



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μέτρηση και συχνοτική ανάλυση εργασιακού θορύβου για την επιλογή βέλτιστων μέσων
ατομικής προστασίας.

Συγγραφέας: Σελλιανάκης Νικόλαος

Εξεταστική επιτροπή:
Καθ. Γαλετάκης Μιχαήλ (επιβλέπων)
Καθ. Κομνίτσας Κωνσταντίνος
Δρ. Λιόλιος Παντελής

Χανιά, Σεπτέμβριος, 2024

Οι απόψεις που εκφράζονται στην παρούσα εργασία αποτελούν την προσωπική τοποθέτηση του συγγραφέα και δεν αντικατοπτρίζουν τις θέσεις της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής. Παρατίθεται πλήρης βιβλιογραφική λίστα για όλες τις πηγές που έχουν χρησιμοποιηθεί είτε αυτούσιες είτε παραφρασμένες μέσα στο κείμενο.

Περίληψη

Ο θόρυβος αποτελεί σύνηθες πρόβλημα στον εργασιακό χώρο του βιομηχανικού κλάδου. Έτσι η λήψη μέτρων ασφαλείας για την αντιμετώπιση του, είναι κρίσιμης σημασίας με σκοπό να διασφαλισθεί η υγεία των εργαζομένων καθώς και η ποιότητα της εργασίας τους. Οι ακουστικές συνέπειες του θορύβου στον εργαζόμενο μπορεί να μην γίνονται άμεσα αντιληπτές καθώς συνήθως απαιτείται μακροχρόνια έκθεση σε αυτόν. Η ανάπτυξη προγραμμάτων προστασίας της ακοής των εργαζομένων, η οποία περιλαμβάνει και την χρήση των κατάλληλων μέσων ατομικής προστασίας είναι εξαιρετικά σημαντική ιδιαίτερα σε θορυβώδεις εργασιακούς χώρους, όπως οι αυτοί που συναντώνται στον λατομικό και μεταλλευτικό τομέα. Η συχνοτική ανάλυση του θορύβου, η οποία εξετάζει πώς κατανέμεται η ηχητική ενέργεια σε διαφορετικές συχνότητες, βοηθά στην επιλογή των κατάλληλων προστατευτικών μέσων.

Στην παρούσα εργασία αναπτύσσεται μια μεθοδολογία για τη μέτρηση και ανάλυση του θορύβου σε εργασιακά περιβάλλοντα, προκειμένου να επιλέγονται τα καταλληλότερα μέσα προστασίας. Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόστηκε σε λατομική επιχείρηση, όπου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις θορύβου σε συγκεκριμένες θέσεις εργασίας. Αρχικά υπολογίσθηκαν η ημερήσια στάθμη και δόση θορύβου για τους εργαζόμενους και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε συχνοτική ανάλυση του θορύβου και επιλογή του καταλληλότερου ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού για την ακοή του εργαζομένου. Η επιλογή βασίστηκε στον υπολογισμό της επιτυγχανόμενης μείωσης θορύβου βάσει των τιμών εξασθένησης του θορύβου που εξασφαλίζει ένα μέσο ατομικής προστασίας και των τιμών της έντασης του ανά συχνότητα, που προέκυψε από την ανάλυση. Εξετάστηκαν 4 διαφορετικές θέσεις εργασίας (χειριστής φορτωτή, χειριστής διατρητικού, οδηγός χωματουργικού αυτοκινήτου και εργαζόμενος στο θάλαμο ελέγχου του συγκροτήματος θραύσης) και 2 σενάρια ως προς τον πραγματικό χρόνο έκθεσης των εργαζομένων (8 και 5 ώρες αντίστοιχα).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η υψηλότερη ισοδύναμη ημερήσια στάθμη θορύβου μετρήθηκε εκείνη του οδηγού χωματουργικού αυτοκινήτου (θέση μεταφοράς - απόθεσης). Σε σχέση με τα ατομικά μέσα προστασίας που εξετάστηκαν, οι ωτοασπίδες (τύπος M™

Peltor™ X Series Earmuffs) παρέχουν αποδεκτή προστασία, τα ωτοβύσματα (τύπος 3M™ E-A-RSoft™ και τύπος 3M™ Disposable Earplugs 1120/1130) καλή. Τα τελευταία κρίθηκαν ότι είναι τα καταλληλότερα για τις θέσεις εργασίας που εξετάστηκαν.

Abstract

Noise is a common problem in the industrial workplace. Thus, taking safety measures to deal with it is crucial in order to ensure the health of workers as well as the quality of their work. The acoustic effects of noise on the worker may not be immediately noticeable as long-term exposure is usually required. The development of hearing protection programs for workers, which includes the use of appropriate personal protective equipment, is extremely important, especially in noisy workplaces, such as those found in the quarrying and mining sector. Frequency noise analysis, which looks at how sound energy is distributed at different frequencies, helps to select the appropriate protective means.

In this thesis, a methodology is developed for the measurement and analysis of noise in working environments, in order to select the most appropriate means of protection. This methodology was applied in a quarry business, where noise measurements were carried out at specific workstations. Initially, the daily noise level and dose for the workers were calculated, and then a frequent noise analysis and the selection of the most appropriate personal protective equipment for the employee's hearing were carried out. The selection was based on the calculation of the noise reduction achieved on the basis of the noise attenuation values provided by a personal protective equipment and the noise intensity values per frequency resulting from the analysis. 4 different workstations (loader operator, earthmoving truck driver, drilling rig operator and worker in the control room of the crushing assembly) and 2 scenarios in terms of actual exposure time of workers (8 and 5 hours respectively) were examined.

The results showed that the highest equivalent daily dose measurement was that of the earthmoving car driver (transport-drop position). In relation to the personal protective equipment examined, earplugs (type M™ Peltor™ X Series Earmuffs) provide acceptable protection, earplugs (type 3M™ E-A-RSoft™ and type 3M™ Disposable Earplugs 1120/1130) good. The latter considered the most suitable for the jobs examined.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Γαλετάκη Μιχαήλ, για την αμέριστη υποστήριξή του, την καθοδήγησή του και την πολύτιμη βοήθειά του καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας. Οι γνώσεις του και οι συμβουλές του ήταν ανεκτίμητες.

Επίσης, θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην οικογένειά μου για την αδιάλειπτη υποστήριξη και την ενθάρρυνσή τους. Χωρίς την ηθική και υλική τους στήριξη, αυτή η εργασία δεν θα ήταν δυνατή.

Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά την εταιρεία ΛΑΧΟΡ που μου επέτρεψε να λάβω τις απαραίτητες μετρήσεις στο λατομείο Χορδακίου και να αποκτήσω τα δεδομένα που ήταν απαραίτητα για την εκπόνηση της εργασίας μου. Η συνεργασία και η υποστήριξή τους ήταν καθοριστικές.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνω στον υπεύθυνο μηχανικό ασφαλείας, κ. Σταμάτη Καστρινάκη για την πολύτιμη βοήθειά του και τη συνεργασία του κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και της έρευνας μου στον χώρο του λατομείου. Η συνεισφορά του ήταν εξαιρετικά σημαντική.

Τέλος, ευχαριστώ όλους τους φίλους και συναδέλφους μου για την υποστήριξή τους και την κατανόησή τους.

Με εκτίμηση, Σελλιανάκης Νικόλαος

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: Θόρυβος και βασικές έννοιες.....	15
1.1. Ήχος, ορισμοί και βασικά μεγέθη	15
1.2. Θόρυβος, ορισμός και μετρούμενα μεγέθη	17
1.2.1. Τύποι θορύβου	17
1.2.2. Πηγές θορύβου	18
1.2.3. Μετρούμενα μεγέθη θορύβου.....	19
1.2.4. Ακουστότητα θορύβου	22
1.3. Οκτάβες 1/1, 1/3.....	24
1.4. Συχνотική ανάλυση	26
1.5. Όργανα μέτρησης θορύβου	27
1.5.1. Ηχόμετρο	27
1.5.2. Ηχοδοσίμετρο	28
1.5.3. Όργανα μέτρησης θορύβου κατά οκτάβες.....	29
Κεφάλαιο 2: Επιπτώσεις θορύβου- τρόποι αντιμετώπισης.....	30
2.1 Το ακουστικό ερέθισμα.....	30
2.2. Επιδράσεις του θορύβου	31
2.2.1 Προβλήματα ακοής.....	31
2.2.2 Μη ακουστικές επιδράσεις του θορύβου στον ανθρώπινο οργανισμό	33
2.3 Μέτρα προστασίας από τον θόρυβο.....	35
2.3.1 Πηγή Θορύβου.....	36
2.3.2 Διάδοση	36
2.3.3 Οργανωτικά μέσα	37
2.3.4 Κυκλική εναλλαγή εργαζομένων στις θέσεις εργασίας.....	37
2.3.5 Επίβλεψη της υγείας των εργαζομένων.....	38
2.3.6 Μέσα ατομικής προστασίας	38
2.4 Ελληνική νομοθεσία.....	38
2.4.1 Προεδρικό Διάταγμα 149/2006 - ΦΕΚ 159/Α/28-7-2006 “Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (θόρυβος)”	39
Κεφάλαιο 3: Μέσα ατομικής προστασίας.....	41
3.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση	41

3.2 Μέσα ατομικής προστασίας.....	44
3.2.1 Ωτοασπίδες	45
3.2.2 Ωτοβύσματα.....	46
3.2.3 Ωτοπώματα	47
3.3 Εκτίμηση αποτελεσματικότητας Μ.Α.Π.....	48
3.3.1 Συνολικός βαθμός μείωσης του θορύβου - NRR	48
3.3.2 Μείωση θορύβου με βάση το SNR και την ανάλυση σε οκτάβες	51
Κεφάλαιο 4: Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας.....	55
4.1 Περιγραφή εργασιακού χώρου.....	55
4.2 Περιγραφή μετρήσεων	56
4.2.1 Όργανο που χρησιμοποιήθηκε.....	56
4.2.2 Διαδικασία μέτρησης.....	57
4.2.3 Στοιχεία μετρήσεων και θέσεις εργασίας	58
Κεφάλαιο 5: Επεξεργασία μετρήσεων.....	63
5.1. Μεθοδολογία επεξεργασίας των μετρήσεων.....	63
5.2. Φόρτωση εξορυγμένου υλικού με φορτωτή.....	64
5.2.1 Υπολογισμός των βασικών μεγεθών του θορύβου.....	64
5.2.2 Ανάλυση σε συχνότητες – εκτίμηση του κινδύνου	66
5.2.3. Επιλογή Μ.Α.Π για την θέση του φορτωτή.....	68
5.3 Διάτρηση με διατρητικό μηχάνημα Tamrock	73
5.3.1. Υπολογισμός των βασικών μεγεθών του θορύβου.....	73
5.3.2 Ανάλυση σε συχνότητες – εκτίμηση του κινδύνου	74
5.3.3. Επιλογή Μ.Α.Π. για την θέση του διατρητικού	76
5.4. Θάλαμος ελέγχου θραυστήρα	76
5.4.1. Υπολογισμός των βασικών μεγεθών του θορύβου.....	76
5.4.2. Ανάλυση σε συχνότητες – εκτίμηση του κινδύνου	78
5.4.3. Επιλογή Μ.Α.Π. για την θέση του θαλάμου ελέγχου θραυστήρα.....	79
5.5. Μεταφορά-απόθεση εξορυγμένου υλικού	80
5.5.1. Υπολογισμός των βασικών μεγεθών του θορύβου.....	80
5.5.2. Ανάλυση σε συχνότητες – εκτίμηση του κινδύνου	82
5.5.3. Επιλογή Μ.Α.Π. για την θέση της μεταφοράς- απόθεσης.....	83
5.6. Συγκεντρωτική παρουσίαση αποτελεσμάτων μετρήσεων	84
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα - Προτάσεις.....	88
Βιβλιογραφία	90

Παραρτήματα.....	94
Παράρτημα 1: Προεδρικό Διάταγμα 149/2006 - ΦΕΚ 159/Α/28-7-2006	94
Παράρτημα 2: Τεχνικές λεπτομέρειες Μ.Α.Π	99
Παράρτημα 3: Αρχείο μετρήσεων.....	100

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 1.1 Μήκος κύματος	16
Σχήμα 1.2 Πεδίο ακουστότητας	23
Σχήμα 1.3. Φίλτρα 1/1 - οκτάβας και 1/3 – οκτάβας	25
Σχήμα 1.4. Μία οκτάβα αποτελείται από τρεις τρίτο-οκτάβες	25
Σχήμα 1.5. Φάσμα από 1/1 - οκταβική και 1/3 - οκταβική ανάλυση τυχαίου θορύβου ...	26
Σχήμα 2.1. Αντίληψη ήχου – Ανθρώπινο αισθητήριο ακοής	31
Σχήμα 3.1. Εντάσεις σε dB συνήθων θορύβων	50
Σχήμα 3.2. NRR σε Μ.Α.Π.	51
Σχήμα 5.1. Μεταβολή της στάθμης του θορύβου εντός της καμπίνας του φορτωτή για την στάθμιση A και C	64
Σχήμα 5.2. Συχνοτική ανάλυση θορύβου σε οκτάβες 1/1 για την θέση φόρτωσης	66
Σχήμα 5.3. Διάγραμμα εκτίμησης της επικινδυνότητας λόγω έκθεσης σε θόρυβο	67
Σχήμα 5.4. Συχνοτική ανάλυση θορύβου και εκτίμηση της επικινδυνότητας λόγω έκθεσης σε θόρυβο για τον χειριστή του φορτωτή	68
Σχήμα 5.5. Υπολογισμός της επιτυγχανόμενης εξασθένισης από τις ωτοασπίδες M TM Peltor TM X Series με βάση την τιμή SNR	70
Σχήμα 5.6. Υπολογισμός της επιτυγχανόμενης ηχοεξασθένισης από τις ωτοασπίδες M TM Peltor TM X Series με βάση την συχνοτική ανάλυση σε οκτάβες 1/1.	70
Σχήμα 5.7. Χαρακτηρισμός της προστασίας που παρέχουν τα ΜΑΠ για τον θόρυβο σύμφωνα με την επιτυγχανόμενη ηχοεξασθένηση	71
Σχήμα 5.8. Ωτοβύσματα τύπου 3M TM E-A-RSoft TM (αριστερά) και ωτοπάματα τύπου 3M TM Disposable Earplugs 1120/1130.	72
Σχήμα 5.9. Μεταβολή της στάθμης του θορύβου εντός της καμπίνας του διατηρητικού για την στάθμιση A και C	73
Σχήμα 5.10. Συχνοτική ανάλυση θορύβου σε οκτάβες 1/1 για την θέση διάτρησης	75
Σχήμα 5.11. Συχνοτική ανάλυση θορύβου και εκτίμηση της επικινδυνότητας λόγω έκθεσης σε θόρυβο για τον χειριστή του φορτωτή	75
Σχήμα 5.12. Μεταβολή της στάθμης του θορύβου εντός της καμπίνας του θαλάμου ελέγχου για την στάθμιση A και C	77
Σχήμα 5.13. Συχνοτική ανάλυση θορύβου σε οκτάβες 1/1 για την θέση του θαλάμου ελέγχου	78
Σχήμα 5.14. Συχνοτική ανάλυση θορύβου και εκτίμηση της επικινδυνότητας λόγω έκθεσης σε θόρυβο για τον χειριστή του θαλάμου ελέγχου	79
Σχήμα 5.15. Μεταβολή της στάθμης του θορύβου εντός της καμπίνας του χωματουργικού για την στάθμιση A και C	81
Σχήμα 5.16. Συχνοτική ανάλυση θορύβου σε οκτάβες 1/1 για την θέση της καμπίνας του χωματουργικού	82
Σχήμα 5.17. Συχνοτική ανάλυση θορύβου και εκτίμηση της επικινδυνότητας λόγω έκθεσης σε θόρυβο για τον χειριστή της καμπίνας του χωματουργικού	83

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1. Ηχόμετρο	28
Εικόνα 1.2. Ηχοδοσίμετρο	28
Εικόνα 1.3. Octave Band Analyzer	29
Εικόνα 3.1. Τυπικές ωτοασπίδες και τρόπος εφαρμογής και λειτουργίας τους.....	46
Εικόνα 3.2. Ωτοβύσματα από αφρώδες ελαστικό και τρόπος εφαρμογής τους.....	47
Εικόνα 3.3. Ωτοπώματα	48
Εικόνα 4.1. Λατομείο ΛΑΧΟΡ Α.Ε.....	55
Εικόνα 4.2. Ηχόμετρο SVANTEK 971	57
Εικόνα 4.3. Βαθμονομητής (SVANTEC)	58
Εικόνα 4.4. Φορτωτής Caterpillar 990.....	59
Εικόνα 4.5. Διατρητικό τύπου Tamrock 660	60
Εικόνα 4.6. Χωματουργικό Caterpillar dumper 773D	61
Εικόνα 4.7. Απόθεση υλικού στον θραυστήρα	61
Εικόνα 4.8. Εσωτερικό θαλάμου ελέγχου.....	62
Εικόνα 4.9. Χειριστήριο θαλάμου ελέγχου θραυστήρα.....	62

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 2.1. Υπολογισμός εντάσεων θορύβου από 2 πηγές.....	22
Πίνακας 3.1. Συνολικό NRR και επιμέρους NRR στις συχνότητες της οκταβικής ανάλυσης 1/1 διαφόρων Μ.Α.Π.....	49
Πίνακας 3.2. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και επιτυγχανόμενη ηχοεξασθένηση από ΜΑΠ για τις συχνότητες της οκταβικής ανάλυσης 1/1.....	54
Πίνακας 4.1. Είδη προϊόντων Α και Β θραύσης	56
Πίνακας 5.1. Μείωση του θορύβου ανά συχνότητα και πραγματική προστασία για τις ωτοασπίδες M™ Peltor™ X Series Earmuffs	69
Πίνακας 5.2. Υπολογισμός της ηχοεξασθένησης με τις διαφορετικές μεθόδους για τη θέση φόρτωσης	72
Πίνακας 5.3. Υπολογισμός της ηχοεξασθένησης με τις διαφορετικές μεθόδους για τη θέση διάτρησης.	76
Πίνακας 5.4. Υπολογισμός της ηχοεξασθένησης με τις διαφορετικές μεθόδους για τη θέση θαλάμου ελέγχου.....	80
Πίνακας 5.5. Υπολογισμός της ηχοεξασθένησης με τις διαφορετικές μεθόδους για τη θέση της μεταφοράς- απόθεσης.....	84
Πίνακας 5.6. Αποτελέσματα μέτρησης θορύβου στις θέσεις εργασίας	85
Πίνακας 5.7. Απόσβεση διαθέσιμων Μ.Α.Π. κατά SNR.....	86
Πίνακας 5.8. Απόσβεση διαθέσιμων Μ.Α.Π. κατά οκτάβες 1/1.	86

Εισαγωγή

Ο εργασιακός θόρυβος αποτελεί ένα σοβαρό ζήτημα στον χώρο της εργασίας καθώς μπορεί να έχει επιζήμιες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία και την ευεξία των εργαζομένων. Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου σχετίζεται με προβλήματα όπως η απώλεια ακοής, η κακή ποιότητα ύπνου, επιπτώσεις όπως το στρες, η υπέρταση και οι καρδιακές παθήσεις. Για την προστασία των εργαζομένων από τον εργασιακό θόρυβο, η χρήση μέσων ατομικής προστασίας είναι ζωτικής σημασίας. Μάλιστα, η αναγνώριση της ανάγκης για προστασία από τον θόρυβο ξεκινά αρκετά χρόνια πριν. Από τις αρχές του 20ού αιώνα, οι εργαζόμενοι σε βιομηχανικές μονάδες συνειδητοποίησαν τις αρνητικές συνέπειες του εργασιακού θορύβου στην υγεία τους. Αρχικά, οι προσπάθειες επικεντρώνονταν στη μείωση του θορύβου από την πηγή του, αλλά σύντομα διαπιστώθηκε πως αυτό δεν αρκεί και αναγνωρίστηκε η ανάγκη για ατομική προστασία από τον εργασιακό θόρυβο.

Είναι αναγκαίο λοιπόν μέσω επιτόπιων μετρήσεων και κατάλληλης αξιολόγησης τους να εκτιμηθεί τόσο η ένταση όσο και το συχνотικό περιεχόμενο του θορύβου, ώστε να προβούμε σε κατάλληλες παρεμβάσεις και να επιλέξουμε τα βέλτιστα, από τα διαθέσιμα, μέσα ατομικής προστασίας για τους εκτιθέμενους εργαζόμενους. Θα πρέπει να τονιστεί ότι ενώ η υφιστάμενη ευρωπαϊκή νομοθεσία προβλέπει την υποχρεωτική μέτρηση της έντασης του εργασιακού θορύβου και καθορίζει τα σχετικά όρια, δεν προβλέπει ως υποχρεωτική την μέτρηση του συχνотικού περιεχομένου του. Αυτή όμως κρίνεται ως ιδιαίτερα σημαντική, ιδιαίτερα αφού ίδιας έντασης θόρυβος αλλά διαφορετικής συχνότητας έχει άλλη ακουστική επίδραση στον εργαζόμενο. Επιπρόσθετα η γνώση του συχνотικού περιεχομένου του θορύβου βοηθά στην επιλογή των πλέον αποτελεσματικών μέσων ατομικής προστασίας.

Η συχνотική ανάλυση του θορύβου είναι η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την μελέτη του θορύβου σε προκαθορισμένα διαστήματα συχνотήτων (οκτάβες). Η ανάλυση μας βοηθά να γνωρίζουμε πως κατανέμεται η ηχητική ενέργεια, στο φάσμα του ήχου, για τον υπό εξέταση εργασιακό χώρο, να εκτιμήσουμε τον κίνδυνο που προκύπτει από την έκθεση του εργαζόμενου και να αναπτύξουμε τα κατάλληλα προγράμματα

προστασίας των εργαζομένων από τον θόρυβο (Hearing conservation programs). Σημαντικό ρόλο στα προγράμματα αυτά έχουν και τα μέσα ατομικής προστασίας έναντι του θορύβου (διαφόρων τύπων ωτοασπίδες, ωτοπώματα, ωτοβύσματα). Για την επιλογή των κατάλληλων μέσων ατομικής προστασίας είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε όχι μόνο την ένταση του θορύβου αλλά και το συχνοτικό του περιεχόμενο. Κάθε τύπος μέσου ατομικής προστασίας προσφέρει αυξημένη μείωση στάθμης θορύβου σε συγκεκριμένες συχνότητες.

Βασικός στόχος της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας μέτρησης και συχνοτικής ανάλυσης του θορύβου σε συγκεκριμένα εργασιακά περιβάλλοντα (λατομικοί χώροι) για την επιλογή των καταλλήλων μέσων ατομικής προστασίας. Η επιλογή κατάλληλων μέσων προστασίας δεν βασίζεται μόνο στην εκτίμηση της ισοδύναμης ηχοστάθμης οκταώρου και στο συνολικό βαθμό μείωσης του θορύβου (Noise Reduction Rate, NRR) που επιτυγχάνει ένα μέσο ατομικής προστασίας αλλά θα λαμβάνει υπόψη την μείωση που επιτυγχάνει ανά οκτάβα. Η δομή της εργασίας έχει ως ακολούθως:

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται βασικές έννοιες όπως θόρυβος, είδη θορύβου, πηγές θορύβου και υπολογιζόμενα μεγέθη. Επιπλέον γίνεται μια εκτενής περιγραφή στην συχνοτική ανάλυση και στα όργανα που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση θορύβου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι επιπτώσεις του θορύβου στον εργαζόμενο, οι τρόποι αντιμετώπισης τους και η σχετική ελληνική νομοθεσία.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα μέσα ατομικής προστασίας για τον θόρυβο, οι τρόποι εκτίμησης της αποτελεσματικότητάς τους και τα αποτελέσματα της σχετικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στην περιγραφή του εργασιακού χώρου που επιλέχθηκε για την μελέτη, ο προγραμματισμός των επιτόπου μετρήσεων και της συλλογής πληροφοριών σε σχέση με τις συνθήκες εργασίας, τα όργανα και το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκαν για την λήψη και επεξεργασία των μετρήσεων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αξιολόγηση των μετρήσεων, και παρουσιάζεται η

μεθοδολογία επιλογής των μέσων ατομικής προστασίας με βάση την συχνοτική ανάλυση του θορύβου. Γίνεται σύγκριση της απόδοσης των υφιστάμενων μέσων ατομικής προστασίας με εκείνα που προτείνονται από την μεθοδολογία.

