πολύ ισχυρός θόρυβος ή όταν στο εργαστήριο υπάρχουν πολλοί φοιτητές, οι οποίοι ενδεχομένως να αναπτύσσουν και ομιλίες, καθώς και η ταυτόχρονη λειτουργία διαφόρων μηχανημάτων δυσχεραίνει την αποτελεσματικότητά του στην επιτέλεση πολλών καθηκόντων, όπως η εκπαίδευση των φοιτητών για χρήση μηχανημάτων. Εργάζεται κατά μέσο όρο περίπου 8-10 ώρες καθημερινά, ωστόσο δεν εκτίθεται καθόλη τη διάρκεια του ωραρίου του σε συνεχή θόρυβο.

5.2.4. Μετρήσεις

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την Παρασκευή 8/04/2016, την Πέμπτη 14/04/2016 και την Πέμπτη 19/05/2016. Πριν τη διεξαγωγή των μετρήσεων θορύβου, μετρήθηκε επίσης η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία σε τέσσερα αντιπροσωπευτικά σημεία στο χώρο. Τα σημεία που ελήφθησαν ήταν οι τέσσερις γωνιακές θέσεις στις οποίες υπήρχαν μηχανήματα, δηλαδή ως θέση Α ορίστηκε η θέση μπροστά από την επιδαπέδια σκούπα αναρρόφησης, ως θέση Β εκείνη μπροστά από το CNC Router που δεν χρησιμοποιείται, ως θέση Γ αυτή μπροστά από το 3D-printer και τέλος η θέση Δ το σημείο ανάμεσα στο Laser pro cutter X380 gcc και το Eurolaser xs-610. Η μέτρηση αυτή έγινε με ένα υγρόμετρο/θερμόμετρο σε απόσταση 1,10m από το ύψος του δαπέδου, την Παρασκευή 8/04/2016 στις 13:00. Οι μετρήσεις παραθέτονται στον Πίνακα 5.3.

Θέση	Θ (°C)	Σχετική υγρασία (%)
A	22,2	54,5
B	22,5	53,5
Γ	22,2	52,7
Δ	21,6	54,2

Πίνακας 5.3 – Θερμοκρασία/Υγρασία στο Εργαστήριο Προπλασμάτων

5.2.4.1. Μέτρηση Θορύβου σε θέσεις εργασίας

Στον Πίνακα 5.4 φαίνονται τα αποτελέσματα όπως αποτυπώθηκαν στο όργανο μέτρησης.

A/A	Θέση εργασίας	L _{Aeq} dB(A)	L _{A Fmax} dB(A)	L _{A Fmin} dB(A)	L _{C peak} dB(A)
1	Οριζόντιος Ταινιολειαντήρας - τριβείο	85	87,2	84,1	101,3
2	Sega επιδαπέδια (χαρτόνι γκρι καφέ ανακυκλώματος 1-3mm)	79,1	84,7	70	102,1
3	Sega επιδαπέδια (χαρτόνι βιβλιοδεσίας 1 mm)	79,9	90,5	70	107,4
4	Κολωνάτο επιδαπέδιο δράπανο-τρυπάνι (κόντρα πλακέ 1-3mm)	83,3	91,6	70	108,3
5	Κολωνάτο επιδαπέδιο δράπανο-τρυπάνι (ακρυλικό χυτό 4 mm)	84,2	91,6	69,8	108,7
6	Dewalt dw721 (mdf 8mm)	94,5	102,8	80,1	106
7	βούρτσα γυαλίσματος μετάλλων και ακρυλλικών	75,2	87,6	62,2	102,2
8	Πάγκος facom 22.25A (καλέμι σφυρί – κοπή σε γκρι χαρτόνι βιβλιοδεσίας 3mm)	86,2	97,8	42,5	116,6

9	Επιδαπέδια σκούπα αναρρόφησης	79,6	82,2	78,7	97,5
10	Κορδέλα κοπής μετάλλων	80,2	93,1	47,6	106,8
11	Αεροφυλάκιο	88,3	95,3	35,7	108,8
12	Ψηφιακό Κοπτικό plotter κοπής ZUND M-800 (χαρτόνι πασπαρτού 1,3mm μικρό κομμάτι)	77,2	84,2	69	103
13	Ψηφιακό Κοπτικό plotter κοπής ZUND M-800) (χαρτόνι πασπαρτού 3mm)	79,7	95,1	50,3	113,2
14	Ψηφιακό Κοπτικό plotter κοπής ZUND M-800 (χαρτόνι πασπαρτού 1,3mm μεγάλο κομμάτι)	79,8	95,1	50,3	113,2
15	Laser cutter (GCC Laserpro) (Μέτρηση στα 4,3 bar)	76,9	84,6	69	95,7
16	Cnc router (μέτρηση χωρίς φορτίο με κεφαλή κοπής 3mm)	74,8	81,1	67,4	94,7
17	Cnc router (μέτρηση χωρίς φορτίο με κεφαλή κοπής 6mm)	74,6	81,1	67,4	94,7
18	Cnc router (μέτρηση με κοπή του υποστρώματος mdf με κεφαλή κοπής 6mm, δίφτερο)	77,2	82,8	67,8	90,3

Πίνακας 5.4 – Μετρήσεις ημερήσιας ηχοέκθεσης σε θέσεις εργασίας στο Εργαστήριο Προπλασμάτων

Από τις μετρήσεις θορύβου που έγιναν στις μεμονωμένες θέσεις εργασίας (Πίνακας 5.4) διαπιστώθηκε ότι τα επίπεδα θορύβου για ημερήσια ηχοέκθεση κυμαίνονταν μεταξύ 74,6 dB(A) (ελάχιστη τιμή) και 94,5 dB(A) (μέγιστη τιμή). Εξαιρέσει αποτελεί η θέση της επιδαπέδιας sega dewalt dw721 η οποία έδωσε $L_{Aeq} = 94,5$ dB(A). Όμως αυτό είναι ένα μηχάνημα που το χειρίζεται αποκλειστικά ο υπεύθυνος του χώρου, η χρήση του δεν είναι καθημερινή και η έκθεσή του σε αυτό είναι το πολύ 20' την ημέρα, εφόσον χρησιμοποιηθεί. Υπενθυμίζεται ότι εάν το επίπεδο θορύβου στη θέση εργασίας δεν ξεπερνά τα 85 dB(A), τότε οι εργαζόμενοι στην συγκεκριμένη θέση εργάζονται σε ικανοποιητικό επίπεδο θορύβου, ενώ αν το επίπεδο θορύβου είναι παραπάνω, τότε πρέπει να γίνει περαιτέρω διερεύνηση (έλεγχος του χρονικού διαστήματος της έκθεσης). Συνεπώς, το εύρος των τιμών στις θέσεις εργασίας βρίσκεται εντός των ορίων που θέτει η νομοθεσία. Βέβαια επειδή τα επίπεδα θορύβου ημερήσιας ηχοέκθεσης σε πολλά μηχανήματα ξεπερνούν τα 80dB(A) συνιστάται στους χρήστες των μηχανημάτων η χρήση ωτοασπίδων.

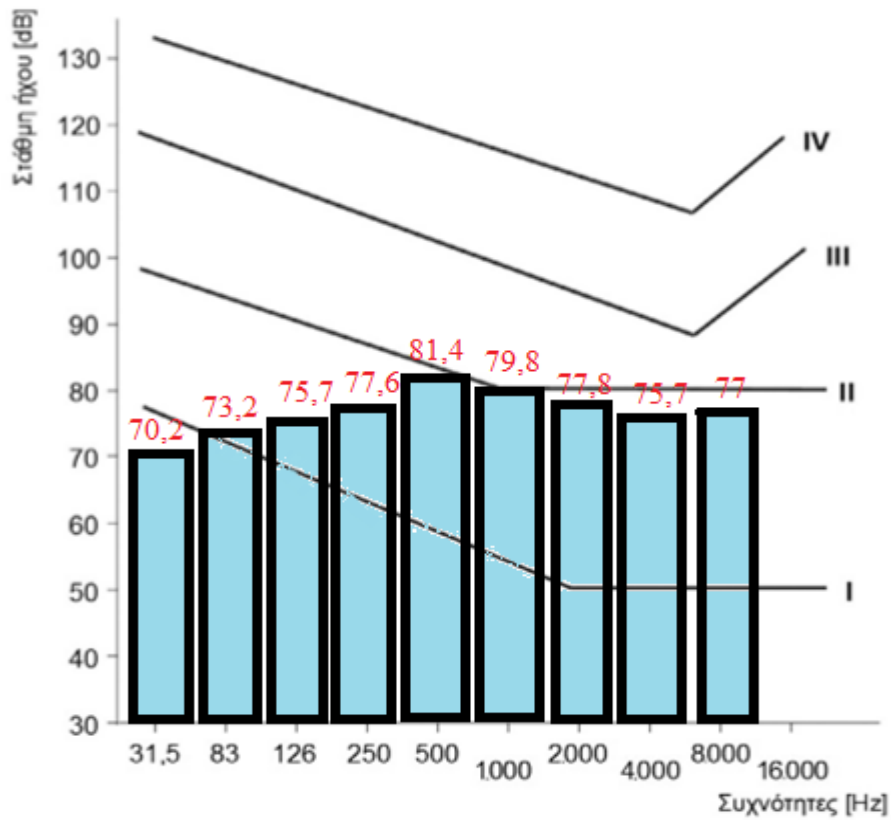
5.2.4.2. Ανάλυση στάθμης θορύβου ανά οκτάβα συχνοτήτων

Στις θέσεις εργασίας των μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται συνήθως τις περισσότερες φορές κατά τη διάρκεια της ημέρας και είναι από τα πιο θορυβώδη, πραγματοποιήθηκε ανάλυση της στάθμης θορύβου ανά οκτάβα συχνοτήτων. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.5:

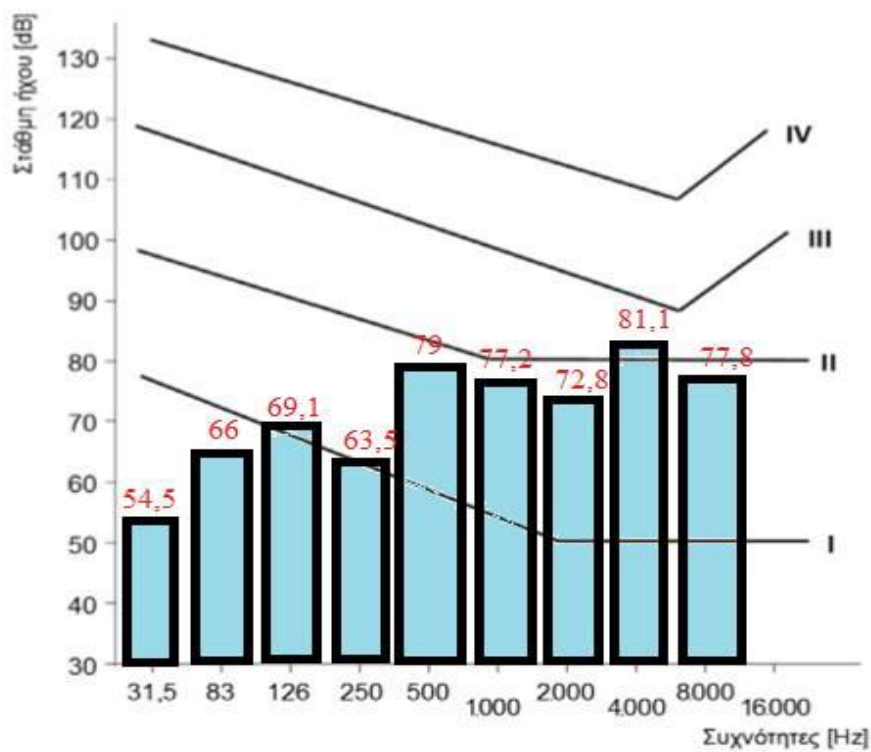
Μηχάνημα/Συσκευή	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz
Ταινιολειαντήρας-τριβείο	70,2	73,2	75,7	77,6	81,4	79,8	77,8	75,7	77
Κολωνάτο επιδαπέδιο δράπανο-τρυπάνι (ακρυλικό χυτό 4 mm)	54,5	66	69,1	63,5	79	77,2	72,8	81,1	77,8
Κορδέλα κοπής μετάλλων	55,3	51	60,2	70,5	70,5	71,5	71,1	72,9	70,5
Dewalt dw721 (mdf 8mm)	69,3	70,2	75,3	78,8	81,6	74,3	73,6	67,9	64,1

Πίνακας 5.5 – Ανάλυση στάθμης θορύβου ανά οκτάβα συχνοτήτων σε μηχανήματα του Εργαστηρίου Προπλασμάτων

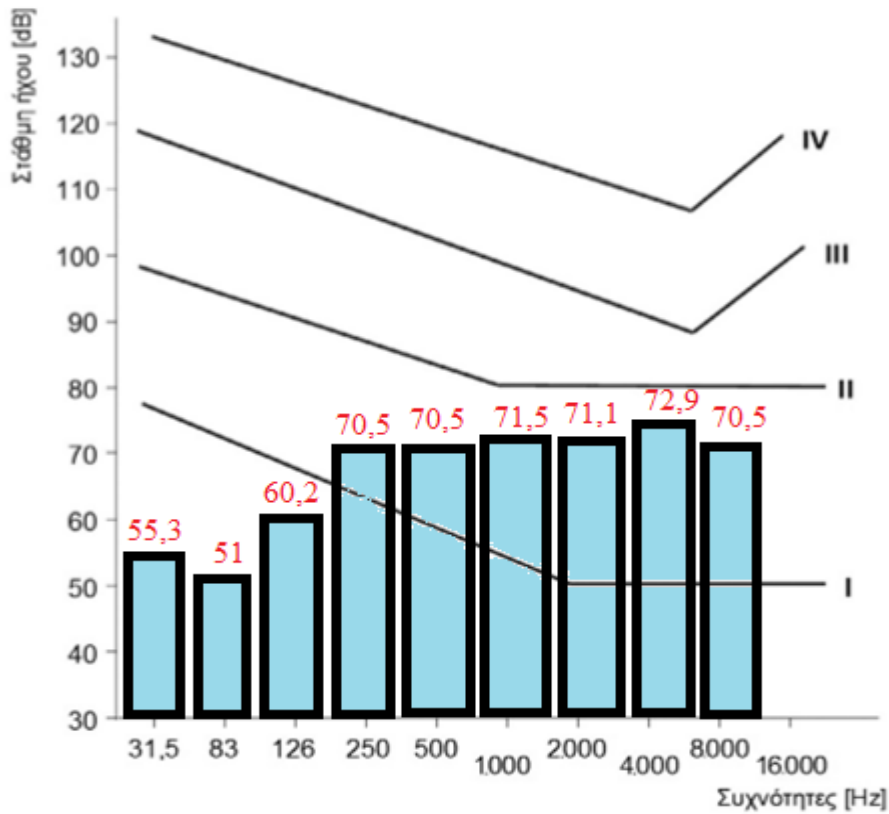
Στη συνέχεια τα διαγράμματα που προέκυψαν από την ανάλυση της στάθμης θορύβου ανά οκτάβα συχνοτήτων, τοποθετήθηκαν στο διάγραμμα για την εκτίμηση των ενδεχόμενων κινδύνων για την ακοή των εργαζομένων και των επιπτώσεων που αυτοί προξενούν στην εργασία (εικόνες 5.8 – 5.11).



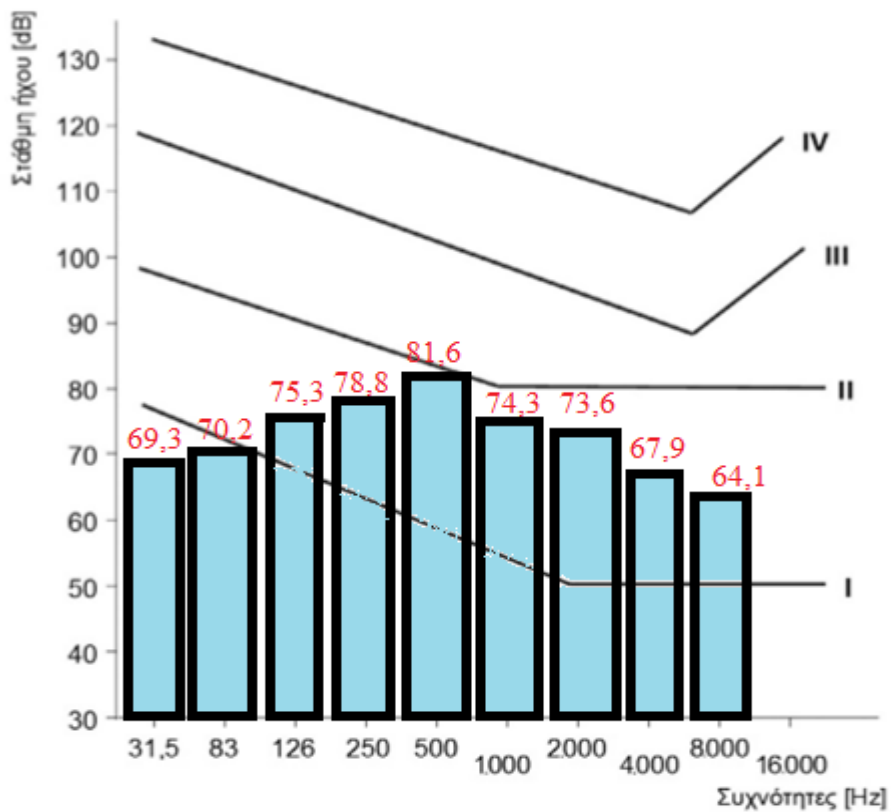
Εικόνα 5.8 – Εκτίμηση των επιπτώσεων του θορύβου στην ακοή και την εργασία στον ταινιολειαντήρα



Εικόνα 5.9 – Εκτίμηση των επιπτώσεων του θορύβου στην ακοή και την εργασία στο κολωνάτο επιδαπέδιο δράπανο



Εικόνα 5.10 – Εκτίμηση των επιπτώσεων του θορύβου στην ακοή και την εργασία στην κορδέλα κοπής μετάλλων



Εικόνα 5.11 – Εκτίμηση των επιπτώσεων του θορύβου στην ακοή και την εργασία στον Dewalt dw721

Όπως είναι γνωστό, τα αυτιά μας είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε ήχους συχνότητας μεταξύ 3000 – 4000 Hz. Από την ανάλυση της στάθμης θορύβου ανά οκτάβα συχνοτήτων που πραγματοποιήθηκε παρατηρείται ότι στη συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων το κολωνάτο επιδαπέδιο δράπανο παρουσιάζει μεγάλα επίπεδα θορύβου που υπερβαίνουν την καμπύλη II (Εικόνα 5.9). Συνεπώς κρίνεται υποχρεωτική η χρήση ωτοασπίδων κατά τη χρήση του συγκεκριμένου μηχανήματος.

Επίσης, παρατηρείται ότι στον ταινιολειαντήρα η στάθμη ήχου σε σημαντικό εύρος συχνοτήτων οριακά τείνει να υπερβεί την καμπύλη II (Εικόνα 5.8), συνεπώς σε περίπτωση συνεχούς έκθεσης στο συγκεκριμένο μηχάνημα θα ήταν απαραίτητη η χρήση ωτοασπίδων.

Από την ανάλυση της στάθμης θορύβου ανά οκτάβα συχνοτήτων που πραγματοποιήθηκε στην κορδέλα κοπής μετάλλων παρατηρείται ότι πρόκειται για το μηχάνημα με τη χαμηλότερη στάθμη ήχου στις διάφορες συχνότητες οι οποίες απέχουν σημαντικά από το όριο που θέτει η νομοθεσία για ενδεχόμενη ακουστική κώφωση.

Τέλος, η επιδαπέδια sega dewalt dw 721, στην οποία σημειώθηκε η μέγιστη τιμή κατά τις μεμονωμένες μετρήσεις, εμφανίζει σχετικά ομοιόμορφη κατανομή του θορύβου στις επιμέρους περιοχές συχνοτήτων με χαμηλή στάθμη ήχου στις χαμηλές και υψηλές συχνότητες. Επιπλέον, η στάθμη ήχου στις διάφορες συχνότητες δεν ξεπερνάει τα όρια της καμπύλης II, για αυτό το λόγο δεν είναι υποχρεωτική η άμεση λήψη μέτρων προστασίας.

5.2.4.3. Μετρήσεις για αποτύπωση Χάρτη Θορύβου - Σενάριο 1

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με τη χρήση του ηχομέτρου προκειμένου να αποτυπώσουμε τις εντάσεις σε χάρτη θορύβου. Τα μηχανήματα που ήταν σε λειτουργία ήταν η επιδαπέδια sega μαζί με τη σκούπα αναρρόφησής της, ο οριζόντιος ταινιολειαντήρας/ τριβείο, το laser cutter (GCC Laserpro X380) και το ψηφιακό κοπτικό plotter ZUND M-800. Κατά τη διάρκεια της λήψης των μετρήσεων, υπήρχαν φορές που κάποια μηχανήματα σταματούσαν στο πλαίσιο του χρόνου λειτουργίας τους, ή επειδή λόγου χάρη ο φοιτητής ή ο υπεύθυνος που τα χρησιμοποιούσε ολοκλήρωνε την εργασία που εκτελούσε, ή ακόμη γιατί χρειαζόταν η τοποθέτηση κάποιου άλλου υλικού για επεξεργασία. Το γεγονός αυτό, δηλαδή της μη σταθερής ταυτόχρονης λειτουργίας των μηχανημάτων σε όλο τον κύκλο των μετρήσεων προφανώς επιδρά στο τελικό αποτέλεσμα. Στον Πίνακα 5.6 παρουσιάζονται οι μετρήσεις που καταγράφηκαν για την αποτύπωση του χάρτη θορύβου.