Το έκτο κεφάλαιο περιέχει τα εξαγόμενα συμπεράσματα και τις προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Κεφάλαιο 1: Θόρυβος και βασικές έννοιες

1.1. Ήχος, ορισμοί και βασικά μεγέθη

Με τον ορισμό ήχος εννοείται η μεταβολή της πίεσης του αέρα που διεγείρει την αίσθηση της ακοής και γίνεται αντιληπτή από τον άνθρωπο. Τα φυσικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν τον ήχο είναι:

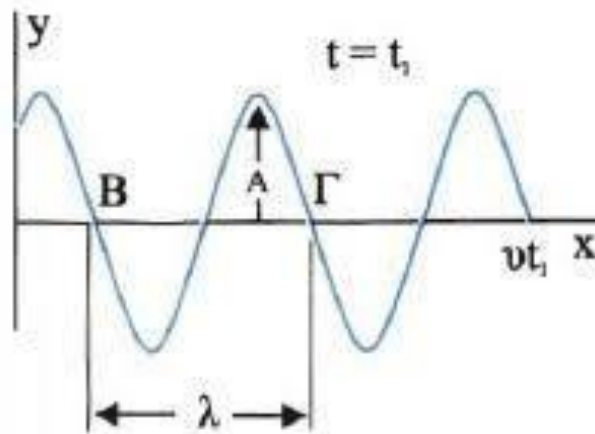
- Η ταχύτητα του κύματος c . Η ταχύτητα με την οποία "ταξιδεύουν" τα ηχητικά κύματα εξαρτάται από το μέσο στο οποίο διαδίδονται. Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα που μετράται στους 15°C πάνω από το επίπεδο της θάλασσας είναι $1.238 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ($340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$).
- Η συχνότητα του ηχητικού κύματος f . Ο αριθμός των μεταβολών της πίεσης ανά δευτερόλεπτο, ονομάζεται συχνότητα. Το μέγεθος της συχνότητας συνδέεται άμεσα με την περίοδο T , σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο 1.1:

$$T = \frac{1}{f} \quad (1.1)$$

- Το μήκος κύματος λ . Μήκος κύματος είναι η απόσταση που διανύει το κύμα σε μία περίοδο και δίνεται από την ακόλουθη σχέση 1.2:

$$\lambda = c \times T \quad (1.2)$$

Όπου, C η ταχύτητα του ήχου και T η περίοδος, όπως φαίνονται στο σχήμα 1.1.



Σχήμα.1.1 Μήκος κύματος (Ιωάννου και Ντάνος, 1999)

Η μονάδα μέτρησης της συχνότητας είναι το Hertz. Ο άνθρωπος είναι ικανός να αντιλαμβάνεται, να αφομοιώνει και, κυρίως, να ανέχεται ήχους στην περιοχή συχνοτήτων 20-20.000 Hz, με τη μεγαλύτερη ευαισθησία να παρατηρείται στην περιοχή από 1.000 έως 5.000 Hz. Καθώς το άτομο γερνάει, το εύρος συχνοτήτων των ήχων που μπορεί να αντιληφθεί στενεύει. Οι ήχοι άνω των 20.000 Hz ονομάζονται "υπέρηχοι" και οι ήχοι κάτω των 20 Hz ονομάζονται "υπόηχοι" (Δρίβας, 2007).

- Η ένταση dB

Η ένταση του ήχου ορίζεται ως το ποσό της ηχητικής ενέργειας που διέρχεται από μια μονάδα επιφάνειας σε μια μονάδα χρόνου. Η μονάδα μέτρησης είναι το ντεσιμπέλ (decibel - dB). Η ανάγκη χρήσης της μονάδας dB οφείλεται στο γεγονός ότι τα επίπεδα ηχητικής πίεσης σε ένα χώρο ποικίλουν τόσο πολύ που δεν είναι πρακτικό να μετρηθεί ο θόρυβος σε άλλες μονάδες όπως το Pa. Η χαμηλότερη ένταση θορύβου I_0 που γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο ακουστικό σύστημα ονομάζεται "στάθμη ακουστότητας ή κατώφλι ακοής" και αντιστοιχεί σε $10^{-12} \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$ ή 0 dB (σε συχνότητα 1000 Hz), ενώ η "στάθμη πόνου" αντιστοιχεί σε $1 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$ ή 140 dB.

Στην ακοολογία, το ντεσιμπέλ (dB) χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης της έντασης του ήχου. Πρόκειται για μια λογαριθμική μονάδα που εκφράζει το επίπεδο της ηχητικής πίεσης (L) σύμφωνα με τη σχέση 1.3 . (Δρίβας, 2007).

$$L = 10 \log_{10} I/I_0 \quad (1.3)$$

Όπου:

I = το μετρούμενο φυσικό μέγεθος (ένταση) σε W/m^2 .

I_0 = το φυσικό μέγεθος αναφοράς (ένταση), που αντιστοιχεί στην ελάχιστη μεταβολή πίεσης παραγόμενη από ένα καθαρό ήχο 1000 Hz, αντιληπτό από το ανθρώπινο αυτί (στάθμη ακουστότητας ή κατώφλι ακοής) και είναι ίσο με 10^{-12} W/m^2 .

Το κατώφλι ακοής είναι 0 dB, το οποίο αντιστοιχεί σε στάθμη πόνου 140 dB. Για κάθε αύξηση της ηχητικής πίεσης κατά 10 dB, η ένταση του ήχου διπλασιάζεται (τρόπος με τον οποίο το ανθρώπινο αυτί αντιλαμβάνεται τον ήχο). Ομοίως, για κάθε μείωση της ηχητικής πίεσης κατά 10 dB, η ένταση του ήχου υποδιπλασιάζεται (Δρίβας, 2005)

1.2. Θόρυβος, ορισμός και μετρούμενα μεγέθη

Ως θόρυβος ορίζεται ο ήχος που παράγεται από μη περιοδικές και ακανόνιστες μεταβολές της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα, ο οποίος προκαλεί δυσφορία ή ενόχληση.

1.2.1. Τύποι θορύβου

Ο θόρυβος σε σχέση με τη διακύμανση του επιπέδου του, ταξινομείται στους εξής τύπους:

- Σταθερός λέγεται ο θόρυβος, όταν οι μεταβολές που προκύπτουν από τις μετρήσεις του ηχητικού του επιπέδου είναι μικρότερες από 3 dB (A).
- Κυματοειδής λέγεται ο θόρυβος, όταν οι μεταβολές που προκύπτουν από τις μετρήσεις του ηχητικού του επιπέδου είναι πάνω από 3 dB (A).
- Μεταβλητός λέγεται ο θόρυβος, όταν στη διάταξη των ηχητικών του επιπέδων παρεμβάλλονται επίπεδα σταθερά. Πρόκειται για συνδυασμό των δύο προηγούμενων τύπων θορύβου.

- Εκρηκτικός ή κατά ώσεις λέγεται ο θόρυβος, όταν αποτελείται από ένα ή περισσότερα κύματα ηχητικής ενέργειας, που χαρακτηρίζονται από μια ταχύτατη μεταβολή του επιπέδου, η οποία συμβαίνει μέσα σε διάστημα μικρότερο του 1s. (Δρίβας Σ., 2003)

1.2.2. Πηγές θορύβου

Οι κυριότερες πηγές θορύβου είναι τα μέσα συγκοινωνίας ή μεταφοράς με την ευρεία έννοια τους, οικοδομικές και παρόμοιες εργασίες, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, κέντρα διασκέδασης και ψυχαγωγίας και μερικές οικιακές συσκευές. Η βιομηχανία ως πηγή θορύβου επιβαρύνει τους εργαζομένους της και τους ενοίκους κατοικιών που γειτνιάζουν με τα εργοστάσια. Ορισμένες βιομηχανίες, όπως τα λατομεία, τα εργοστάσια τσιμέντου, οι χαλυβουργίες και τα σωληνουργεία, αντιμετωπίζουν ιδιαίτερα προβλήματα θορύβου. Ο θόρυβος παράγεται από τη λειτουργία των μηχανημάτων, όπως τα κινούμενα μέρη (κινητήρες, αντλίες), οι θραυστήρες, η τριβή μεταξύ των μερών, οι εκπομπές αερίων, η μεταφορά αερίων σε υψηλές ταχύτητες και τα χωματοουργικά μηχανήματα. Ο θόρυβος που παράγεται από βιομηχανικές δραστηριότητες χρήζει ιδιαίτερης αντιμετώπισης, διότι η μικρή απόσταση από την πηγή θορύβου εκθέτει τους εργαζόμενους σε υψηλά επίπεδα θορύβου. Σε γενικές γραμμές, οι πηγές θορύβου μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κύριες κατηγορίες:

- εκτονώσεις αερίων
- κρουστικά φαινόμενα
- δονήσεις στερεών
- δονήσεις αέρα
- κίνηση στερεών σε ρευστό με μεγάλη ταχύτητα

(Κώνστας, 1998)

1.2.3. Μετρούμενα μεγέθη θορύβου

1. L_{max} , είναι η μέγιστη στάθμη που μετρήθηκε κατά τη διάρκεια της μέτρησης.
2. L_{min} , είναι η ελάχιστη στάθμη που μετρήθηκε κατά τη διάρκεια της μέτρησης.
3. L_{PEAK} , είναι η μέγιστη στάθμη κορυφής που καταγράφεται κατά τη διάρκεια μιας μέτρησης. Είναι δηλαδή η απότομη και στιγμιαία άνοδος της ηχητικής πίεσης με εξίσου απότομη εξασθένιση.
4. $L_{Aeq,Te}$: A - σταθμισμένη ισοδύναμη στάθμη θορύβου. Εκφράζει τον ισοδύναμο σταθερό θόρυβο που δέχεται ο εργαζόμενος για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα T_e
5. L_{EX} εκφράζει την ημερήσια στάθμη θορύβου. Στις περισσότερες των περιπτώσεων αναφέρεται σε 8 ώρες ηχοέκθεσης του εργαζομένου (8 εργατοώρες = βάρδια εργασίας). Συνδέεται άμεσα με το $L_{Aeq,Te}$, το οποίο είναι και αυτό το οποίο μετράται.

Η σχέση που συνδέει το L_{EX} με το $L_{Aeq,Te}$ (Eaton, 2001), είναι η 1.4:

$$L_{EX} = L_{AeqTe} + 10\log\left(\frac{T_0}{T_e}\right) \quad (1.4)$$

Όπου $T_0 = 8h$ και T_e = διάρκεια μέτρησης

Επίσης, σύμφωνα με το Occupational Safety & Health Service (2003), για διάφορες θέσεις εργασίας (άρα και για διάφορα L_{Aeq}), ισχύει η εξίσωση 1.5 που συσχετίζει το

L_{EX} με το $L_{Aeq,Te}$ για $T_e > 8 \text{ hr}$

$$L_{EX} = 10\log_{10} \left[\frac{1}{8} \sum (T_i * 10^{(0.1 \times L_{Aeq,ti})}) \right] \quad (1.5)$$

όπου: $L_{Aeq,Ti}$ = H A - σταθμισμένη ισοδύναμη στάθμη θορύβου για εργασία T_i ωρών (dB).

6. $L_{EX,W}$, είναι σταθμισμένη ισοδύναμη στάθμη θορύβου εβδομάδας και υπολογίζεται βάσει της παρακάτω εξίσωσης 1.6:

$$L_{EX,W} = 10\log \left[\frac{1}{2} \sum 10^{0.1 \times L_{EX} \times k} \right] \quad (1.6)$$

όπου:

$L_{EX,W}$ = Εβδομαδιαία στάθμη θορύβου (dB)

L_{EX} = Ημερήσια στάθμη θορύβου (dB)

k = Η εκάστοτε ημέρα εργασίας της υπόψη εβδομάδας

7. EA. Το EA εκφράζει την ημερήσια δόση θορύβου που δέχεται ο εργαζόμενος και μονάδες μέτρησης είναι τα Pa^2h . Είναι το αντίστοιχο του L_{EX} , δηλαδή υπολογίζει την δόση θορύβου σε οχτάωρη βάση. Επίσης, πολύ συχνά εκφράζεται ως ποσοστό, με το 100 % ($1 Pa^2h$) να αντιστοιχεί στα 87 dB, η οποία είναι η ανώτατη δόση που μπορεί να δεχθεί ο εργαζόμενος. Η σύνδεση EA και L_{EX} παρουσιάζεται στην σχέση 1.7.

$$L_{EX} = 10\log_{10}(EA) + 85 \quad (1.7)$$

8. Στάθμη ηχητικής πίεσης (SPL) και Στάθμη ηχητικής Ενέργειας (PWL). Δύο θεμελιώδη μεγέθη των μετρήσεων του θορύβου είναι η στάθμη ηχητικής πίεσης (SPL – Sound Pressure Level) και η στάθμη ηχητικής ενέργειας (PWL – Sound Power Level). Και τα δύο μεγέθη αυτά μετρώνται σε (dB) και συνδέονται άμεσα με την ένταση του ήχου. (Wall, 2000) σύμφωνα με την σχέση 1.8:

$$L_p = 10\log_{10}\left(\frac{P}{P_0}\right)^2 \quad (1.8)$$

Όπου:

L_p = Στάθμη Ηχητικής Πίεσης (dB)

P = η μετρούμενη στάθμη ήχου (Pa)

P_0 = κατώφλι ακουστότητας

πίεση αναφοράς ($2 \cdot 10^{-5}$ Pa)

Η Στάθμη Ηχητικής Ενέργειας (L_w) δίδεται από την σχέση 1.9:

$$L_w = 10\log_{10}\left(\frac{W}{W_0}\right) \quad (1.9)$$

Όπου:

L_w = Στάθμη Ηχητικής Ενέργειας (dB)

w = η ακουστική ενέργεια της πηγής (W)

w_0 = η ακουστική ενέργεια αναφοράς (10-12 W)

Το L_w , είναι σταθερό για κάθε πηγή θορύβου και ανεπηρέαστο από το περιβάλλον.

Σύμφωνα με το Institute of Acoustics (2000), η σχέση 1.10 συνδέει τα δύο μεγέθη:

$$PWL = SPL + 10 \log_{10} \times A \quad (1.10)$$

Όπου:

PWL = Ηχητική Ενέργεια (dB)

SPL = η ηχητική πίεση της πηγής μετρημένη σε απόσταση 1m (dB)

A = το εμβαδόν που καλύπτει η πηγή θορύβου (m^2)

Η σχέση που δίνει την συνολική ηχητική πίεση από n – πηγές ίδιας ηχητικής πίεσης είναι η εξίσωση 1.11:

$$SPL_f = SPL_i + 10 \log n \quad (1.11)$$

Όπου:

SPL_f = Η συνολική Στάθμη Ηχητικής Πίεσης

SPL_i = Η Στάθμη Ηχητικής Πίεσης των επιμέρους πηγών

n = ο αριθμός πηγών ίδιας ηχητικής πίεσης

Το γεγονός αυτό μπορεί να γενικοποιηθεί και για μη όμοιες μηχανές (διαφορετικής ηχητικής πίεσης) βάσει της παρακάτω σχέσης 1.12: (Wall, 2000):

$$SPL = 10 \log_{10} \times \left(10^{\frac{SPL_1}{10}} + 10^{\frac{SPL_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{SPL_v}{10}} \right) \quad (1.12)$$

Όπου:

SPL = Η συνολική Στάθμη Ηχητικής Πίεσης

SPL_1 = Η Στάθμη Ηχητικής Πίεσης της πηγής 1

SPL_2 = Η Στάθμη Ηχητικής Πίεσης της πηγής 2

SPL_v = Η Στάθμη Ηχητικής Πίεσης της ν-οστής πηγής.

Παρακάτω ακολουθεί πίνακας που παρουσιάζει ένα απλοποιημένο τρόπο πρόσθεσης εντάσεων θορύβου με βάση την διαφορά ηχητικής πίεσης των πηγών (Wall, 2000)

Πίνακας 2.1. Υπολογισμός εντάσεων θορύβου από 2 πηγές,

Διαφορά ηχητικής πίεσης (dB)	Πρόσθεση στην ψηλότερη ένταση (dB)
0 ή 1	3
2 ή 3	2
4 έως 9	1
>10	0

Για τον υπολογισμό της δόσης D (%) που δέχεται ο εργαζόμενος που εκτίθεται για χρονικό διάστημα T σε στάθμη θορύβου $L_{eq,T}$ χρησιμοποιείται η σχέση 1.13:

$$D(\%) = \frac{T}{T_c} \times 10^{\frac{L_i - L_c}{10}} \times 100 \quad (1.13)$$

Όπου:

T το χρονικό διάστημα έκθεσης

$T_c = 8h$ (οκτάωρο εργασίας)

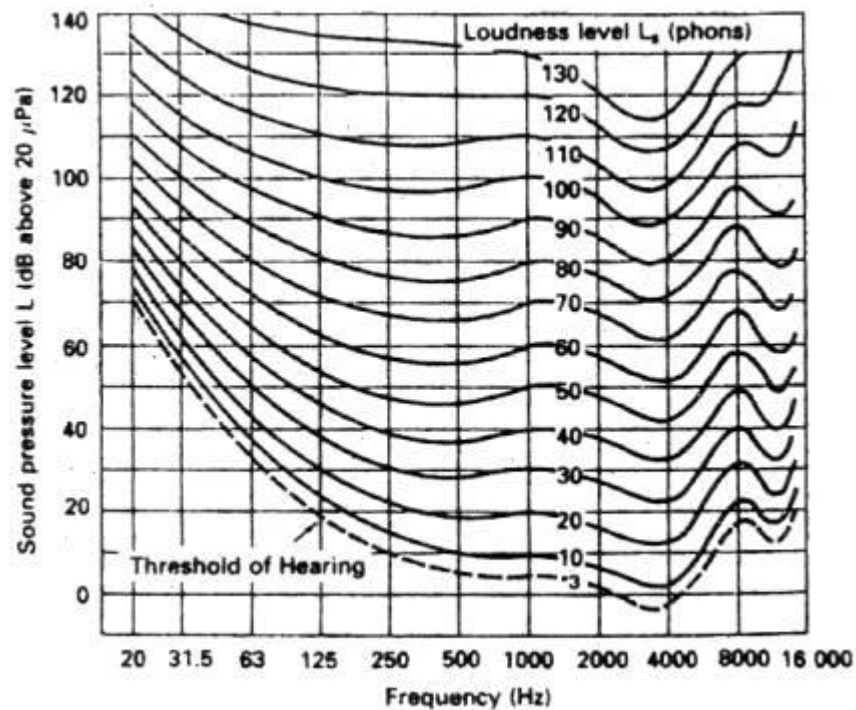
L_i Η ηχητική πίεση που δέχεται ο εργαζόμενος

L_c η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή

1.2.4. Ακουστότητα θορύβου

Η ακουστότητα (loudness) είναι η υποκειμενική αίσθηση που δίνει ο ήχος στον

άνθρωπο και οφείλεται στο γεγονός ότι η ευαισθησία του ανθρώπινου αυτιού δεν είναι η ίδια για όλες τις συχνότητες του ήχου που μπορούν να γίνουν αντιληπτές. Η ευαισθησία του αυτιού είναι υψηλότερη στις μεσαίες συχνότητες 1000-5000 Hz και χαμηλότερη στις χαμηλές και υψηλές συχνότητες. Η ακουστικότητα είναι συνάρτηση της έντασης του ήχου και της συχνότητας, όπως φαίνεται από το λεγόμενο πεδίο ακουστότητας (εικόνα 2). Το ηχητικό πεδίο μετράται σε Phons και είναι η στάθμη ήχου (dB) συχνότητας 1000 Hz που δίνει στο αυτί την ίδια εντύπωση με τον εξεταζόμενο ήχο (Δρίβας, 2005). Στο σχήμα 1.2. παρουσιάζεται το πεδίο ακουστότητας:



Σχήμα 1.2 Πεδίο ακουστότητας

Είναι αναγκαίο λοιπόν να εκτιμηθεί το συχνотικό περιεχόμενο του θορύβου, με τρόπο τέτοιο που να εκτιμηθεί η πραγματική επίδραση του ήχου στον άνθρωπο. Έτσι υπάρχουν τρεις συχνότητες στάθμισης που μπορούν να επιλεγούν κατά την μέτρηση του εργασιακού θορύβου:

Στη στάθμιση A, το SPL (επίπεδο ηχητικής πίεσης) φιλτράρεται ώστε να

αντικατοπτρίζει την ακουστική απόκριση στο ανθρώπινο αυτί. Αυτή είναι συνήθως η συχνότητα στάθμισης που χρησιμοποιείται συχνότερα. Αφού συλλεχθούν τα δεδομένα, εμφανίζεται το dBA (ντεσιμπέλ Α-στάθμισης).

Η στάθμιση C δεν φιλτράρει το SPL τόσο καλά όσο η στάθμιση A και είναι πιο αποτελεσματική για ηχητικές εκπομπές των μηχανημάτων. Όταν συλλεχθούν τα δεδομένα, εμφανίζεται το dBC (στάθμιση C σε ντεσιμπέλ).

Η στάθμιση Z δεν φιλτράρει τα SPL και συχνά αναφέρεται ως απόκριση FLAT ή LIN, καθώς τα SPL δεν σταθμίζονται. Είναι ο μέσος σταθμικός όρος όλων των συχνοτήτων. Όταν συλλεχθούν τα στοιχεία θα δείξει dBZ (decibels Z weighted).

1.3. Οκτάβες 1/1, 1/3

Ένας ήχος αποτελείται από ένα σύνολο συχνοτήτων. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η μέτρηση των πραγματικών επιπέδων θορύβου να καθίσταται δύσκολη. Για την απλούστευση του προβλήματος, το φάσμα των ακουστών συχνοτήτων χωρίζεται σε ομάδες, που ονομάζονται οκτάβες και τελικά γίνεται μία μόνο μέτρηση για κάθε οκτάβα. Οκτάβα είναι κάθε ζώνη συχνοτήτων της οποίας η τελική συχνότητα είναι διπλάσια της αρχικής. Έτσι για παράδειγμα η ζώνη 90-180 Hz είναι μια οκτάβα όπως επίσης και η ζώνη 1400-2800 Hz. Κάθε οκτάβα προσδιορίζεται από την κεντρική της συχνότητα f_0 που είναι η γεωμετρική μέση τιμή των άκρων της f_1 και f_2 και παρέχεται από τη σχέση 1.14:

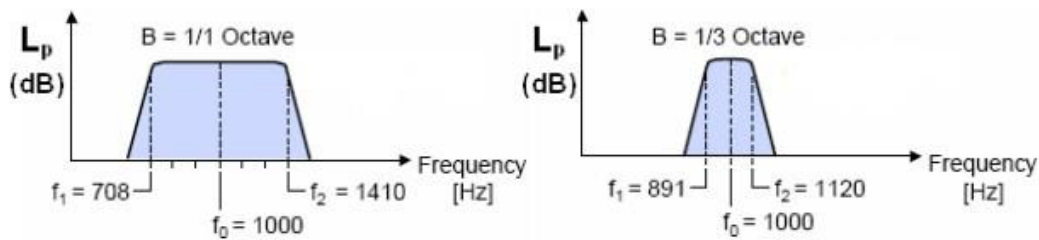
$$f_0 = \sqrt{f_1 \times f_2} \quad (1.14)$$

Οι κεντρικές συχνότητες οκταβικών ζωνών κατά αύξουσα σειρά έχουν ως εξής (Δρίβας, 2005) : 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1.000 Hz, 2.000 Hz, 4.000 Hz, 8000 Hz

Μερικές φορές απαιτούνται πιο λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με το φάσμα του ήχου που εκπέμπεται από κάθε πηγή θορύβου. Σε τέτοιους χώρους εργασίας, ο θόρυβος αναλύεται σε στενότερες ζώνες συχνοτήτων, δηλαδή σε κλάσματα οκτάβας. Στην πράξη χρησιμοποιείται περισσότερο ή τρίτοοκταβική ανάλυση του θορύβου. Τρίτοοκτάβα είναι κάθε ζώνη συχνοτήτων με αρχική συχνότητα f_1 ένα και τελική f_2 όπου ικανοποιούν τη σχέση 1.15:

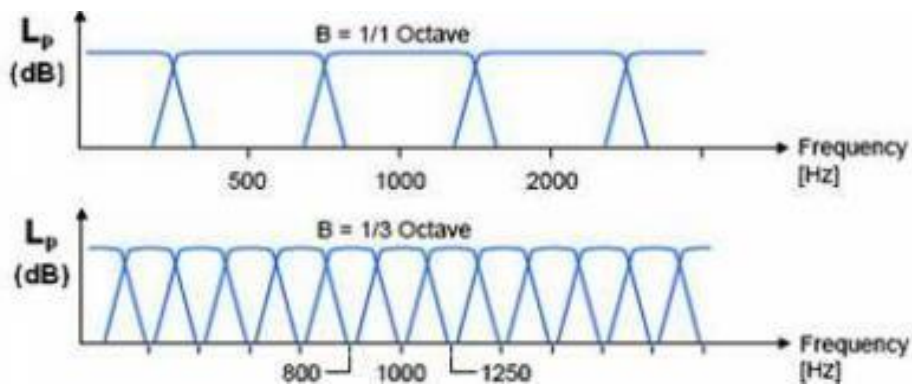
$$\frac{f_1}{f_2} = 2^{\frac{1}{3}} \quad (1.15)$$

Στα παρακάτω σχήματα 1.3. & 1.4. παρουσιάζονται τα φίλτρα για 1/1 & 1/3 οκτάβες καθώς και η σχέση μεταξύ της οκτάβας 1/1 και 1/3.



Σχήμα 1.3. Φίλτρα 1/1 - οκτάβας και 1/3 – οκτάβας

(Κουζούπης, 2016)



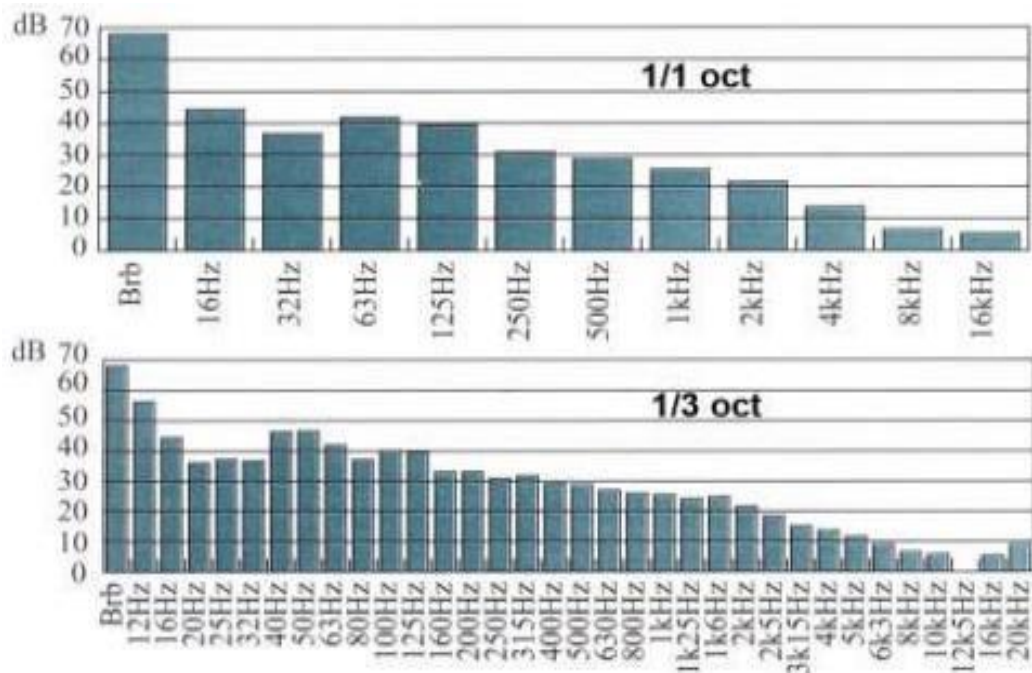
Σχήμα 1.4. Μία οκτάβα αποτελείται από τρεις τριτο-οκτάβες

(Κουζούπης, 2016)

Γενικά, κάθε ζώνη οκτάβας χωρίζεται σε τρεις ζώνες του ενός τρίτου (1/3) της οκτάβας. Σύμφωνα με τα διεθνώς αποδεκτά πρότυπα, η ζώνη συχνοτήτων του ακουστού ήχου χωρίζεται σε δέκα ζώνες της μίας οκτάβας. Οι ζώνες της μίας οκτάβας και 1/3 οκτάβας χαρακτηρίζονται συνήθως από μια κεντρική συχνότητα. Ένα ηχητικό φάσμα διαστήματος μίας οκτάβας ονομάζεται φάσμα μίας οκτάβας, ενώ ένα ηχητικό φάσμα διαστήματος 1/3 οκτάβας ονομάζεται φάσμα 1/3 οκτάβας. Για την ανάλυση φασμάτων θορύβου μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ζώνες συχνοτήτων στενότερες του 1/3

οκτάβας (Κουζούπης, 2016).

Ακολουθεί η εικονική αναπαράσταση ενός φάσματος από οκταβική ανάλυση στο σχήμα 1.5:



Σχήμα 1.5. Φάσμα από 1/1 - οκταβική και 1/3 - οκταβική ανάλυση τυχαίου θορύβου

(Κουζούπης, 2016).

1.4. Συχνотική ανάλυση

Η συχνотική ανάλυση του θορύβου είναι η μεθοδολογία ανάλυσης που χρησιμοποιείται για την μελέτη της σύνθεσης του θορύβου σε διάφορα συχνотικά επίπεδα. Μέσω αυτής γίνεται εκτίμηση του κινδύνου, που προκύπτει από την έκθεση του εργαζόμενου στον θόρυβο δίνοντας βαρύτητα στις ευαίσθητες συχνότητες για τον άνθρωπο, με σκοπό την επιλογή κατάλληλων μέσων ατομικής προστασίας. Συγκεκριμένα, μέσω της συχνотικής ανάλυσης μας δίνεται η δυνατότητα να γνωρίζουμε την τιμή της σταθμισμένης ισοδύναμης στάθμης θορύβου για κάθε επιμέρους συχνότητα. Το επίπεδο

θορύβου διαχωρίζεται σε οκτάβες για τις οποίες καθορίζεται η τυπική απόκλιση. Κάθε μέσο ατομικής προστασίας της ακοής, συνοδεύεται από έναν πίνακα, στον οποίο αναγράφεται η μέση τιμή καθώς και η τυπική απόκλιση της μείωσης της ηχοστάθμης του θορύβου ανά οκτάβα. Επιπλέον η ανάλυση μας βοηθά γνωρίζουμε πως κατανέμεται η ηχητική ενέργεια, στον υπό εξέταση εργασιακό χώρο, στο φάσμα του ήχου. Είναι λοιπόν εφικτό να μειώσουμε την επίδραση του θορύβου, με κατάλληλες παρεμβάσεις για την εξάλειψη των επιδράσεων των συχνοτήτων στις οποίες το ανθρώπινο αυτί είναι ευαίσθητο.

1.5. Όργανα μέτρησης θορύβου

1.5.1. Ηχόμετρο

Ηχόμετρο ή μετρητής στάθμης ήχου (Sound Level Meter) είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της έντασης του θορύβου. Αποτελείται από μικρόφωνο, ενισχυτή, πίνακα ενδείξεων και τροφοδοτικό (ηλεκτρικό στοιχείο). Το μικρόφωνο μετατρέπει την ακουστική ενέργεια που μεταδίδεται με τη διαφορά πιέσεων του αέρα, σε (ασθενές) ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο πολλαπλασιάζεται με τον ενισχυτή και τελικά εμφανίζει την ένδειξη της εντάσεως του θορύβου στο βαθμονομημένο πίνακα. Ο μετρητής έχει συνήθως ενσωματωμένο φίλτρο-A, για την αναγωγή των θορύβων στη συχνότητα 1 KHz (Συχνότητα Ανθρώπινης Ακοής). Μονάδες μέτρησης του ηχομέτρου είναι τα dB(A). Τα ηχόμετρα χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ημερήσιας ατομικής ηχοέκθεσης ενός εργαζομένου. Ισχύει μόνο όταν ο εργαζόμενος εκτίθεται σε συνεχή και σταθερό θόρυβο. Σε αντίθετη περίπτωση χρησιμοποιούνται τα ηχοδοσίμετρα (Ελευθέριος, 2010). Παρακάτω παρουσιάζεται ένα ηχόμετρο στην εικόνα 1.1.



Εικόνα 1.1. Ηχόμετρο

1.5.2. Ηχοδοσίμετρο

Τα ηχοδοσίμετρα, μετράνε την δόση θορύβου στην οποία εκτίθεται ένας εργαζόμενος. Χρησιμοποιούνται όταν ο εργαζόμενος απασχολείται σε διάφορους χώρους εργασίας και δέχεται θορύβους διαφορετικών επιπέδων. Τα ηχοδοσίμετρα εγκαθίστανται εντός της ακουστικής ζώνης του εργαζομένου. Η πιο συνηθισμένη θέση εφαρμογής είναι στο γιακά της φόρμας εργασίας κοντά στο αυτί, έτσι ώστε να προσομοιώνεται όσο καλύτερα γίνεται ο ήχος που φτάνει στο ανθρώπινο αυτί. Το ηχοδοσίμετρο, μετράει και υπολογίζει την ισοδύναμη ατομική ηχοέκθεση του εργαζομένου (Ελευθέριος, 2010). Στην εικόνα 1.2 παρουσιάζεται ένα ηχοδοσίμετρο.



Εικόνα 1.2. Ηχοδοσίμετρο

1.5.3. Όργανα μέτρησης θορύβου κατά οκτάβες

Για τη μέτρηση του θορύβου ανά οκτάβα χρησιμοποιούνται κατάλληλα όργανα μέτρησης, διεθνώς γνωστά ως αναλυτές οκταβικών ζωνών (*Octave Band Analyzers* - OBA). Τα όργανα αυτά χρησιμοποιούνται για τη συσχέτιση της ενέργειας του θορύβου με τη συχνότητα. Τα όργανα αυτά διαχωρίζουν το θόρυβο σε διαφορετικές τιμές συχνότητας (χαμηλή, μεσαία και υψηλή) και τον διαιρούν σε επιμέρους οκτάβες. Οι μέθοδοι ελέγχου και μείωσης του θορύβου διαφέρουν για τους θορύβους χαμηλής και υψηλής συχνότητας. Ο προσδιορισμός των διαφορετικών συχνοτήτων επιτυγχάνεται με τη διέλευση του θορύβου από κατάλληλο φίλτρο, το οποίο αναλύει τον θόρυβο σε διαφορετικές συχνότητες και οκτάβες. Οι οκτάβες κυμαίνονται συνήθως από 8 έως 9 για κάθε μέτρηση. Τα περισσότερα από αυτά τα όργανα καλύπτουν θόρυβο από 22 Hz έως 11300 Hz και οι συχνότητες αυτές αναλύονται σε εννέα οκτάβες (Ελευθέριος, 2010). Ακολουθεί η εικόνα αναλυτή οκτάβων (εικόνα 1.3).



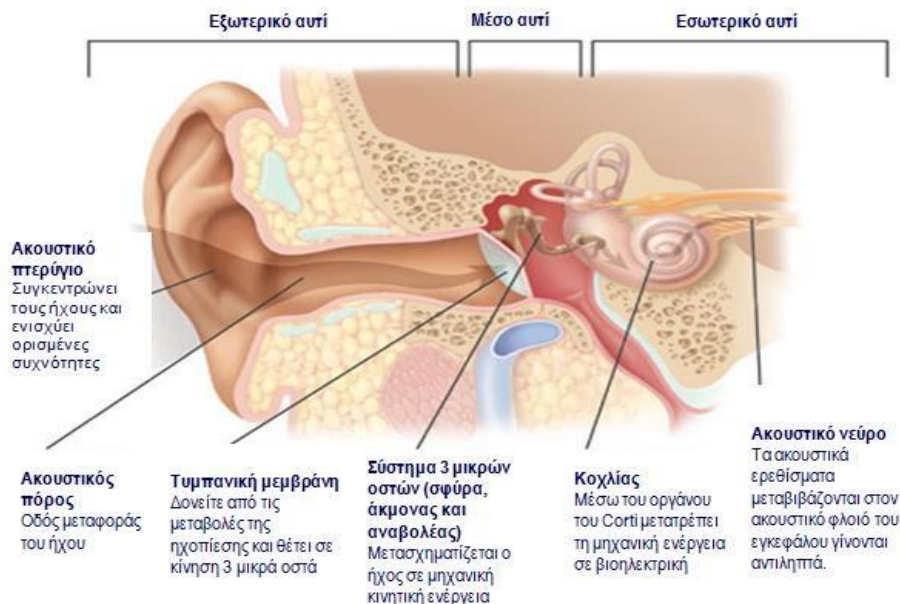
Εικόνα 1.3. Octave Band Analyzer

Κεφάλαιο 2: Επιπτώσεις θορύβου- τρόποι αντιμετώπισης

2.1 Το ακουστικό ερέθισμα

Το αισθητήριο όργανο της ακοής αποτελείται από το εξωτερικό αυτί (ακουστικό πτερύγιο και εξωτερικός ακουστικός πόρος), το μέσο αυτί (τυμπανοσταριώδες σύστημα και ευσταχιανή ακουστική σάλπιγγα) και το εσωτερικό αυτί (κοχλίας και ημικύκλιοι σωλήνες). Τα ηχητικά κύματα συλλέγονται από το ακουστικό πτερύγιο όπου ενισχύονται κάποιες συχνότητες, περνούν από τον εξωτερικό ακουστικό πόρο και καταφθάνουν στην τυμπανική μεμβράνη. Στο τυμπανοσταριώδες σύστημα (τυμπανική μεμβράνη, σφύρα, άκμονας και αναβολέας) το ηχητικό κύμα μετατρέπεται σε μηχανική κινητική ενέργεια. Το τυμπανοσταριώδες σύστημα έχει ως στόχο, εκτός της μεταφοράς των δονήσεων στο εσωτερικό αυτί (περίλεμφο του κοχλίου) την απόσβεση ενός ποσοστού βίαιων ήχων. Ο κοχλίας αποτελεί το «όργανο αντίληψης της ακοής» και μέσω του οργάνου του Corti μετασχηματίζει τη μηχανική ενέργεια σε βιοηλεκτρική έτσι ώστε τα ακουστικά ερεθίσματα να μεταφέρονται από το ακουστικό νεύρο στην ακουστική οδό και καταφθάνοντας στον ακουστικό φλοιό του εγκεφάλου να γίνονται αντιληπτά. Περίπου 30.000 τριχωτά κύτταρα βρίσκονται στο «όργανο του Corti». Αυτά μετασχηματίζουν ενεργά το ηχητικό ερέθισμα σε ηλεκτρικό δυναμικό. Επιπλέον είναι διανεμημένα σε περιοχές «ευαίσθητες» στις διάφορες συχνότητες που συνθέτουν το ηχητικό φάσμα. (Κοντογιάννης, 2019).

Παρακάτω στο σχήμα 2.1 φαίνεται το σχεδιάγραμμα αντίληψης ήχου στο ανθρώπινο αυτί.



Σχήμα 2.1. Αντίληψη ήχου – Ανθρώπινο αισθητήριο ακοής (Κοντογιάννης, 2019)

2.2. Επιδράσεις του θορύβου

Οι επιδράσεις του θορύβου στον ανθρώπινο οργανισμό μπορούν να ταξινομηθούν:

- Σε επιδράσεις στο αισθητήριο όργανο της ακοής
- Στις «μη ακουστικές επιδράσεις» που αφορούν κυρίως το νευρικό σύστημα και τις ψυχικές λειτουργίες, το κυκλοφορικό, το γαστρεντερικό, το ενδοκρινικό και άλλα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού.

2.2.1 Προβλήματα ακοής

- Βλάβη στην ακοή

Είναι η πιο σημαντική από τις επιδράσεις του θορύβου. Τα τελευταία χρόνια έχουν καταβληθεί πολλαπλές προσπάθειες για την κατανόηση των μηχανισμών απώλειας της ακοής και την καθιέρωση κριτηρίου για την επιτρεπτή στάθμη θορύβου. Ο έντονος θόρυβος προκαλεί στιγμιαία μείωση της ακουστικής οξύτητας που με την απομάκρυνση από την πηγή και την παραμονή σε ησυχία είναι δυνατόν να αντιστραφεί η βλάβη και να αποκατασταθεί η ακοή του ανθρώπου σε φυσιολογικά επίπεδα. Ωστόσο η διαρκής

παραμονή σε θορυβώδεις χώρους και η μακροχρόνια έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου είναι δυνατόν να προκαλέσει μόνιμη βλάβη που σε αρχικά στάδια εμφανίζεται ως ελάττωση της ακουστικής οξύτητας και μετέπειτα εξελίσσεται σε κώφωση. Σύμφωνα με ερευνητικές εργασίες η βλάβη στην ακοή προκαλείται από την συνολική δόση θορύβου που έχει δεχθεί ο άνθρωπος κατά την διάρκεια της εργασίας και της ζωής του (Μονιάκης).

- Θορυβογενής βαρηκοΐα

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας τη θεωρεί ως την πιο κοινή επαγγελματική ασθένεια. Προκαλείται από τη συνεχή έκθεση του εργαζόμενου σε θόρυβο η οποία αλλοιώνει την λειτουργικότητα του οργάνου της ακοής. Διακρίνονται δύο περιπτώσεις. Προσωρινή ή μόνιμη αλλοίωση της λειτουργικότητας. Στην πρώτη περίπτωση αντιμετωπίζουμε ακουστική κόπωση, ενώ στη δεύτερη επαγγελματική βαρηκοΐα από χρόνιο ακουστικό τραύμα ή θορυβογενή βαρηκοΐα (Κοντογιάννης, 2019).

- Ακουστική κόπωση

Με τον παραπάνω όρο αναφερόμαστε στη ελάττωση της ακουστικής οξύτητας (ιδιαίτερα στο φάσμα των υψηλών συχνοτήτων 3000 - 4000 Hz), η οποία όμως έχει παροδικό χαρακτήρα. Παρατηρείται ως επί το πλείστον μετά από συμπτωματική ή αρχική έκθεση στο θόρυβο και εξαρτάται από την ένταση του.

- Επαγγελματική βαρηκοΐα

Χαρακτηρίζεται ως μία αμφοτερόπλευρη βαρηκοΐα αντιλήψεως (νευροαισθητηριακή), που προκαλείται από εκφυλιστικές και ατροφικές αλλαγές στο όργανο του Corti και το ακουστικό νεύρο. Αναπτύσσεται αργά και σταδιακά, δίχως να γίνεται άμεσα αντιληπτή. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ιδιαίτερη μορφή μείωσης της ακουστικής οξύτητας, που στην αρχή επιδρά στο φάσμα των υψηλών συχνοτήτων (3000-6000 Hz), με μία χαρακτηριστική εκλεκτική ακοομετρική πτώση στα 4000 Hz. Είναι εφικτό να ταξινομήσουμε την εξέλιξη της επαγγελματικής βαρηκοΐας σε τρία σημαντικά στάδια:

- Ακοομετρική περίοδος: Η βαρηκοΐα ή σωστότερα η μειωμένη ακουστική ικανότητα ανιχνεύεται μόνο με την ακοομετρική εξέταση.

- Περίοδος της εμφάνισης: Ο εργαζόμενος ξεκινά να αντιλαμβάνεται μείωση της ακοής του και το τονικό ακοογράφημα εμφανίζει μια μείωση 35-40 dB η οποία καλύπτει το φάσμα των 1000-4000Hz.
- Περίοδος της αναπηρίας ή του μόνιμου ακουστικού τραύματος: Το ακοογράφημα εμφανίζει μια πτώση άνω των 30 dB στο φάσμα των 500-1000 Hz και μια πτώση που ξεπερνά τα 70-80 dB στο φάσμα των 1000-4000Hz. Οι επιδράσεις της αναπηρίας δεν περιορίζονται μόνο την επαγγελματική ζωή, αλλά επιδρούν και την κοινωνική ζωή του εργαζόμενου, επηρεάζοντας αρνητικά την ακουστική ικανότητα του ατόμου. (Κοντογιάννης, 2019)

2.2.2 Μη ακουστικές επιδράσεις του θορύβου στον ανθρώπινο οργανισμό

- Επιδράσεις στο καρδιαγγειακό σύστημα

Ο θόρυβος μπορεί να προκαλέσει περιφερειακή αγγειοσύσπαση, (σύσπαση δηλαδή των μικρών αγγείων), με αποτέλεσμα την μείωση της ροής του αίματος σε κάποια αγγεία και ιστούς. Επιδρά επίσης στην αρτηριακή πίεση και στις καρδιακές σφίξεις. Έπειτα από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε εργαζόμενους που εκτίθενται σε υψηλό θόρυβο, παρατηρήθηκε αύξηση της διαστολικής πίεσης και του αριθμού των καρδιακών σφίξεων. Ο θόρυβος ενοχοποιείται επίσης, τους την αύξηση των αιματικών συγκεντρώσεων της χοληστερίνης και τη δημιουργία αθηρωματικών πλακών στις αρτηρίες, αλλοιώσεις οι οποίες δεν υποχωρούν δυστυχώς με την παύση της εργασιακής έκθεσης σε θόρυβο.

- Επιδράσεις στο νευρικό σύστημα

Υψηλά επίπεδα θορύβου επιδρούν στο κεντρικό νευρικό σύστημα προκαλώντας αλλοιώσεις στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα έχοντας τη μορφή κυμάτων πεπλατυσμένου ρυθμού, ενώ ο μη συνεχής θόρυβος έντασης >75 dB(A) μεταβάλλει τον ρυθμό και τη συχνότητα του ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος. Επιπλέον η έκθεση σε θόρυβο έχει αρνητική επίδραση στην ποιότητα του ύπνου, προκαλώντας διαταραχές στη σωματική και νοητική ανάπαυση του ατόμου. Ο θόρυβος προκαλεί ψυχοκινητικές διαταραχές, όπως επιβράδυνση του χρόνου αντίδρασης, περιορίζοντας σημαντικά την ικανότητα του

εργαζόμενου να αντιδρά κατάλληλα στα εξωτερικά ερεθίσματα ή να επεξεργάζεται με διαύγεια πληροφορίες. Έτσι να εργατικά ατυχήματα είναι πιθανόν να συμβούν.