81,2	79,5	82	82,5	83,6	83,1	83,2
80,3	80,8	79,7	80,9	80	83,5	82,5
81,2	80,8	79,7	80,7	80	83,5	82,3
78,2	78,5	79,3	80,4	80,1	79,9	80,1
79	78,5	79,3	80	80,1	79,9	79,7
80,5	82	80,6	82	81,5	79,1	78,5
80,7	82	80,6	80,8	81,5	79,1	78,6
77	76,6	78,7	79,2	80,6	77	78,1
77,6	76,6	78,7	81,2	80,6	77	78

Πίνακας 5.6 – Μετρήσεις για τη δημιουργία χάρτη θορύβου στο Εργαστήριο Προπλάσμάτων (σενάριο 1)

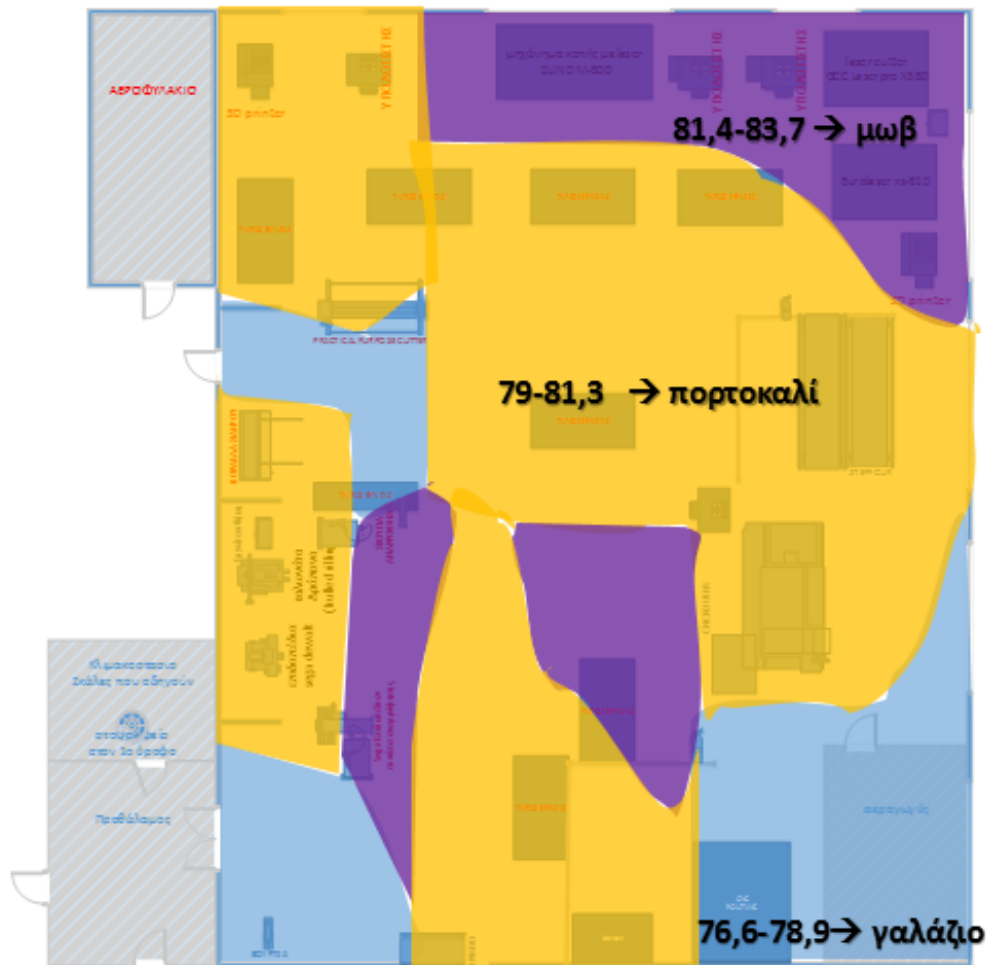
Για τη δημιουργία του χάρτη θορύβου ορίστηκε η ακόλουθη χρωματική κωδικοποίηση:

76,6-78,9 dB(A) → γαλάζιο

79-81,3 dB(A) → πορτοκαλί

81,4-83,7 dB(A) → μωβ

Στην εικόνα 5.12 παρουσιάζεται ο χάρτης θορύβου του Εργαστηρίου Προπλασμάτων, όπου φαίνονται οι ισοθορυβικές περιοχές.



Εικόνα 5.12– Χάρτης θορύβου του Εργαστηρίου Προπλασμάτων (σενάριο 1)

Από το χάρτη θορύβου διαπιστώνεται ότι συνήθως, στη μεγαλύτερη έκταση της αίθουσας κυριαρχούν επίπεδα θορύβου μεταξύ 79 – 81,3 dB(A) (πορτοκαλί ζώνη). Μάλιστα οι περιοχές που εμφανίζουν τα μεγαλύτερα επίπεδα θορύβου (μωβ ζώνη) είναι κοντά στα μηχανήματα που λειτουργούσαν κατά την καταγραφή των μετρήσεων. Όσο απομακρυνόμαστε από τα σημεία όπου βρίσκονται οι πηγές θορύβου τόσο μειώνονται τα επίπεδα θορύβου κάτι το οποίο και αναμενόταν. Παρατηρείται βέβαια μία ακόμη “μωβ ζώνη” στο κέντρο περίπου της αίθουσας, σε σημείο που δεν υπήρχε κάποια ηχογόνος πηγή. Παρόλα αυτά στο συγκεκριμένο σημείο παρουσιάζεται υψηλή στάθμη ήχου, λόγω της συμβολής και των αντανακλάσεων των ήχων από τις ηχογόνες πηγές που βρίσκονται σε λειτουργία. Τέλος, στην γειτονική περιοχή που βρίσκεται το κουβούκλιο τα επίπεδα

θορύβου είναι χαμηλά (γαλάζια ζώνη), καθώς λειτουργεί μόνο η σκούπα του ταινιολειαντήρα που βρίσκεται εντός του κουβουκλίου, ωστόσο ο θόρυβος αυτός δεν επιδρά σημαντικά στο χώρο καθώς έχει απορροφηθεί κατάλληλα από την ηχομόνωση που αυτό διαθέτει.

Όπως παρατηρείται, στο σενάριο αυτό τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονταν μεταξύ 76,6 – 83,6 dB(A). Επομένως, τα επίπεδα θορύβου από την ταυτόχρονη χρήση των μηχανημάτων δεν υπερβαίνουν την οριακή τιμή των 87 dB(A), συνεπώς δεν είναι υποχρεωτική η άμεση λήψη μέτρων αντιμετώπισης του θορύβου.

5.2.4.4. Μετρήσεις για αποτύπωση Χάρτη Θορύβου – Σενάριο 2

Με παρόμοιο τρόπο, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με τη χρήση του ηχομέτρου προκειμένου να αποτυπώσουμε τις εντάσεις σε χάρτη θορύβου με λειτουργία όσων περισσότερων μηχανημάτων θα μπορούσε να είναι εφικτό (Θορυβώδες Σενάριο). Αυτή τη φορά μετρήσαμε σε τρεις νοητές ζώνες, εσωτερικά στο δωμάτιο, αγνοώντας τις μετρήσεις στα άκρα του δωματίου κοντά στους τοίχους. Κατά την περίπτωση αυτή λειτουργούσαν τα εξής μηχανήματα: Το laser cutter (GCC Laserpro X380), το ψηφιακό κοπτικό plotter ZUND M-800 μαζί με τη σκούπα αναρρόφησης, ο οριζόντιος ταινιολειαντήρας/ τριβείο και το CNC router μαζί με τη σκούπα αναρρόφησης.

Για τον ίδιο λόγο, όπως εξηγήσαμε και στο σενάριο 1, υπήρχαν χρονικά διαστήματα στα οποία δεν ήταν σταθερή και ταυτόχρονη η λειτουργία των παραπάνω μηχανημάτων, με αποτέλεσμα να επιδρούν στο τελικό αποτέλεσμα.

Στον Πίνακα 5.7 παρουσιάζονται οι μετρήσεις που καταγράφηκαν για την αποτύπωση του χάρτη θορύβου.

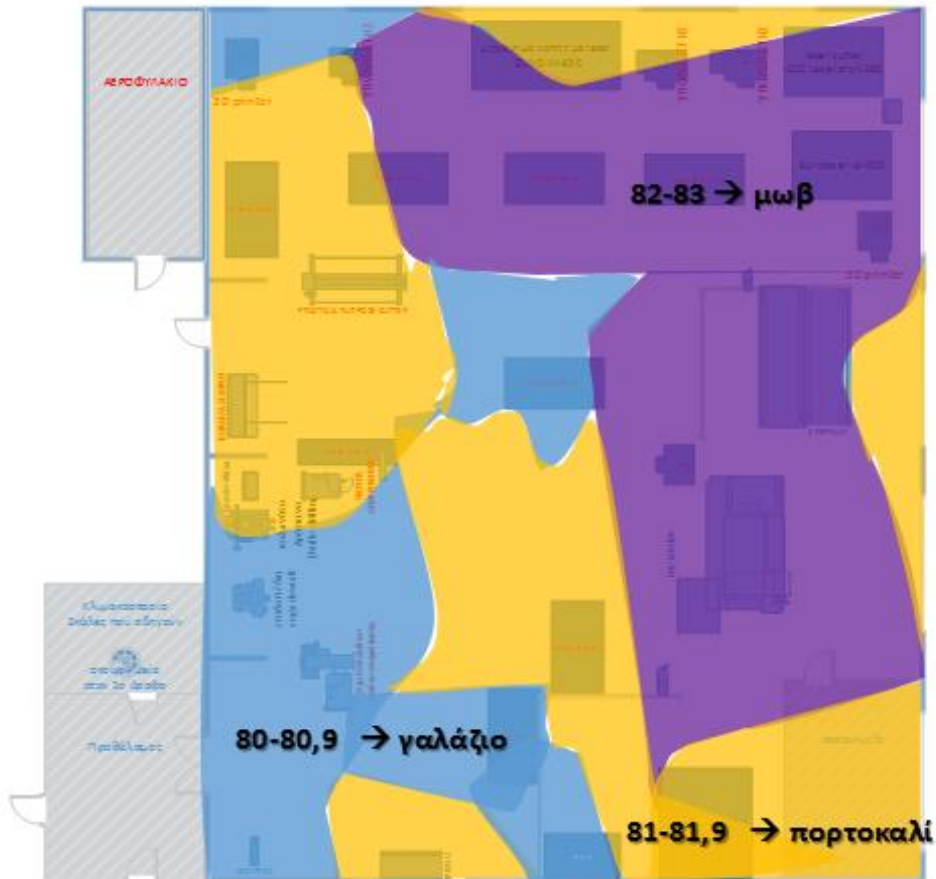
80,3	80,4	82,7	81,2	82,8	83
81,3	81,3	82,5	82,5	82,3	82,3
81,5	81,5	80,8	80,8	82,4	82,4
80,7	80,5	81,7	80,7	82,8	81,9
80,5	80,5	81,5	81,5	82	82
80	80	80,5	80,5	81,2	81,2
80,2	81,4	81	80,3	81,1	81

Πίνακας 5.7 – Μετρήσεις για τη δημιουργία χάρτη θορύβου στο Εργαστήριο Προπλασμάτων (σενάριο 2)

Για τη δημιουργία του χάρτη θορύβου ορίστηκε η ακόλουθη χρωματική κωδικοποίηση:

- 80-80,9 dB(A) → γαλάζιο
- 81-81,9 dB(A) → πορτοκαλί
- 82-83 dB(A) → μωβ

Στην εικόνα 5.13 παρουσιάζεται ο χάρτης θορύβου του Εργαστηρίου Προπλασμάτων, όπου φαίνονται οι ισοθορυβικές περιοχές.



Εικόνα 5.13– Χάρτης θορύβου του Εργαστηρίου Προπλασμάτων (σενάριο 2)

Στο σενάριο 2 έγινε χρήση όσων περισσότερων μηχανημάτων ήταν εφικτό, συνεπώς ήταν αναμενόμενη η ύπαρξη περισσότερων περιοχών με μεγαλύτερα επίπεδα θορύβου (μωβ ζώνες). Αντίστοιχα, όπως και στο σενάριο 1, τα μεγαλύτερα επίπεδα θορύβου (μωβ ζώνη) ήταν κοντά στα μηχανήματα που λειτουργούσαν. Στο σενάριο αυτό της πιο θορυβώδους λειτουργίας τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονταν μεταξύ 80 – 83 dB(A). Παρατηρείται δηλαδή ότι το μέγιστο επίπεδο θορύβου παραμένει σχεδόν το ίδιο, ωστόσο υπάρχει διαφορά στο εύρος των τιμών, καθώς η ελάχιστη τιμή διαφοροποιήθηκε σε σχέση με το πρώτο σενάριο (80dB(A) αντί για 76,6dB(A)). Σε κάθε περίπτωση βέβαια οι τιμές των αποτελεσμάτων είναι εντός των ορίων που θέτει η νομοθεσία. Αξίζει να αναφερθεί πως για πολύωρη συνεχόμενη έκθεση στην περίπτωση κυρίως της πιο θορυβώδους λειτουργίας, αλλά και σε αυτήν μιας συνήθους λειτουργίας των μηχανημάτων, συνιστάται η χρήση ωτοασπίδων.

5.2.4.5. Μέτρηση θορύβου με ηχοδοσίμετρο

Πραγματοποιήθηκε μέτρηση με τη χρήση του ηχοδοσίμετρου προκειμένου να αποτυπωθεί η κατανομή των εντάσεων θορύβου στους εργαζόμενους. Το ηχοδοσίμετρο είχε τοποθετηθεί στον εργαζόμενο ο οποίος βρισκόταν σε συνεχή κίνηση μέσα στο χώρο. Η ένδειξη του οργάνου έδωσε τα εξής: $L_{eq} = 84.9 \text{ dB(A)}$, $L_{epd} = 84.9 \text{ dB(A)}$. Στον Πίνακα 5.8 παρουσιάζεται η ποσοστιαία χρονική κατανομή των εντάσεων θορύβου που έδωσε το ηχοδοσίμετρο.

	Μετρήσεις Ηχοδοσιμέτρου	55 dB(A)	60 dB(A)	65 dB(A)	70 dB(A)	75 dB(A)	80 dB(A)	85 dB(A)	90 dB(A)	95 dB(A)	100 dB(A)
Ηχοδοσίμετρο	Ποσοστό %	0,2	4,6	8,5	14,9	18,7	26,1	17,7	6,8	2,2	0,1

Πίνακας 5.8 – Ποσοστιαία κατανομή εντάσεων θορύβου που δέχεται ο εργαζόμενος στο Εργαστήριο Προπλάσμάτων

Ωρες/ ημέρα	L _{epd}
1.00	75,9
2.00	78,9
3.00	80,7
4.00	81,9
5.00	82,9
6.00	83,7
7.00	84,3
8.00	84,9

Πίνακας 5.9 – Ισοδύναμη δόση για διαφορετικές ώρες εργασίας

Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρατηρείται ότι ο υπεύθυνος δέχεται ισοδύναμη στάθμη συνεχούς ήχου, $L_{Aeq, 8} = 84,9$ dB(A), μεγαλύτερη από τα 80 dB(A) η οποία αποτελεί την κατώτερη τιμή ανάληψης δράσης. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμα στο χώρο εργασίας κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας προκειμένου να εξασφαλίζεται η ακουστική των παρευρισκομένων. Μάλιστα ο υπεύθυνος του εργαστηρίου σπάνια εκτίθεται στο θόρυβο για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Για αυτό, συνήθως, λαμβάνεται υπόψη η ισοδύναμη δόση για διαφορετικές ώρες εργασίας (Πίνακας 6.10).

Απο τη μέτρηση θορύβου που έγινε με το ηχοδοσίμετρο μας ενδιαφέρουν οι τιμές για τρίωρη έως εξάωρη έκθεση στο θόρυβο, καθώς ο υπεύθυνος του εργαστηρίου συνήθως εκτίθεται στο θόρυβο εντός του συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Από την ισοδύναμη δόση για διαφορετικές ώρες εργασίας, λοιπόν, διαπιστώνουμε ότι για έκθεση από 3-5 ώρες το ηχοδοσίμετρο κατέγραψε εύρος τιμών αντίστοιχα από 80,7 – 82,9 dB(A). Επομένως,

διαπιστώνουμε ότι ο δείκτης της μέσης ενέργειας θορύβου στην οποία εκτίθεται ένα άτομο σε μία εργάσιμη ημέρα, L_{Aeq} , βρίσκεται εντός των ορίων που θεσπίζει η νομοθεσία καθώς δεν υπερβαίνει την οριακή τιμή των 87dB(A) και συνεπώς δεν κρίνεται υποχρεωτική η άμεση λήψη μέτρων μείωσης του θορύβου.

5.2.5. Συμπεράσματα-Προτάσεις για το Εργαστήριο Προπλασμάτων

Το Εργαστήριο Προπλασμάτων ήδη έχει εφαρμόσει κάποια μέτρα μείωσης του θορύβου. Ένα βασικό μέτρο πρόληψης το οποίο έχει λάβει είναι η ύπαρξη κουβουκλίου, ενός μικρού δηλαδή δωματίου, στο οποίο βρίσκονται οι σκούπες αναρρόφησης πολλών μηχανημάτων όπως του CNC Router, του ταινιολειαντήρα και της επιδαπέδια sega dewalt dw721. Αυτό το δωμάτιο βρίσκεται στο χώρο του εργαστηρίου (κάτοψη –εικόνα 5.6), προκειμένου να απομονωθούν οι σκούπες και να μειωθούν τα επίπεδα θορύβου. Στην εικόνα 5.14 φαίνεται η ύπαρξη της διπλής ηχομονωτικής πόρτας η οποία λειτουργεί ηχοαπορροφητικά στον εκπεμπόμενο από τις σκούπες θόρυβο.



Εικόνα 5.14 – Ειδικός χώρος για τις σκούπες αναρρόφησης (κουβούκλιο)

Αντίστοιχα, για τον ίδιο λόγο το αεροφυλάκιο έχει τοποθετηθεί σε ξεχωριστό δωμάτιο. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται απομείωση θορύβου στο χώρο που βρίσκονται τα περισσότερα μηχανήματα. Έτσι παρόλο που η μέτρηση του αεροφυλακίου έδωσε $L_{Aeq} = 88,3\text{dB(A)}$, εξαιτίας αυτής της παρέμβασης η συνεισφορά του στα ηχητικά επίπεδα θορύβου στο Εργαστήριο Προπλασμάτων είναι μηδαμινή.

Επιπλέον, γίνεται χρήση ατομικών μέσων προστασίας για την προστασία από το θόρυβο. Χρησιμοποιούνται ωτοασπίδες *economuff*. Οι ωτοασπίδες αυτές συμμορφώνονται σύμφωνα με το πρότυπο BSEN352-1:1993. Πρόκειται για ωτοασπίδες γενικής χρήσης, με ρυθμιζόμενο σκελετό και είναι κατάλληλες για μεγάλη διάρκεια χωρίς να προκαλείται κόπωση στο αυτί. Ο γενικός δείκτης απομείωσης θορύβου, SNR, είναι στα 25 dB(A). Στην εικόνα 5.15 παρατίθεται το συγκεκριμένο μέσο προστασίας.

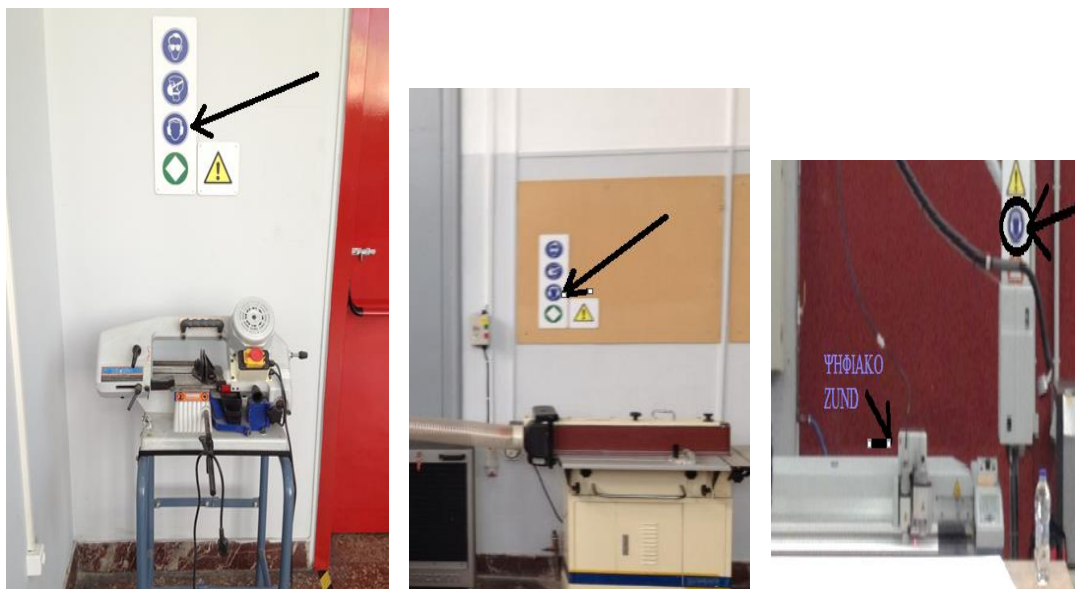


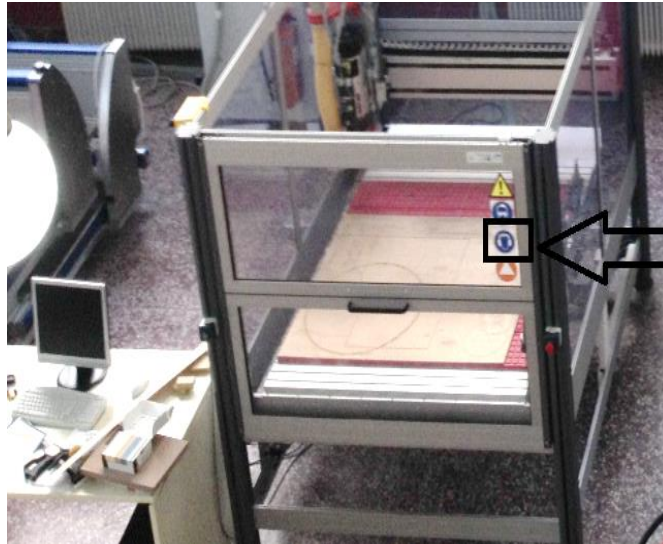
Εικόνα 5.15 – Ατομικά Μέσα Προστασίας

Τέλος, αυτό που παρατηρήθηκε κατά την παρουσία μας στο Εργαστήριο Προπλασμάτων ήταν η κατάλληλη σήμανση που υπήρχε σε πολλά μηχανήματα η οποία προέτρεπε το χρήστη για χρήση ατομικών μέσων προστασίας. Η συγκεκριμένη σήμανση παρατηρήθηκε στα εξής μηχανήματα:

- στην κορδέλα κοπής μετάλλων, όπου μετρήθηκε $L_{Aeq} = 80.2$ dB(A),
- στον ταινιολειαντήρα, όπου μετρήθηκε $L_{Aeq} = 85$ dB(A),
- στο ψηφιακό κοπτικό plotter ZUND M-800, όπου η μέγιστη τιμή που μετρήθηκε για τα διάφορα υλικά κοπής ήταν $L_{Aeq} = 79.8$ dB(A),
- στο Laser pro cutter X380 gcc, όπου μετρήθηκε $L_{Aeq} = 76.9$ dB(A),
- στο CNC Router, όπου η μέγιστη τιμή που μετρήθηκε για τα διάφορα υλικά κοπής ήταν $L_{Aeq} = 77.2$ dB(A).