- Επιδράσεις στο σύστημα αναπαραγωγής και στους ενδοκρινείς αδένες

Ο θόρυβος δημιουργεί μείωση της ροής του αίματος στον πλακούντα και κατά συνέπεια ενοχοποιείται για πρόωρους τοκετούς και αποβολές εμβρύων σε έγκυες εργαζόμενες. Η παρατεταμένη μάλιστα έκθεση σε θόρυβο διεγείρει τους ενδοκρινικούς αδένες, αυξάνει τον βασικό μεταβολισμό, αλλά και προκαλεί υπολειτουργία της υπόφυσης με υπερέκκριση ACTH, των επινεφριδίων, σιελόρροια, μεταβολή της ενδοκρανιακής πίεσης και αλλαγή του ρυθμού των περισταλτικών κινήσεων του εντέρου. Επιπλέον έχουν παρατηρηθεί διαταραχές της εμμηνορρυσίας, του libido καθώς και της γονιμότητας (Δρίβας, 2005).

- Ψυχολογικές επιδράσεις

Η συμπεριφορά των εργαζομένων σε χώρους υψηλών θορύβων επηρεάζεται αρνητικά. Συγκεκριμένα άτομα που εργάζονται σε θορυβώδη περιβάλλοντα γίνονται ευερέθιστα, κουράζονται γρηγορότερα, νιώθουν εκνευρισμό, έχουν μειωμένη απόδοση, έλλειψη συγκέντρωσης και έτσι αδυναμία εκτέλεσης καθηκόντων που απαιτούν πνευματική διαύγεια. Σύμφωνα με μελέτες που λήφθηκαν σε εργασιακά περιβάλλοντα που πλήττονται από έντονο θόρυβο, παρατηρήθηκε πως η ύπαρξη έντονου θορύβου συνδέεται με αυξημένα ποσοστά ατυχημάτων. Από την άλλη μεριά η απουσία θορύβου οδηγεί και αυτή σε ψυχολογικά προβλήματα καθώς δημιουργείται η αίσθηση του κενού, κάνοντας το άτομο να αισθάνεται χαμένο και απομονωμένο. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους που τα ωτοβύσματα και οι ωτοασπίδες δεν προτιμώνται από τους εργαζομένους.

- Παρεμπόδιση ομιλίας και επικοινωνίας

Υψηλή στάθμη θορύβου προκαλεί παρεμπόδιση της επικοινωνίας καθώς ο δυνατός θόρυβος καλύπτει την ανθρώπινη ομιλία. Η παρεμπόδιση της συνομιλίας μεταξύ δύο ανθρώπων επιδρά στην κατανόηση των μεταφερομένων μηνυμάτων, προκαλεί πιθανή άγνοια σε προειδοποιήσεις ενδεχομένων κινδύνων και προκαλεί δυσλειτουργία επιχειρήσεων όταν η συνεννόηση των εργαζομένων επηρεάζεται. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η τηλεφωνική επικοινωνία πραγματοποιείται ικανοποιητικά ο θόρυβος στον χώρο των

συσκευών μετράται κάτω από 55 dB(A). Πάνω από 85 dB(A) η τηλεφωνική επικοινωνία είναι αδύνατη. (Μονιάκης)

- **Επιδράσεις στον ύπνο**

Ο θόρυβος είναι γνωστό πως διαταράσσει τον ύπνο. Η επίδραση στον άνθρωπο συμβαίνει είτε με διακοπή του ύπνου, είτε με μεταβολή των σταδίων του ύπνου είτε ακόμη με αύξηση της παρόδου του χρόνου που απαιτείται για να αποκοιμηθεί το άτομο. Σύμφωνα με μελέτες ο θόρυβος στάθμης 40 dB(A) διατάραξε τον ύπνο 25% των υποκειμένων, ενώ θόρυβος στάθμης 70 dB(A) το 50%. Ιδιαίτερη ευαισθησία παρατηρείται στις απότομες μεταβολές της στάθμης του ήχου, ενώ αντίθετα δυνατοί αλλά μονότονοι ήχοι πιθανώς να διευκολύνουν τον ύπνο. Κατά την διάρκεια του ύπνου ερχόμαστε σε επαφή με πολλά στάδια όπου ο ύπνος είναι είτε ελαφρύς είτε βαθύς. Θόρυβοι στάθμης ακόμη και 35 dB(A) είναι δυνατόν να μεταβάλλουν τα στάδια αυτά και να μετατρέψουν τον βαθύ ύπνο σε ελαφρύ. Ακόμη η στάθμη του θορύβου επηρεάζει τον χρόνο που απαιτείται για να αποκοιμηθεί ο άνθρωπος. Σύμφωνα με μελέτες παρατηρήθηκαν μεταβολές του χρόνου αυτού από 20 min σε 90 min όταν ο θόρυβος αυξήθηκε από 35 dB(A) σε 50 dB(A). Οι διαταραχές του ύπνου οδηγούν σε νευρικότητα, μειωμένη απόδοση, ευερεθιστότητα και κόπωση (Μονιάκης).

2.3 Μέτρα προστασίας από τον θόρυβο.

Οι διαδικασίες της πρόληψης βασικά περιλαμβάνουν την ανάπτυξη των φάσεων της τεχνικής πρόληψης, ιατρικής και οργανωτικής πρόληψης. Η τεχνική πρόληψη για τον έλεγχο της έκθεσης των εργαζόμενων σε θόρυβο αποτελείται από την ενεργή και από την παθητική τεχνική πρόληψη.

1) **Ενεργή τεχνική πρόληψη:** Βασίζεται κυρίως στην απομάκρυνση των γενεσιουργών αιτίων κινδύνου και στην ελάττωση του θορύβου από πηγή, και από την διάδοση.

2) **Η παθητική τεχνική πρόληψη:**

Βασίζεται στα οργανωτικά μέσα και στη χρήση των ατομικών μέσων προστασίας με σκοπό την προστασία του δέκτη.

2.3.1 Πηγή Θορύβου

Όταν δεν είναι εφικτό να αντικατασταθεί η παλαιά θορυβώδης μηχανή με μια καινούρια λιγότερο θορυβώδη, είναι αναγκαίο να εντοπιστούν και να αντικατασταθούν εκείνα τα εξαρτήματα που δημιουργούν υψηλές στάθμες θορύβου. Κάθε πηγή θορύβου, θεωρείται απαραίτητο, να γίνει λιγότερο θορυβώδης. Συγκεκριμένα αυτό επιτυγχάνεται μέσω κατάλληλης μελέτης, κατασκευής, στήριξη ή εσωτερικής μόνωσης (και σωστή συντήρηση). Μερικά παραδείγματα αποτελούν:

- Ο περιορισμός εκκεντρότητας των οδοντωτών τροχών.
- Η στήριξη σε ελαστικές βάσεις με σκοπό την απορρόφηση δονήσεων.
- Η χρήση ηχοαπορροφητικών υλικών στο εσωτερικό της μηχανής.
- Η συντήρηση του μηχανικού εξοπλισμού.

Επίσης, μείωση του θορύβου στη πηγή, μπορεί να επιτευχθεί με τον εγκλεισμό της κάθε μηχανής σε συγκεκριμένο χώρο περιτριγυρισμένο από ηχομονωτικά υλικά. (Κοντογιάννης, 2019).

2.3.2 Διάδοση

Η αντιμετώπιση του θορύβου από την πηγή μέχρι τον αποδέκτη γίνεται κυρίως με την τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών υλικών. Μερικές λύσεις αποτελούν:

Η κατασκευή των κτισμάτων με χρήση κατάλληλων υλικών (ηχομόνωση). Τα διπλά τζάμια στα παράθυρα παρέχουν ικανοποιητική ελάττωση του θορύβου, η χρήση βαριών κουρτινών από κατάλληλο υλικό ενεργεί πρόσθετα και επιπλέον η τοποθέτηση βαριών παραπετασμάτων, καλυμμάτων στην οροφή και στο δάπεδο είναι μια εξίσου καλή λύση. Δυστυχώς πολλά κτίρια, είναι κατασκευασμένα από σκελετό από μπετόν και σίδηρο που είναι καλός αγωγός του ήχου. Έτσι οι θόρυβοι που προκαλούνται στα κτίρια αυτά μεταφέρονται εύκολα από τον σκελετό τους. Μερικά επιπλέον μέσα που μπορούν να επιστρατευτούν για την μείωση διάδοσης του ήχου είναι η χρήση μονωτικών φύλλων στο

εσωτερικό μέρος των τοίχων των χώρων όπου λειτουργούν θορυβώδεις εγκαταστάσεις καθώς και η χρήση εμποδίων στην διαδρομή του ήχου. Παραδείγματος χάρη δενδροστοιχίες από πυκνόφυλλα δένδρα κατά μήκος των οδικών αρτηριών, η τοποθέτηση καλυμμάτων γύρω από την πηγή (Καραλής, 2023).

2.3.3 Οργανωτικά μέσα

Σε περιπτώσεις που δεν είναι εφικτός ο επαρκής έλεγχος του θορύβου στην πηγή ή τη διαδρομή του, πρέπει να λαμβάνονται περαιτέρω μέτρα για τη ελάττωση της έκθεσης των εργαζομένων στον θόρυβο. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται παρεμβάσεις όπως:

- Η οριοθέτηση του χώρου εργασίας ώστε να μην επιτρέπεται η πρόσβαση σε περιοχές που οι εργαζόμενοι είναι πιθανό να εκτεθούν σε επίπεδα θορύβου που υπερβαίνουν τα 85 dB(A).
- Η οργάνωση της εργασίας με σκοπό να μειωθεί το χρονικό διάστημα παραμονής σε θορυβώδεις χώρους. (Κυκλική εναλλαγή εργαζομένων στις θέσεις εργασίας)
- Η ενημέρωση και η εκπαίδευση των εργαζομένων σε σχέση με τους κινδύνους που ελλοχεύουν, τα μέτρα για την επίτευξη χαμηλών επιπέδων εργασιακού θορύβου και τον κατάλληλο τρόπο χρήσης των μέσων ατομικής προστασίας.
- Η επίβλεψη της υγείας των εργαζομένων (ιατρικές εξετάσεις, ακοογράμματα). (Πούλιος, 2021)

2.3.4 Κυκλική εναλλαγή εργαζομένων στις θέσεις εργασίας

Η μέθοδος της κυκλικής εναλλαγής των εργαζομένων στις θέσεις εργασίας αξιοποιείται όταν έχουν εφαρμοσθεί τα υπόλοιπα μέτρα μείωσης θορύβου (ή όσα είναι εφικτό να εφαρμοσθούν) και τα επίπεδα θορύβου είναι ανώτερα από τα επιθυμητά επίπεδα. Παραδείγματος χάρη, αν υποθέσουμε ότι η ημερήσια ηχοέκθεση κάποιου εργαζομένου υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια, ακόμα και ενώ έχουν παρθεί όλα τα αναγκαία μέτρα, είναι απαραίτητο η αρμόδια διοίκηση της επιχείρησης να πραγματοποιήσει κυκλική εναλλαγή των εργαζομένων στις επιμέρους θέσεις εργασίας, με σκοπό οι εργαζόμενοι να

απασχολούνται σε θέσεις εργασίας με χαμηλότερα επίπεδα θορύβου, μέτρο που μειώνει την συνολική ηχοέκθεση που δέχεται ο εργαζόμενος. Είναι θεμιτό το παραπάνω μέτρο αντιμετώπισης του θορύβου να πραγματοποιείται ταυτόχρονα με την χρήση προστατευτικού εξοπλισμού, μέχρι το επίπεδο θορύβου να είναι αποδεκτό.

2.3.5 Επίβλεψη της υγείας των εργαζομένων

Η πτυχή αυτή είναι ουσιώδους σημασίας, καθώς ο θόρυβος βλάπτει σταδιακά την υγεία των εκτιθέμενων σε αυτόν εργαζομένων. Σε περιπτώσεις που η έκθεση υπερβαίνει τις τιμές για ανάληψη δράσης, η νομοθεσία προβλέπει την υποβολή των εργαζομένων σε ιατρικό έλεγχο ο οποίος συμβάλλει στην επίβλεψη της υγείας αλλά και την έγκαιρη διάγνωση τυχόν θορυβογενούς απώλειας της ακοής.

2.3.6 Μέσα ατομικής προστασίας

Τα μέσα ατομικής προστασίας (Μ.Α.Π.) αποτελούν την τελευταία γραμμή άμυνας κατά του θορύβου και είναι απαραίτητο η χρήση τους να έχει προσωρινό χαρακτήρα. Τα μέσα ατομικής προστασίας θα αναλυθούν εκτενώς στο επόμενο κεφάλαιο. Ενδεικτικά τα Μ.Α.Π. θορύβου διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Ωτοασπίδες
- Ωτοβύσματα
- Ωτοπώματα

2.4 Ελληνική νομοθεσία

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται τα πιο σημαντικά τμήματα της ελληνικής νομοθεσίας σχετικά με τον εργασιακό θόρυβο, όπως αυτά παρουσιάζεται στο αντίστοιχο Προεδρικό Διάταγμα 149/2006). Επιπλέον, στο γίνεται παρουσίαση της νομοθεσίας που αναφέρεται στα Μέσα Ατομικής Προστασίας (Μ.Α.Π.) και ειδικότερα στα Μ.Α.Π. για την προστασία του εργαζομένου από τον θόρυβο.

2.4.1 Προεδρικό Διάταγμα 149/2006 - ΦΕΚ 159/Α/28-7-2006 “Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (θόρυβος)”

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 159 / 28-07-2006, οι οριακές τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης όσον αφορά τις ημερήσιες στάθμες έκθεσης σε θόρυβο L_{EX} και τις κορυφοτιμές της ηχητικής πίεσης Peak, καθορίζονται ως εξής:

- Οριακές τιμές έκθεσης για οκτάωρη απασχόληση ημερησίως:

$L_{EX} = 87 \text{ dB (A)}$

Peak = 140 dB (C)

- Ανώτερες τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης :

$L_{EX} = 85 \text{ dB (A)}$

Peak = 137 dB (C)

- Κατώτερες τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης :

$L_{EX} = 80 \text{ dB (A)}$

Peak = 135 dB (C)

Το Προεδρικό Διάταγμα 149/2006 ΦΕΚ 159/Α/28-7-2006 αφορά τις ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας για τη χρήση από τους εργαζόμενους εξοπλισμών ατομικής προστασίας κατά την εργασία

Σύμφωνα με το Προεδρικό Διάταγμα 149/2006 οι εξοπλισμοί ατομικής προστασίας πρέπει να χρησιμοποιούνται εφόσον οι κίνδυνοι δεν είναι δυνατό να αποφευχθούν ή να περιορισθούν επαρκώς με τεχνικά μέτρα ή μέσα συλλογικής προστασίας ή με μέτρα, μεθόδους ή διαδικασίες οργάνωσης της εργασίας. Ο εργοδότης οφείλει να λαμβάνει τα αναγκαία μέτρα για την προστασία της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων, συμπεριλαμβανομένων των δραστηριοτήτων πρόληψης κινδύνων, ενημέρωσης και κατάρτισης, καθώς και της δημιουργίας της απαραίτητης οργάνωσης και της παροχής των αναγκαίων μέσων εφαρμόζοντας υποχρεωτικά κατά σειρά τις πιο κάτω διαδικασίες :

- α) Καταγραφή, ανάλυση και εκτίμηση των κινδύνων.

- β) Αποτροπή της εμφάνισης των κινδύνων.
- γ) Αντικατάσταση του επικίνδυνου από το λιγότερο επικίνδυνο.
- δ) Εγκλεισμό του κινδύνου ή περιορισμό της περιοχής του κατά τρόπο που εξασφαλίζει ότι σε κανονική λειτουργία δεν εκτίθενται σε κίνδυνο οι εργαζόμενοι.
- ε) Περιορισμό του αριθμού των εργαζομένων που εκτίθενται στον κίνδυνο ή του χρόνου έκθεσής τους.
- στ) Χορήγηση κατάλληλου και κατάλληλα συντηρημένου εξοπλισμού ατομικής προστασίας.

2. Σε κάθε περίπτωση ο εργοδότης πρέπει να εξασφαλίζει:

- α) Επαρκή συντήρηση των εγκαταστάσεων και των μηχανισμών προστασίας.
- β) Ότι οι εργαζόμενοι έχουν σαφή και πλήρη γνώση των κινδύνων που παραμένουν καθώς και των τρόπων αντιμετώπισής τους.

3. Η χρησιμοποίηση εξοπλισμού ατομικής προστασίας για την προφύλαξη από τον επαγγελματικό κίνδυνο επιτρέπεται, αλλά και απαιτείται, εφόσον είναι αποτελεσματική, στις πιο κάτω περιοριστικά αναφερόμενες περιπτώσεις:

- α) όταν έχει εξαντληθεί κάθε άλλης μορφής μέτρο για να εξαλειφθούν ή μετριασθούν οι κίνδυνοι και δεν υπάρχει άλλος λογικά εφικτός τρόπος για να αποφευχθούν οι κίνδυνοι που παραμένουν,

- β) σαν προσωρινό μέτρο σε περίπτωση εκτάκτου κινδύνου,

- γ) σαν προσωρινό μέτρο μέχρις ότου ολοκληρωθεί η λήψη μόνιμων μέτρων, και μόνο υπό τις εξής προϋποθέσεις:

- Ο εξοπλισμός ατομικής προστασίας που διατίθεται να είναι κατάλληλος για τους κινδύνους, την περίσταση και τον χρήστη. Να είναι ακόμα κατάλληλα συντηρημένος, καθαρός και εφόσον απαιτείται να απολυμαίνεται.

- Οι εργαζόμενοι που θα τον χρησιμοποιήσουν να έχουν εκπαιδευτεί στην σωστή του χρήση και να έχουν αποδείξει ότι ξέρουν και την εφαρμόζουν σωστά.

Ολόκληρο το Προεδρικό Διάταγμα 149/2006 βρίσκεται στο παράρτημα1.

Κεφάλαιο 3: Μέσα ατομικής προστασίας

3.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η επιλογή και αξιολόγηση των διαφόρων μέσων ατομικής προστασίας για τον θόρυβο έχει αποτελέσει θέμα έρευνας της υγιεινής και ασφάλειας στην εργασία εδώ και πάρα πολλές δεκαετίες. Συγκεκριμένα, το 1989 το FRSI (French Research Safety Institute) ανέπτυξε και δημοσίευσε μια μεθοδολογία για τον υπολογισμό της συνολικής εξασθένησης του θορύβου (Noise Reduction Ratio ή NRR) που προέρχεται από συνδυασμό μέσων προστασίας της ακοής. Παρατηρήθηκε επίσης πως στην περίπτωση χρήσης δύο προστατευτικών μέσων ταυτόχρονα (ωτοασπίδων και ωτοβυσμάτων) το NRR είναι 6 - 10 dB βελτιωμένο σε σχέση με το καλύτερο NRR της μιας από τις δύο συσκευές. Η μελέτη αυτή επιβεβαιώνεται από νεότερα δεδομένα που έδειξαν πως η χρήση ωτοβυσμάτων και ωτοασπίδων μειώνει τον θόρυβο κατά 18 dB σε συχνότητες 315 Hz (Forouharmajd et al., 2022).

Το 1992 οι Abel et al., πρότειναν την μέθοδο Real Ear Attenuation Threshold (REAT). Το REAT που ονομάζεται επίσης "χρυσό πρότυπο" χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση της βαθμολογίας μείωσης θορύβου (NRR). Συγκεκριμένα έχουμε ένα απροστάτευτο και ένα προστατευμένο αυτί και η διαφορά σε dB σε κάθε συχνότητα είναι το REAT ή αλλιώς το κατώτατο όριο εξασθένησης. Στην έρευνα αυτή όπου συμμετείχαν 16 εργαζόμενοι, έγινε χρήση τεσσάρων συνδυασμών, δύο ωτοασπίδων και δύο ωτοβυσμάτων. Τα αποτελέσματα ήταν δύσκολο να αξιοποιηθούν καθώς οι μετρήσεις έγιναν σε συχνότητα 500 Hertz ενώ η χρήση δύο προστατευτικών μέσων ταυτόχρονα έχει πλεονέκτημα σε οκτάβες χαμηλών συχνοτήτων μεταξύ 63-250 Hertz.

Το 1999 ο Behar έκανε μια πειραματική έρευνα με χρήση δεκαέξι συνδυασμών, τεσσάρων ωτοασπίδων και τεσσάρων ωτοβυσμάτων. Οι μετρήσεις έγιναν σε ακουστικό ανδρείκελο και κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η μείωση θορύβου στους συνδυασμούς των δύο προστατευτικών μέσων ήταν κατά μέσο όρο 7 dB υψηλότερη από εκείνη του καλύτερου από τις δύο προστασίες, με τη βελτίωση που μετρήθηκε να κυμαίνεται μεταξύ 2 και 14 dB. Ωστόσο, τα συμπεράσματα αυτά θα πρέπει να εξετάζονται με προσοχή, καθώς

το σχήμα του ακουστικού πόρου ενός ανδρείκελου δεν είναι πλήρως αντιπροσωπευτικό του σχήματος του ανθρώπινου ακουστικού πόρου. Η συνέπεια είναι ότι η μείωση θορύβου που μετρήθηκε για μια ωτοασπίδα στο ανδρείκελο είναι υπερεκτιμημένη σημαντικά σε σχέση με την πραγματική, όπως αναφέρεται από τους Trombetta et al. και Gerges. (2006).

Το 2015 ο Nakashima δημοσίευσε αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν επίσης με την χρήση ενός ανδρείκελου με παραπλήσια αποτελέσματα με εκείνα του Behar (1999). Βέβαια μελέτησε μόνο έναν συνδυασμό, με τα αποτελέσματα να βελτιώνουν τη συνολική μείωση του θορύβου κατά 8 έως 12 dB. Επίσης τα αποτελέσματα της μείωσης του θορύβου για τις οκταβικές ζώνες δεν παρουσιάζονται.

Τέλος, το 2017, ο Nélisse et al. μέτρησε την μείωση θορύβου για διάφορους τύπους ωτοασπίδων και ωτοβυσμάτων που φοριούνται μεμονωμένα και σε συνδυασμό από τα άτομα, χρησιμοποιώντας την μέθοδο MIRE (Microphone In Real Ear). Κατά την μέθοδο αυτή μετρήθηκε η ηχητική πίεση σε αφτί προστατευμένο και απροστάτευτο. Η διαφορά των δύο είναι η μείωση θορύβου που παρέχει το μέσο προστασίας. Επειδή δεν βασίζεται στην αντίδραση του ανθρώπου είναι πιο αντικειμενική μέθοδος. Για τον σκοπό αυτό λοιπόν, τοποθέτησαν μικρόφωνα τόσο κάτω από το κάλυμμα του αυτιού των ωτοασπίδων όσο και στο κανάλι του αυτιού πίσω από την ωτοασπίδα. Τα δεδομένα αποκάλυψαν ότι η παρουσία ωτοβυσμάτων δεν τροποποιεί σημαντικά την εξασθένιση θορύβου λόγω των ωτοβυσμάτων, αλλά οι συγγραφείς παρατήρησαν ότι, αντίθετα, η μείωση του θορύβου για τα ωτοβύσματα μειώθηκε σημαντικά όταν χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό με ωτοασπίδες ενώ μερικές φορές μηδενίζεται για συχνότητες μεταξύ 250 Hz και 4 kHz, κυρίως στις οκταβικές ζώνες 500 Hz, 1 kHz και 2 kHz. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν από τους συγγραφείς με τη χρήση ενός ανδρείκελου. Στη συνέχεια χρησιμοποίησαν ένα δονητικό ακουστικό μοντέλο του ανδρείκελου για να εξηγήσουν τα αποτελέσματά τους. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι δονήσεις στο αφτί, που μεταδίδονται μέσω του αφρώδους υλικού του μέσου προστασίας και στη συνέχεια μέσω της οστικής αγωγιμότητας στο ωτοβύσμα και στα τοιχώματα του ακουστικού πόρου παρέκαμπταν τη μετάδοση μέσω του αέρα, περιορίζοντας την εξασθένιση του θορύβου που παρέχει η χρήση διπλής προστασία στις οκταβικές ζώνες 500 Hz έως 2 kHz. Πρέπει βέβαια να τονιστεί πως πολλές από αυτές τις έρευνες ήταν υποκειμενικές λόγω

διαφορετικής ανατομίας του κάθε ανθρώπου που εξετάστηκε αλλά και ανοχής στον θόρυβο καθώς υπάρχει περίπτωση υπερεκτίμησης της προστασίας που παρέχει το κάθε μέσο. (Trompette et al., 2022)

Οι επιδράσεις της μάζας και του εσωτερικού όγκου του ανοίγματος εξετάστηκαν από τους Berger (1983) και Pääkkönen (1992). Ο Berger μέτρησε την εξασθένηση θορύβου σε 10 άτομα κάνοντας χρήση 3 διαφορετικών ωτοασπίδων. Ο σκοπός ήταν να διερευνηθεί η ηχοεξασθένηση που παρέχουν οι ωτοασπίδες. Ο συγγραφέας διαπίστωσε ότι μια καλύτερη απόσβεση θορύβου επιτυγχάνεται με τον μεγαλύτερο όγκο περιβλήματος της ωτοασπίδας μεταξύ 125 Hz και 1 kHz επειδή είχε τη μεγαλύτερη μάζα, ενώ ο μικρότερος όγκος περιβλήματος είχε καλύτερη απόδοση πάνω από το 1 kHz επειδή η επιφάνεια του ήταν μειωμένη. Παρόμοια συμπεράσματα εξήχθησαν από τον Pääkkönen. Ωστόσο, παρατήρησαν επίσης μια μικρή βελτίωση της απόσβεσης πάνω από το 1 kHz όταν αυξήθηκε η μάζα του περιβλήματος από 64 g σε 104 g. Σχετικά με το υλικό από το μαξιλάρι της ωτοασπίδας οι Casali, Grenell (1989) κατέληξαν πως είτε είναι από αφρολέξ είτε από υγρό παρέχει την ίδια προστασία, ενώ ο Pääkkönen βρήκε μια ελάχιστη διαφορά σε συχνότητες 32-81 kHz.

Οι Zannin και Gerges (2006) διερεύνησαν τις επιδράσεις στην ηχητική εξασθένηση που προκαλείται από το μαξιλάρι ενός κυκλικού ακουστικού ωτοασπίδας, χρησιμοποιώντας ένα τεχνητό δοκιμαστικό εξάρτημα. Στη μεσαία συχνότητα, βελτίωση παρατηρήθηκε όταν το μαξιλάρι αφαιρέθηκε από την ωτοασπίδα. Οι συγγραφείς ισχυρίστηκαν ότι η ελαφρότητα του υλικού του μαξιλαριού σε σύγκριση με το υλικό της θήκης ήταν η αιτία της διαρροής ηχητικής ενέργειας μέσω του μαξιλαριού.

Ο Sgard (2010) σε αντίθεση βρήκε πως το μαξιλαράκι παρείχε αισθητή βελτίωση στην μείωση του θορύβου. Η δύναμη του κεφαλοδέματος επιτρέπει τη δημιουργία επαφής μεταξύ του μαξιλαριού και του δέρματος. Για να εκτιμηθεί η επίδραση της δύναμης της ζώνης κεφαλής στην ηχητική εξασθένηση, ο Pääkkönen (1992) χρησιμοποίησε ένα στήριγμα κεφαλής σχεδιασμένο με εναλλάξιμα ελατήρια για την αναπαραγωγή μιας δύναμης μεταξύ 6 N και 21 N. Η αύξηση της ηχητικής εξασθένησης παρατηρήθηκε σε χαμηλές συχνότητες κάτω από 250 Hz και στα 4 kHz.

Οι Casali και Grenell (1989) διερεύνησαν την επίδραση της δύναμης του κεφαλοδέματος στην ηχητική απόσβεση για δύο τύπους μαξιλαριών (γεμάτα αφρό και με πλήρωση υγρού). Δοκιμάστηκαν τρεις δυνάμεις και τα αποτελέσματα έδειξαν μια μικρή βελτίωση της εξασθένησης όταν αυξάνεται η δύναμη από 14,4 N σε 16,1 N. Ωστόσο, για μια δύναμη ίση με 24,4 N που είναι πιθανότατα στο όριο άνεσης ή πάνω από αυτό, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη βελτίωση σε χαμηλή συχνότητα (κάτω από 500 Hz) και σε υψηλή συχνότητα (πάνω από 4 kHz). Η βελτίωση αυτή αποδόθηκε σε καλύτερη στεγανοποίηση μεταξύ του μαξιλαριού και του δέρματος του χρήστη.

Οι Shaw και Thiessen μέτρησαν την επίδραση του αφρού στο εσωτερικό των ωτοασπίδων, ο οποίος βρέθηκε να αποσβένει ελαφρώς θορύβους πάνω από 2 kHz. Παρόλο που ο συγγραφέας παρουσίασε στοιχεία που δείχνουν μια αρνητική επίδραση του ενθέματος μεταξύ 1 kHz και 3 kHz, κανένα σχόλιο δεν διατυπώθηκε για το φαινόμενο αυτό. Ο Pääkkönen διαπίστωσε ότι η αύξηση του πάχους του αφρού επέτρεπε την καλύτερη απόσβεση του συντονισμού της κοιλότητας πάνω από το 1 kHz, καθώς περισσότερο απορροφητικό υλικό ήταν μέσα στο προστατευτικό εξοπλισμό. Τα ίδια αποτελέσματα προέκυψαν από τους Zannin και Gerges. Τέλος Ο Pääkkönen (1992) διερεύνησε τις επιπτώσεις της κακής εφαρμογής ωτοασπίδων στην ηχητική εξασθένηση. Διαπίστωσε ότι χαλαρή εφαρμογή του μέσου προκάλεσε μείωση στην ηχοεξασθένηση σε όλο το εξεταζόμενο εύρος συχνοτήτων, κυρίως κάτω από 1 kHz και πάνω από 4 kHz. Οι Zannin και Gerges (2006) χρησιμοποίησαν μια επικάλυψη βαζελίνης και πέτυχαν βελτίωση της εξασθένησης. Οι Sutherland και Endicott (1968) διερεύνησαν την επίδραση των διάτρητων ακουστικών με αεραγωγούς που μπορούν να εξομοιωθούν με ελεγχόμενες ηχητικές διαρροές. Παρατηρήθηκε μείωση της εξασθένησης κάτω από 1 kHz. (Sylvain Boyer, 2013)

3.2 Μέσα ατομικής προστασίας

Τα Μ.Α.Π. θορύβου διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Ωτοασπίδες

- Ωτοβύσματα
- Ωτοπώματα

Η επιλογή των κατάλληλων προστατευτικών της ακοής πρέπει να γίνεται μετά από ανάλυση των συχνοτήτων του θορύβου αλλά και λαμβάνοντας υπόψη το είδος της εργασίας και τις συνθήκες στο εργασιακό περιβάλλον.

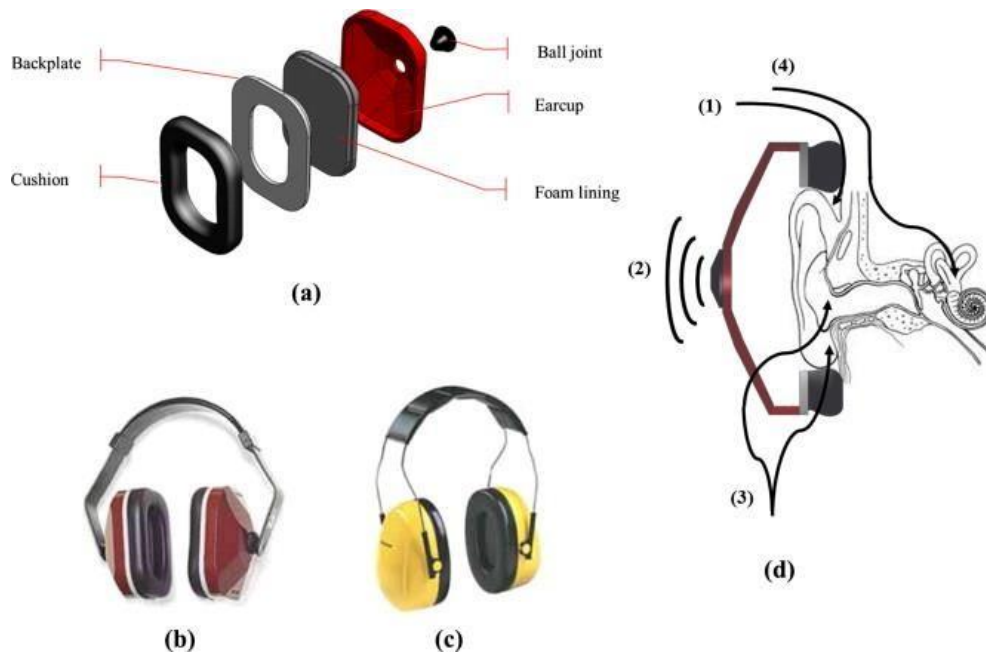
3.2.1 Ωτοασπίδες

Οι ωτοασπίδες αποτελούνται από δύο προστατευτικά καλύμματα, που συνήθως συνδέονται μέσω ενός τοξοειδούς ελάσματος. Τα προστατευτικά καλύμματα καλύπτουν πλήρως τα αυτιά και στερεώνονται μέσω του τοξοειδούς ελάσματος. Επιπλέον, ως επί το πλείστον έχουν ενσωματωμένο ηχοαπορροφητικό υλικό. Το χείλος τους φέρει συνήθως επένδυση (μαξιλαράκια) κατασκευασμένη από πλαστικό, αφρώδες ή ρευστό υλικό για επιπλέον άνεση και καλύτερη εφαρμογή. Το τόξο των ωτοασπίδων είναι δυνατόν να φορεθεί πίσω από το κεφάλι, κάτω από το πηγούνι ή πίσω από τον αυχένα. Να αναφέρουμε επίσης πως καλύπτουν ολόκληρο το αυτί.

Χωρίζονται σε δύο τύπους:

- Τύπος με υγρό σκέπαστρο (συνήθως γλυκερίνη)
- Τύπος με παρέμβυσμα γεμάτο με αφρώδες υλικό

Μερικά από τα πλεονεκτήματά τους αποτελεί το γεγονός πως συνήθως, μια κατηγορία μεγέθους εξυπηρετεί το πλήθος των εργαζόμενων. Εξασφαλίζουν επίσης μεγάλη προστασία και η τοποθέτηση, αφαίρεση τους γίνεται με ευκολία. Μερικά από τα μειονεκτήματά τους είναι ο όγκος τους, η αυξημένη θερμοκρασία που προκαλούν στο αφτί και η ανάγκη για συντήρηση. (Μέσα Ατομικής Προστασίας της ακοής ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε). Στην Εικόνα 3.1 παρουσιάζονται τυπικές εικόνες συνήθων ωτοασπίδων.



Εικόνα 3.1. Τυπικές ωτοασπίδες και τρόπος εφαρμογής και λειτουργίας τους.

3.2.2 Ωτοβύσματα

Τα ωτοβύσματα είναι μέσα προστασίας της ακοής τα οποία τοποθετούνται είτε στην είσοδο του ακουστικού πόρου είτε εντός του με σκοπό να τον καλύψουν. Τα επαναχρησιμοποιούμενα ωτοβύσματα είναι στην πλειοψηφία τους κατασκευασμένα από σιλικόνη, καουτσούκ ή πλαστικό. Μερικά συνδέονται μεταξύ τους με κορδόνι ή έλασμα. Τα ωτοβύσματα μίας χρήσης κατασκευάζονται από αφρώδες ή βαμβακερό υλικό. Είναι σχεδιασμένα για μία και μοναδική χρήση και η χρήση τους περισσότερες της μίας φορές υποβαθμίζει την αναμενόμενη εξασθένιση του ήχου. Τα ωτοβύσματα που διαμορφώνονται από τη χρήση είναι κατασκευασμένα από εύπλαστο συμπιέσιμο υλικό, το οποίο διαμορφώνουν οι ίδιοι οι χρήστες πριν από την εισαγωγή του μέσου στον ακουστικό πόρο. Επιπλέον τα εξατομικευμένα ωτοβύσματα εφαρμόζουν στο σχήμα του ακουστικού πόρου ή καλύπτουν ολόκληρο το περύγιο του αυτιού ενός συγκεκριμένου χρήστη χάρις της ειδικής διαμόρφωσής τους. Για να κατασκευασθούν τα εξατομικευμένα ωτοβύσματα ο ακουστικός πόρος ή το περύγιο του αυτιού του χρήστη αποτυπώνεται σε σιλικόνη και έπειτα δημιουργούνται εκμαγεία για τα ωτοβύσματα. Χρησιμοποιείται σιλικόνη (μαλακό ωτοπλαστικό) ή ακρυλικό (σκληρό ωτοπλαστικό) για την κατασκευή τους. Έχουν

επιπλέον ειδική επίστρωση βερνικιού για καλύτερη συμβατότητα με το δέρμα. Μερικοί τύποι ωτοβυσμάτων διατίθενται σε πληθώρα μεγεθών(μικρό, μεσαίο, μεγάλο.) Με τα ωτοβύσματα επιτυγχάνονται υψηλές τιμές εξασθένισης του ήχου (45 dB και 30 dB για υψηλές και χαμηλές συχνότητες αντίστοιχα). (Μέσα Ατομικής Προστασίας της ακοής ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε)

Ακολουθεί η εικόνα 3.2. όπου παρουσιάζονται τα ωτοβύσματα.



Εικόνα 3.2. Ωτοβύσματα από αφρώδες ελαστικό και τρόπος εφαρμογής τους (NL Promotion & Workware)

3.2.3 Ωτοπώματα

Τα ωτοπώματα κατασκευάζονται από μαλακό ελαστικό, προσαρμοσμένο σε κεφαλοδεσμό (στέκα) που τα πιέζει στα ανοίγματα των ακουστικών πόρων.

Το μέγεθος τους ταιριάζει σε πολλούς εργαζόμενους, είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους ώστε να είναι δύσκολο να χαθούν, έχουν ελάχιστο βάρος, είναι καταλληλότερα από τις ωτοασπίδες σε θερμό περιβάλλον και επίσης, είναι κατάλληλα για όσους μπεινοβγαίνουν σε χώρους με θόρυβο καθώς στερεώνονται γύρω από το λαιμό. Το μοναδικό μειονέκτημα τους αποτελεί το γεγονός ότι ο κεφαλόδεσμος πρέπει να τα πιέζει προς τον ακουστικό πόρο, δημιουργώντας ενόχληση. Ακολουθεί η Εικόνα 3.3. όπου παρουσιάζονται τα ωτοπώματα.



Εικόνα 3.3. Ωτοπώματα

3.3 Εκτίμηση αποτελεσματικότητας Μ.Α.Π.

3.3.1 Συνολικός βαθμός μείωσης του θορύβου - NRR

Το Noise Reduction Rating ή NRR (βαθμός μείωσης θορύβου) είναι μια μέθοδος βαθμολόγησης με έναν μόνο αριθμό που περιγράφει την προστασίας της ακοής από ένα ΜΑΠ με βάση το πόσο μειώνεται το συνολικό επίπεδο θορύβου. Χρησιμοποιείται κυρίως στην Βόρεια Αμερική και έχει προταθεί από την EPA (Environmental Protection Agency).

Το NRR παρέχει θεωρητικά μια εκτίμηση της προστασίας που θα πρέπει να καλύπτεται ή να υπερκαλύπτεται από το 98% των χρηστών ενός συγκεκριμένου ΜΑΠ. Η EPA απαιτεί όλα τα ΜΑΠ να έχουν αυτή την ένδειξη στη συσκευασία τους. Για την καλύτερη κατανόηση παρουσιάζεται ο πίνακας 3.1. που αφορά την παρουσίαση διαφόρων ΜΑΠ στις συχνότητες της οκταβικής ανάλυσης 1/1.

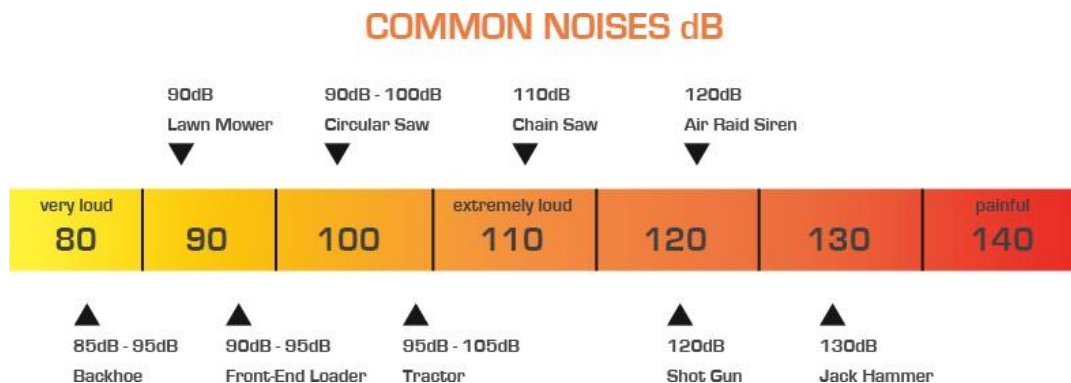
Πίνακας 3.1. Συνολικό NRR και επιμέρους NRR στις συχνότητες της οκταβικής ανάλυσης 1/1 διαφόρων Μ.Α.Π.

Earmuffs	NRR	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3150 Hz	4000 Hz	6300 Hz	8000 Hz
Peltor X5A	31 dB	23.9	30.5	41.1	43	38	43.1	44	41.1	40.3
Peltor Optime 105 - H10A	30 dB	21	26	36.6	40.6	38	41.8	42.7	41.7	41.3
Howard Leight L3	30 dB	23.8	28.8	36.5	39.9	35.3	38.7	39	41	40.8
Peltor X4A	27 dB	20.5	24.1	32.8	40.7	37.6	44.5	45.4	42.4	42.3
Peltor Optime 98 - H9A	25 dB	15.5	22	33.7	39.7	36.5	42.7	40.1	39.8	40.6
Peltor Optime 95 - H6A/V	21 dB	12.4	15	26.2	35.2	35.2	30.9	33.3	36	37.5
Howard Leight L1	25 dB	19.7	23.8	29	31.3	32.1	37.8	39.2	39.5	39.5
Howard Leight L2	27 dB	21.8	26.6	31.8	35.2	32.9	37.7	37.6	39.1	39.6

Όταν φέρουμε προστατευτικά μέσα ακοής, το επίπεδο έκθεσης σε θόρυβο βασίζεται στην ονομαστική τιμή NRR της χρησιμοποιούμενης συσκευής προστασίας. Ωστόσο, ενώ το NRR μετριέται σε ντεσιμπέλ, το προστατευτικό ακοής που χρησιμοποιείται δεν μειώνει το περιβάλλοντα θόρυβο κατά τον ακριβή αριθμό ντεσιμπέλ που σχετίζεται με το NRR του προστατευτικού. Για παράδειγμα, εάν βρισκόμαστε σε μια ροκ συναυλία όπου το επίπεδο έκθεσης σε θόρυβο είναι 100 dB και φέρουμε ωτοασπίδες με NRR 33dB, το επίπεδο έκθεσης δεν θα μειωθεί στα 67 dB. Αντ' αυτού, για να προσδιορίσουμε το πραγματικό ποσό της μείωσης των ντεσιμπέλ που εφαρμόζεται (όταν τα ντεσιμπέλ μετρώνται σε dBA που είναι το πιο συνηθισμένο), σύμφωνα με το Occupational Safety and Health Administration παίρνουμε τον αριθμό NRR (σε dB), αφαιρούμε το επτά και στη συνέχεια διαιρούμε με το δύο.

Με βάση τα παραπάνω, η εξίσωση μείωσης του θορύβου θα έχει την ακόλουθη μορφή: $(33-7)/2 = 13$. Αυτό σημαίνει ότι εάν βρισκόμαστε σε ένα χώρο με επίπεδο έκθεσης σε θόρυβο 100 dB και φοράμε προστατευτικό ακοής με NRR 33 dB, το νέο επίπεδο έκθεσης είναι 87 dB. Εάν φοράμε ένα προϊόν με NRR 27, θα αφαιρεθούν 10 ντεσιμπέλ $(27-7)/2=10$).

Στο σχήμα 3.1. που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εντάσεις σε dB συνήθων θορύβων.



Σχήμα 3.1. Εντάσεις σε dB συνήθων θορύβων.

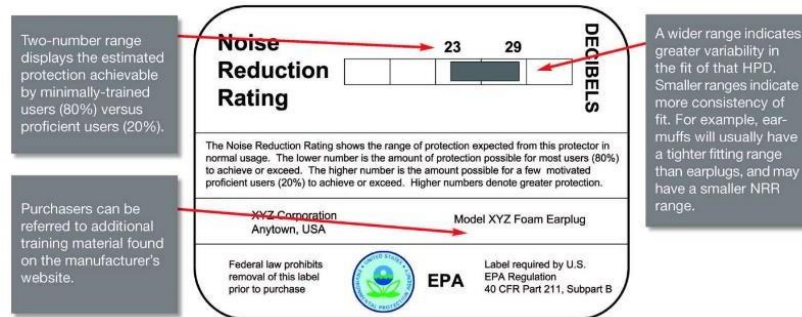
Για να υπολογισθεί το NRR, χρειάζονται συγκεκριμένες πληροφορίες από τον κατασκευαστή ή τον προμηθευτή της συσκευής προστασίας ακοής. Αυτό συνήθως περιλαμβάνει τις μετρήσεις στάθμης ηχητικής πίεσης (SPL) για την έκθεση σε θόρυβο χωρίς προστασία και την έκθεση σε θόρυβο με προστασία κατά τη χρήση της συσκευής. Αναλυτικά τα βήματα που απαιτούνται για τον υπολογισμό της εξασθένησης του θορύβου από τη χρήση ΜΑΠ είναι:

- Αρχικά, πρέπει να προσδιορισθεί το SPL του περιβάλλοντος θορύβου χωρίς προστατευτικά ακοής. Η μέτρηση αυτή αντιπροσωπεύει το επίπεδο θορύβου που βιώνεται πριν από τη χρήση οποιασδήποτε συσκευής προστασίας της ακοής.
- Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μέτρηση του SPL του περιβάλλοντος θορύβου με ταυτόχρονη χρήση συσκευής προστασίας της ακοής.
- Για να υπολογισθεί το επίπεδο μείωσης θορύβου (NRL), αφαιρείται το επίπεδο έκθεσης σε θόρυβο με χρήση προστατευτικού εξοπλισμού από το επίπεδο έκθεσης σε θόρυβο χωρίς την χρήση προστατευτικού μέσου. $NRL = \text{Επίπεδο έκθεσης σε απροστάτευτο θόρυβο} - \text{Επίπεδο έκθεσης σε προστατευόμενο θόρυβο}$.
- Το NRR συνήθως προσαρμόζεται για να ληφθούν υπόψη οι συνθήκες του πραγματικού κόσμου και οι ατομικές παραλλαγές. Η τιμή προσαρμογής αφαιρείται από το NRL. Οι συνήθεις τιμές προσαρμογής της εξασθένησης είναι 3dB για ωτοασπίδες και 7dB για ωτοβυσματα. Προσαρμοσμένο $NRL = NRL -$

Προσαρμογή εξασθένησης.

Το τελικό βήμα είναι να διαιρεθεί το προσαρμοσμένο NRL με το 2 για να λάβουμε το NRR. $NRR = \text{Προσαρμοσμένη NRL} / 2$. (Sencear)

Στην συνέχεια όπως παρατηρούμε στο σχήμα 3.2. φαίνεται η ένδειξη NRR σε Μ.Α.Π.