Η σήμανση αυτή φαίνεται στις εικόνες 5.16.





Εικόνες 5.16 – Σήμανση για χρήση Ωτοασπίδων

Επισημαίνεται, επίσης, πως κατά τη χρήση του σφυριού μετρήθηκε $L_{Aeq} = 86.2 \text{ dB(A)}$. Ο θόρυβος κατά τη χρήση της συγκεκριμένης εργασίας μπορεί να μην είναι συνεχής αλλά είναι κρουστικός και παρουσιάζει υψηλές κορυφοτιμές με αποτέλεσμα να κρίνεται υποχρεωτική η τοποθέτηση ωτοασπίδων από το χειριστή.

Χρήση ωτοασπίδων προτείνεται και κατά τη χρήση των υπολοίπων μηχανημάτων.

Πολλές φορές βέβαια η χρήση ωτοασπίδων δεν είναι βολική, καθώς πολλοί φοιτητές κατά τη χρησιμοποίηση των μηχανημάτων συνεργάζονται μεταξύ τους ή συμβουλεύονται τον υπεύθυνο του εργαστηρίου με αποτέλεσμα η τοποθέτηση των ωτοασπίδων να δυσχεραίνει τη συνομιλία τους. Παρόλα αυτά, βασιζόμενοι στα αποτελέσματα των μετρήσεων, η χρήση τέτοιων μέσων προστασίας κρίνεται απαραίτητη όπως αναφέρθηκε στις παραπάνω περιπτώσεις.

Μια ακόμη λύση θα ήταν ο καθορισμός ωραρίων χρήσης των συγκεκριμένων μηχανημάτων από τον υπεύθυνο του εργαστηρίου. Δηλαδή προκειμένου να μη γίνεται ταυτόχρονη χρήση πολλών μηχανημάτων μαζί, ο υπεύθυνος του εργαστηρίου θα μπορούσε να ανεβάξει στην ιστοσελίδα του εργαστηρίου ένα πρόγραμμα όπου οι φοιτητές θα διαλέγουν ημερομηνία, ώρα και χρήση του μηχανήματος που θέλουνε. Έτσι κατά τη διάρκεια της ημέρας θα μπορούν να εξυπηρετούνται όλοι οι φοιτητές κάνοντας χρήση των μηχανημάτων που χρειάζονται. Με αυτόν τον τρόπο προάγεται η ύπαρξη όσο το δυνατόν μικρότερης μερίδας φοιτητών στο χώρο η οποία θα εναλλάσσεται συνέχεια ανάλογα τα ωράρια που έχουν επιλέξει. Στην ουσία θα είναι όπως στην περίπτωση της εκπαίδευσης των φοιτητών σε κάποιο μηχάνημα από τον υπεύθυνο. Σε αυτό βέβαια θα πρέπει να συμβάλλουν και οι φοιτητές με τακτική συμμόρφωση των χρονικών διαστημάτων σε περιόδους αυξημένου φόρτου εργασίας. Συνεπώς, με αυτό τον τρόπο θα αποφεύγεται η ταυτόχρονη χρήση μηχανημάτων η οποία επιφέρει δυσμενή επίπεδα θορύβου.

6. 3^{ος} Εργαστηριακός Χώρος - Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών



Εικόνα 6.1 – κτίριο Ξ, Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών

Το Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, που βρίσκεται στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου στην Αθήνα, στην παρούσα μορφή του ιδρύθηκε το 1982 από τον Καθηγητή Α.Γ. Μάμαλη. Καλύπτει έκταση περίπου 3200 m², σε τρία επίπεδα. Στο Εργαστήριο επιτελείται εκπαιδευτικό, ερευνητικό και βιομηχανικό έργο πάνω στη μηχανική των κατεργασιών και στη μελέτη της κατεργασιμότητας των προηγμένων υλικών και της συμπεριφοράς τους σε συνθήκες λειτουργίας. [25]



Εικόνα 6.2 – Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών

Το Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών του Ε.Μ.Π. είναι πολύ καλά εξοπλισμένο με πλήρως αυτοματοποιημένες μηχανές, όργανα και διατάξεις για την εξυπηρέτηση των διαφόρων περιοχών των κατεργασιών:

➤ **Διαμορφώσεις**



Εικόνες 6.3 – Μηχανήματα

- Έλαστρα δύο ραούλων για επίπεδη έλαση και έλαση μορφών.
- Μηχανική κατακόρυφη πρέσσα Schuler, ονομαστικής δύναμης 630 kN για διαμόρφωση ελάσματος.
- Μηχανική οριζόντια πρέσσα Schuler μεγάλης ταχύτητας, ονομαστικής δύναμης 1500 kN, για δυναμική σφυρηλάτηση/συμπίεση και τύπωση νομισμάτων.
- Υδραυλική κατακόρυφη πρέσσα SMG, ονομαστικής δύναμης 1000 kN για σφυρηλάτηση, διέλαση, διαμόρφωση ελάσματος, κονιομεταλλουργία και στατική καταπόνηση κατασκευών.
- Σφύρα πίπτουσας μάζας 100 kg με μέγιστο ωφέλιμο ύψος 6 m και ταχύτητες παραμόρφωσης μέχρι 100 s^{-1} , για δυναμική συμπίεση, σφυρηλάτηση, κονιομεταλλουργία και κρουστική καταπόνηση κατασκευών.
- Εγκατάσταση διαμόρφωσης ελασμάτων με εκτόξευση νέφους σφαιριδίων.

Σημειώτέον ότι, μέρος του ανωτέρου εξοπλισμού, που εξυπηρετείται από ένα ρομποτικό βραχίονα V και ελέγχεται αυτόματα, αποτελεί ένα Εύκαμπτο Σύστημα Κατεργασιών Διαμόρφωσης.

➤ **Διαμορφώσεις με πρόσδοση ποσού ενέργειας σε μικρό χρονικό διάστημα (HERF)**



Εικόνα 6.4 – Χώροι Εργαστηρίου

- Εγκατάσταση ηλεκτρομαγνητικής διαμόρφωσης, ικανότητας εκκένωσης 30 kJ, για διαμόρφωση σωλήνων και ελασμάτων, δυναμική συμπίεση κόνεων μεταλλικών και προηγμένων κεραμικών υλικών.
 - Εκρηκτικός θάλαμος, ικανότητας γόμωσης 0,5 kg TNT, για εκρηκτική διαμόρφωση συμπαγούς υλικού και ελάσματος, εκρηκτική συγκόλληση/επένδυση και εκρηκτική συμπίεση κόνεων μεταλλικών και προηγμένων κεραμικών υλικών.
- **Κατεργασίες αποβολής υλικού**
- Συμβατικές εργαλειομηχανές (7 τόρνοι, 3 δράπανα, 1 ακτινικό δράπανο, 2 φρέζες, 2 πλάνες, 3 λειαντικές μηχανές και βοηθητικός εξοπλισμός) που αποτελούν ένα πλήρες Εργαστήριο Εργαλειομηχανών Κοπής.
 - OKUMA CNC κέντρο τόννευσης ακρίβειας, σε κλιματιζόμενο χώρο, που χρησιμοποιείται κυρίως για κατεργασίες υψηλής και λίαν υψηλής ακρίβειας.
 - OKUMA Κέντρο Κατεργασιών (5 αξόνων) για ποικίλες κατεργασίες αποβολής υλικού.



Εικόνες 6.5 – Μηχανήματα

Σημειωτέον ότι, τα δύο αυτά κέντρα, που είναι εφοδιασμένα με ποικίλο λογισμικό συνδεδεμένο με FMS / CIM και Έμπειρα Συστήματα, συνιστούν ένα Ολοκληρωμένο Σύστημα Κατεργασιών Αποβολής Υλικού.

➤ **Επιφανειακές Κατεργασίες/Επικαλύψεις**



Εικόνες 6.6 – Μηχανήματα

- Εγκατάσταση σφαιροβολής/αμμοβολής για επιφανειακή διαμόρφωση και κατεργασία.
 - AGIE μηχανή ηλεκτροδιάβρωσης (EDM) βύθισης.
 - METCO εγκατάσταση ψεκασμού πλάσματος, πλήρως αυτοματοποιημένη, για μεταλλικές πλάκες και κεραμικές επικαλύψεις.
- **Χύτευση / Θερμικές Κατεργασίες / Έγχυση πολυμερών υλικών**
- Πλήρης εγκατάσταση για χύτευση σε άμμο και χύτευση σε μεταλλικό καλούπι.
 - Δύο ηλεκτρικές κάμινι για θερμικές κατεργασίες υλικών.
 - Εκβολέας Johnson για έγχυση πολυμερών υλικών.
- **Συγκολλήσεις**



Εικόνα 6.7 – Αίθουσα

- Πλήρης εγκατάσταση που περιλαμβάνει μηχανές οξυγονοκόλλησης, ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου, ηλεκτροσυγκόλλησης MIG/MAG, TIG και βοηθητικό εξοπλισμό.
- **Δοκιμές και χαρακτηρισμός υλικών - Μηχανικές δοκιμές**
- Μηχανή δοκιμών Instron, μέγιστου φορτίου 100 kN, πλήρως αυτοματοποιημένη, για δοκιμές μονοαξονικού εφελκυσμού/θλίψης και κάμψης.
 - Εγκατάσταση δοκιμών διαξονικού εφελκυσμού.
 - Μηχανική πρέσσα, ονομαστικής δύναμης 80 kN, για δοκιμές καμπτικής κόπωσης.
 - Διάταξη μέτρησης παραμενουσών τάσεων με τη μέθοδο hole-drilling.
 - Δύο τραχύμετρα Taylor-Hobson για τη μέτρηση της τραχύτητας επιφανείας.
- **Μεταλλογραφία/Μικροδομή**



Εικόνα 6.8 – Αίθουσα

- Πλήρες σύστημα ανάλυσης εικόνας.
- Τρία οπτικά μικροσκόπια (Leica, Unimet).
- Δύο μικροσκληρόμετρα (Leitz, Instron/Wolpert).
- Ένα σκληρόμετρο (Wolpert).
- Δύο λειαντικά μεταλλογραφικών δοκιμών (Struers).
- Ένα κοπτικό δοκιμών ακριβείας (Struers).

➤ **Χώροι Διδασκαλίας**



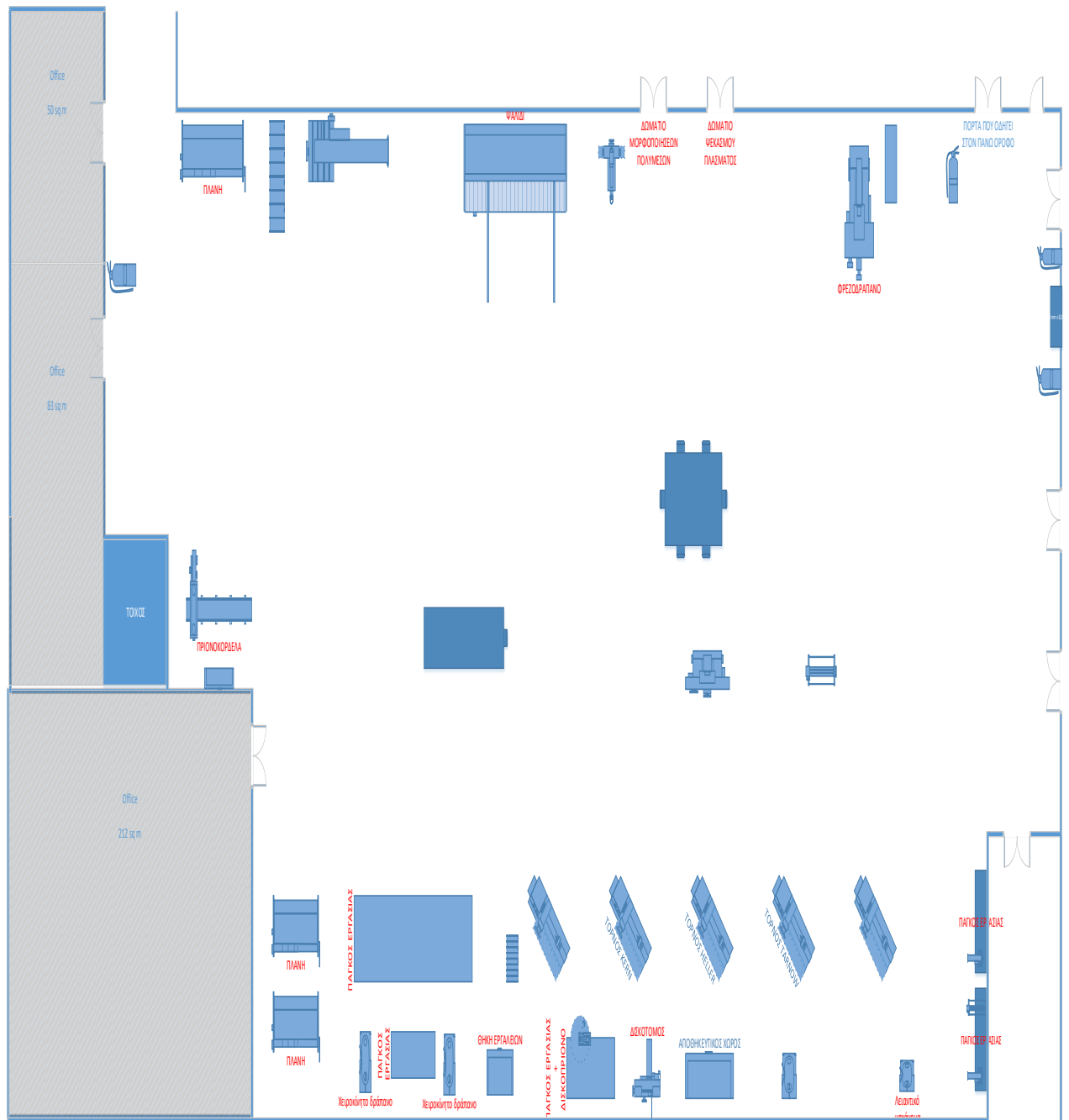
Εικόνα 6.9 – Αίθουσα Διδασκαλίας

Το Εργαστήριο είναι εξοπλισμένο με βιβλιοθήκη και αίθουσες διδασκαλίας. Κάθε ακαδημαϊκό έτος προσφέρει 35 υποχρεωτικές πειραματικές ασκήσεις Εργαστηρίου σε ολόκληρο το φάσμα της Τεχνολογίας των Κατεργασιών των Υλικών για όλους τους προπτυχιακούς φοιτητές της Σχολής Μηχανολόγων (από το 1^ο μέχρι το 9^ο εξάμηνο).



Εικόνα 6.10 – Αίθουσα Διδασκαλίας

Στην εικόνα 6.11 φαίνεται η κάτοψη του χώρου προκειμένου να γίνει μια απεικόνιση του χώρου εργασίας και της χωροθέτησης των μηχανημάτων στο χώρο. Με αυτόν τον τρόπο παρουσιάζονται οι θέσεις εργασίας προκειμένου να γίνεται σαφές κάθε φορά σε ποιο σημείο έγινε η μέτρηση.



Εικόνα 6.11 – Κάτοψη χώρου

6.1. Μηχανήματα

Στο χώρο του εργαστηρίου και κατόπιν επικοινωνίας με τον υπεύθυνο, έγινε η καταγραφή των μηχανημάτων που υπήρχαν. Αναλυτικά παρατηρήσαμε τα εξής :

- 5 τόννοι
- 3 πλάνες
- 1 ψαλίδι

- 1 φρεζοδράπανο
- 1 πριονοκορδέλα
- 1 δισκοπρίονο
- 1 δισκοτόμος
- 2 χειροκίνητα δράπανα
- 1 πιστόλι εκτόνωσης αέρα
- 2 πρέσσες
- 1 CNC
- 3 λειαντικές μηχανές

Στον πίνακα 6.1 περιλαμβάνονται συγκεντρωτικά τα μηχανήματα του χώρου μαζί με τα χρόνια λειτουργίας του καθενός ξεχωριστά.

Μηχανήματα	Έτη Λειτουργίας
Οι πρώτοι 4 τórνοι	70
Τórνος HELLER	8
Πλάνες	60
Ψαλίδι	45
Φρεζοδράπανο	8
Πριονοκορδέλα	8
Δισκοπρίονο	50
Χειροκίνητα δράπανα	65
Πρέσσες	60

Πίνακας 6.1 – Χρόνια λειτουργίας μηχανημάτων

Στο **Παράρτημα Β** γίνεται μια περιγραφή των πηγών στις οποίες έγινε καταγραφή θορύβου.

6.2. Χρήση των μηχανημάτων

Το Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, προσφέρει πειραματικές ασκήσεις για όλους τους προπτυχιακούς φοιτητές της Σχολής Μηχανολόγων από το 1^ο μέχρι το 9^ο εξάμηνο. Σύμφωνα με τον υπεύθυνο του Εργαστηρίου, οι περίοδοι με το μεγαλύτερο εργασιακό φόρτο είναι το Νοέμβριο, το Δεκέμβριο και το Μάιο. Φέτος, λόγω μεγαλύτερης προσέλευσης φοιτητών και εκτέλεσης περισσότερων ασκήσεων, το Εργαστήριο εξυπηρετούσε φοιτητές από το Μάρτιο μέχρι το Μάιο για τις ανάγκες του εαρινού εξαμήνου. Τους υπόλοιπους μήνες τα μηχανήματα δεν μένουν αδρανή, διότι υπάρχουν φοιτητές οι οποίοι εκπονούν τη διπλωματική τους εργασία υπό την επίβλεψη και καθοδήγηση των υπευθύνων. Συνεπώς το πλήθος των φοιτητών ισοκατανέμεται μέσα στο ακαδημαϊκό έτος ώστε να μην υπάρχει πολυάριθμη προσέλευση φοιτητών στο χώρο. Κατά τη διεξαγωγή των πειραματικών ασκήσεων οι φοιτητές χωρίζονται σε ομάδες των 15-20 ατόμων. Κάθε ομάδα μαζεύεται γύρω από το μηχάνημα για την επίδειξη της άσκησης. Ανάλογα την άσκηση διαφοροποιείται και το χρονικό διάστημα λειτουργίας των μηχανημάτων.

Προκύπτει έτσι το συμπέρασμα πως κατά τη διεξαγωγή των ασκήσεων δεν υπάρχει συχνή ταυτόχρονη χρήση των μηχανημάτων. Συνήθως, γίνεται χρήση του τórνου ή του

φρεζοδρέπανου ή κάποιου άλλου μηχανήματος ανάλογα τις ανάγκες κάθε φορά. Τα πιο συνήθη μηχανήματα που λειτουργούν καθημερινά είναι ο δισκοτόμος, ο τόννος, η πριονοκορδέλα και το χειροκίνητο δράπανο. Δεν λειτουργούν ποτέ όλα μαζί είτε διότι δεν είναι αναγκαίο, είτε λόγω έλλειψης ανθρώπινου δυναμικού, καθώς δεν επιτρέπεται η χρήση των μηχανημάτων αποκλειστικά από φοιτητές χωρίς την επίβλεψη κάποιου υπευθύνου.

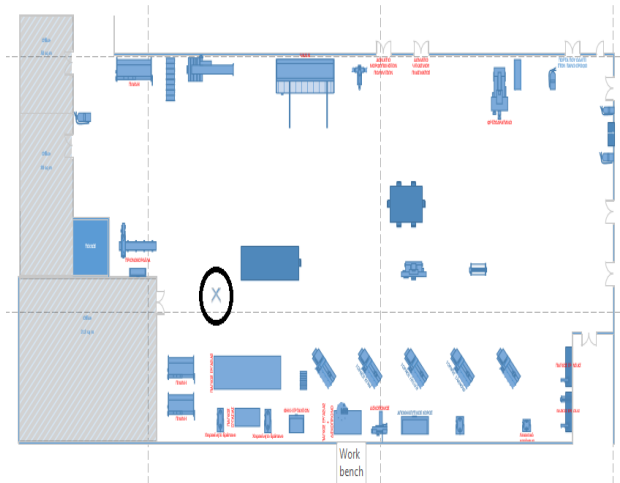
6.3. Συνέντευξη

Κατά την παρουσία μας στο Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών συνομιλήσαμε με δύο υπεύθυνους προκειμένου να συγκεντρώσουμε όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες για το χώρο εργασίας τους και να καταγράψουμε τυχόν προβλήματα. Πήραμε, λοιπόν, συνέντευξη από τους δύο υπεύθυνους που υπάρχουν στο Εργαστήριο.