Σχήμα 3.2. NRR σε Μ.Α.Π.

3.3.2 Μείωση θορύβου με βάση το SNR και την ανάλυση σε οκτάβες

Στην Ευρώπη χρησιμοποιείται το αντίστοιχο του Noise Reduction Rating (NRR) το Single Number Rating ή SNR. Δεν υπάρχει σχέση μετατροπής του NRR σε SNR αλλά η βαθμολόγηση κατά NRR είναι συνήθως 3-5 dB χαμηλότερα από το SNR. Η μέθοδος με βάση το SNR είναι η απλούστερη αλλά θεωρείται λιγότερο ακριβής από την μέθοδο HML που βασίζεται στη χρήση των επιτυγχανόμενων μειώσεων του θορύβου σε υψηλές (H), μεσαίες (M) και χαμηλές συχνότητες (L) και με την πλέον ακριβή που βασίζεται στην επιτυγχανόμενη μείωση θορύβου ανά οκτάβα 1/1 (HSE, 2021).

Έτσι η επίδοση του κάθε μέσου προστασίας της ακοής εξαρτάται κυρίως από την ικανότητα εξασθένισης του ήχου. Οι παράμετροι που χρησιμοποιεί κάθε μέθοδος είναι:

- Η μέση εξασθένιση του ήχου και την τυπική απόκλιση ανά συχνότητα (μέθοδος οκταβικής ανάλυσης)

Για τον υπολογισμό της πραγματικής A-σταθμισμένης στάθμης ηχητικής πίεσης στο αυτί (L'_A) με τη μέθοδο των οκτάβων, χρησιμοποιείται η ακόλουθη εξίσωση:

$$L'_A = 10 \log_{10} \left[\sum_{b=63 \text{ Hz band}}^{b=8 \text{ kHz band}} 10^{(L_b + A_b - APV_b)/10} \right]$$

Όπου:

b είναι η ζώνη οκτάβας που καθορίζεται από την κεντρική συχνότητά της σε Hz

L_b , είναι η (μη σταθμισμένη) στάθμη ηχητικής πίεσης σε dB στη ζώνη οκτάβας b

A_b είναι η στάθμιση συχνότητας A σε dB για τη ζώνη οκτάβας b .

APV , είναι η εκτιμώμενη τιμή προστασίας του προστατευτικού ακοής σε dB για ζώνη οκτάβας b .

Για να λάβουμε υπόψη τις πραγματικές συνθήκες (μη τέλεια εφαρμογή, αφαίρεση ΜΑΠ ανά διαστήματα κ.α.), προστίθενται 4dB στο υπολογισμένο L'_A για να δοθεί μια πιο ρεαλιστική εκτίμηση για το επίπεδο θορύβου στο αυτί.

- Τον μοναδικό δείκτη SNR που εκφράζει τη μέση εξασθένιση (μέθοδος SNR).

Η μέθοδος SNR απαιτεί μέτρηση της C-σταθμισμένης στάθμης ηχητικής πίεσης L_c . Τα επίπεδα θορύβου συχνά έχουν διακυμάνσεις, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να επιτευχθούν σταθερές τιμές L_c . Σε αυτές τις καταστάσεις μια βραχυπρόθεσμη τιμή L_{ceq} μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί της L_c στον υπολογισμό SNR. Η αποτελεσματική A-σταθμισμένη στάθμη ηχητικής πίεσης στο αυτί, L'_A , δίνεται αφαιρώντας το SNR από τη στάθμη ηχητικής πίεσης L_c : $L'_A = L_c - \text{SNR}$.

Ως μέση εξασθένιση ορίζεται η παράμετρος η οποία παρέχει την συνολική αξιολόγηση της επίδοσης του εκάστοτε ΜΑΠ. Η παράμετρος αυτή προσδιορίζει την εξασθένιση του ήχου σε κάθε ζώνη συχνοτήτων μέσα στο εύρος 125 Hz - 8000 Hz. Η εξασθένιση του θορύβου που επιτυγχάνεται από μέσα παθητικής προστασίας της ακοής

χωρίς ηλεκτρονικά συστήματα, αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας του θορύβου. Οι τιμές εξασθένησης υψηλής (H), μεσαίας (M) και χαμηλής (L) συχνότητας χαρακτηρίζουν την επίδοση των του κάθε Μ.Α.Π. ως προς την εξασθένηση του θορύβου υψηλών, μεσαίων και χαμηλών συχνοτήτων. Αυτές οι παράμετροι υποδεικνύουν σε ντεσιμπέλ την πραγματική εξασθένηση του θορύβου σε υψηλές, μεσαίες και χαμηλές συχνότητες από ένα μέσο προστασίας της ακοής, π.χ.: $H = 29 \text{ dB}$, $M = 23 \text{ dB}$, $L = 15 \text{ dB}$.

Τα μέσα προστασίας της ακοής μπορούν να επιλεγούν με κριτήριο το επίπεδο της εξασθένησης που επιτυγχάνουν, ανάλογα με το φάσμα του θορύβου στον οποίο εκτίθεται ο εργαζόμενος. Τα επιλεγόμενα μέσα προστασίας της ακοής πρέπει να μειώνουν το επίπεδο θορύβου στα αυτιά του χρήστη κάτω του ενδεικνυόμενου επιπέδου ανάληψης δράσης που προβλέπεται από τον νόμο. Τα πλέον κατάλληλα μέσα προστασίας της ακοής είναι αυτά που μειώνουν τον θόρυβο στο ακουστικό τύμπανο του ατόμου σε επίπεδο 5 μέχρι 10 dB κάτω από το όριο ανάληψης δράσης. Η αντίληψη ότι όσο μεγαλύτερη είναι η εξασθένηση τόσο καλύτερο είναι το μέσο προστασίας της ακοής είναι λανθασμένη. Απαγορεύεται να παρέχονται στους εργαζομένους μέσα προστασίας της ακοής με άσκοπη υπερβολική ικανότητα εξασθένησης, που μειώνουν τον θόρυβο περισσότερο από 15 dB κάτω από το επίπεδο για ανάληψης δράσης, καθώς η υπερβολική προστασία μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα στην επικοινωνία, παρεμποδίζοντας την ακοή των προειδοποιητικών σημάτων. Επιπλέον, υπάρχει το ενδεχόμενο να προκληθεί δυσφορία και αίσθημα απομόνωσης στους εργαζομένους, γεγονότα αποτρεπτικά για τη χρήση των μέσων προστασίας της ακοής. (Μέσα Ατομικής Προστασίας της ακοής ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε)

Σε περιπτώσεις χώρων εργασίας όπου επικρατούν ειδικές συνθήκες, μπορεί να απαιτείται η χρήση ειδικών τύπων μέσων προστασίας της ακοής. Παραδείγματος χάρη σε θέσεις εργασίας με εναλλαγή περιόδων θορύβου και σιγής, όπως σκοπευτήρια, λατομεία κ.λπ. είναι σημαντικό να διασφαλιστούν για τους εργαζόμενους συνθήκες επαρκούς καταληπτότητας της ομιλίας και αντίληψης των προειδοποιητικών σημάτων κατά τη διάρκεια των περιόδων σιγής. Οι συνθήκες αυτές υπαγορεύουν την επιλογή Μ.Α.Π. με εξασθένηση που εξαρτάται από τη στάθμη του θορύβου, με σκοπό να διασφαλισθεί ικανοποιητική καταληπτότητα ομιλίας και αντίληψη οποιουδήποτε προειδοποιητικού σήματος στην διάρκεια περιόδου σιγής. Επιπρόσθετα, σε περίπτωση αβεβαιότητας σχετικά με την ικανότητα των εργαζομένων να ακούν τους βασικούς συναγερμούς, τα

προειδοποιητικά σήματα, τις κλήσεις έκτακτης ανάγκης κ.λπ., πρέπει να βρίσκονται στη διάθεσή τους εναλλακτικά μέσα επικοινωνίας, όπως για παράδειγμα προειδοποιητικά φώτα ή δονούμενα πάνελ. (Μέσα Ατομικής Προστασίας της ακοής ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε).

Στην περίπτωση όπου χρησιμοποιηθεί η ανάλυση οκτάβων για επιλογή Μ.Α.Π, θα πρέπει κάθε Μ.Α.Π., να συνοδεύεται από έναν πίνακα στον οποίο θα παρουσιάζεται η μέση τιμή της προστασίας που παρέχει για κάθε οκτάβα ξεχωριστά (Mean Value), όπως επίσης και την τυπική απόκλιση για κάθε οκτάβα (Standard Deviation). Η πραγματική προστασία (effective protection) που παρέχει το Μ.Α.Π. σε κάθε οκτάβα είναι η αφαίρεση Mean Value - Standard Deviation. Για να υπολογίσουμε την νέα σταθμισμένη ισοδύναμη στάθμη θορύβου κάθε οκτάβας, όπως αυτή προκύπτει μετά την λήψη μέτρων προστασίας, αφαιρούμε τη μέση τιμή ηχοεξασθένησης του ΜΑΠ που χρησιμοποιείται, από την τιμή του L_{Aeq} ανά οκτάβα πριν την χρήση ΜΑΠ.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας 3.2. η οποία αφορά ενδεικτικό συνοδευτικό από Μ.Α.Π που παρέχει τιμές για τα μεγέθη που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Πίνακας 3.2. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και επιτυγχανόμενη ηχοεξασθένηση από ΜΑΠ για τις συχνότητες της οκταβικής ανάλυσης 1/1.

Frequency (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mean attenuation(db)	18,1	15,0	18,3	26,8	37,5	29,5	35,8	36,1
Standard derivation (db)	4,1	2,7	3,3	2,0	4,1	2,9	3,3	5,8
Effective protection	14,0	12,3	15,0	24.8	33,4	26,6	32,5	30,3

(nolimit promotion and workware)

Κεφάλαιο 4: Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας

4.1 Περιγραφή εργασιακού χώρου

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στο λατομείο αδρανών υλικών Χορδακίου της ΛΑΧΟΡ Α.Ε.. Το λατομείο Χορδακίου είναι μια μικτή επιχείρηση που μετέχουν η ΦΙΝΟΜΠΕΤΟΝ Α.Ε., ΤΟΜΕΣ Α.Τ.Ε. και η πρώην κοινότητα Χορδακίου, τώρα δήμος Ακρωτηρίου. Βρίσκεται στην θέση Καψαλάκια Ακρωτηρίου εντός της ομώνυμης λατομικής περιοχής, 2 km Β.Α. του παλαιού λατομείου και καταλαμβάνει έκταση περίπου 400 στρεμμάτων. Το κυρίως λατομείο εγκαταστάθηκε περίπου στο κέντρο της λατομικής περιοχής σε 4 επίπεδα με υψόμετρο 260-265-274-285m αφού πρώτα εξορύχτηκαν 1.500.000 τόνοι ασβεστολιθικών κυρίως, σχηματισμών για την δημιουργία οδού προσπέλασης, εσωτερικής οδοποιίας και διαμόρφωσης χώρων για εγκατάσταση μηχανημάτων. (ΛΑΧΟΡ Α.Ε.). Στην εικόνα 4.1. παρουσιάζεται τμήμα από το λατομείο της ΛΑΧΟΡ.



Εικόνα 4.1. Λατομείο ΛΑΧΟΡ Α.Ε.

Στόχος ενός λατομείου αδρανών υλικών, όπως αυτό της ΛΑΧΟΡ στο Χορδάκι Ακρωτηρίου είναι η παραγωγή κοκκομετρικά διαβαθμισμένων υλικών όπως σκύρα,

χαλίκια, ψηφίδες, άμμος, που προορίζονται για οικοδομικές χρήσεις και τεχνικά έργα. Στον πίνακα 4.1. που ακολουθεί παρουσιάζονται τα προϊόντα που παράγονται κατά τις δυο διεργασίες θραύσης που χρησιμοποιεί την Α και Β θραύση .

Πίνακας 4.1. Είδη προϊόντων Α και Β θραύσης

Α' Θραύση - Είδος	Μέγεθος (mm)	Β' Θραύση - Είδος	Μέγεθος (mm)
Υπόβαση προδιαλογέα	0-12	Χαλίκι	18-32
Υπόβαση 3Α	0-32		10-32
Σκύρα	40-60		10-18
	60-100	Ψηφίδα	4-10
	100-180	Άμμος Α	0-4
Άμμος Β	0-5	Άμμος Α	0-3

(ΛΑΧΟΡ Α.Ε.)

4.2 Περιγραφή μετρήσεων

4.2.1 Όργανο που χρησιμοποιήθηκε

Η λήψη των μετρήσεων έγινε με την χρήση του ηχόμετρου Svantek 971 (εικόνα 4.2). Το ηχόμετρο αυτό έχει την δυνατότητα να καταγράψει L_{eq} μεταξύ 17 και 140 decibel καθώς στις συχνότητες στο φάσμα των 5Hz μέχρι 20Khz. Διαθέτει τα φίλτρα στάθμισης A,B,C,Z,LF και έχει τη δυνατότητα να πάρει μετρήσεις θορύβου σε προκαθορισμένες συχνότητες σύμφωνα με την ανάλυση σε οκτάβες 1/1 και 1/3. (SVANTEK, 2024). Στην μελέτη αυτή οι μετρήσεις ελήφθησαν σύμφωνα με την ανάλυση σε οκτάβες 1/1.



Εικόνα 4.2. Ηχόμετρο SVANTEK 971

4.2.2 Διαδικασία μέτρησης

Η διαδικασία ξεκινά με την βαθμονόμηση-έλεγχο του οργάνου έτσι ώστε να εξασφαλίσουμε ότι οι λαμβανόμενες μετρήσεις είναι σωστές και πετύχουμε την μέγιστη ακρίβεια στα αποτελέσματα. Η πραγματοποίηση της βαθμονόμησης επιτυγχάνεται εύκολα από το menu του οργάνου μέσω των εντολών menu-> function-> calibration. Η βαθμονόμηση επιτυγχάνεται στα 114dB, σε συχνότητα 1000Hz. Τοποθετούμε τον βαθμονομητή στην κεφαλή του οργάνου και περιμένουμε περίπου 30 δευτερόλεπτα μέχρι την ολοκλήρωση της βαθμονόμησης. Στην εικόνα 4.3. παρουσιάζεται ο βαθμονομητής του οργάνου που χρησιμοποιήθηκε.



Εικόνα 4.3. Βαθμονομητής (SVANTEC)

Μετά την βαθμονόμηση ξεκινά η λήψη των μετρήσεων. Επιλέγουμε την κατάλληλη θέση τοποθέτησης του μικροφώνου του ηχομέτρου (στη θέση που βρίσκεται ο εργαζόμενος και στο ύψος του αυτιού του) και ξεκινούμε την μέτρηση (πάτημα πλήκτρου start). Ο χρόνος καταγραφής, το όνομα του αρχείου καθώς και τα μετρούμενα μεγέθη εμφανίζονται στην οθόνη. Όταν ολοκληρωθεί η καταγραφή μας πιέζουμε ξανά το πλήκτρο start ολοκληρώνουμε την διαδικασία και το αρχείο αποθηκεύεται αυτόματα. Μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε αυτό μέσω των εντολών menu-> measurements-> file. Στην συνέχεια μπορεί να επεξεργασθεί από το λογισμικό στον υπολογιστή αφού προηγηθεί η μεταφορά των δεδομένων από το όργανο στον υπολογιστή.

4.2.3 Στοιχεία μετρήσεων και θέσεις εργασίας

Ο βασικός κύκλος εργασιών σε ένα λατομείο είναι διάτρηση- ανατίναξη, φόρτωση υλικού, μεταφορά και θραύση. Για αυτόν τον λόγο επιλέχθηκαν οι παρακάτω θέσεις εργασίας.

- Μέτρηση 1: Φόρτωση εξορυγμένων υλικών με τον φορτωτή Caterpillar 990.
Η λήψη διήρκεσε 15 λεπτά. Ξεκίνησε στις 7:33π.μ. και έληξε στις 7:48π.μ. Στο χρονικό διάστημα ολοκληρώθηκε μια πλήρης φόρτωση και απόθεση των εξορυγμένων υλικών στην καρότσα του χωματουργικού. Η λήψη μέτρησης θεωρείται αντιπροσωπευτική της οκτάωρης εργασίας του χειριστή. Το όργανο τοποθετήθηκε στην καμπίνα του οδηγού, με κλειστά παράθυρα. Ακολουθεί η εικόνα 4.4. με τον φορτωτή Caterpillar 990.



Εικόνα 4.4. Φορτωτής Caterpillar 990

- Μέτρηση 2: Διάνοιξη διατρημάτων με διατρητικό μηχάνημα τύπου Tamrock.
Η λήψη διήρκησε 12 λεπτά. Ξεκίνησε στις 7:48π.μ. και έληξε στις 8:02π.μ. Το όργανο τοποθετήθηκε στην καμπίνα του χειριστή, με ανοιχτά παράθυρα καθώς η θερμοκρασία ήταν υψηλή. Λόγω έντονου θορύβου η συγκεκριμένη εργασία γίνεται για μικρά χρονικά διαστήματα και ενδιάμεσα διαλείμματα για να διασφαλισθεί η ασφάλεια του εργαζομένου. Τα 12 λεπτά της μέτρησης είναι αντιπροσωπευτικά τις οκτάωρης εργασίας του χειριστή. Στην εικόνα 4.5. παρουσιάζεται το διατρητικό μηχάνημα τύπου Tamrock 660.



Εικόνα 4.5. Διατρητικό τύπου Tamrock 660

- Μέτρηση 3: Μεταφορά υλικών από το μέτωπο και απόθεση στον θραυστήρα με το χωματουργικό Caterpillar 773D.

Η μέτρηση διήρκησε 18 λεπτά. Ξεκίνησε στις 8:03π.μ. και έληξε στις 8:21 π.μ. Το όργανο τοποθετήθηκε στην καμπίνα του χειριστή, με κλειστά παράθυρα και η λήψη τελείωσε μετά την ολοκλήρωση ενός δρομολογίου του εργαζόμενου. Στην εικόνα 4.6. παρουσιάζεται το Χωματουργικό Caterpillar dumper 773D και στην εικόνα 4.7. η απόθεση εξορυγμένου υλικού στον θραυστήρα.



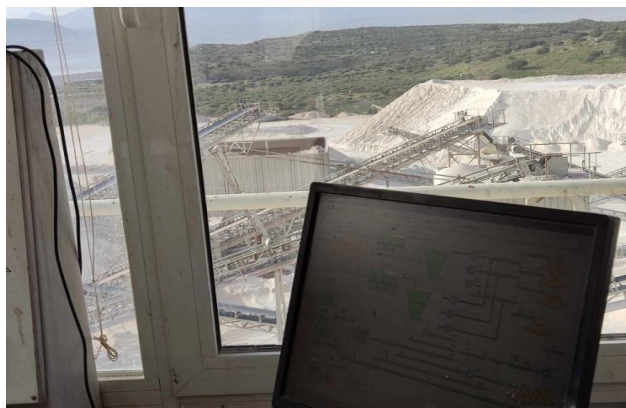
Εικόνα 4.6. Χωματουργικό Caterpillar dumper 773D



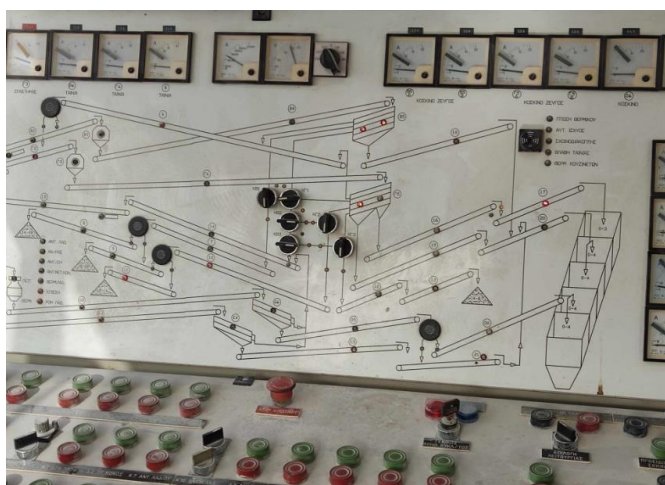
Εικόνα 4.7. Απόθεση υλικού στον θραυστήρα από το χωματουργικό Caterpillar dumper 773D

- Μέτρηση 4: Θάλαμος ελέγχου θραυστήρα και κόσκινων
Η μέτρηση διήρκεσε 9 λεπτά. Ξεκίνησε στις 8:21π.μ. και έληξε στις 8:30 π.μ. . Το όργανο τοποθετήθηκε στον θάλαμο του χειριστή, με κλειστά παράθυρα και

ολοκληρώθηκε μετά από την απόθεση υλικού στον θραυστήρα. Ακολουθούν οι εικόνες 4.8. και 4.9. όπου παρουσιάζεται το εσωτερικό θαλάμου ελέγχου και το χειριστήριο θαλάμου ελέγχου θραυστήρα.



Εικόνα 4.8. Εσωτερικό θαλάμου ελέγχου θραυστήρα



Εικόνα 4.9. Χειριστήρια θαλάμου ελέγχου θραυστήρα

Το ηχόμετρο SVANTEK 971 που χρησιμοποιήθηκε καταγράφει συνεχώς τη στάθμη του θορύβου κατά τη διάρκεια της μέτρησης με τα επιλεγμένα φίλτρα (A, C, Z).

Κεφάλαιο 5: Επεξεργασία μετρήσεων

5.1. Μεθοδολογία επεξεργασίας των μετρήσεων

Η επεξεργασία των μετρήσεων του θορύβου ανά θέση εργασίας περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Αρχικά δίνεται το διάγραμμα που απεικονίζει την καταγραφή του θορύβου για κάθε θέση εργασίας τόσο με την στάθμιση A όσο και με την στάθμιση C και υπολογίζονται τα βασικά μεγέθη του θορύβου που απαιτούνται από την νομοθεσία. Υπολογίζεται η ισοδύναμη στάθμη L_{Aeq} για το χρονικό διάστημα μέτρησης, η ισοδύναμη στάθμη οκταώρου L_{EX} λαμβάνοντας υπόψιν τον συνολικό χρόνο έκθεσης του εργαζομένου στο οκτάωρο εργασίας του, η δόση θορύβου που λαμβάνει ο εργαζόμενος και η κορυφοτιμή ηχητικής πίεσης L_{Cpeak} . Οι τιμές αυτές συγκρίνονται με τα αντίστοιχα όρια που έχουν τεθεί από την νομοθεσία.

- Στην συνέχεια γίνεται η συχνотική ανάλυση του θορύβου (οκταβική ανάλυση 1/1) και εκτιμάται ο κίνδυνος από την έκθεση του εργαζομένου μέσω κατάλληλων διαγραμμάτων ελέγχου. Η ανάλυση αυτή δεν αποτελεί νομοθετική υποχρέωση αλλά θεωρείται ότι δίνει μια αρκετά ακριβέστερη εικόνα για τον κίνδυνο έκθεσης του εργαζομένου στο θόρυβο αφού λαμβάνει υπόψη και το συχνотικό του περιεχόμενο. Επιπλέον η ανάλυση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την επιλογή των κατάλληλων μέσων ατομικής προστασίας.

- Τέλος γίνεται εκτίμηση της αποτελεσματικότητας επιλεγμένων μέσων ατομικής προστασίας από τον θόρυβο με δυο διαφορετικές μεθόδους υπολογισμού της ηχοεξασθένησης που επιτυγχάνουν και προτείνεται το καταλληλότερο μέσο.

Να σημειωθεί πως τα μέσα που επιλέχθηκαν κατά την εκπόνηση της εργασίας αποτελούν συνήθη Μ.Α.Π. για τον θόρυβο και δεν σχετίζονται απαραίτητα με αυτά που χρησιμοποιούσαν οι εργαζόμενοι του λατομείου, οι οποίοι φορούσαν φυσικά προστατευτικό εξοπλισμό σύμφωνα με τους κανονισμούς της ισχύουσας νομοθεσίας.

Για την επεξεργασία, τους υπολογισμούς και την απεικόνιση των μετρήσεων του θορύβου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SVAV PC της Svantek.

5.2. Φόρτωση εξορυγμένου υλικού με φορτωτή

5.2.1 Υπολογισμός των βασικών μεγεθών του θορύβου

Στο σχήμα 5.1. δίνεται η μεταβολή της στάθμης του θορύβου εντός της καμπίνας του φορτωτή για την στάθμη A και C. Ο θόρυβος χαρακτηρίζεται ως μεταβλητός αφού οι παρατηρούμενες μεταβολές υπερβαίνουν τα 3dB. Οι υψηλότερες τιμές θορύβου εμφανίζονται κατά την έντονη λειτουργία του κινητήρα (πλήρωση κάδου με υλικό εξόρυξης) ενώ οι χαμηλότερες κατά την λειτουργία του κινητήρα σε χαμηλές στροφές (ρελαντί).



Σχήμα 5.1. Μεταβολή της στάθμης του θορύβου εντός της καμπίνας του φορτωτή για την στάθμιση A και C.

Η μεταβολή της έντασης του θορύβου μετρημένου με την στάθμιση C δείχνει ότι οι εντάσεις των παρατηρούμενων κορυφοτιμών δεν υπερβαίνουν τα 130.4 dB ($L_{Cpeak}=130.4$ dB). Η τιμή αυτή είναι χαμηλότερη του κατώτερου ορίου ανάληψης δράσης (135 dB) και φυσικά δεν υπερβαίνει ούτε την τιμή του ανώτερου ορίου ανάληψης δράσης (137 dB) ούτε

την ανώτερη τιμή οκταώρου (140 dB). Η ισοδύναμη στάθμη L_{Ceq} υπολογίστηκε σε 90 dB. Η τιμή της L_{Ceq} αν και δεν απαιτείται από τη νομοθεσία είναι απαραίτητη για την εκτίμηση της ηχοεξασθένισης των ΜΑΠ που χρησιμοποιούνται.

Με βάση τις καταγραφείσες τιμές της στάθμης θορύβου με τη στάθμιση A υπολογίστηκε η ισοδύναμη στάθμη L_{Aeq} σε 81.5 dB και στη συνέχεια η ισοδύναμη στάθμη οκταώρου L_{ex} . Ο υπολογισμός του L_{ex} έγινε για δυο περιπτώσεις που αφορούν $T_e=8$ ώρες πραγματικής εργασίας με τον φορτωτή (δυσμενέστερο σενάριο) και $T_e=5$ ώρες πραγματικής εργασίας με τον φορτωτή (επικρατέστερο σενάριο). Ο υπολογισμός έγινε με βάση τη σχέση 5.1 (Eaton, 2021):

$$L_{ex} = L_{Aeq} + 10 \log \left(\frac{8}{T_e} \right) \quad (5.1)$$

Για 8 ώρες εργασίας υπολογίστηκε $L_{ex} = 81.5$ dB και για 5 ώρες εργασίας υπολογίστηκε $L_{EX} = 79.5$ dB.

Μόνο στην πρώτη από τις δυο περιπτώσεις ξεπερνιούνται τα κατώτερα όρια τις νομοθεσίας $L_{EX} = 80$ dB για ανάληψη δράσης. Για τη περίπτωση αυτή με βάση τη νομοθεσία εκτός από τις προσπάθειες για μείωση του θορύβου, 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.

Για τον υπολογισμό της δόσης D (%) που δέχεται ο εργαζόμενος κατά την έκθεση του σε χρονικό διάστημα T_e με στάθμη θορύβου L_{Aeq} χρησιμοποιείται η σχέση 5.2:

$$D(\%) = \frac{T_e}{8} \times 10^{\frac{L_{Aeq}-87}{10}} \times 100 \quad (5.2)$$

Στην πρώτη περίπτωση όπου $T_e=8$ h η δόση θορύβου που λαμβάνει ο εργαζόμενος είναι:

$$D(\%) = \frac{8}{8} \times 10^{\frac{81.5-87}{10}} \times 100 = 1 \times 10^{\frac{-5.5}{10}} \times 100 = 0.282 \times 100 = 28.2\% < 100\%.$$

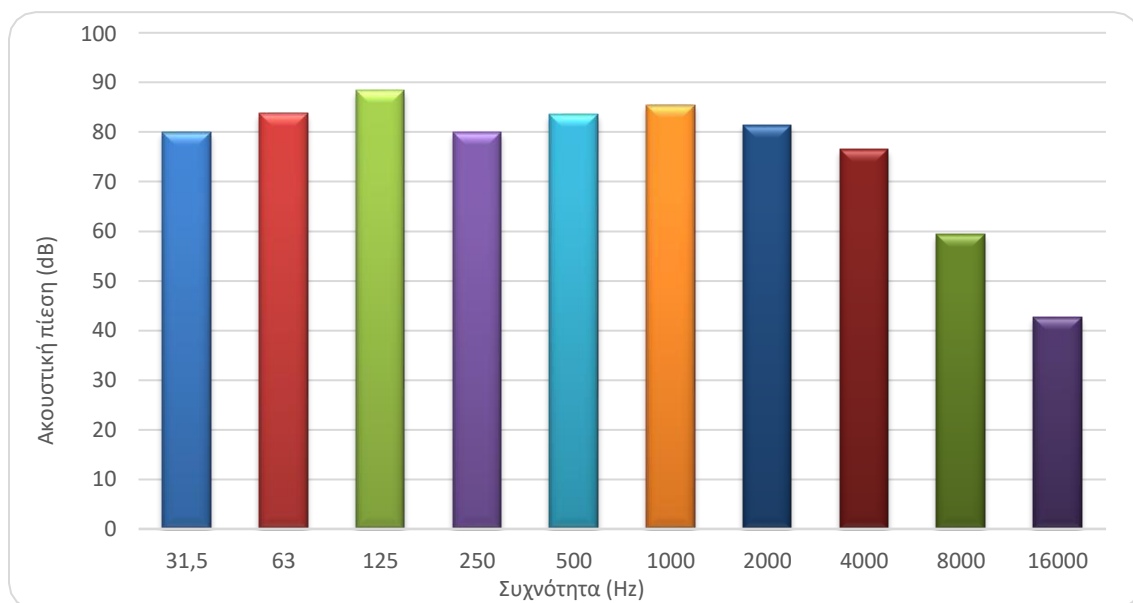
Στην δεύτερη περίπτωση όπου $T_e=5$ h η δόση θορύβου που λαμβάνει ο εργαζόμενος είναι:

$$D(\%) = \frac{5}{8} \times 10^{\frac{81.5-87}{10}} \times 100 = 0.625 \times 10^{\frac{-5.5}{10}} \times 100 = 0.625 \times 0.282 \times 100 = 17.6\% < 100\%$$

Άρα είναι εντός ορίων ημερήσιας δόσης θορύβου ακόμα και στο σενάριο οκτάωρης συνεχούς έκθεσης.

5.2.2 Ανάλυση σε συχνότητες – εκτίμηση του κινδύνου

Η συχνοτική ανάλυση του θορύβου πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού SVAN-PC σε συγκεκριμένες συχνότητες (ανάλυση σε οκτάβες 1/1) στο σχήμα 5.2. Διάγραμμα ακουστικής πίεσης- συχνότητας για την θέση του φορτωτή το οποίο κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις μετρήσεις. (Η αντίστοιχη καταγραφή του λογισμικού βρίσκεται στο παράρτημα 3.)

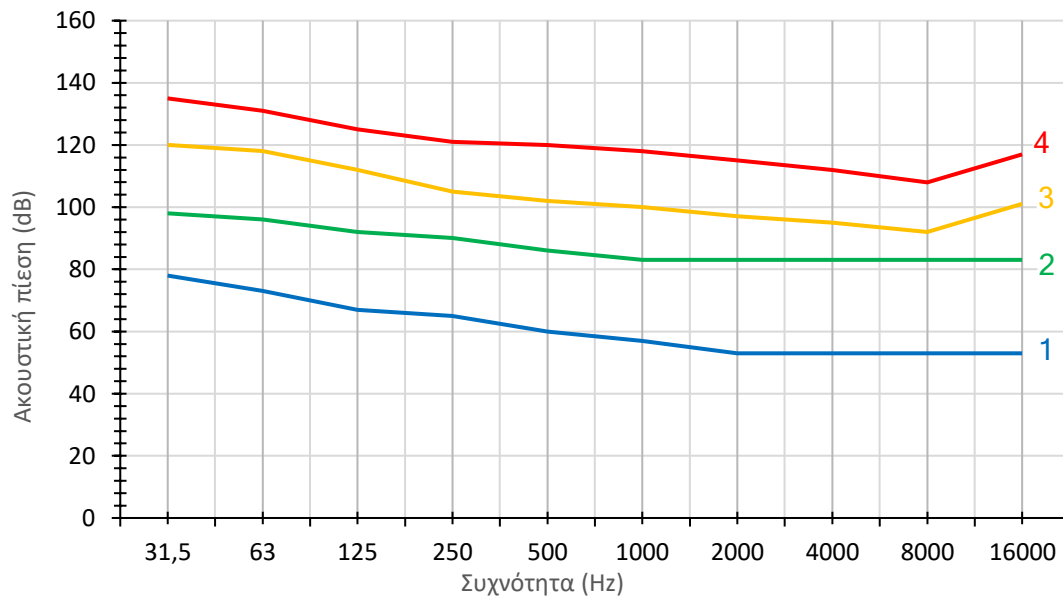


Σχήμα 5.2. Συχνοτική ανάλυση θορύβου σε οκτάβες 1/1 για την θέση φόρτωσης.

Παρατηρείται ότι ο εργαζόμενος δέχεται την μεγαλύτερη ακουστική πίεση στα 63- 1000 Hz δηλαδή σε χαμηλές και μεσαίες συχνότητες. Να τονιστεί πως το ανθρώπινο αυτί είναι ευαίσθητο μεταξύ 1000 και 4000 Hz.

Για την αξιολόγηση του κινδύνου λόγω έκθεσης του εργαζομένου στον θόρυβο με το συγκεκριμένο συχνοτικό περιεχόμενο χρησιμοποιείται το διάγραμμα που παρουσιάζεται

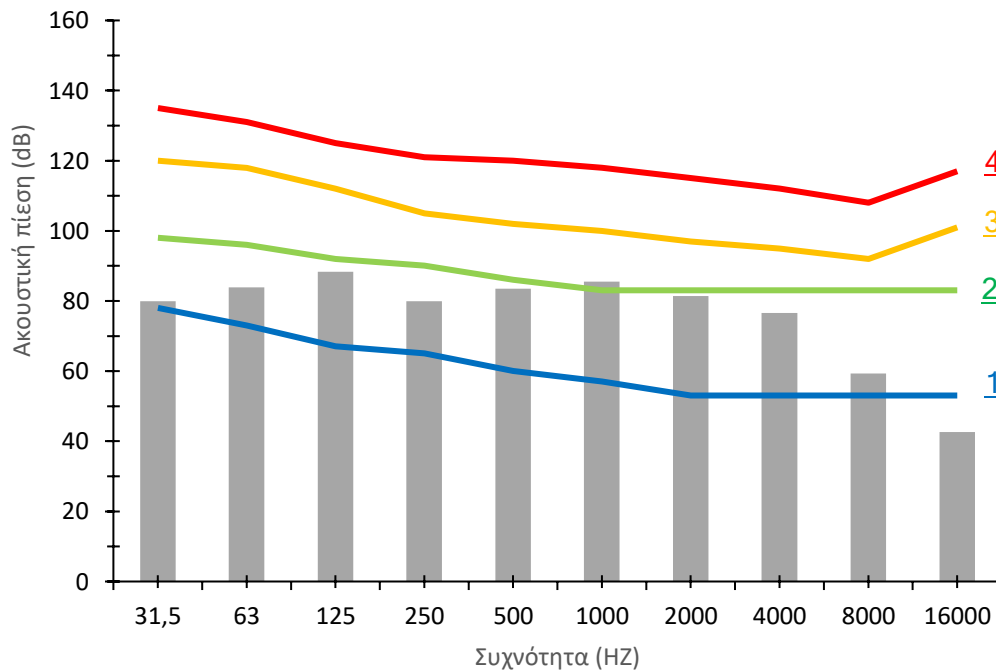
το σχήμα 5.3. Ορίζει μέσω 4 καμπυλών 5 περιοχές και με βάση την ένταση του θορύβου ανά συχνότητα και αποτιμά τον κίνδυνο λόγω της έκθεσης του εργαζομένου στον θόρυβο, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.2 που ακολουθεί το διάγραμμα (Κοντογιάννης, 2021).



Ένταση θορύβου	Κίνδυνος Κώφωσης	Επιπτώσεις στην εργασία
Κάτω από την καμπύλη 1	Κανένας	Καμία
Μεταξύ καμπύλης 1 & 2	Η καμπύλη 2 δεν πρέπει να ξεπερνιέται	Η νοητική εργασία καθίσταται δυσχερής
Μεταξύ καμπύλης 2 & 3	Πιθανότητα 0 -100% για έκθεση 8 ωρών την ημέρα	Και η χειρωνακτική εργασία καθίσταται δυσχερής. Αυξημένη πιθανότητα λαθών.
Μεταξύ καμπύλης 3 & 4	Πιθανότητα 25 -100% για συνεχόμενη έκθεση 1 ώρας	Οποιαδήποτε εργασία καθίσταται δυσχερής.
Πάνω από την καμπύλη 4	Κίνδυνος ακόμη και για στιγμιαία έκθεση	Οποιαδήποτε εργασία καθίσταται αδύνατη.

Σχήμα 5.3. Διάγραμμα εκτίμησης της επικινδυνότητας λόγω έκθεσης σε θόρυβο (Κοντογιάννης, 2019).

Τέλος στο σχήμα 5.4, το οποίο είναι ένας συνδυασμός των σχημάτων 5.2. και 5.3, επιτρέπει να εκτιμήσουμε τον κίνδυνο με βάση την συχνοτική ανάλυση του θορύβου και τις περιοχές που ορίζονται από τις καμπύλες επικινδυνότητας.



Σχήμα 5.4. Συχνοτική ανάλυση θορύβου και εκτίμηση της επικινδυνότητας λόγω έκθεσης σε θόρυβο για τον χειριστή του φορτωτή.

Όπως φαίνεται από το Σχήμα 5.4 η πλειοψηφία των εντάσεων για τις επιμέρους συχνότητες βρίσκεται στην περιοχή που ορίζεται από τις καμπύλες 1 και 2. Η ένταση που αντιστοιχεί στη συχνότητα των 1000 Hz υπερβαίνει ελαφρά την καμπύλη 2. Η νοητική εργασία καθίσταται δυσχερής. Η χρήση Μ.Α.Π. είναι απαραίτητη.

5.2.3. Επιλογή Μ.Α.Π για την θέση του φορτωτή

Επιλέχθηκαν συνήθη μέσα ατομικής προστασίας από τρεις κατηγορίες (ωτοασπίδες, ωτοπώματα, ωτοβύσματα) για να συγκριθούν και ο υπολογισμός της επιτυγχανόμενης ηχοεξασθένησης έγινε με δύο μεθόδους:

- Με την χρήση συνολικού βαθμού μείωσης του θορύβου SNR (Single Number Rating). Η τιμή SNR παρέχει πληροφορίες σχετικά με το προστατευτικό αποτέλεσμα των ΜΑΠ για προστασία της ακοής. Πρόκειται για μια μέση τιμή ηχοεξασθένησης που υπολογίζεται από όλες τις σχετικές συχνότητες. Για παράδειγμα, ωτοασπίδες με SNR 35 θα μειώσουν το επίπεδο θορύβου στο οποίο εκτίθεται ο χρήστης από 100 dB σε 65 dB.
- Με επιτυγχανόμενη την μείωση θορύβου ανά οκτάβα 1/1



Ωτοασπίδες MTM PeltorTM X Series Earmuffs

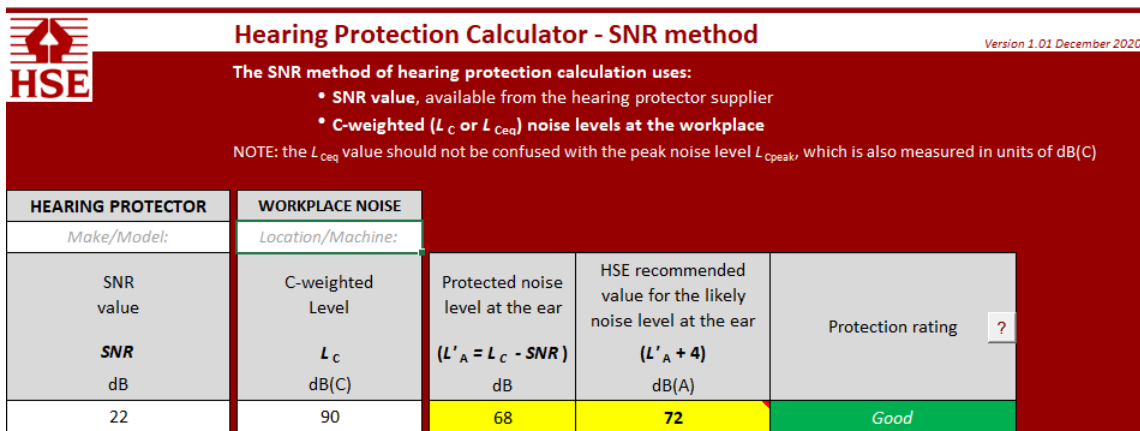
Το SNR σύμφωνα με τον κατασκευαστή για τις ωτοασπίδες MTM PeltorTM X Series είναι 22 dB ενώ η μείωση του θορύβου ανά συχνότητα της οκταβικής ανάλυσης 1/1 δίνεται από τον πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1. Μείωση του θορύβου ανά συχνότητα και πραγματική προστασία για τις ωτοασπίδες MTM PeltorTM X Series Earmuffs

Συχνότητα	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz
Μέση τιμή (dB)	16.0	18.3	27.7	37.6	35.1	41.4	39.4
Τυπική απόκλιση (dB)	5.2	3.1	3.0	3.5	2.8	2.6	2.6
Πραγματική προστασία (dB)	10.8	15.2	24.7	34.1	32.3	38.8	36.8
SNR=22dB							

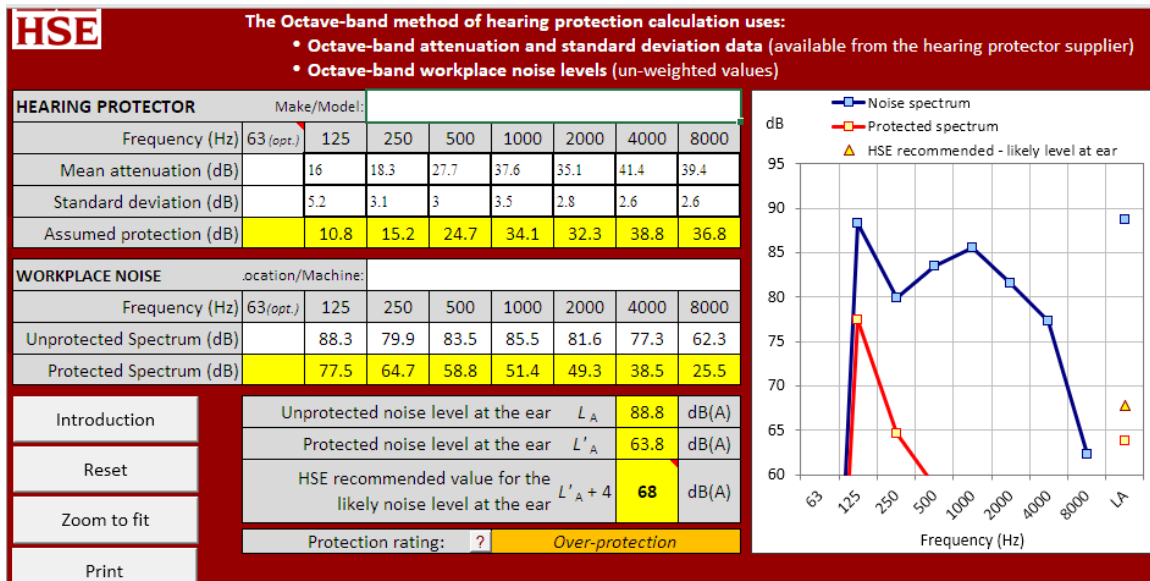
Ο υπολογισμός της επιτυγχανόμενης εξασθένησης και με τις τρεις διαφορετικές μεθόδους έγινε με το προτεινόμενο λογισμικό από το οργανισμό Health and Safety Executives (HSE) του Ηνωμένου Βασιλείου.

Έτσι με βάση την τιμή SNR δίνει τιμή θορύβου μετά την εξασθένηση $L_{A,eq} = L_{Ceq} - SNR + 4 = 90 - 22 + 4 = 72 \text{ dB}$. Η επιτυγχανόμενη προστασία θεωρείται καλή (Σχήμα 5.5).



Σχήμα 5.5. Υπολογισμός της επιτυγχάνομενης εξασθένισης από τις ωτοασπίδες MTM PeltorTM X Series με βάση την τιμή SNR.


Τέλος έγινε ο υπολογισμός με βάση την επιτυγχάνομενη την μείωση θορύβου ανά οκτάβα 1/1 (Σχήμα 5.6).



Σχήμα 5.6. Υπολογισμός της επιτυγχάνομενης ηχοεξασθένισης από τις ωτοασπίδες MTM PeltorTM X Series με βάση την συχνотική ανάλυση σε οκτάβες 1/1.

Οι δυο διαφορετικές μέθοδοι έδωσαν διαφορετικές τιμές για την επιτυγχάνομενη ηχοεξασθένιση με χρήση των τις ωτοασπίδων MTM PeltorTM X Series. Ο υπολογισμός με βάση το SNR έδωσε την μικρότερη εξασθένιση ($L'_{Aeq} = 72\text{dB}$) και με την μέθοδο της

ανάλυσης σε οκτάβες ενδιαμέση ($L'_{Aeq} = 68\text{dB}$). Σε όλες τις περιπτώσεις η επιτυγχανόμενη μείωση εξασφαλίζει ότι ο θόρυβος στο αυτί του εργαζόμενου είναι μικρότερος του κατώτερου ορίου ανάληψης δράσης (80 dB). Με βάση τα αποτελέσματα της οκταβικής ανάλυσης η επιτυγχανόμενη ηχοεξασθένηση είναι μεγαλύτερη της επιθυμητής αφού η $L'_{Aeq} < 70\text{ dB}$ και το συγκεκριμένο ΜΑΠ μπορεί να θεωρηθεί ότι παρέχει υπερβολική ηχοπροστασία σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση που προτείνεται από το HSE (Σχήμα 5.7).



Protection Rating - Information

Version 1.01 December 2020

Over-protection If the noise level at the ear with hearing protection fitted (L'_A) is below 70 dB(A) then the ability to hear warnings and speech intelligibility is reduced. The wearer is *over-protected*. They may fail to notice alarms and other important safety signals; they will feel isolated and may choose not to wear the protection, or to wear it incorrectly.

Good Your selection of hearing protection is *good* when it reduces the noise level at the ear to between 70 and 80 dB(A) .

Acceptable Hearing protection that reduces the noise level at the ear to below 85 dB(A) is *acceptable* if:

- the workplace is particularly noisy and everything reasonably practicable has been done to reduce that noise and
- suitable hearing protection providing greater noise reduction cannot be obtained.

Under-protection If the noise level at the ear is above 85 dB(A) the worker is *under-protected*. There is increasing risk of hearing damage as the noise level at the ear increases.