Αρχικά, μας ενημέρωσαν ότι κατά τη διάρκεια ενός ακαδημαϊκού έτους, συνήθως τις περιόδους που γίνονται οι εργαστηριακές ασκήσεις (διάρκεια 4-5 ώρες καθημερινά) εκτίθενται περισσότερο στο θόρυβο και μετά το πέρας αυτών αισθάνονται κουρασμένοι. Στο χώρο εργασίας τους γενικότερα μας ανέφεραν ότι δεν γίνεται συχνή χρήση ωτοασπίδων, διότι δεν χρησιμοποιούνται ποτέ όλα τα μηχανήματα μαζί και αν αυτό συμβεί είναι ελάχιστες φορές και όχι καθημερινά. Συνήθως τα προβλήματα που συναντούν από τη χρήση των μηχανημάτων εστιάζονται, πέραν του θορύβου, και σε άλλα σημεία του σώματος. Αρχικά, στα μάτια από τυχόν πριονίδια ή από απόβλητα που παράγονται κατά την επεξεργασία των δοκιμίων στα μηχανήματα και στα χέρια από πιθανά γδαρσίματα/κοψίματα κατά τη χρήση αυτών. Για αυτό το λόγο συνιστάται η χρήση στενής ενδυμασίας στο χώρο για αποφυγή ατυχημάτων. Μάλιστα στις εργαστηριακές ασκήσεις, όπως για παράδειγμα στη χύτευση, ο υπεύθυνος του εργαστηρίου φοράει γάντια, μάσκα και ειδική ποδιά για προληπτικούς λόγους. Επιπλέον, κατά τη διεξαγωγή των ασκήσεων η προσέλευση των φοιτητών γίνεται σε ολιγάριθμες ομάδες ώστε να είναι ευκολότερη η επίδειξη της κατεργασίας από τον υπεύθυνο (αποφυγή ομιλιών, καλύτερη εποπτεία των φοιτητών για θέματα ασφάλειας).

6.4. Μετρήσεις

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την Τρίτη 07/06/2016. Πριν τη διεξαγωγή των μετρήσεων θορύβου, μετρήθηκε επίσης η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία σε ένα σημείο στο χώρο. Η μέτρηση αυτή έγινε με ένα υγρόμετρο/θερμόμετρο σε απόσταση 1,10m από το ύψος του δαπέδου, στις 10.30 π.μ. Το σημείο που έγινε η μέτρηση και οι τιμές που προέκυψαν παραθέτονται στην εικόνα 6.22 και στον Πίνακα 6.6 αντίστοιχα.



Εικόνα 6.22 – Θέση της μέτρησης

Θ (°C)	Σχετική υγρασία (%)
24,8	46,8

Πίνακας 6.6 – Θερμοκρασία/Υγρασία στο Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών

6.4.1. Μέτρηση θορύβου σε θέσεις εργασίας

Στον Πίνακα 6.7 φαίνονται τα αποτελέσματα όπως αποτυπώθηκαν στο όργανο μέτρησης.

A/A	Θέση εργασίας	L _{Aeq} dB(A)	L _{A Fmax} dB(A)	L _{A Fmin} dB(A)	L _{C peak} dB(A)
1	Φρεζοδράπανο (υλικό επεξεργασίας αλουμίνιο)	79,4	84,2	55,1	98,7
2	Ψαλίδι (υλικό επεξεργασίας χάλυβας)	85,9	92,2	55,1	112,4
3	Πριονοκορδέλα	84,0	92,2	55,1	112,4
4	Τόρνος Heller (υλικό επεξεργασίας χάλυβας)	82,2	92,2	55,1	112,4
5	Πλάνη χωρίς φορτίο	81,6	92,2	40,6	112,4
6	Χειροκίνητο Δράπανο	81,4	92,2	45,6	112,4
7	Δισκοπρίονο (υλικό επεξεργασίας αλουμίνιο)	84,7	95,6	45,6	112,4
8	Πιστόλι εκκένωσης αέρα	90,1	92,0	45,2	102,6

Πίνακας 6.7 – Μετρήσεις ημερήσιας ηχοέκθεσης σε θέσεις εργασίας στο Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών

Από τις μετρήσεις θορύβου που έγιναν στις μεμονωμένες θέσεις εργασίας (Πίνακας 6.7) διαπιστώθηκε ότι τα επίπεδα θορύβου για ημερήσια ηχοέκθεση κυμαίνονταν μεταξύ 79.4 dB(A) (ελάχιστη τιμή) και 85.9 dB(A) (μέγιστη τιμή). Συνεπώς το εύρος των τιμών στις θέσεις εργασίας βρίσκεται εντός των ορίων που επιβάλλει η νομοθεσία, καθώς είναι μικρότερες από την οριακή τιμή $L_{eq} = 87$ dB(A), τιμή που αν υπερβεί είναι υποχρεωτική η λήψη μέτρων μείωσης του θορύβου. Βέβαια, επειδή οι συγκεκριμένες μετρήσεις υπερβαίνουν το

κατώτερο όριο ανάληψης δράσης των 80dB(A) για ημερήσια έκθεση, κρίνεται σκόπιμη η ύπαρξη ατομικών μέσων προστασίας στο χώρο. Μάλιστα οι συγκεκριμένες μετρήσεις παρουσιάζουν ενδιαφέρον, καθώς τις περισσότερες φορές στο χώρο, ιδιαίτερα τις περιόδους των εργαστηριακών ασκήσεων, γίνεται μεμονωμένη και όχι συνδυαστική χρήση των μηχανημάτων .

6.4.2. Μετρήσεις για αποτύπωση Χάρτη Θορύβου

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με τη χρήση του ηχομέτρου προκειμένου να αποτυπώσουμε τις εντάσεις σε χάρτη θορύβου. Τα μηχανήματα που ήταν σε λειτουργία ήταν δύο τόρνοι, το φρεζοδράπανο Heller, η πριονοκορδέλα και το ψαλίδι. Η ταυτόχρονη χρήση των παραπάνω μηχανημάτων είναι ένα σπάνιο σενάριο το οποίο όμως έγινε ώστε να μετρηθεί το πιο δυσμενές σενάριο θορύβου.

Στον Πίνακα 6.8 παρουσιάζονται οι μετρήσεις που καταγράφηκαν για την αποτύπωση του χάρτη θορύβου. Για τις περιπτώσεις που δεν υπήρχε καμία μέτρηση, καθώς τα σημεία αυτά καλύπτονταν από τοίχους ή άλλα αντικείμενα, υιοθετήθηκε το σύμβολο του αστερίσκου (*).

81,9	82,3	82,5	84,2	85,4	85,8	86,9	87	87,9	91,5	90,1	89,8	87	87,2	86,7	85,8	85	85,5	83	84	83,5
*	83,9	84,2	85	84,4	85,3	85,5	86,9	86,8	87,7	87,3	87,5	86,7	86	86,4	85,3	84,5	84,4	84,6	84,2	83,7
*	*	*	*	*	*	85,5	86	86,8	87,7	86,4	87,5	86,7	86,2	86,4	85,3	85	84,4	84,6	85,6	83,7
*	*	*	*	*	*	83	84,1	84,4	84,6	85,5	85	84	84,3	83,7	84,2	83,5	84,9	85	83,2	83,9
*	*	*	*	*	*	83	83,8	84,4	84,6	84,5	85	84	83,8	83,7	84,2	83,9	84,9	85	84	83,9
*	*	*	*	*	*	82,5	83,2	83,1	82,9	83	83,3	83,4	83,5	82,5	83,5	82,9	82,5	84	82,9	83,2

Πίνακας 6.8 – Μετρήσεις για τη δημιουργία χάρτη θορύβου στο Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών

Δυσμενές Σενάριο

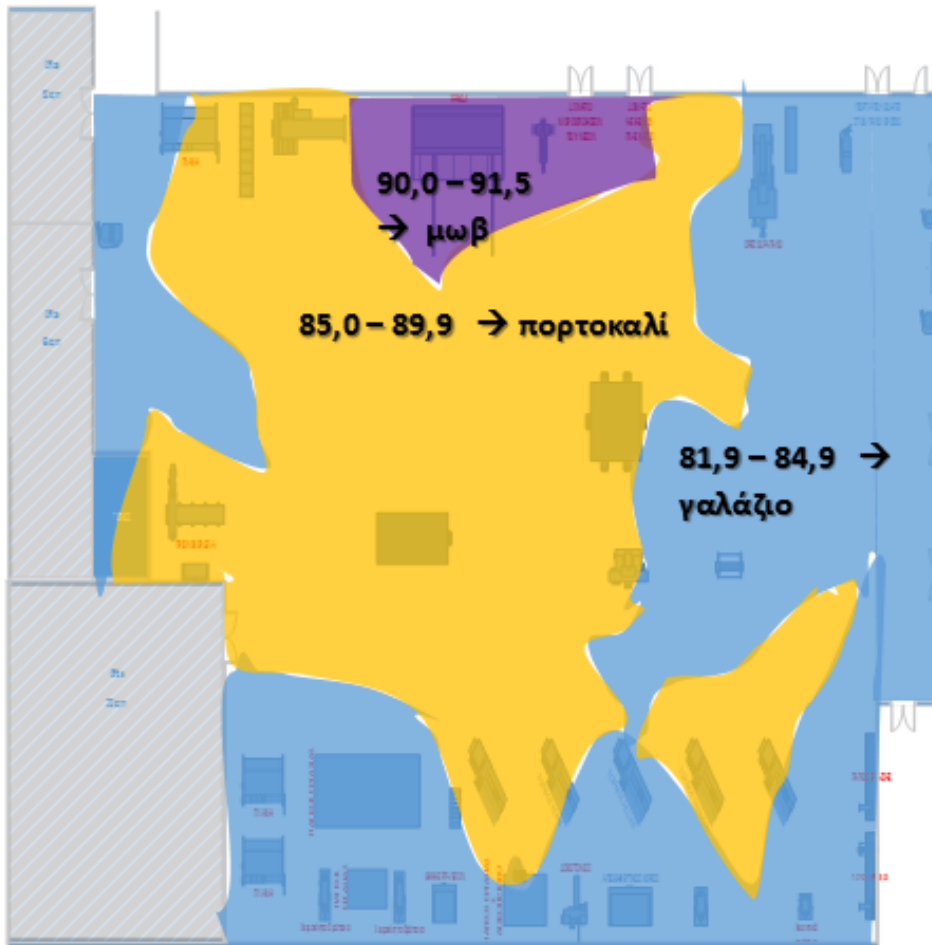
Για τη δημιουργία του χάρτη θορύβου ορίστηκε η ακόλουθη χρωματική κωδικοποίηση:

81,9 – 84,9 dB(A) → γαλάζιο

85,0 – 89,9 dB(A) → πορτοκαλί

90,0 – 91,5 dB(A) → μωβ

Στην εικόνα 6.23 παρουσιάζεται ο χάρτης θορύβου του Εργαστηρίου Προπλασμάτων, όπου φαίνονται οι ισοθορυβικές περιοχές.



Εικόνα 6.23– Χάρτης θορύβου του Εργαστηρίου Κατεργασιών των Υλικών

Από το χάρτη θορύβου διαπιστώνεται ότι συνήθως, τα επίπεδα θορύβου είναι υψηλά και κυμαίνονται μεταξύ 81,9dB(A) - 91,5dB(A). Υπάρχει μια ομοιόμορφη χρωματική κωδικοποίηση, με μεγαλύτερη στάθμη θορύβου στην περιοχή των ηχογόνων πηγών που βρίσκονται σε λειτουργία. Στην περιοχή του ψαλιδιού τα επίπεδα θορύβου ξεπερνούν τα 90dB(A) με αποτέλεσμα εκτεταμένη και συνεχής χρήση του συγκεκριμένου μηχανήματος να μην συνιστάται χωρίς τη χρήση ωτοασπίδων. Οι συγκεκριμένες μετρήσεις, όπως καταγράφηκαν, κρίνονται μη επιτρεπτές, καθώς υπερβαίνουν την οριακή τιμή των 87dB(A) και συνεπώς είναι υποχρεωτική η λήψη μέτρων μείωσης του θορύβου.

Σημείωση: Στο κεφάλαιο 6.5 στο τέλος του κεφαλαίου, υπάρχουν κάποιες παρατηρήσεις για την αποτύπωση του χάρτη θορύβου στο συγκεκριμένο εργαστηριακό χώρο.

6.4.3. Μέτρηση θορύβου με ηχοδοσίμετρο

Πραγματοποιήθηκε μέτρηση με τη χρήση του ηχοδοσίμετρου προκειμένου να αποτυπωθεί η κατανομή των εντάσεων θορύβου στους εργαζόμενους. Το ηχοδοσίμετρο είχε τοποθετηθεί στον υπεύθυνο ο οποίος βρισκόταν σε συνεχή κίνηση μέσα στο χώρο. Η ένδειξη του οργάνου έδωσε τα εξής: $L_{eq} = 84.9 \text{ dB(A)}$, $L_{epd} = 84.9 \text{ dB(A)}$. Στον Πίνακα 6.9

παρουσιάζεται η ποσοστιαία χρονική κατανομή των εντάσεων θορύβου που έδωσε το ηχοδοσίμετρο.

	Μετρήσεις Ηχοδοσιμέτρου	50 dB(A)	55 dB(A)	60 dB(A)	65 dB(A)	70 dB(A)	75 dB(A)	80 dB(A)	85 dB(A)	90 dB(A)	95 dB(A)
Ηχοδοσίμετρο	Ποσοστό %	0,4	1,3	4	6,6	5,7	27,2	15,9	28,6	9,8	0,3

Πίνακας 6.9 – Ποσοστιαία κατανομή εντάσεων Θορύβου που δέχονται οι εργαζόμενοι στο Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών

Μετρήσεις με ΗΧΟΔΟΣΙΜΕΤΡΟ - Αναγωγή L_{epd} για διαφορετικό σύνολο ωρών

Ώρες/ ημέρα	L_{epd}
1.00	75,9
2.00	78,9
3.00	80,7
4.00	81,9
5.00	82,9
6.00	83,7
7.00	84,3
8.00	84,9

Πίνακας 6.10 – Ισοδύναμη δόση για διαφορετικές ώρες εργασίας

Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρατηρείται ότι η ισοδύναμη στάθμη συνεχούς ήχου, $L_{Aeq, 8} = 84,9$ dB(A), είναι μεγαλύτερη από τα 80 dB(A) η οποία αποτελεί την κατώτερη τιμή ανάληψης δράσης. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμα στο χώρο εργασίας κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας προκειμένου να εξασφαλίζεται η ακουστική των εργαζομένων. Σε αυτό το σημείο βέβαια επισημαίνεται ότι η συγκεκριμένη μέτρηση πραγματοποιήθηκε υπό συνθήκες του δυσμενούς σεναρίου το οποίο σπάνια εφαρμόζεται στο χώρο του Εργαστηρίου.

Παρόλα αυτά, η μέτρηση του ηχοδοσιμέτρου δεν υπερβαίνει την οριακή τιμή ηχοέκθεσης, η οποία ανέρχεται στα 87dB(A) για οκτάωρη εργασία και συνεπώς δεν κρίνεται υποχρεωτική η άμεση λήψη μέτρων μείωσης του θορύβου. Μάλιστα οι υπεύθυνοι του εργαστηρίου σπάνια εκτίθενται στο θόρυβο για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Για αυτό, συνήθως, λαμβάνεται υπόψη η ισοδύναμη δόση για διαφορετικές ώρες εργασίας (Πίνακας 6.10). Παρατηρείται ότι για τρίωρη έκθεση στο θόρυβο καταγράφηκε επίπεδο θορύβου

80,7 dB(A), τιμή που βρίσκεται εντός των ορίων που θεσπίζει η νομοθεσία και που οριακά υπερβαίνει το κατώτερο όριο για ανάληψη δράσης. Οι μοναδικές περιπτώσεις που οι υπεύθυνοι του χώρου εκτίθενται περισσότερο χρονικό διάστημα (4-5 ώρες κάθε μέρα) στο θόρυβο είναι κατά τις περιόδους των εργαστηριακών ασκήσεων κατά τις οποίες γίνεται επίδειξη κάποιου μηχανήματος σε διάφορες ομάδες φοιτητών. Σε αυτήν την περίπτωση η ισοδύναμη δόση για 5 ώρες εργασίας έδωσε επίπεδο θορύβου 82,9 dB(A), τιμή που και αυτή βρίσκεται εντός των ορίων που θεσπίζει η νομοθεσία.

6.5. Συμπεράσματα-Προτάσεις για το Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών

Αρχικά, πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι στο συγκεκριμένο εργαστήριο είναι σπάνια η ταυτόχρονη λειτουργία πολλών μηχανημάτων, όπως παρουσιάστηκε στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα το ψαλίδι στο οποίο η μεμονωμένη μέτρηση στη συγκεκριμένη θέση εργασίας δίνει $L_{Aeq} = 85,9$ dB(A), δε λειτουργεί συνέχεια. Αντίθετα κατά την αποτύπωση των εντάσεων στο χάρτη θορύβου το ψαλίδι ήταν συνεχώς σε λειτουργία επηρεάζοντας προφανώς τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Αξιοπρόσεκτο ήταν το γεγονός πως σε ορισμένες περιπτώσεις που ο εργαζόμενος σταματούσε τη λειτουργία του ψαλιδιού το επίπεδο του θορύβου έπεφτε περίπου 10 dB(A).

Παρόλα αυτά, σε περίπτωση που το δυσμενές σενάριο το οποίο καταγράφηκε αποτελέσει ρεαλιστικό σενάριο χρήσης του χώρου μελλοντικά, εφόσον η πλειοψηφία των μετρήσεων, τόσο των μεμονωμένων θέσεων εργασίας όσο και του χάρτη θορύβου, είναι πάνω από 80 dB(A), συνιστάται η χρήση ωτοασπίδων από τους χρήστες του χώρου για συνεχόμενη έκθεση στο θόρυβο.

Επιπλέον, όταν γίνεται πολύωρη χρήση κάποιου συγκεκριμένου μηχανήματος καλό θα ήταν η τοποθέτηση ωτοασπίδων.

Παρόμοια αντιμετώπιση θα πρέπει να λαμβάνεται και στην περίπτωση που λειτουργήσουν 2-3 μηχανήματα ταυτόχρονα για ορισμένο χρονικό διάστημα. Μάλιστα στην περίπτωση αυτή της ταυτόχρονης λειτουργίας δύο ή περισσότερων μηχανημάτων συνιστάται η χρήση ωτοασπίδων.

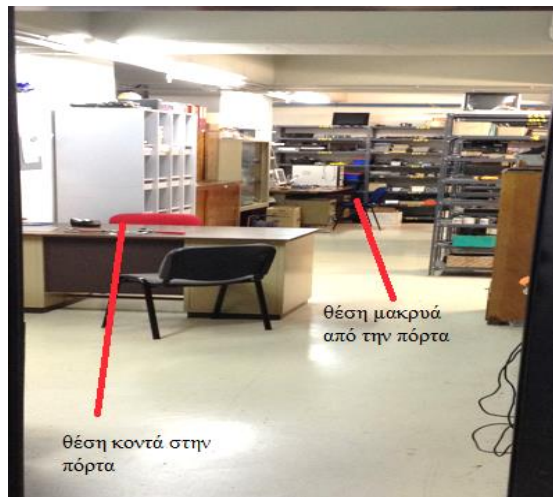
Ένα μέτρο που έχει ήδη εφαρμοσθεί στο εργαστήριο είναι η κατάλληλη ηχομόνωση στις πόρτες και τους τοίχους στις αντίστοιχες αίθουσες. Αυτό διαπιστώθηκε καθώς έγιναν δύο μετρήσεις εντός της αιθούσης, όπου βρίσκονται τα γραφεία των υπευθύνων, μία με ανοικτή και μία με κλειστή την πόρτα στις ίδιες συνθήκες κατά τις οποίες αποτυπώθηκε ο χάρτης θορύβου (εικόνα 6.25). Με ανοικτή την πόρτα καταγράφηκαν οι εξής τιμές:

Θέση Α κοντά στην πόρτα = 71 dB(A) , Θέση Β μακριά από την πόρτα = 65.8 dB(A).

Ενώ με κλειστή την πόρτα καταγράφηκαν οι εξής τιμές:

Θέση Α κοντά στην πόρτα = 60 dB(A) , Θέση Β μακριά από την πόρτα = 53.2 dB(A).

Η διαφορά στα επίπεδα θορύβου είναι σημαντική και μάλιστα με κλειστή την πόρτα οι τιμές είναι εντός των ορίων που θεσπίζει η νομοθεσία για εργασία σε γραφεία. Υπενθυμίζεται ότι σε χώρους γραφείων πρέπει να καταβάλλονται προσπάθειες να διατηρούνται τα επίπεδα θορύβου κάτω από τα 60 dB(A).



Εικόνα 6.25 – Μέτρηση θορύβου εντός της αίθουσας στο Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών

Ένα δεύτερο μέτρο που παρατηρήθηκε ήταν η έδραση των ηχογόνων πηγών (εικόνας 6.26) σε ηχοαπορροφητικά υλικά (π.χ. καουτσούκ, ελατήρια). Σκοπός αυτής της ενέργειας είναι η μείωση της διάδοσης των ηχητικών κυμάτων στα στερεά στα οποία εδράζεται η ηχογόνος πηγή.