Summary of Protection Rating Statements:

Noise level at the ear (L'_A value)	Protection Rating statement
Below 70 dB(A)	Over-protection
70 to 80 dB(A)	Good
80 to 85 dB(A)	Acceptable
Above 85 dB(A)	Under-protection

The worker's daily noise exposure with hearing protection fitted should be compared with the Exposure Limit Value defined in the Control of Noise at Work Regulations. You can use the HSE noise exposure www.hse.gov.uk/noise

Print

Zoom to fit

Reset

Introduction

Σχήμα 5.7. Χαρακτηρισμός της προστασίας που παρέχουν τα ΜΑΠ για τον θόρυβο σύμφωνα με την επιτυγχανόμενη ηχοεξασθένηση.

Με όμοιο τρόπο υπολογίστηκε η απόδοση και των άλλων δυο ΜΑΠ για τη θέση φόρτωσης, των ωτοβυσμάτων 3M™ E-A-RSoft™ και των ωτοπωμάτων 3M™ Disposable Earplugs 1120/1130 (Σχήμα 5.8) και τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 5.2. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, σχετικά με την ηχοεξασθένηση που παρέχουν βρίσκονται στο παράρτημα 2.



Σχήμα 5.8. Ωτοβύσματα τύπου 3M™ E-A-RSoft™ (αριστερά) και ωτοπώματα τύπου 3M™ Disposable Earplugs 1120/1130.

Πίνακας 5.2. Υπολογισμός της ηχοεξασθένησης με τις διαφορετικές μεθόδους για τη θέση φόρτωσης.

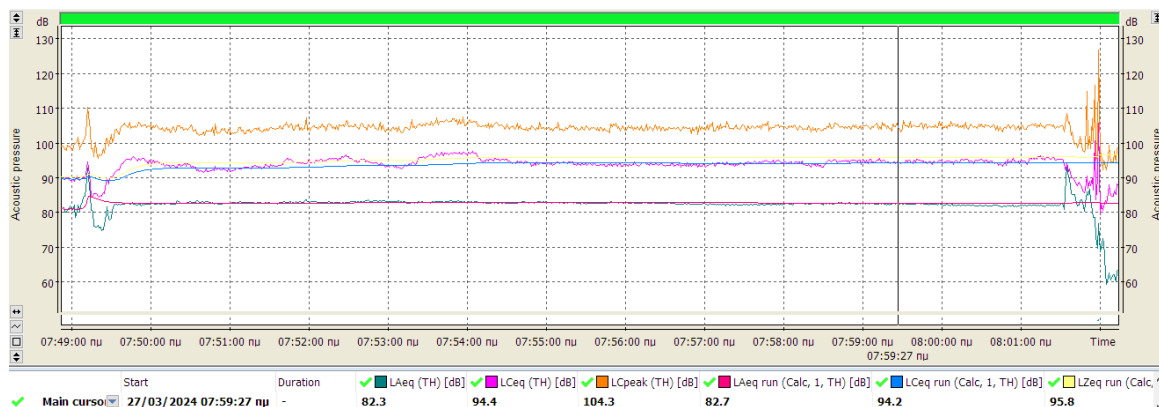
Μέσο Ατομικής Προστασίας		
	SNR	Octave 1/1
Ωτοασπίδες τύπου M™ Peltor™ X Series	72dB	68dB
Ωτοβύσματα τύπου 3M™ E-A-RSoft™	68dB	70dB
Ωτοπώματα τύπου 3M™ Disposable 1120/1130	68dB	73dB

Με βάση τον δείκτη SNR οι Ωτοασπίδες τύπου M™ Peltor™ X Series παρέχουν καλή προστασία ενώ ωτοβύσματα τύπου 3M™ E-A-RSoft™ και ωτοπώματα τύπου 3M™ Disposable 1120/1130 παρέχουν υπερβολική προστασία, αποτέλεσμα αναμενόμενο καθώς στην πρώτη περίπτωση έχουμε SNR 22 ενώ στις άλλες δυο 26. Με βάση την ανάλυση σε οκτάβες 1/1 οι ωτοασπίδες τύπου M™ Peltor™ X Series παρέχουν οριακά υπερβολική προστασία ενώ ωτοβύσματα τύπου 3M™ E-A-RSoft™ και ωτοπώματα τύπου 3M™ Disposable 1120/1130 παρέχουν καλή προστασία. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά επιλέγεται η χρήση ωτοβυσμάτων τύπου 3M™ E-A-RSoft™. Εξ άλλου γνωρίζοντας πως οι εργαζόμενοι δεν συνηθίζουν να φορούν τα Μ.Α.Π. καθ' όλη την βάρδια τους λόγω ενόχλησης η παρεχόμενη προστασία θα είναι μικρότερη άρα ο θόρυβος θα βρίσκεται σε όχι τόσο χαμηλό επίπεδο.

5.3 Διάτρηση με διατρητικό μηχανήμα Tamrock

5.3.1. Υπολογισμός των βασικών μεγεθών του θορύβου

Στο σχήμα 5.9. δίνεται η μεταβολή της στάθμης του θορύβου εντός της καμπίνας του διατρητικού για την στάθμη A και C. Ο θόρυβος χαρακτηρίζεται ως μεταβλητός αφού οι παρατηρούμενες μεταβολές υπερβαίνουν τα 3dB.



Σχήμα 5.9. Μεταβολή της στάθμης του θορύβου εντός της καμπίνας του διατρητικού για την στάθμιση A και C.

Η μεταβολή της έντασης του θορύβου μετρημένου με την στάθμιση C δείχνει ότι οι εντάσεις των παρατηρούμενων κορυφοτιμών δεν υπερβαίνουν τα 126.8 dB ($L_{Cpeak}=126.8$ dB). Η τιμή αυτή είναι χαμηλότερη του κατώτερου ορίου ανάληψης δράσης (135 dB) και φυσικά δεν υπερβαίνει ούτε την τιμή του ανώτερου ορίου ανάληψης δράσης (137 dB) ούτε την ανώτερη τιμή οκταώρου (140 dB). Η ισοδύναμη στάθμη L_{Ceq} υπολογίστηκε σε 94.2 dB. Η τιμή της L_{Ceq} αν και δεν απαιτείται από τη νομοθεσία είναι απαραίτητη για την εκτίμηση της ηχοεξασθένισης των ΜΑΠ που χρησιμοποιούνται.

Με βάση τις καταγραφείσες τιμές της στάθμης θορύβου με τη στάθμιση A υπολογίστηκε η ισοδύναμη στάθμη L_{Aeq} σε 82.7 dB και στη συνέχεια η ισοδύναμη στάθμη οκταώρου L_{EX} . Ο υπολογισμός του L_{EX} έγινε για δυο περιπτώσεις που αφορούν $T_e=8$ ώρες πραγματικής εργασίας με τον φορτωτή (δυσμενέστερο σενάριο) και $T_e=5$ ώρες.

Στην περίπτωση $T_e=8$ ώρες έχουμε $L_{EX} = 82.7$ dB ενώ για $T_e=5$ ώρες, $L_{EX} = 80.6$ dB. Και

στις δυο περιπτώσεις ξεπερνιούνται τα κατώτερα όρια της νομοθεσίας ($L_{ex} = 80\text{dB}$) για ανάληψη δράσης.

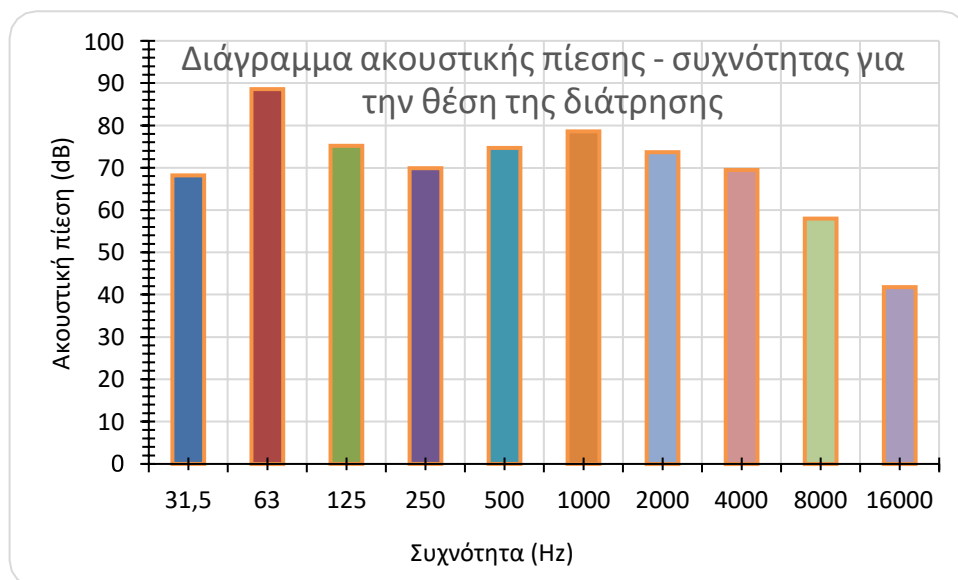
Για τις περιπτώσεις αυτές με βάση τη νομοθεσία εκτός από τις προσπάθειες για μείωση του θορύβου, ο εργοδότης πρέπει (i) να παρέχει στους εργαζομένους κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας, (ii) να εξασφαλίζει την περιοδική παρακολούθηση της ακουστικής τους οξύτητας από γιατρό, και (iii) να τους ενημερώνει για τους κινδύνους τους οποίους διατρέχει η ακοή τους, τα μέτρα που λαμβάνονται και τη σωστή χρήση των μέσων ατομικής προστασίας.

Η δόση για 5 ώρες έκθεσης υπολογίστηκε 23.2% <100% και για 8 ώρες 37.1% <100% με τρόπο όμοιο με αυτόν στην θέση της φόρτωσης.

Άρα είναι εντός ορίων ημερήσιας δόσης θορύβου ακόμα και στο σενάριο οκτάωρης συνεχούς έκθεσης.

5.3.2 Ανάλυση σε συχνότητες – εκτίμηση του κινδύνου

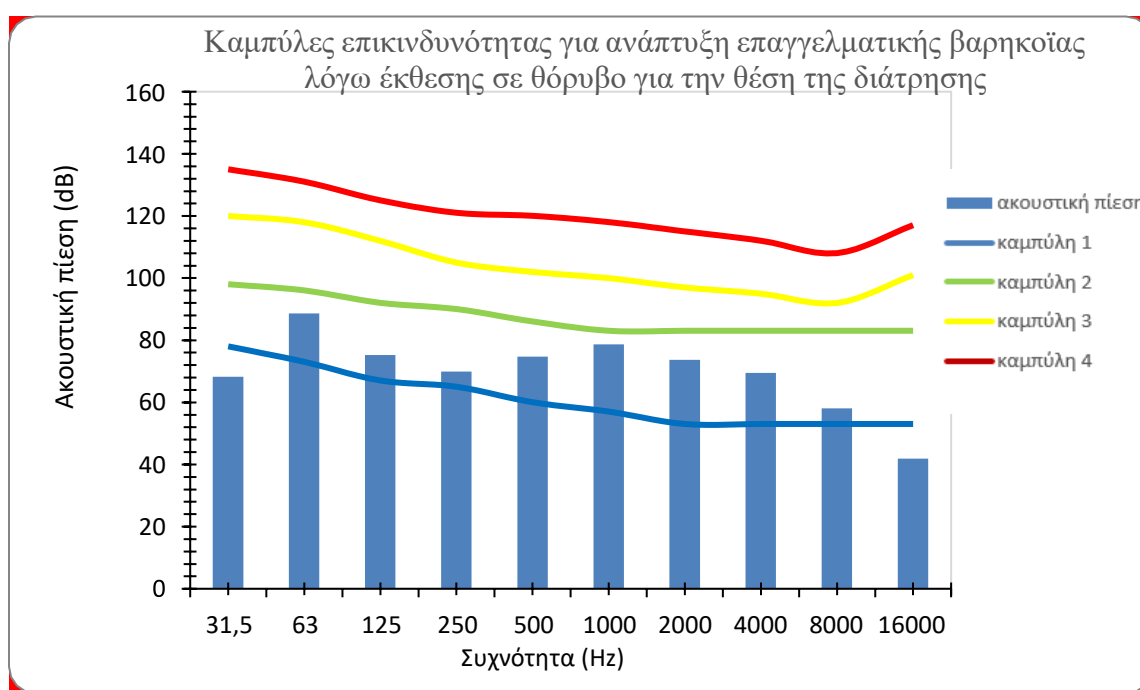
Η συχνοτική ανάλυση του θορύβου πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού SVAN-PC σε συγκεκριμένες συχνότητες (ανάλυση σε οκτάβες 1/1). Στο σχήμα 5.10. ακολουθεί διάγραμμα ακουστικής πίεσης- Συχνότητας για την θέση του διατρητικού το οποίο κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις μετρήσεις.



Σχήμα 5.10. Συχνοτική ανάλυση θορύβου σε οκτάβες 1/1 για την θέση διάτρησης.

Παρατηρούμε ότι ο εργαζόμενος δέχεται μέγιστη ακουστική πίεση στα 63- 1000 Hz δηλαδή σε χαμηλές και μεσαίες συχνότητες. Να τονιστεί πως το ανθρώπινο αυτί είναι ευαίσθητο μεταξύ 1000 και 4000 Hz.

Στο σχήμα 5.11. συσχετίζονται οι καμπύλες επικινδυνότητας με την ένταση του θορύβου ανά οκτάβες.



Σχήμα 5.11. Συχνοτική ανάλυση θορύβου και εκτίμηση της επικινδυνότητας λόγω έκθεσης σε θόρυβο για τον χειριστή του φορτωτή.

Οι στάθμες θορύβου βρίσκονται ανάμεσα στις καμπύλες 1 και 2 άρα η νοητική εργασία καθίσταται δυσχερής. Στα 63 και 1000 Hz μάλιστα η ακουστική πίεση βρίσκεται στα ανώτερα σημεία (λίγο πριν ξεπεραστεί η καμπύλη 2). Η χρήση Μ.Α.Π. κρίνεται απαραίτητη.

5.3.3. Επιλογή Μ.Α.Π. για την θέση του διατρητικού

Ακολουθεί ο υπολογισμός της ηχοεξασθένησης με τις διαφορετικές μεθόδους για τη θέση διάτρησης (πίνακας 5.3) με την ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη θέση φόρτωσης.

Πίνακας 5.3. Υπολογισμός της ηχοεξασθένησης με τις διαφορετικές μεθόδους για τη θέση διάτρησης για τα επιλεγέντα ΜΑΠ.

Μέσο Ατομικής Προστασίας	SNR	Octave 1/1
Ωτοασπίδες τύπου M TM Peltor TM X Series	77dB	67dB
Ωτοβύσματα τύπου 3M TM E-A-RSoft TM	72dB	66dB
Ωτοπώματα τύπου 3M TM Disposable 1120/1130	72dB	68dB

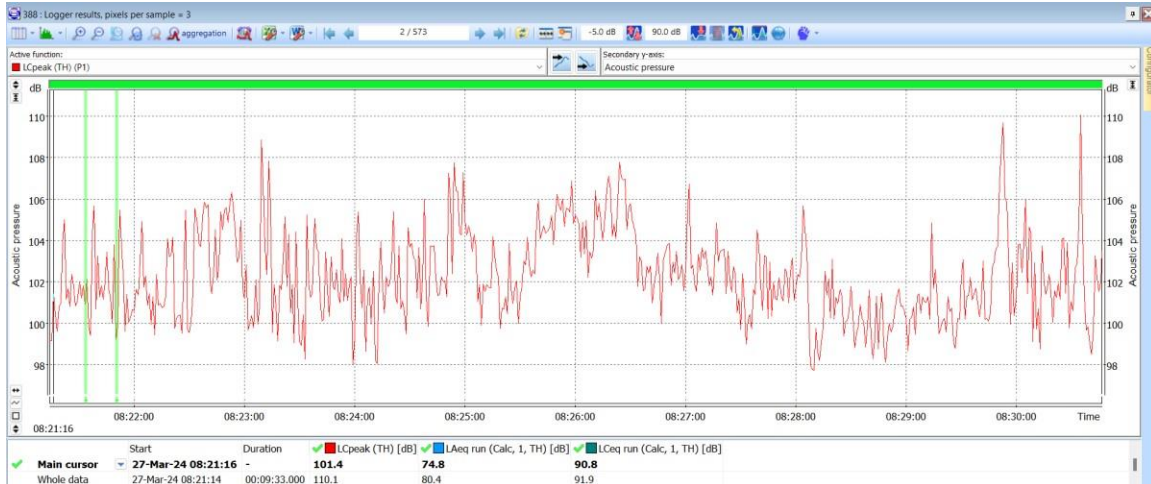
Με βάση τον δείκτη SNR οι ωτοασπίδες τύπου MTM PeltorTM X Series, τα ωτοβύσματα τύπου 3MTM E-A-RSoftTM και ωτοπώματα τύπου 3MTM Disposable 1120/1130 παρέχουν παρέχουν καλή προστασία. Με βάση την ανάλυση σε οκτάβες 1/1 όλα τα Μ.Α.Π. παρέχουν υπερβολική προστασία. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά επιλέγεται η χρήση των ωτοπωμάτων τύπου 3MTM Disposable 1120/1130. Το συγκεκριμένο Μ.Α.Π αν και χαρακτηρίζεται ότι παρέχει υπερβολική προστασία τα επίπεδα θορύβου είναι πολύ κοντά στα όρια που θεωρείται αποδεκτή. Εξ άλλου γνωρίζοντας πως οι εργαζόμενοι δεν συνηθίζουν να φορούν τα Μ.Α.Π. καθ' όλη την διάρκεια τους λόγω ενόχλησης η παρεχόμενη προστασία θα είναι μικρότερη άρα ο θόρυβος θα βρίσκεται σε καλό και όχι τόσο χαμηλό επίπεδο.

5.4. Θάλαμος ελέγχου θραυστήρα

5.4.1. Υπολογισμός των βασικών μεγεθών του θορύβου

Στο σχήμα 5.12. δίνεται η μεταβολή της στάθμης του θορύβου εντός της καμπίνας του θαλάμου ελέγχου για την στάθμη Α και C. Ο θόρυβος χαρακτηρίζεται ως μεταβλητός αφού

οι παρατηρούμενες μεταβολές υπερβαίνουν τα 3dB. Οι υψηλότερες τιμές θορύβου εμφανίζονται κατά την θραύση των μεγάλων σχετικά και συμπαγών τεμαχών ενώ οι χαμηλότερες κατά την θραύση μικρότερων και κατακερματισμένων τεμαχών.



Σχήμα 5.12. Μεταβολή της στάθμης του θορύβου εντός της καμπίνας του θαλάμου ελέγχου για την στάθμιση A και C.

Η μεταβολή της έντασης του θορύβου μετρημένου με την στάθμιση C δείχνει ότι οι εντάσεις των παρατηρούμενων κορυφοτιμών δεν υπερβαίνουν τα 110.4 dB ($L_{Cpeak}=110.4$ dB). Η τιμή αυτή είναι χαμηλότερη του κατώτερου ορίου ανάληψης δράσης (135 dB) και φυσικά δεν υπερβαίνει ούτε την τιμή του ανώτερου ορίου ανάληψης δράσης (137 dB) ούτε την ανώτερη τιμή οκταώρου (140 dB). Η ισοδύναμη στάθμη L_{Ceq} υπολογίστηκε σε 91dB. Η τιμή της L_{Ceq} αν και δεν απαιτείται από τη νομοθεσία είναι απαραίτητη για την εκτίμηση της ηχοεξασθένισης των ΜΑΠ που χρησιμοποιούνται.

Με βάση τις καταγραφείσες τιμές της στάθμης θορύβου με τη στάθμιση A υπολογίστηκε η ισοδύναμη στάθμη L_{Aeq} σε 80.4dB και στη συνέχεια η ισοδύναμη στάθμη οκταώρου L_{EX} . Ο υπολογισμός του L_{EX} έγινε για δυο περιπτώσεις που αφορούν $T_e=8$ ώρες πραγματικής εργασίας με τον φορτωτή (δυσμενέστερο σενάριο) και $T_e=5$ ώρες.

Στην περίπτωση $T_e=8$ ώρες έχουμε $L_{EX} = 80.4$ dB ενώ για $T_e=5$ ώρες, $L_{EX} = 78.3$ dB.

Μόνο στην πρώτη από τις δυο περιπτώσεις ξεπερνιούνται τα κατώτερα όρια της νομοθεσίας για ανάληψη δράσης ($L_{EX} = 80$ dB). Χρήση Μ.Α.Π. επιθυμητή μόνο για το πρώτο σενάριο.

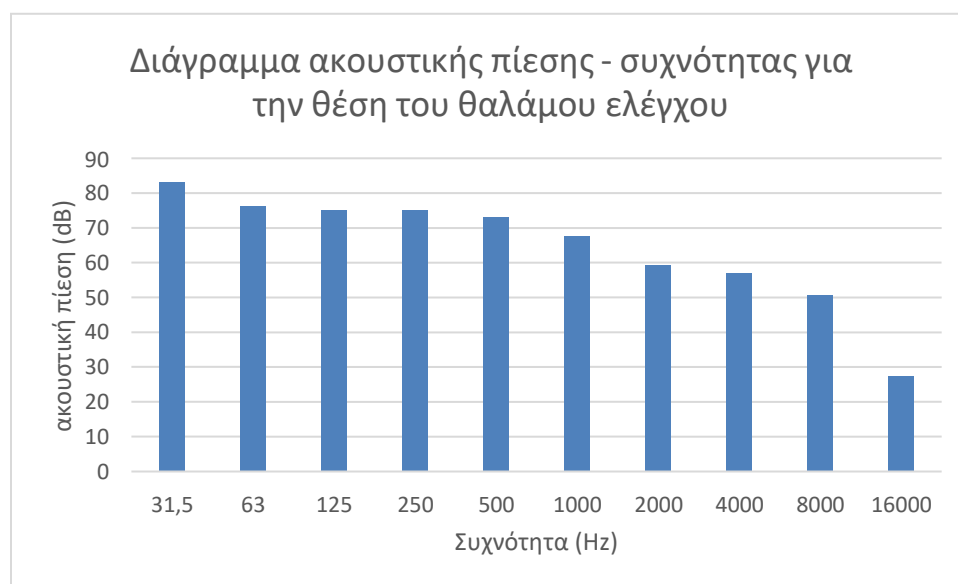
Για τη περίπτωση αυτή με βάση τη νομοθεσία εκτός από τις προσπάθειες για μείωση του θορύβου, ο εργοδότης πρέπει (i) να παρέχει στους εργαζομένους κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας, (ii) να εξασφαλίζει την περιοδική παρακολούθηση της ακουστικής τους οξύτητας από γιατρό, και (iii) να τους ενημερώνει για τους κινδύνους τους οποίους διατρέχει η ακοή τους, τα μέτρα που λαμβάνονται και τη σωστή χρήση των μέσων ατομικής προστασίας.

Η δόση για 5 ώρες έκθεσης υπολογίστηκε 13.6% <100% και για 8 ώρες 21.8% <100% με τρόπο όμοιο με αυτόν στην θέση της φόρτωσης.

Άρα βρίσκεται εντός ορίων ημερήσιας δόσης θορύβου ακόμα και στο σενάριο οκτάωρης συνεχούς έκθεσης.

5.4.2. Ανάλυση σε συχνότητες – εκτίμηση του κινδύνου

Η συχνотική ανάλυση του θορύβου πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού SVAN-PC σε συγκεκριμένες συχνότητες (ανάλυση σε οκτάβες 1/1). Στο σχήμα 5.13. ακολουθεί διάγραμμα ακουστικής πίεσης- Συχνότητας για την θέση του θαλάμου ελέγχου το οποίο κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις μετρήσεις.