Εικόνες 6.26 – Έδραση των ηχογόνων πηγών σε ηχοαπορροφητικά υλικά στο Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών

7. Γενικά Συμπεράσματα

Η μελέτη θορύβου στους εργαστηριακούς χώρους του Ε.Μ.Π. είναι μια διαδικασία που απαιτεί χρόνο, κατάλληλο εξοπλισμό και συνεργασία με τα αρμόδια άτομα του κάθε χώρου. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής η μελέτη θορύβου εστίασε σε τρεις χώρους (Εκτυπωτική Μονάδα, Εργαστήριο Προπλασμάτων και Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών), που αξιολογήθηκαν ως αντιπροσωπευτικοί για τη διαμόρφωση ενός πρότυπου πρωτοκόλλου καταγραφής του θορύβου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μελλοντικά για τη μελέτη του θορύβου σε χώρους του Ε.Μ.Π. με παρεμφερείς χρήσεις.

Η Εκτυπωτική Μονάδα αποτελεί ένα χώρο στον οποίο υπάρχει συνήθως συνεχής ταυτόχρονη χρήση των μηχανημάτων. Τόσο από τις μεμονωμένες μετρήσεις στις θέσεις εργασίας όσο και από το χάρτη θορύβου διαπιστώνεται ότι τα επίπεδα θορύβου είναι εντός των ορίων που θέτει η νομοθεσία, καθώς δεν ξεπερνούν την κατώτερη τιμή ανάληψης δράσης των 80 dB(A). Βέβαια, προσοχή πρέπει να δοθεί στους συνολικούς χρόνους έκθεσης των εργαζομένων βάσει των μετρήσεων που έγιναν με το ηχοδοσίμετρο.

Ένα σημαντικό μέτρο που μελετήθηκε, δοκιμάστηκε και προτείνεται, είναι η εκμετάλλευση των αποθηκευμένων και υπό διακίνηση υλικών ως ηχοφραγμάτων για τη μείωση της στάθμης θορύβου στο χώρο της Εκτυπωτικής Μονάδας Επιπρόσθετα, προτείνεται η αντικατάσταση του υπάρχοντος δαπέδου με ένα άλλο ελαστικό βιομηχανικό δάπεδο το οποίο θα απορροφάει τους κραδασμούς και θα λειτουργεί ηχομονωτικά στο χώρο.

Το Εργαστήριο Προπλασμάτων αποτελεί ένα διατομεακό εργαστήριο στο οποίο γίνεται τόσο ταυτόχρονη όσο και μεμονωμένη χρήση των μηχανημάτων. Κατά τη χρήση των μηχανημάτων (μεμονωμένη ή συνδυαστική) στα οποία τα επίπεδα θορύβου υπερβαίνουν τα 80dB(A), κρίνεται σκόπιμη η χρήση ωτοασπίδων.

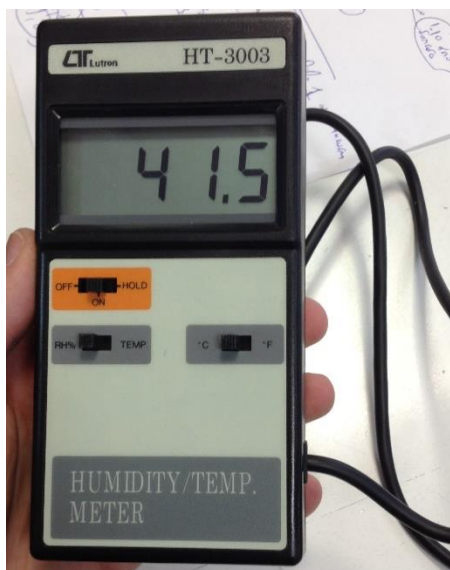
Λόγω της συχνής χρήσης μηχανημάτων και επειδή πολλά μηχανήματα που χρησιμοποιούνται είναι θορυβώδη, το Εργαστήριο ήδη έχει προβεί σε ενέργειες μείωσης των επιπέδων θορύβου. Ένα τέτοιο βασικό μέτρο είναι η τοποθέτηση σε απομονωμένο κλειστό χώρο/κλειστές κατασκευές των ηχογόνων πηγών, σε χώρο όπου δεν υπάρχουν εργαζόμενοι. Επιπλέον, ένα μέτρο που προτείνεται είναι η εφαρμογή διοικητικών αλλαγών. Θα ήταν εφικτό, λοιπόν, ο καθορισμός ωραρίων χρήσης των συγκεκριμένων μηχανημάτων από τον υπεύθυνο του εργαστηρίου, προκειμένου να μη γίνεται ταυτόχρονη χρήση πολλών μηχανημάτων.

Τέλος, το Εργαστήριο Κατεργασιών των Υλικών αποτελεί ένα χώρο στον οποίο γίνεται προγραμματισμένη χρήση συγκεκριμένων μηχανημάτων στα πλαίσια των εργαστηριακών ασκήσεων, ενώ τα υπόλοιπα μηχανήματα χρησιμοποιούνται περιστασιακά στο πλαίσιο διπλωματικών εργασιών και διδακτορικών διατριβών. Η χρήση αυτών των μηχανημάτων τις περισσότερες φορές είναι μεμονωμένη και τα επίπεδα θορύβου δεν υπερβαίνουν την οριακή τιμή των 87dB(A) που θεσπίζει η νομοθεσία. Η μη συνδυαστική χρήση των μηχανημάτων και η μη εκτεταμένη πολύωρη χρήση αυτών, συμβάλει στη διατήρηση χαμηλών επιπέδων θορύβου συγκριτικά με τους άλλους δύο χώρους που μελετήθηκαν.

Παράρτημα Α

Η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή των μετρήσεων είναι το ηχώμετρο 2238 Mediator™ — Class 1 της εταιρείας Brüel & Kjær και το ηχοδοσίμετρο 4436 της ίδιας εταιρείας Brüel & Kjær. Το ηχώμετρο πληρούσε τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 61672-1:2002, όπως αναφέρθηκε και κατά την παρουσίαση του προτύπου ISO 1996-2:2007. Για τη μέτρηση των περιβαλλοντικών συνθηκών χρησιμοποιήθηκε το υγρόμετρο/θερμόμετρο HT-3003 της εταιρείας Lutron.

Φωτογραφίες των οργάνων αυτών φαίνονται στις εικόνες Α.1 –Α.3.



Εικόνα Α.1 - Υγρόμετρο/Θερμόμετρο



Εικόνα Α.2 - Ηχοδοσίμετρο



Εικόνα Α.3 - Ηχόμετρο

Προτού γίνει η περιγραφή των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή των μετρήσεων γίνεται μια βιβλιογραφική αναφορά στα όργανα και τα χαρακτηριστικά τους.

ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

ΗΧΟΜΕΤΡΟ

Ορισμός: Ηχόμετρο ή μετρητής στάθμης ήχου (Sound Level Meter): Βασικό όργανο για τη μέτρηση της στάθμης των ήχων είναι το ηχόμετρο. Το όργανο αυτό μπορεί με τη βοήθεια ηλεκτρονικών κυκλωμάτων να προσομοιώνει την ευαισθησία της ανθρώπινης ακοής. Είναι σχεδιασμένο, δηλαδή, με τέτοιο τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται στον ήχο όπως το ανθρώπινο αυτί και να παρέχει αποτελέσματα μετρήσεων της στάθμης της ηχητικής πίεσης L_p , η οποία αποτελεί το αποτέλεσμα μέτρησης των μεταβολών της πίεσης του αέρα. Μονάδα μέτρησης του ηχομέτρου είναι τα dB(A).

Γενικά

Τα ηχόμετρα είναι όργανα, με τα οποία μετρούνται τα επίπεδα ηχητικής πίεσης και χρησιμοποιούνται σε μελέτες ηχορρύπανσης για την ποσοτικοποίηση σχεδόν όλων των θορύβων. Τα ηχόμετρα διαιρούνται σε 2 κλάσεις, 1 και 2, ανάλογα με την ακρίβειά τους.

Τα ηχόμετρα κλάσης 1 χαρακτηρίζονται από ευρύτερο πεδίο συχνοτήτων, στενότερα όρια ανοχής σφάλματος και είναι πιο ακριβή στις μετρήσεις τους συγκριτικά με τα ηχόμετρα κλάσης 2. Συνεπώς, τα ηχόμετρα κλάσης 1 είναι και πιο ακριβή. Το ίδιο ισχύει και για το όργανο βαθμονόμησης (calibrator), που συνοδεύει το κάθε ηχόμετρο. Παρά το γεγονός ότι τα παραπάνω πρότυπα έχουν αρκετές ομοιότητες, το πιο πρόσφατο πρότυπο είναι

περισσότερο απαιτητικό, όσον αφορά την ακρίβεια των μετρήσεων, τη λειτουργία και τη διακρίβωση των ηχομέτρων. Τα παλαιότερα ηχώμετρα, τα οποία ικανοποιούν τα πρότυπα IEC 60651 και IEC 60804, μπορούν να συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται για τις περισσότερες εφαρμογές. Για τα ηχώμετρα «κλάσης 1» η ανοχή σφάλματος είναι $\pm 0,7$ dB(A), ενώ για τα αντίστοιχα «κλάσης 2» η ανοχή σφάλματος είναι $\pm 1,0$ dB. Τα ηχώμετρα «κλάσης 1» ενδείκνυνται για αυξημένου βαθμού ακρίβειας εργαστηριακή και υπαίθρια χρήση. Τα ηχώμετρα «κλάσης 2» ενδείκνυνται για γενικού σκοπού υπαίθρια χρήση. Τα παραπάνω παρουσιάζονται, συνοπτικά, στον πίνακα Α.1.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΧΡΗΣΗ	ΑΝΟΧΗ	ΤΥΠΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
Τύπος 1 / Κλάση 1	Αυξημένος βαθμός ακρίβειας για εργαστηριακή και υπαίθρια χρήση	$\pm 0,7$ dB(A)	Περιβαλλοντικές, ακουστική κτιρίων, οχήματα δρόμου
Τύπος 2 / Κλάση 2	Υπαίθρια	$\pm 1,0$ dB(A)	Θόρυβος στην εργασία, βασικές περιβαλλοντικές, μηχανοκίνητος αθλητισμός

Πίνακας Α.1 - Κατηγορίες και βασικά χαρακτηριστικά ηχομέτρων

Συνεπώς το ποια κλάση θα χρησιμοποιηθεί, εξαρτάται από τις εφαρμογές για τις οποίες προορίζεται να γίνει η χρήση του, καθώς και από τις ισχύουσες διατάξεις που πρέπει να ικανοποιεί.

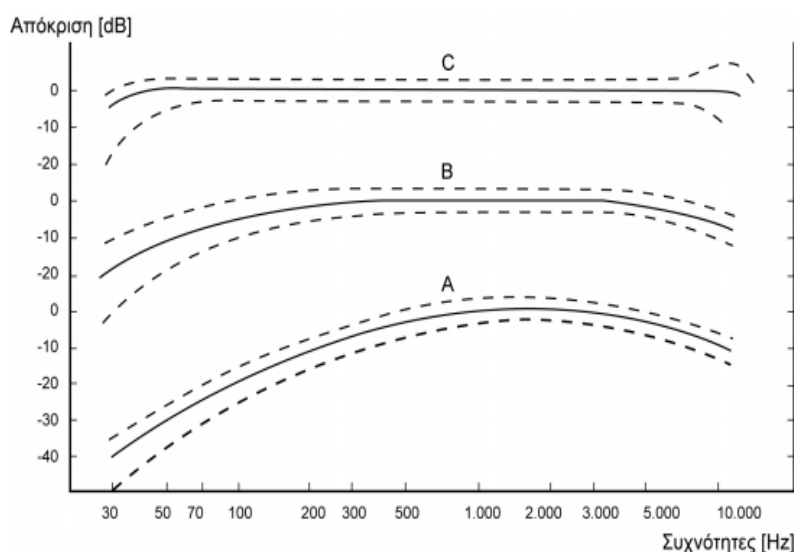
Για παράδειγμα, οι περισσότεροι κανονισμοί μέτρησης εργασιακού θορύβου αναφέρουν, ότι τα ηχώμετρα «κλάσης 2» ή «τύπου 2», τα οποία είναι και χαμηλότερου κόστους, είναι επαρκή για τις μετρήσεις αυτές. Ωστόσο για τις συγκεκριμένες μετρήσεις μπορεί κάποιος να χρησιμοποιήσει και τα ηχώμετρα «κλάσης 1», διότι είναι πιο ακριβή. Επίσης, τα ηχώμετρα «κλάσης 1» ενδείκνυνται να χρησιμοποιούνται για μελέτες περιβαλλοντικού θορύβου, στις οποίες μετρούνται, πολύ συχνά, χαμηλές στάθμες θορύβου και οι οποίες μπορούν να μετρηθούν με περισσότερη ακρίβεια, λόγω της αυξημένης ευαισθησίας του μικρόφωνού τους. Για αυτό το λόγο προορίζονται για χρήση σε περιπτώσεις εργαστηριακών ερευνών και εφαρμογής της νομοθεσίας (όρια θορύβου κλπ).

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΗΧΟΜΕΤΡΩΝ

Σταθμιστικά κυκλώματα – φίλτρα

Η ανθρώπινη ευαισθησία στους ήχους εξαρτάται από τη συχνότητά τους. Η ευαισθησία αυτή, όμως, δεν είναι ίδια σε όλες τις συχνότητες. Τα αυτιά μας είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε ήχους συχνότητας περί τα 3000 Hz, ενώ η ακοή συλλαμβάνει ήχους από 20Hz –

20.000Hz. Δεδομένης της μη γραμμικότητας της απόκρισης της ακοής στους ήχους για τη μέτρηση της στάθμης θορύβου, εκτός από την κλίμακα των dB, χρησιμοποιούνται και άλλες ορισμένες κλίμακες. Οι κλίμακες αυτές έχουν ως σκοπό να προσεγγίσουν τον τρόπο απόκρισης του αυτιού στους ήχους διαφορετικής έντασης και φάσματος συχνοτήτων, μειώνοντας τη μετρούμενη ένταση σε κάποιες περιοχές συχνοτήτων. Η περισσότερο χρησιμοποιούμενη κλίμακα είναι των dB(A), η οποία συσχετίζεται καλύτερα με την υποκειμενική αντίληψη της έντασης των ήχων, καθώς και με την ενόχληση που αισθάνονται οι άνθρωποι. Στην κλίμακα αυτή αναφέρονται και τα όρια για την ημερήσια έκθεση των εργαζομένων στο θόρυβο, όπως έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Στην εικόνα A.4 φαίνονται οι καμπύλες που περιγράφουν τις πιο γνωστές κλίμακες dB.



Εικόνα A.4. - Καμπύλες συχνοτήτων για τη μέτρηση της στάθμης του ήχου στις διάφορες συχνότητες

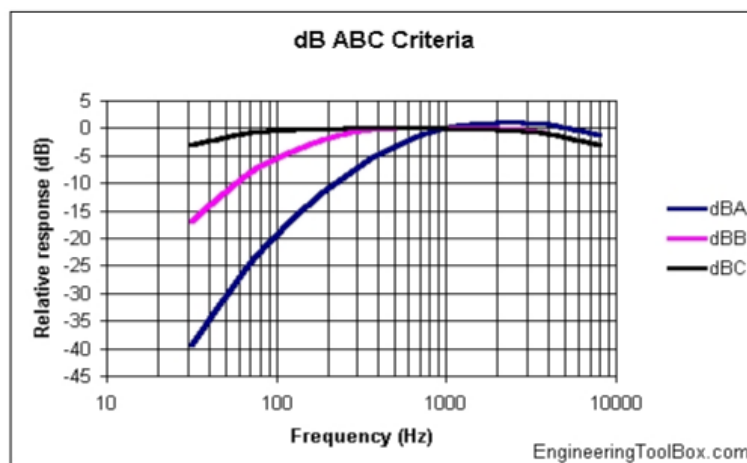
Η καμπύλη A δίνει τη μεταβολή της σχετικής απόκρισης (relative response), δηλαδή της διόρθωσης στάθμης ήχου, σε σχέση με τη συχνότητά του. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται "A-weighting" και εκφράζεται σε dB(A). Για το λόγο αυτό η μέτρηση της A-σταθμισμένης στάθμης ήχου γίνεται με ηχόμετρα εφοδιασμένα με ηλεκτρονικό σύστημα φίλτρων, που ονομάζεται σταθμιστικό κύκλωμα A (ή φίλτρο A) και με το οποίο γίνονται, αυτόματα, οι διορθώσεις στις πραγματικές ηχοστάθμες.

Σύμφωνα με το IEC 61672 για τη λειτουργία των ηχομέτρων ορίζεται η χρήση της σταθμιστικής καμπύλης A ("A-weighting"). Η στάθμη του ήχου τροποποιείται για κάθε σταθμιστική καμπύλη. Όλα τα ηχόμετρα είναι εφοδιασμένα με τα φίλτρα A και C, ενώ τα πιο εξελιγμένα και ακριβά μοντέλα είναι εφοδιασμένα, επιπλέον, και με το φίλτρο Z.

Συνοπτικά, στον πίνακα A.2. -φαίνονται οι 2 πιο συνηθισμένες κλίμακες θορύβου που χρησιμοποιούνται[1] & [13].

Κλίμακες Μέτρησης Στάθμης Θορύβου	ΧΡΗΣΗ
A	<ul style="list-style-type: none"> • εκτίμηση του περιβαλλοντικού θορύβου • υποκειμενική αντίληψη της έντασης των ήχων • όρια για την ημερήσια έκθεση των εργαζομένων στο θόρυβο, όπως έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση
C	Περιπτώσεις για θορυβώδεις συνθήκες περιβάλλοντος όπου υπάρχουν μηχανήματα, εγκαταστάσεις (μετρούνται μηχανικές πηγές θορύβου)

Πίνακας Α.2. - Κλίμακες θορύβου



Εικόνα Α.5. - Κλίμακες θορύβου στις διάφορες συχνότητες

Εύρος μετρήσεων

Το εύρος των μετρήσεων τους κυμαίνεται από 0 έως και 140 dB(A), ενώ η στάθμη αιχμής, η οποία εξ' ορισμού μετριέται με τη χρήση φίλτρου C, μπορεί να μετρηθεί για μέγιστες τιμές της στάθμης της στο διάστημα από 140 - 143 dB(C). Βέβαια, δεν έχουν όλα τα ηχόμετρα τη δυνατότητα να μετρήσουν στάθμες ήχου σε όλο το παραπάνω εύρος. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, το εύρος τους κυμαίνεται από την κατώτερη τιμή των 20-25 dB(A) μέχρι και την τιμή των 130- 140 dB(A) . Επίσης, σε ορισμένα ηχόμετρα το εύρος μετρήσεων τους δεν είναι ενιαίο και καθορίζονται διάφορα διαστήματα συγκεκριμένου εύρους, π.χ. 30-100 dB(A) ή 50-120 dB(A) κλπ, τα οποία ο εκάστοτε χειριστής του οργάνου οφείλει να επιλέξει, ανάλογα με το είδος των μετρήσεων του.

Βασικά Μεγέθη Μέτρησης Θορύβου

Όλα τα ηχόμετρα μπορούν να παρέχουν μετρήσεις των ακόλουθων βασικών παραμέτρων του ήχου:

L_{Aeq} , L_{Ceq} : Ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης με χρήση φίλτρου A και C (dB(A) και dB(C), αντίστοιχα και ανάλογα με τα φίλτρα που διαθέτει το κάθε ηχόμετρο). Η τιμή αυτή αποτελεί δείκτη της μέσης ηχητικής πίεσης για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, σε dB. Το L_{eq} αντιπροσωπεύει τη μέση ενέργεια των διαφόρων επιπέδων θορύβου για ένα χρονικό διάστημα μέτρησης. Αντιστοιχεί στο σταθερό συνεχές επίπεδο θορύβου, το οποίο θα είχε την ίδια ακουστική ενέργεια όπως τα πραγματικά κυμαινόμενα επίπεδα θορύβου, που μετρήθηκαν για το ίδιο χρονικό διάστημα. Μπορεί να λάβει τιμές από 30 dB(A) έως 150 dB(A). Είναι το ολοκλήρωμα των επιμέρους ηχητικών σταθμών στις οποίες εκτίθεται ένας εργαζόμενος και έχει στην ακοή τις ίδιες επιπτώσεις με αυτές που θα είχε η έκθεση σε ένα περιβάλλον όπου η στάθμη θορύβου θα ήταν σταθερά ίση με το L_{eq} . Η ισοδύναμη στάθμη συνεχούς ήχου με χρήση φίλτρου A δίνεται από τη σχέση :

$$L_{Aeq,T} = 10 * \log \left[\frac{1}{T} * \int_0^T \left(\frac{p_a(t)}{p_{ref}} \right)^2 dt \right],$$

Όπου :

T είναι ο συνολικός χρόνος έκθεσης

$p_a(t)$ είναι η μετρούμενη στη χρονική στιγμή t ηχητική πίεση σε (N/m²) και

p_{ref} είναι η ηχητική πίεση αναφοράς των dB που ισούται με $2 * 10^{-5}$ N/m².

L_{Amax} , L_{Cmax} : Είναι η μέγιστη τιμή της στάθμης θορύβου για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης, με συγκεκριμένη δειγματοληψία, με χρήση φίλτρου A και C, αντίστοιχα.

L_{Amin} , L_{Cmin} : Είναι η ελάχιστη τιμή της στάθμης θορύβου για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης, με συγκεκριμένη δειγματοληψία, με χρήση φίλτρου A και C, αντίστοιχα.

L_p (επίπεδα εκπομπής ηχητικής πίεσης): Αιχμή της στάθμης θορύβου για τη χρονική διάρκεια μιας μέτρησης. Η μέτρησή της προκύπτει με χρήση φίλτρου C (L_{Cpeak}). Η μετρούμενη στάθμη αιχμής μπορεί να είναι κατά πολλά dB υψηλότερη σε μια μέτρηση από τη μέγιστη τιμή της στάθμης θορύβου L_{Amax} για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης αυτής. Ισχύει η σχέση $L_p = 10 * \log \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right)$ dB, όπου p_0 είναι η ηχητική πίεση αναφοράς που ισούται με $2 * 10^{-5}$ N/m². Εκφράζεται σε Pascal (Pa).

Γενικά, τιμές Peak > 140 dB(A) (200 Pa) είναι απαγορευτικές και δεν επιτρέπεται η έκθεση των εργαζομένων σε τιμές ίσες ή μεγαλύτερες από αυτή την τιμή. Μια κορυφή ηχητικής πίεσης μπορεί να προκύψει από μια θετική ή μια αρνητική ηχητική πίεση και εκφράζεται σε Pascal (Pa). Η μέγιστη στάθμη κορυφής δίνεται από τη σχέση :

$$L_{C,peak} = 10 * \log \left(\frac{p_{peak}^2}{p_0^2} \right) \text{ dB(A)}$$

$E_{A,D}$ (ημερήσια δόση θορύβου): Το $E_{A,D}$ εκφράζει την ημερήσια δόση θορύβου που δέχεται ο εργαζόμενος και εκφράζεται σε (Pa²*sec). Η παράμετρος αυτή προκύπτει από το

L_{eq} . Είναι το αντίστοιχο του L_{EX} , δηλαδή υπολογίζει την δόση θορύβου σε οχτάωρη βάση. Επίσης, πολύ συχνά εκφράζεται ως ποσοστό, με τα 85 dB(A) να είναι η ανώτατη δόση που μπορεί να δεχθεί ο εργαζόμενος.

$E_{A,Te}$ (δόση θορύβου για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα T_e (αντίστοιχο $L_{Aeq,Te}$)):

Είναι το ολοκλήρωμα του τετραγώνου της Α-σταθμισμένης ηχητικής πίεσης για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο T και εκφράζεται σε($Pa^2 \cdot sec$),

$$E_{A,T} = \int_{t_1}^{t_2} p_A(t)^2 dt ,$$

όπου $p_A(t)$ είναι η στιγμιαία στάθμη ηχητικής πίεσης του ακουστικού σήματος ολοκληρωμένη σε μια χρονική περίοδο . Αυτή η περίοδος μετρούμενη σε δευτερόλεπτα επιλέγεται συνήθως έτσι ώστε να καλύπτει μια ολόκληρη μέρα από την επαγγελματική έκθεση στο θόρυβο που δέχεται ο εργαζόμενος ή μια μεγαλύτερη χρονική περίοδο η οποία καθορίζεται.

Τα επιμέρους $E_{A,T}$ μπορούν να προστεθούν αλγεβρικά (σε αντίθεση με τα dB(A)), με σκοπό να υπολογιστεί η συνολική ημερήσια δόση, $E_{A,D}$ που δέχεται ο εργαζόμενος.

$L_{ex,8h}$ ή $L_{EP,d}$ (Ημερήσιο επίπεδο ατομικής ηχοέκθεσης για μια τυπική 8ωρη εργάσιμη ημέρα): είναι ο χρονικά σταθμισμένος μέσος όρος των επιπέδων έκθεσης στο θόρυβο για ονομαστική εργάσιμη ημέρα 8 ωρών, συμπεριλαμβανομένων και των χρόνων διαλειμμάτων, φαγητού ή αδράνειας των μηχανημάτων, και δίνεται απο τη σχέση:

$$L_{ex,8h} = L_{Aeq,T} + 10 \cdot \log(T_e/T_o) \text{ dB(A)}$$

Όπου:

T_e είναι ο πραγματικός χρόνος εργασίας, ήτοι η διάρκεια ημερήσιας ηχοέκθεσης σε συνθήκες έκθεσης συνεχούς εργασιακού θορύβου και

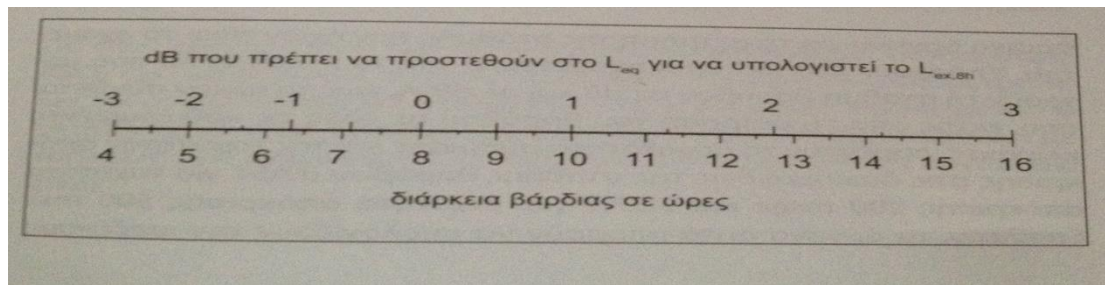
T_o είναι το οκτάωρο εργασίας.

Ο χρόνος $T_o - T_e$ είναι ο συνολικός μη πραγματικά εργάσιμος χρόνος που περιλαμβάνει τα διαλείμματα, φαγητό, χρονική διάρκεια αδράνειας των μηχανημάτων κλπ.

Αποτελεί δείκτης της μέσης ενέργειας θορύβου στην οποία εκτίθεται ένα άτομο σε μία εργάσιμη ημέρα. Ο υπολογισμός γίνεται αφού πρώτα έχουν προσδιοριστεί οι ώρες εργασίας κάθε ατόμου (π.χ. 8 ώρες, 12 ώρες, κλπ). Το $L_{EP,d}$ για εργάσιμη ημέρα 8 ωρών αναφέρεται στη νομοθεσία ως $L_{EX, 8h}$ και λαμβάνεται υπόψη για να τηρηθούν τα όρια της νομοθεσίας. Συνήθως η έκθεση του εργαζομένου είναι 8 ώρες. Συνδέεται άμεσα με το $L_{Aeq,T}$, το οποίο είναι και αυτό το οποίο μετράται. Αν ο χρόνος για τον οποίο έχει υπολογισθεί το $L_{Aeq,T}$ είναι μεγαλύτερος των 8 ωρών ($T > 8 \text{ hr}$), τότε το $L_{ex,8h}$ θα έχει μεγαλύτερη τιμή από το $L_{Aeq,T}$ ($L_{ex,8h} > L_{Aeq,T}$). Σε αντίθετη περίπτωση ($T < 8 \text{ hr}$), τότε ($L_{ex,8h} < L_{Aeq,T}$). Σε αυτές τις περιπτώσεις, για να εκτιμήσουμε το κατά πόσο η στάθμη θορύβου στην οποία εκτίθενται οι εργαζόμενοι βρίσκεται εντός των ορίων που ορίζει η νομοθεσία, χρησιμοποιούμε την εξίσωση :

$$L_{ex,8h} = L_{Aeq,T} + 10 \cdot \log(T/8)$$

Επίσης, το $L_{ex,8h}$, μπορεί να υπολογισθεί απευθείας με βάση το νομόγραμμα στην εικόνα Α.6.:



Εικόνα Α.6. - Νομόγραμμα

Οι αριθμοί κάτω από τη γραμμή αντιστοιχούν στις ώρες που διαρκεί η βάρδια, ενώ οι αριθμοί πάνω από τη γραμμή στη διόρθωση που πρέπει να γίνει προκειμένου η $L_{Aeq,T}$ να μετατραπεί σε $L_{ex,8h}$.

Για παράδειγμα, αν μια εργασία διαρκεί 4 ώρες και η ισοδύναμη στάθμη συνεχούς ήχου είναι $L_{eq} = 89 \text{ dB (A)}$, τότε :

$$L_{ex,8h} = L_{Aeq,T} + 10 \cdot \log(T/8) = 89 - 3 = 86 \text{ dB(A)}$$

Σημείωση. Αν $T = 8 \text{ hr}$, τότε ισχύει ότι: $L_{Aeq,Te} = L_{ex,8h} = L_{Aeq,8h}$

$L_{ex,w}$: είναι ο χρονικά σταθμισμένος μέσος όρος των επιπέδων έκθεσης στο θόρυβο για ονομαστική εβδομάδα πέντε οκτάωρων εργασιμων ημερών.

Στάθμιση χρόνου (Time weighting): Η στάθμιση χρόνου εκφράζει το χρόνο απόκρισης του οργάνου. Οι πιο συνήθεις σταθμίσεις είναι:

- Slow (χρόνος απόκρισης κάθε 1 sec)
- Fast (χρόνος απόκρισης 125 msec)
- Impulse (χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις μέτρησης αιχμών θορύβου)

Το *slow weighting* θα δείξει μια αργή άνοδο στο SPL ακόμα και μια απότομη άνοδο στο επίπεδο θορύβου, ομοίως μια ραγδαία μείωση στο θόρυβο θα εμφανιστεί σαν μια αργή ελάττωση στο SPL. Η άνοδος και η πτώση χρόνου που παρέχεται για *slow weighting* είναι 1sec.

Το *fast weighting* θα δείξει μια γρήγορη άνοδο και πτώση στο SPL ακόμα και εάν το επίπεδο θορύβου είναι πιο κοντά από ότι το *slow weighting*. Η άνοδος και η πτώση χρόνου που παρέχεται για *fast weighting* είναι 125msec.

Το *impulse weighting* επιτρέπει στο όργανο να δείξει ταχείες ανόδους στο επίπεδο θορύβου, ενώ για την κάθοδο έχει μια πολύ πιο αργή εξασθένηση. Είναι κατάλληλο για μέτρηση των αιχμών του θορύβου. Η άνοδος και η πτώση χρόνου για *impulse weighting* είναι 35msec και 1,5sec αντιστοίχως [1] & [13] & [19].

Τα πιο εξελιγμένα ηχόμετρα είναι σε θέση, να υπολογίσουν, επιπλέον, διάφορους ποσοστομοριακούς (στατιστικούς) δείκτες L_N , όπου $N = 0,1\% - 99,9\%$. Οι πιο σημαντικοί από αυτούς είναι οι L_1 , L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} και L_{99} .

Ακουστικός βαθμονομητής (acoustical calibrator):

Το όργανο αυτό διακρίνεται σε «κλάσης 1» και «κλάσης 2». Είναι απαραίτητο, προκειμένου το ηχόμετρο να βαθμονομηθεί τόσο πριν όσο και μετά από κάθε μέτρηση, έτσι ώστε η μέτρηση να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβής. Με αυτόν τον τρόπο το ηχόμετρο ελέγχεται σε διάφορες στάθμες θορύβου, οι οποίες καθορίζονται από τον εκάστοτε κατασκευαστή. Συνήθη επίπεδα βαθμονόμησης του ήχου είναι στα 94 dB(A), 104 dB(A) και 114 dB(A), ενώ η συχνότητα του εκπεμπόμενου ήχου τους είναι στο 1 KHz.

Λογισμικό πρόγραμμα:

Συνοδεύει κάθε ηχόμετρο και παρέχει τη δυνατότητα μεταφοράς των μετρήσεων του ηχομέτρου σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για πιο άνετη επεξεργασία τους. Στη συνέχεια δημιουργείται ένα λεπτομερές αρχείο καταγραφής όπου θα περιγράφεται ο τρόπος και τα σημεία μέτρησης στο χώρο, ώρα/ημερομηνία καταγραφής, θερμοκρασία, ταχύτητα ανέμου, καιρικές συνθήκες, εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε.

Συνθήκες λειτουργίας:

Σύμφωνα με τους κατασκευαστές των ηχομέτρων, υπάρχουν ορισμένες προδιαγραφές, σχετικά με τη λειτουργία των οργάνων ως προς τις περιβαλλοντικές συνθήκες και, κυρίως, τη θερμοκρασία και την υγρασία. Σύμφωνα και με το Διεθνές Πρότυπο 11201, οι κατασκευαστές συνήθως ορίζουν ως θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας τους, το διάστημα από -10° C έως +50° C και ως συνιστώμενες τιμές της σχετικής υγρασίας το εύρος από 30 % έως και 90 ή 95 %.

ΗΧΟΔΟΣΙΜΕΤΡΟ

Ορισμός: Ηχοδοσίμετρο: Η ισοδύναμη στάθμη συνεχούς ήχου του εργαζομένου μπορεί να μετρηθεί με τη χρήση ενός ειδικού οργάνου, το ηχοδοσίμετρο, το οποίο μετράει το θόρυβο που δέχεται ο εργαζόμενος στο ωράριο της βάρδιας του (συνήθως 8 ώρες) ανάγοντάς το σε εκατοστιαία δόση της προκαθορισμένης επιτρεπτής οριακής τιμής για οκτάωρη έκθεση. Χρησιμοποιείται όταν ο εργαζόμενος απασχολείται σε διάφορους χώρους εργασίας και εκτίθεται σε θορύβους διαφορετικών επιπέδων. Το ηχοδοσίμετρο τοποθετείται επάνω στον εργαζόμενο. Το πιο σύνηθες σημείο είναι στο γιακά κοντά στο αυτί, έτσι ώστε να προσομοιώνεται όσο καλύτερα γίνεται ο ήχος που φτάνει στο ανθρώπινο αυτί. Το ηχοδοσίμετρο, μετράει την ισοδύναμη στάθμη συνεχούς ήχου του εργαζομένου.

Παρακάτω συμπεριλαμβάνεται το εγχειρίδιο οδηγιών του ηχομέτρου και του ηχοδοσιμέτρου, σύμφωνα με τα οποία, πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις [17] & [18].

Εταιρεία Brüel & Kjær - Μοντέλο 2238 Mediator εφοδιασμένο με το παρεχόμενο

μικρόφωνο και μικρόφωνο προενισχυτή

Το ηχόμετρο αυτό συμμορφώνεται με τα ακόλουθα πρότυπα.

- IEC 60651 Type 1, 1979 & Amendment 1 1993 & Amendment 2 2000
- IEC/EN 61672 – Draft March 1998 Class 1
- EN 60651 Type 1
- EN 60804 Type 1
- ANSI S1.4 –1983 Type S1
- ANSI S1.43 – 1997 Type 1

Παρεχόμενο μικρόφωνο

Τύπος 4188

Πολωμένο ελεύθερο πεδίο 1/2

Ηλεκτροστατικό μικρόφωνο

Ονομαστική Ευαισθησία: -30 dB, 1 V/Pa

Εύρος Συχνότητας: 8 Hz-16 kHz \pm 2 dB(A)

Χωρητικότητα: 12 pF

Μικρόφωνο προενισχυτή

Τύπος ZC 0030

Καλώδια επέκτασης: Διατίθεται σε μήκη από 3 - 10 m.

Επαναβαθμονόμηση: δεν απαιτείται

Εύρος Μετρήσεων

Δυναμικό εύρος: 80dB(A), ρυθμιζόμενο για να δώσει ενδείξεις πλήρους κλίμακας από 80 έως 140 dB(A)

Επίπεδα αιχμής(peak): 3 dB(A) πάνω από την ανάγνωση της πλήρους κλίμακας

Ανώτατο όριο (RMS) = 10-17 dB(A) κάτω από την ανάγνωση της πλήρους κλίμακας

Εύρος παλμού: 83 dB(A)

Γραμμικό εύρος λειτουργίας (ευρυζωνική): Για τις μεμονωμένες σειρές επιπέδου, στο 1 kHz, το ονομαστικό άνω όριο του επιπέδου μείον το χαμηλότερο επίπεδο ηχητικής πίεσης μετρούμενο με ένα περιθώριο θορύβου της τάξεως των 5 dB(A).

Απεικόνιση

128 pixel \times 64 pixel dot matrix οθόνη με οπίσθιο φωτισμό.

Αυτόματη εκκίνηση

Ο Μεσολαβητής υποστηρίζει συνολικά τέσσερις χρονοδιακόπτες που επιτρέπουν την εγκατάσταση μέτρησης των ωρών έναρξης μέχρι και ένα μήνα προγενέστερα.

Βαθμονόμηση

Ημιαυτόματη, χρησιμοποιώντας Βαθμονομητή Ηχομέτρου τύπου 4231 ή Βαθμονομητή Πολυλειτουργικής Ακουστικής τύπου 4226. Η αρχική εργοστασιακή βαθμονόμηση (ευαισθησία και σειριακός αριθμός μικροφώνου) αποθηκεύεται για σύγκριση με μεταγενέστερες βαθμονομήσεις. Όταν χρησιμοποιείται το παρεχόμενο μικρόφωνο η μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση από την αρχική ευαισθησία είναι $\pm 1,5$ dB.

Ιστορικό Βαθμονομήσεων

20 τελευταίες βαθμονομήσεις συν την αρχική.

Μνήμη

2 Mbytes. Έως 511 μετρήσεις μπορούν να αποθηκευτούν από κάθε φορτωμένο δομικό στοιχείο λογισμικού, συμπεριλαμβανομένης της χρονικής σήμανσης, της πλήρους εγκατάστασης και των στοιχείων βαθμονόμησης.

Ρολόι

Πραγματικού χρόνου (ημερολογιακό).

Χρόνος αποκατάστασης

Από τη στιγμή της εκκίνησης: <10 sec .

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Θερμοκρασία αποθήκευσης: -25°C έως $+70^{\circ}\text{C}$

Θερμοκρασία λειτουργίας: -10°C έως $+50^{\circ}\text{C}$

Επίδραση της θερμοκρασίας: <0,5 dB (-10°C έως $+50^{\circ}\text{C}$)

Επίδραση της υγρασίας: <0,5 dB για 30% <Σ.Υ. <90%

Μπαταρίες

Τέσσερις 1.5 V αλκαλικές μπαταρίες τύπου LR6/AA.

Εξωτερική τροφοδοσία DC

Τάση: Ρυθμιζόμενη 7-15 V

Ισχύς: Περίπου 150 mA - 7 V (περίπου 210 mA με σετ φίλτρων επιλεγμένο)

Βάρος και Διαστάσεις

460 gr (μαζί με τις μπαταρίες)

257 × 97 × 41 mm

Γλώσσα

Σε κάθε όργανο είναι εγκατεστημένα τα Αγγλικά, Γερμανικά, Γαλλικά, Ιταλικά και κείμενο στην ισπανική γλώσσα. Μπορεί να επιλεγθεί μία από τις γλώσσες αυτές οποιαδήποτε στιγμή.

CE	Σήμα CE υποδεικνύει τη συμμόρφωση με: Οδηγία EMC (Οδηγία Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας) και Οδηγία Χαμηλής Τάσης. Σήμα C δηλώνει συμμόρφωση με τις απαιτήσεις EMC της Αυστραλίας και της Νέας Ζηλανδίας
Ασφάλεια	EN 61010-1 και IEC 61010-1: Απαιτήσεις ασφαλείας για ηλεκτρικό εξοπλισμό για μέτρηση, έλεγχο και εργαστηριακή χρήση. UL 3111 - 1: Πρότυπο για την Ασφάλεια - Ηλεκτρική μέτρηση και εξοπλισμός δοκιμής
Εκπομπή Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας	EN 50081-1: Γενικό πρότυπο εκπομπής. Μέρος 1: Κατοικίες, επαγγελματικά και ελαφρά βιομηχανία. EN 50081-2: Γενικές προδιαγραφές εκπομπών ρύπων. Μέρος 2: Βιομηχανικό περιβάλλον. CISPR 22: Χαρακτηριστικά ραδιοφωνικών παρεμβολών εξοπλισμού τεχνολογίας των πληροφοριών. Όρια κατηγορίας B. Κανονισμοί της FCC, Μέρος 15: Συμμορφώνεται με τα όρια για μια ψηφιακή συσκευή Κλάσης B.
Ασυλία Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας	EN 50082-1: Γενικό πρότυπο ασυλίας. Μέρος 1: Κατοικίες, επαγγελματικά και ελαφρά βιομηχανία. Ανοσία ραδιοσυχνοτήτων σημαίνει ότι οι ενδείξεις επίπεδου ήχου των 45 dB(A) ή περισσότερο θα επηρεαστούν κατά περισσότερο από 0,5 dB(A). EN 50082-2: Γενικό πρότυπο ασυλίας. Μέρος 2: Βιομηχανικό περιβάλλον. Ανοσία ραδιοσυχνοτήτων σημαίνει ότι οι ενδείξεις ηχητικής στάθμης 60 dB(A) ή περισσότερο θα επηρεαστούν κατά περισσότερο από 0,5 dB(A). Αυτά τα επίπεδα ανοσίας είναι 14 dB(A) καλύτερα από ό,τι απαιτείται από το πρότυπο IEC / EN 61672

Πίνακας Α.5. - Συμμόρφωση με τα Πρότυπα

Εγχειρίδιο οδηγιών του ηχοδοσιμέτρου, σύμφωνα με το οποίο, πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.

Εταιρεία Brüel & Kjær - Μοντέλο 4436

Χρήση ηχοδοσιμέτρου:

- Αποτίμηση προσωπικής έκθεσης σε θόρυβο
- Αξιολόγηση θορύβου στο χώρο εργασίας

Χαρακτηριστικά ηχοδοσιμέτρου

- Ισχυρό
- Εύκολο στη χρήση
- Ανθεκτικό

Το ηχοδοσίμετρο αυτό συμμορφώνεται με τα ακόλουθα πρότυπα.

- ✓ EEC Directive 86/188/EEC; BS 6402:1983
- ✓ Draft IEC Standard; ANSI S1.25 Draft 1986
- ✓ IEC 1252 1993, IEC 651; IEC 804 1985; ANSI S1.43 1986
- ✓ OSHA and DoD Requirements

Μικρόφωνο

Εσωτερικά: μικρόφωνο πολωμένο με συμπυκνωτή $\frac{1}{4}$ ιντσών, που εντός του οργάνου υπάρχει 70 εκατοστά σωλήνας από καουτσούκ που μεταφέρει ήχους στο μικρόφωνο.

Εξωτερικά: υποδοχή 5-pin για προενισχυτή τύπου 2642, με πολωμένο μικρόφωνο τύπου 4176 (και τα δύο πρέπει να παραγγελοθούν ξεχωριστά).

Σειρές και συντελεστές αναπροσαρμογής

Εύρος συχνοτήτων: 20 Hz έως 8 kHz

Δυναμικό εύρος (εσωτερικού μικροφώνου): επίπεδο θορύβου 55-140 dB(A) (SPL) και 90-143 dB (Peak)

(Με εξωτερικό μικρόφωνο: 40-125 dB (A) (SPL) και 80-128 dB (Peak)).

Στάθμιση συχνότητας (φίλτρο)

Peak - στάθμιση A

Leq και SPL – στάθμιση A

Χρονική στάθμιση(Ανιχνευτές): SPL - Αργά ή γρήγορα, Peak - 100 μ S

Οι στάθμες RMS και Peak μετρώνται ταυτόχρονα.

Ρυθμός Δειγματοληψίας

16 φορές ανά δευτερόλεπτο για SPL και Leq.

Βαθμονόμηση

Η Βαθμονόμηση από τη στιγμή που ξεκίνησε, είναι αυτόματη.

Ρύθμιση

Μικρόφωνο: Εσωτερική ή Εξωτερική ρύθμιση

Χρόνος Στάθμιση (SPL): Αργά ή γρήγορα

Φίλτρο (Peak): A

Τιμές κατωφλίου: off, 75, 80, 85 ή 90 dB(A)

100% (8h) Επίπεδα: 80, 84, 85 ή 90 dB(A)

Απεικόνιση δόσης

Δόση% και 8-ώρη Δόση(%): 0,00% έως 99,99%

Ηχοέκθεση και 8-ώρες ηχοέκθεση: 0.00 Pa²h σε 99,99 Pa²h

L_{EP,d} και P_{sel}: ανάλυση 0,1 dB(A)

Επίπεδο Απεικόνισης

140 dB(A) (Peak) και 115 dB(A) (SPL) υπέρβαση, MaxL, MaxP, Leq, υπερφόρτωση, Διάρκεια υπερφόρτωσης

Κατανομή / αθροιστική κατανομή

Μετρίεται σε διαστήματα 1 dB(A)

Εμφανίζεται σε διαστήματα 1 dB(A) ή 5 dB(A)

Ιστορικό (Ψηφιακή έξοδος μόνο)

Leq, MaxL, τιμές MaxP

Αυτόματη έναρξη και λήξη

Προεπιλογή ώρας έναρξης και λήξης των μετρήσεων.

PUSHKEYS

20 πλήκτρα, τύπου μεμβράνης.

Ένδειξη

2 γραμμές, 16 χώροι αλφαριθμητικών χαρακτήρων κάθε γραμμή της οποίας αποτελείται από πλέγμα 5 × 8 dot.

Ρολόι

Ακρίβεια καλύτερη από ένα λεπτό ανά 24 ώρες.

Εμφανιζόμενες τιμές

Τρέχουσα: ώρες, λεπτά την ημέρα, μήνα

Μέτρηση: έναρξη, λήξη, διάρκεια, παύση, υπερφόρτωση

Μνήμη

Χωρητικότητα: Όλα τα δεδομένα που καταγράφονται κατά τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας

Σταθερή Μνήμη: Όταν είναι εκτός λειτουργίας, το ηχοδοσίμετρο διατηρεί τα αρχικά (setup) δεδομένα μέτρησης (εάν η μπαταρία είναι επίπεδη ή αφαιρεθεί, τα δεδομένα διατηρούνται για τουλάχιστον 1 ώρα.

Βάρος και Διαστάσεις

250 gr (μαζί με τις μπαταρίες)

137 × 79 × 22 χιλιοστά

Παράρτημα Β

Β1. Χαρακτηριστικά λειτουργίας μηχανημάτων του 1^{ου} Εργαστηριακού Χώρου

Σύμφωνα με το πρότυπο 11201:2010, ορισμένες πληροφορίες σχετικά με την υπό-εξέταση πηγή πρέπει να συγκεντρώνονται και να καταγράφονται. Παρακάτω γίνεται μια περιγραφή των πηγών στις οποίες έγινε καταγραφή θορύβου.

Ασπρόμαυρο Φωτοτυπικό 1

Τα χαρακτηριστικά του φωτοτυπικού είναι τα ακόλουθα:

BRAND NAME - MANUFACTUTER	Gestetner
ΜΟΝΤΕΛΟ	Aficio MP 1350
ΤΥΠΟΣ	All-in-one (printer/scanner/copier)
ΈΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	2004
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ:	
Πλάτος	1476 mm
Ύψος	860 mm
Βάθος	870 mm
Βάρος	305 kg
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΚΤΥΠΩΤΗ	110 Αντίγραφα το λεπτό
ΤΥΠΟΣ ΕΚΤΥΠΩΤΗ	Laser
ΤΥΠΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	Μονόχρωμη (ασπρόμαυρη) εκτύπωση



Εικόνα Β.1.1 – Φωτοτυπικό 1

Ασπρόμαυρο Φωτοτυπικό 2

Τα χαρακτηριστικά του φωτοτυπικού είναι τα ακόλουθα:

BRAND NAME - MANUFACTUTER	Gestetner
ΜΟΝΤΕΛΟ	Pro1357ex
ΤΥΠΟΣ	All-in-one (printer/scanner/copier)
ΈΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	2004
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ:	
Πλάτος	870mm
Ύψος	1476 mm
Βάθος	858,5 mm
Βάρος	305 kg
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΚΤΥΠΩΤΗ	110 Αντίγραφα το λεπτό
ΤΥΠΟΣ ΕΚΤΥΠΩΤΗ	Laser
ΤΥΠΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	Μονόχρωμη (ασπρόμαυρη) εκτύπωση



Εικόνα Β.1.2 – Φωτοτυπικό 2

Φωτοτυπικό (έγχρωμο)

Τα χαρακτηριστικά του φωτοτυπικού είναι τα ακόλουθα:

BRAND NAME - MANUFACTUTER	Develop
ΜΟΝΤΕΛΟ	Ineo+ 6501 c6501e
ΤΥΠΟΣ	All-in-one (printer/scanner/copier)
ΈΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	2004
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ:	
Πλάτος	786mm
Ύψος	992 mm

Βάθος	1056 mm
Βάρος	360 kg
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΚΤΥΠΩΤΗ	65 Αντίγραφα το λεπτό
ΤΥΠΟΣ ΕΚΤΥΠΩΤΗ	Laser
ΤΥΠΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	Έγχρωμη εκτύπωση



Εικόνα Β.1.3 – Φωτοτυπικό (έγχρωμο)

duplo system 5000

Τα χαρακτηριστικά του duplo system 5000 είναι τα ακόλουθα:

BRAND NAME - MANUFACTUTER	Duplo
ΜΟΝΤΕΛΟ	5000 System
ΤΥΠΟΣ	Μηχάνημα σύνθεσης βιβλίου
ΈΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	2000
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ:	
Πλάτος	889mm
Ύψος	889 mm
Βάθος	762mm
Βάρος	47,42kg
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	700 βιβλία των 80 σελίδων την ώρα



Εικόνες Β.1.4 – duplo system 5000

Μηχάνημα που διπλώνει χαρτί

Τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου μηχανήματος είναι τα ακόλουθα:

BRAND NAME - MANUFACTUTER	Digifold Nagel
ΜΟΝΤΕΛΟ	Greifer 280550
ΤΥΠΟΣ	Μηχάνημα που διπλώνει χαρτί σε μέρη με την πίεση του αέρα
ΈΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	2007
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ:	
Πλάτος	1840mm
Ύψος	1115mm
Βάθος	640mm
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΠΛΩΣΗΣ	50-100 φύλλα το λεπτο



Εικόνες Β.1.5 – Digifold Nagel

Ταχυεκτυπωτικά

Τα χαρακτηριστικά των ταχυεκτυπωτικών είναι τα ακόλουθα:

BRAND NAME - MANUFACTUTER	RISO	
ΜΟΝΤΕΛΟ	RISO RZ 200/230 ep	
ΤΥΠΟΣ		
ΈΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	2013	
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ:		
	Πλάτος	1380mm
	Ύψος	660mm
	Βάθος	645mm
	Βάρος	95kg
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΚΤΥΠΩΤΗ		
ΤΥΠΟΣ ΕΚΤΥΠΩΤΗ		
ΤΥΠΟΣ ΕΞΟΔΟΥ		
	135 αντίγραφα το λεπτό	65 Αντίγραφα το λεπτό
	Laser	Laser
	Ασπρόμαυρη εκτύπωση	έγχρωμη εκτύπωση



Εικόνες Β.1.6 – Ταχυεκτυπωτικά

Offset

Υπάρχουν 5 τέτοια μηχανήματα στο χώρο εκ των οποίων 2-3 συνήθως χρησιμοποιούνται.

Τα χαρακτηριστικά των Offset είναι τα ακόλουθα:

BRAND NAME - MANUFACTUTER	A.B. DICK
ΜΟΝΤΕΛΟ	1200
ΤΥΠΟΣ	AB Dick Duplo DC-1200
ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	τρία από τα πέντε: 1995, δύο από τα πέντε: 2004
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ:	
Πλάτος	207mm
Ύψος	299mm
Βάθος	203,2mm
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	8000 αντίγραφα την ώρα
ΤΥΠΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	Μονόχρωμη (ασπρόμαυρη) εκτύπωση



Εικόνες Β.1.7 – Offset

Θερμοκολλητικό μηχάνημα

Το BOURG Binder 3002 PUR είναι ένα θερμοκολλητικό μηχάνημα για δέσιμο χαρτιών σχεδιασμένο για να παράγει βιβλία. Συνήθως το συγκεκριμένο μηχάνημα δε χρησιμοποιείται από τους εργαζόμενους καθώς είτε προτιμάται το θερμοκολλητικό χειρός σε περιπτώσεις ελάχιστου φόρτου εργασίας για εξοικονόμηση χρόνου ή χρησιμοποιείται το θερμοκολλητικό μηχάνημα που παρουσιάζεται παρακάτω. Τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου θερμοκολλητικού μηχανήματος είναι τα ακόλουθα:

BRAND NAME - MANUFACTUTER	Bourg
ΜΟΝΤΕΛΟ	BB 3002 PUR

ΤΥΠΟΣ	Μηχάνημα που κολλάει σελίδες για την δημιουργία βιβλίου (Glue Binding Machine)
ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	1995
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ:	
Πλάτος	500mm
Ύψος	1500mm
Βάθος	350mm
Βάρος	640 Kg
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	100 βιβλία την ώρα



Εικόνα Β.1.8 – Θερμοκολλητικό Bourg

Θερμοκολλητικό μηχάνημα



Εικόνες Β.1.9 – Θερμοκολλητικό



Εικόνες Β.1.10 – Θερμοκολλητικό

Κοπτικό μηχάνημα

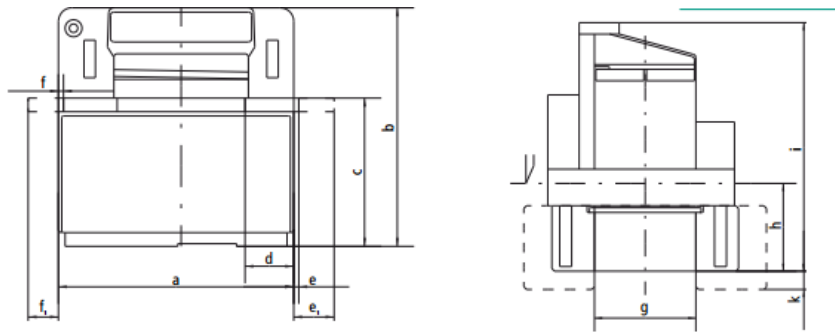
Τα χαρακτηριστικά του κοπτικού μηχανήματος είναι τα ακόλουθα:

BRAND NAME - MANUFACTUTER	Perfecta
ΜΟΝΤΕΛΟ	76 UC
ΤΥΠΟΣ	Perfecta 76 UC(κοπτικό μαχαίρι χαρτιού)
ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	2005
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ:	
Πλάτος του πίνακα κοπής	760mm
Ύψος	110mm
Χρήσιμο οπίσθιο μήκος τραπεζιού	760mm
Βάρος	1650 Kg
ΚΙΝΗΤΗΡΙΑ ΙΣΧΥΣ	2,2kW
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	100 βιβλία την ώρα



Εικόνα Β.1.11 – Κοπτικό

Ένα σκαρίφημα του κοπτικού μηχανήματος με τις βασικές διαστάσεις φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα Β.1.12 – σκαρίφημα κοπτικού μηχανήματος

TYP	P76	TYP	P76
a	1400	F	30
b	1400	f'	180
c	870	G	760
d	290	H	650
e	30	I	1825
e'	240	J	135

Πίνακας Β.1.1 – Κοπτικό

Αεροφυλάκιο



Εικόνα Β.1.13 – Αεροφυλάκιο

B2. Χαρακτηριστικά λειτουργίας μηχανημάτων 2^{ου}

Εργαστηριακού Χώρου

Παρακάτω γίνεται μια περιγραφή των πηγών στις οποίες έγινε καταγραφή θορύβου.

Επιδαπέδια sega (επιτραπέζιο πριόνι)

Τα χαρακτηριστικά της Επιδαπέδια sega (επιτραπέζιο πριόνι) είναι τα ακόλουθα:

- BRAND NAME – MANUFACTUTER: Universal feinschnittsage
- Μοντέλο: Hegner multicut SE
- Διαστάσεις: 435x230mm, κλίσης 45^ο, 12^ο περιστροφής
- Διαμήκη δίοδο: 460 mm
- Ύψος διέλευσης: 65 mm
- Βάρος: 23 kg
- Έτος Κατασκευής: 2010 - Baujahr
- Κινητήρας: 230V, 100W, 100 -1400U/min
- Serial No: 1109155



Εικόνες Β.2.1 – Επιδαπέδια sega (επιτραπέζιο πριόνι)

Επιδαπέδια sega dewalt de7880

Τα χαρακτηριστικά της Επιδαπέδια sega dewalt είναι τα ακόλουθα:

- BRAND NAME – MANUFACTUTER: deWalt de7880
- Μοντέλο: mod dw788-qs type 1
- Έτος Κατασκευής: 2003-Καναδάς
- Κινητήρας: 230V, 50Hz, 0.4A, 75W
- Στροφές: 450-1750 rpm



Εικόνες Β.2.2 – Επιδαπέδια sega dewalt

Κολωνάτο επιδαπέδιο δρέπανο-τρυπάνι (bulle drilling)

Τα χαρακτηριστικά του κολωνάτου επιδαπέδιου δρέπανου είναι τα ακόλουθα:

- BRAND NAME – MANUFACTUTER: BULLE (drilling machine)
- Μοντέλο: ZJ 4116/1
- Έτος Κατασκευής: 2004
- Κινητήρας: 1Hp, 1 phase, 230V, 50Hz, 6.3A, 0.75kW, 4 poles
- Στροφές: 1420 rpm
- Serial No: 00079 K
- ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΞΟΝΑ-ΚΟΛΩΝΑΣ: 162 mm
- Βάρος: 45 kg
- Διάμετρος κολώνας \varnothing : 72 mm
- Διαστάσεις τραπεζιού : 290 x 290 mm
- Διαδρομή άξονα max : 85 mm
- Διαστάσεις μηχανήματος (Μ x Π x Υ): (820 x 500 x 290) mm
- ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΡΥΠΗΜΑΤΟΣ : 16 mm



Εικόνες Β.2.3 – Κολωνάτο επιδαπέδιο δράπανο-τρυπάνι

Στις εικόνες Β.2.4 παρουσιάζονται κάποια από τα εργαλεία κοπής του συγκεκριμένου τρυπανιού. Έτσι ανάλογα το βάθος κοπής, τις διαστάσεις οπών χρησιμοποιείται αντίστοιχα διαφορετική κεφαλή τρυπήματος. Όπως φαίνεται παρακάτω υπάρχουν διαφορετικές διαστάσεις εργαλείων.



Εικόνες Β.2.4 – Κεφαλές Κοπής για το κολωνάτο επιδαπέδιο δράπανο-τρυπάνι

Κορδέλα κοπής μετάλλων

Τα χαρακτηριστικά της κορδέλας κοπής μετάλλων είναι τα ακόλουθα:

- BRAND NAME – MANUFACTUTER: alfacut
- Μοντέλο: proffesional
- Έτος Κατασκευής: 2003-Καναδάς
- Κινητήρας: ½ HP, 230 V, 50Hz , 4 poles
- Βάρος: 25 kg
- Στροφές: 1430 rpm
- Ταχύτητα: 45 m/min
- Διαστάσεις (Μ x Π x Υ): (1470 x 13 x 0.6) mm



Κοπές:

45°	75mm	63x100 mm
90°	100mm	100x150 mm

Εικόνα Β.2.5 – Κορδέλα κοπής μετάλλων

Ταινιολειαντήρας/τριβείο (συνδεδεμένο με σκούπα αναρρόφησης)

Τα χαρακτηριστικά του ταινιολειαντήρα είναι τα ακόλουθα:

- BRAND NAME – MANUFACTUTER: Lombarte
- Μοντέλο: group boy 80
- Έτος Κατασκευής: 2005
- Μέγιστο μήκος Λείανσης: 795mm
- Τρίψιμο: Κάθετα / Οριζόντια
- Κινητήρας: 240V 1ph
400V 3 ph
- Ταχύτητα ταινίας: 780 m/min
- Διαστάσεις ταινίας: 567x235 mm



Εικόνα Β.2.6 – Ταινιολειαντήρας/τριβείο

Επιδαπέδια sega Dewalt dw721(συνδεδεμένο με σκούπα αναρρόφησης)

Τα χαρακτηριστικά της επιδαπέδια sega Dewalt dw721 είναι τα ακόλουθα:

- BRAND NAME – MANUFACTUTER: deWalt
- Μοντέλο: dw721 type A3
- Έτος Κατασκευής: 2003
- Κινητήρας: 230V, 50Hz, 8.8 A , 2000W input ,1520W output
- Στροφές: 2760 rpm
- Serial No: 00556



Εικόνες Β.2.7 – Επιδαπέδια sega Dewalt dw721

Τα μηχανήματα ταινιολειαντήρας και Dewalt dw721 δουλεύουν ταυτόχρονα με τη σκούπα η οποία βρίσκεται σε ένα ξεχωριστό δωμάτιο μέσα στο χώρο του εργαστηρίου (Εικόνες

Β.2.8). Η αναρρόφηση των ρύπων γίνεται με τη χρήση της σκούπας μέσω ενός κοινού σωλήνα που χρησιμοποιείται για τα δύο αυτά μηχανήματα (Εικόνες Β.2.7).



Εικόνες Β.2.8 – Κουβούκλιο αναρροφήσεων (γενική άποψη – είσοδος στο κουβούκλιο – σκούπες αναρρόφησης)

CNC router

Τα χαρακτηριστικά του CNC router είναι τα ακόλουθα:

- BRAND NAME – MANUFACTUTER: Routmac
- Μοντέλο: ΥL-1509
- Διαστάσεις (ΜxΠxΥ) : 2300x2600x2130mm
- Διαστάσεις Πάγκου: 900x1500mm
- Έτος κατασκευής: 2009
- Μοτέρ: 5Hp , 7kW , 3ph , 400V, 50Hz
- Serial No: 1935



Εικόνες Β.2.9 – CNC router

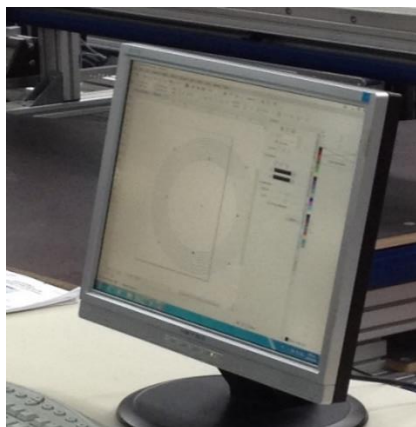
Σημείωση: Το συγκεκριμένο μηχάνημα ήταν εκτός λειτουργίας και δε χρησιμοποιείται καθόλου λόγω βλάβης

CNC router

Τα χαρακτηριστικά του CNC router είναι τα ακόλουθα:

- BRAND NAME – MANUFACTUTER: Aircooling Luftgekuhlt
- Μοντέλο: HSD ES 915A 2P 04
- Στροφές: 2000-24000 rpm
- Μοτέρ: 4.6KW , 6.2 HP , 8.3-14.4A , 380V
- Βάρος: 21kg
- $n=0.8$, $\cos\phi=0.8$

Η μέτρηση του θορύβου έγινε χωρίς φορτίο. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του cnc router, το μηχάνημα χρησιμοποιούσε διαφορετικές κεφαλές. Λειτουργεί μεταξύ 2000-24000 rpm. Ανάλογα την κεφαλή του εργαλείου που χρησιμοποιούσε το μηχάνημα και ανάλογα το υλικό κοπής διαφοροποιούταν και ο εκπεμπόμενος θόρυβος. Για παράδειγμα, εάν γίνει κοπή mdf με κεφαλή εργαλείου 6mm θα ήταν ηχητικά το ίδιο με το εάν γινόταν κοπή με κεφαλή εργαλείου 3mm αλλά σε σκληρότερο υλικό.



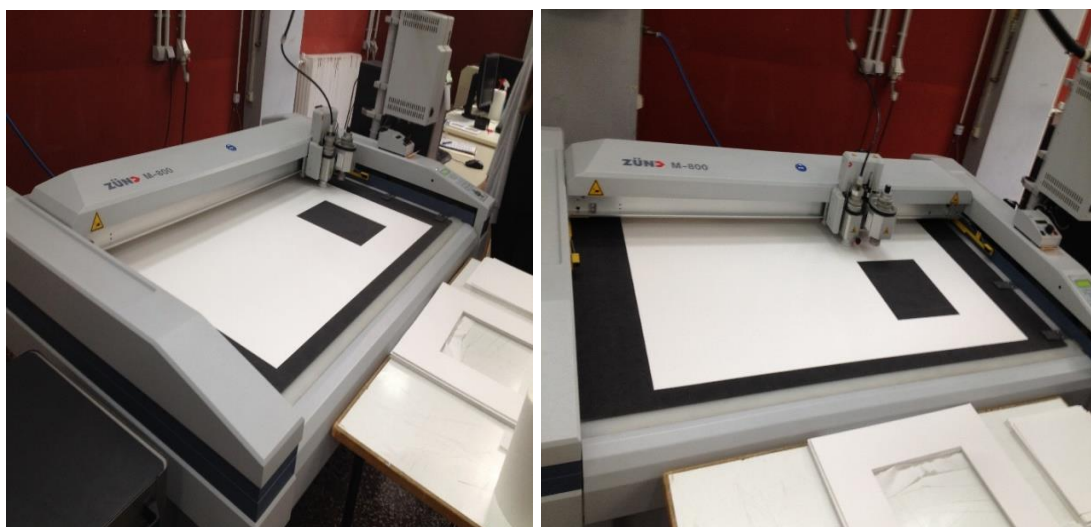
Εικόνες Β.2.10 – CNC router

Ψηφιακό Κοπτικό plotter ZUND M-800

Τα χαρακτηριστικά του Ψηφιακού Κοπτικού plotter είναι τα ακόλουθα:

- BRAND NAME – MANUFACTUTER: ZUND
- Μοντέλο: M-800
- Έτος κατασκευής: 2008
- Επιφάνεια εργασίας (Π x Μ): 1330x830mm
- Διαστάσεις (Π x Μ x Υ): 2730x2050x1590mm
- Laser: 345-415V , 50 Hz
- Μέγιστο πλάτος υλικού: 1575mm
- Πάχος υλικού: 15-50mm
- Ισχύς laser: 60-400W
- Ταχύτητα: 1 - 1,414 mm/s (σε βήματα του 1 mm)
- Επιτάχυνση: 14.1 m/s²

Το ψηφιακό κοπτικό με μαχαίρια ZUND M-800 για να δουλέψει χρειάζεται μια vacuum αντλία κενού. Η αντλία αυτή τραβάει αέρα προκειμένου να “βεντουζάρει” το υλικό επάνω στον πάγκο και να μπορεί το κοπτικό μηχάνημα να κάνει την κοπή.



Εικόνες Β.2.11 – Ψηφιακό Κοπτικό plotter ZUND M-800



Εικόνες Β.2.12 – Υλικά Κοπής στο Ψηφιακό Κοπτικό plotter ZUND M-800

Πάγκος εργασίας

- Εταιρεία Facom.
- Επιφάνεια εργασίας από γαλβανισμένο χαλυβδοέλασμα πάχους 2,5 mm, ανθεκτικό στα χτυπήματα και τις θερμοκρασίες.
- Μεταλλική κατασκευή συγκολλημένη και συναρμολογημένη για μεγάλη αντοχή.
- Στατική αντοχή: 700 kg για το μοντέλο μήκους 2 m και 500 kg για το μοντέλο μήκους 1,5m.
- Περιμετρικό πλαίσιο στις τρεις πλευρές.
- Δυνατότητα στερέωσης στο δάπεδο.
- Δυνατότητα τοποθέτησης 2 επιπλέον συρταριών WB.DRAWERP.B. - Φαρδιά τραβέρσα που χρησιμεύει ως ράφι ή ως υποπόδιο. - Εύκολη και γρήγορη συναρμολόγηση.
- Επιφάνεια εργασίας από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 20/10.
- Διαστάσεις: (ΜxΠxΥ) 2000x750x850mm.
- Βάρος : 82Kg.



Εικόνες Β.2.13 – Πάγκος εργασίας

Laser pro cutter X380 gcc

Τα χαρακτηριστικά του Laser pro cutter X380 gcc είναι τα ακόλουθα:

- BRAND NAME – MANUFACTUTER: GCC
- Μοντέλο: X380
- Τύπος : laser pro engraver
- Έτος κατασκευής 2014
- Διαστάσεις 100x60mm
- Ύψος εργασίας 457mm
- Μήκος κύματος 10,57-10,63μm
- Ισχύς 220-240V , 700-4400W , 50-60Hz , 8 A
- Serial No N95576



Εικόνες Β.2.14 – Laser pro cutter X380 gcc

Η σειρά GCC LaserPro X προσφέρει μια οικονομική εναλλακτική λύση για την κοπή και χάραξη λέιζερ. Η σειρά GCC LaserPro X380 είναι εξοπλισμένη με αξιόπιστο laser CO₂ το οποίο προσφέρει μια αξιόπιστη πηγή λέιζερ ισχύος για μαζικές απαιτήσεις της παραγωγής.

Οι χρήστες του GCC LaserPro X380 έχουν πάντα ένα πλεονέκτημα έναντι των άλλων με πολλά μοναδικά καινοτόμα και φιλικά προς το χρήστη χαρακτηριστικά. Η σειρά GCC LaserPro X380 είναι εξοπλισμένη με σωλήνες γυαλιού λέιζερ τελευταίας γενιάς που εξασφαλίζουν συνεπή σταθερότητα της παραγωγής για να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση και μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα.

Το συγκεκριμένο μηχάνημα λειτουργεί παράλληλα με τη σκούπα αναρρόφησης. Πρόκειται για μία αντλία κενού αέρα (vacuum) ενεργού άνθρακα και όχι για μια φτερωτή αντλία. Η σκούπα διαθέτει 4 φίλτρα, ωστόσο κατά τη διάρκεια της μέτρησης διαθέσιμα ήταν μόνο τα 2. Η σκούπα έχει αναρρόφηση 400-500m³ την ώρα. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης του θορύβου δεν έγινε κοπή υλικού και επιπλέον το ψυγείο δε λειτουργούσε. Το GCC LaserPro X380 είναι ένα υπόψυκτο μηχάνημα. Δηλαδή ο ψύκτης του κυκλοφορούντος νερού ψύχει τη λάμπα για να ξεκινήσει να λειτουργεί.

Eurolaser xs-610

Τα χαρακτηριστικά του Eurolaser xs-610 είναι τα ακόλουθα:

- BRAND NAME – MANUFACTUTER: Eurolaser
- Μοντέλο: xs-610
- Διαστάσεις (ΠxΜxΥ): (1030x630x854) mm
- Βάρος: 15kg
- Ισχύς: 230V , 60W , 1-50Hz
- Ταχύτητα: έως 3810mm/sec
- Ασφάλεια: laser class 4



Εικόνες Β.2.15 – Eurolaser xs-610

3D printer

Τα χαρακτηριστικά του 3D printer είναι τα ακόλουθα:

- BRAND NAME – MANUFACTUTER: elite
- Μοντέλο: dimension
- Διαστάσεις (ΠxΜxΥ): (630x430x1650mm)
- Βάρος 136kg
- Συμβατότητα windows xp ή vista



Εικόνες Β.2.16 – 3D printer

Αεροφυλάκιο



Εικόνες Β.2.17 – Αεροφυλάκιο

Το αεροφυλάκιο βρίσκεται σε ξεχωριστό δωμάτιο στο χώρο του εργαστηρίου. Λειτουργεί συνέχεια και προσδίδει έναν υπόκωφο θόρυβο ο οποίος δεν είναι ιδιαίτερα αισθητός στο χώρο των μηχανημάτων. Ο υπεύθυνος του εργαστηρίου επισκέπτεται το αεροφυλάκιο περίπου κάθε 3-5 λεπτά την ημέρα, όταν αυτό κάνει εκτόνωση προκειμένου να ανοίξει τη βαλβίδα (το μπλε μοχλό όπως φαίνεται στην Εικόνα Β.2.17) προκειμένου να φύγει το νερό που είναι εγκλωβισμένο στο εσωτερικό του.

B3. Χαρακτηριστικά λειτουργίας μηχανημάτων 3^{ου} Εργαστηριακού Χώρου

Παρακάτω γίνεται μια περιγραφή των πηγών στις οποίες έγινε καταγραφή θορύβου.

Τόρνος 1

Τα χαρακτηριστικά του τόρνου είναι τα ακόλουθα:

Κατασκευαστής: Fritz Kern K.G. Lorrach (Baden)

Μοντέλο: Kern D 20

Έτος κατασκευής: 1978

Σειριακός Αριθμός: 7485

Χαρακτηριστικά κινητήρα: 380V, 50 Hz, 12 A

Τεχνικές παράμετροι:

Μέγιστο μήκος της στροφής	600 mm
Διάμετρος στροφής πάνω από το κρεβάτι (max)	400 mm
Διάμετρος στροφής πάνω cross slide (max)	240 mm
Άτρακτος οπής	50 mm
Ελάχιστη ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου	31.5 /min
Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου	1200 /min
Η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας	4 kW
Διάμετρο Tailstock	50 mm
Tailstock πένα ταξίδια	120 mm
Μήκος του τόρνου	2000 mm
Πλάτος του τόρνου	900 mm
Ύψος του τόρνου	1550 mm
Βάρος του τόρνου	1700 kg

Πίνακας B.3.1 – Τεχνικές παράμετροι



Εικόνες Β.3.1 – Τόρνος και χειριστήρια

Τόρνος 2

Τα χαρακτηριστικά του τόρνου είναι τα ακόλουθα:

Κατασκευαστής:	Heller
Μοντέλο:	CS6250B
Τύπος:	Οριζόντιος τόρνος επεξεργασίας
Σειριακός Αριθμός:	08099034
Πιστοποίηση:	ISO 9001
Χαρακτηριστικά κινητήρα:	7.5 kW, 400V, 5 Hz, 14.8 A

Τεχνικές παράμετροι:

Μέγιστο μήκος τεμαχίου εργασίας	1500mm
Διάμετρος στροφής πάνω από το κρεβάτι (max)	500 mm
Διάμετρος στροφής πάνω cross slide (max)	300 mm
Μέγιστο μήκος ταλάντωσης στο κενό	710 mm
Αποτελεσματικό μήκος ταλάντωσης στο κενό	240 mm
Άτρακτος διαμετρής οπής	82 mm
Κατηγορία προστασίας	IP 54
Μύτη ατράκτου	ISO 702/II No.8
Ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου	1470 r/ min
Η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας	4 kW
Κύρια ονομαστική τιμή ασφαλείας	50 A
Συνολική χωρητικότητα	10000 VA
Ικανότητα παραγωγής	4000 Σετ ανά έτος
Διάμετρο Tailstock	75 mm
Max X-axis travel	145
Max Z-axis travel	320
X-axis feed	93 sorts 0.012-2.73 mm/r

Z-axis feed	93 sorts 0.028-6.43 mm/r
Μετρικό σπείρωμα	48 sorts 0.5-224 mm
Μοτέρ της αντλίας ψυκτικού	0,12 kW
Μήκος του τόννου	3132 mm
Πλάτος του τόννου	975 mm
Ύψος του τόννου	1270 mm
Βάρος του τόννου	2300 kg

Πίνακας Β.3.2 – Τεχνικές παράμετροι



Εικόνα Β.3.2 – Τόννος

Φρεζοδράπανο

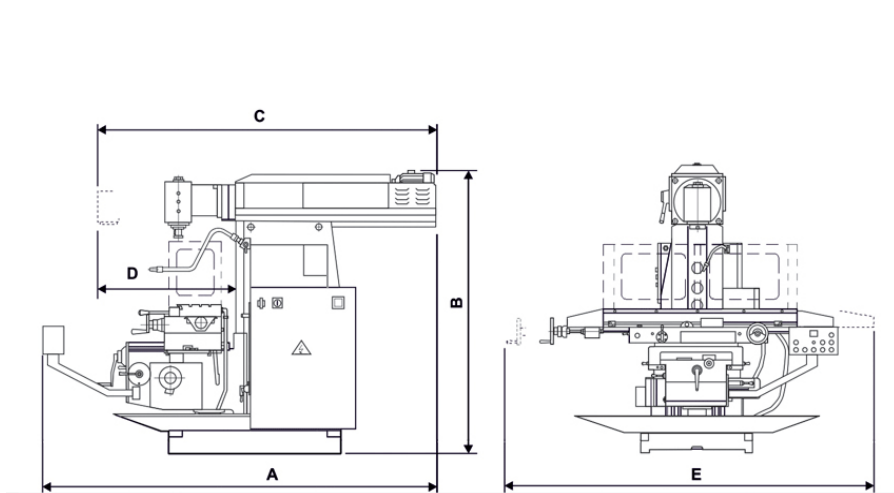
Τα χαρακτηριστικά του φρεζοδράπανου είναι τα ακόλουθα:

Κατασκευαστής:	Heller
Μοντέλο:	FUV 401
Έτος κατασκευής:	2008

Τεχνικές παράμετροι:

Διαστάσεις Τράπεζας	400 x 1600 mm
Διαδρομές X – Y – Z	1250 x 360 x 460 mm
Ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου (οριζόντια)	32-1600 rpm
Ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου (κάθετα)	45-2000 rpm
Κώνος ατράκτου	ISO 50
Κύρια ισχύς κινητήρα (οριζόντια/κάθετη)	7,5/4,4 kW
Ισχύς κινητήρα τροφοδοσίας	2,2 kW
Μύτη ατράκτου	ISO 50
Βάρος	3575 kg

Πίνακας Β.3.3 – Τεχνικές παράμετροι



Εικόνες Β.3.3 – Σκαρίφημα

A	2755
B	2000
C	2775
D	1230
E	3590

Πίνακας Β.3.4 – Σκαρίφημα



Εικόνες Β.3.4 – Φρεζοδράπανο

Πριονοκορδέλα

Τα χαρακτηριστικά της Πριονοκορδέλας είναι τα ακόλουθα:

Κατασκευαστής:	Rich Young
Μοντέλο:	CY350
Έτος κατασκευής:	2008
Σειριακός Αριθμός:	205826

Τεχνικές παράμετροι:

Βασικός εξοπλισμός

- Λεπίδα (2925mm x 27mm x 0,9mm)
- Αντλία ψύξης
- Χαμηλή τάση 24V
- Πιστοποίηση CE
- Βάση μηχανήματος
- Κινητήρας (2,5 HP, 1,9kW, 400V, 50Hz, 3Ph)
- Υδραυλικός κύλινδρος
- Ένταση λεπίδας της συσκευής

Χαρακτηριστικά

Διπλή γωνία μέγγενης

Ταχύτητα κοπής: 36m/min, 72m/min

Δυνατότητα κοπής:

- ✓ 0 °: σε κύκλο 270 / σε τετραγωνικό 260 / σε ορθογώνιο 350 x 240
- ✓ +60 °: σε κύκλο 140 / σε τετραγωνικό 140 / σε ορθογώνιο 140 x 140
- ✓ -45 °: σε κύκλο 230 / σε τετραγωνικό 210 / σε ορθογώνιο 230 x 200
- ✓ +45 °: σε κύκλο 200 / σε τετραγωνικό 170 / σε ορθογώνιο 200 x 140

Βάρος: 600kg



Εικόνες Β.3.5 – Πριονοκορδέλα

Ψαλίδι



Εικόνες Β.3.6 – Ψαλίδι

Στην εικόνα Β.3.7 φαίνεται η πίσω όψη του μηχανήματος



Εικόνες Β.3.7 – Ψαλίδι

Πλάνη

Τα χαρακτηριστικά της πλάνης είναι τα ακόλουθα:

Κατασκευαστής: Asquith electrics (COLNE)Lancs

Μοντέλο: controller BSS 587/1957

Τύπος: Osil

Σειριακός Αριθμός: 3806

Κινητήρας: (5 HP, 380V, 50 C/S, 3Ph)



Εικόνα Β.3.8 – Πλάνη

Δισκοπρίονο

Τα χαρακτηριστικά του δισκοπρίονου είναι τα ακόλουθα:

Κατασκευαστής:	MEP
Μοντέλο:	Scorpio 250
Τύπος:	MEP Scorpio 250 Circular Saw
Σειριακός Αριθμός:	99431
Μέρος κατασκευής:	Γερμανία / Niedersachsen
Διάμετρος πτερυγίων:	250 x 32 x 2 mm
Χωρητικότητα 90 μοίρες:	σε κύκλο 70 mm
Χωρητικότητα 90 μοίρες:	σε τετράγωνο 90 x 50 mm,
Βάρος:	70 kg



Εικόνες Β.3.9 – Δισκοπρίονο

Χειροκίνητο Δράπανο

Τα χαρακτηριστικά του χειροκίνητου δράπανου είναι τα ακόλουθα:

Κατασκευαστής: AB Arboga Maskiner

Μοντέλο: G 1304

Σειριακός Αριθμός: 148190

Μέρος κατασκευής: Σουηδία

Κινητήρας: (0.5/0.35 HP, 380V, 2800/1400 rpm, 8Ph, 0.9/0.85 Amp)



Εικόνες Β.3.10 – Χειροκίνητο Δράπανο

Βιβλιογραφία

- 1) Μαρμαράς Ν.(2010). Εισαγωγή στην Εργονομία, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
- 2) OSHA - Occupational Noise Exposure. Τμήμα εργασίας Η.Π.Α, Διοίκηση Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας.
<https://www.osha.gov/SLTC/noisehearingconservation/index.html>
- 3) (NIOSH) (2013). The National Institute for Occupational Safety and Health.
<http://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/stats.html>
- 4) HSE (2015). Noise-Induced Hearing Loss (NIHL) in Great Britain.
<http://www.hse.gov.uk/Statistics/causdis/deafness/index.htm>
- 5) Αβερράνδος (2014). Ήχος / θόρυβος / ηχορρύπανση.
<https://teteleste.wordpress.com/2014/11/12/%CE%AE%CF%87%CE%BF%CF%82-%CE%B8%CF%8C%CF%81%CF%85%CE%B2%CE%BF%CF%82-%CE%B7%CF%87%CE%BF%CF%81%CF%81%CF%8D%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7/>
- 6) Alajlan, Abdulaziz M. (2013). Title: Worker Exposure to Noise During Paper Mill: Measurement and Control.
<http://www2.uwstout.edu/content/lib/thesis/2013/2013alajlana.pdf>
- 7) Κυμπρίτη Α. (2007). Θόρυβος και περιβάλλον εργασίας, εργασία στη σύγχρονη εργονομία.
<http://www.tex.unipi.gr/undergraduate/ergasies/ergonomia/noise.pdf>
- 8) Καρακατσάνη Σ. (2009). Η εργασία... βλάπτει σοβαρά την υγεία.
<http://www.sigmalive.com/archive/simerini/news/health/111589>
- 9) (NIDCD) (2016). National Institute on Deafness and other Communication Disorders. <https://www.nidcd.nih.gov/health/statistics/quick-statistics-hearing>
- 10) Healio (2016). Hearing loss third most common chronic physical injury in US.
<http://www.healio.com/family-medicine/practice-management/news/online/%7B89990b53-56c1-4e36-a9a6-1946a4e3c084%7D/hearing-loss-third-most-common-chronic-physical-injury-in-us>

- 11) European Agency for Safety and Health at Work (2005). Noise in figures.
<https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/reports/6905723>
- 12) Ζώη Β. & Παπαναστασίου Θ. (2014). Οξείες Επιδράσεις του Περιβαλλοντικού Θορύβου στην Υγεία.
<http://www.hjn.gr/%CE%BF%CE%BE%CE%B5%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%B4%CF%81%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BA/>
- 13) Δριβάλου Σ. (2013). Μελέτη Εργασίας & Στοιχεία Εργονομίας : Ηχητικό Περιβάλλον.
- 14) Λάιος Λ. & Γιαννακούρου - Σιούταρη Μ. (2011). Σύγχρονη Εργονομία, Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- 15) Δρακόπουλος Π. (2008). Ακουστικός Θόρυβος – Μέτρηση, Επιπτώσεις και Αντιμετώπιση, Διπλωματική εργασία.
- 16) ΤΕΙ Αθήνας (2013). Θόρυβος.
<https://eclass.teiath.gr/modules/document/file.php/TDY104/%CE%98%CF%8C%CF%81%CF%85%CE%B2%CE%BF%CF%82.pdf>
- 17) Brüel & Kjær 2238 Mediator™ , Sound Level Meter PRODUCT DATA.
- 18) Brüel & Kjær Type 4436, Noise Dose Meter PRODUCT DATA.
- 19) Μουζουράκης Ε. (2010). Μεθοδολογία μέτρησης-εκτίμησης βλαπτικών παραγόντων για την υγιεινή των εργαζομένων σε χωματοουργικές και οικοδομικές εργασίες, διπλωματική εργασία.
<http://artemis.library.tuc.gr/MT2010-0064/MT2010-0064.pdf>
- 20) Θωμαΐδείο ίδρυμα. <http://www.ntua.gr/students.html>
- 21) Φοιτητική μέριμνα. http://nuclear.ntua.gr/aeeey/pdf_files/CH07.PDF
- 22) Εργαστήριο Προπλασμάτων. <https://www.arch.ntua.gr>
- 23) Εργαστήριο Προπλασμάτων.
https://www.arch.ntua.gr/sites/default/files/resource/3140_fotografies_erg_astirioy_proplasmaton_2012.pdf

- 24) Συντακτική Ομάδα Υγείαonline (2014). Ο θόρυβος και οι επιπτώσεις στην ακοή μας.
<http://www.ygeiaonline.gr/component/content/article?id=13083:noise-and-the-effects-on-our-hearing>
- 25) Εργαστήριο Κατεργασιών. <http://users.ntua.gr/mamalis/elliniko.pdf>
- 26) Πράμας Ν. (2011). Το κόστος του θορύβου. Πίνακας 1.2. Οδηγός για τη διατήρηση της ακοής σε θόρυβο. Αμερικανική Ακαδημία Οφθαλμολογίας και Ωτορινολαρυγγολογίας <http://www.acoustics.gr/info.html>
- 27) ISO 1996-2:2007-03-15 (2η έκδοση). Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 2: Determination of environmental noise levels.
- 28) ISO 11201:2010-05-15 (2η έκδοση). Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions in an essentially free field over a reflecting plane with negligible environmental corrections.
- 29) ISO 1999:1990-01-15 (2η έκδοση). Acoustics — Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment.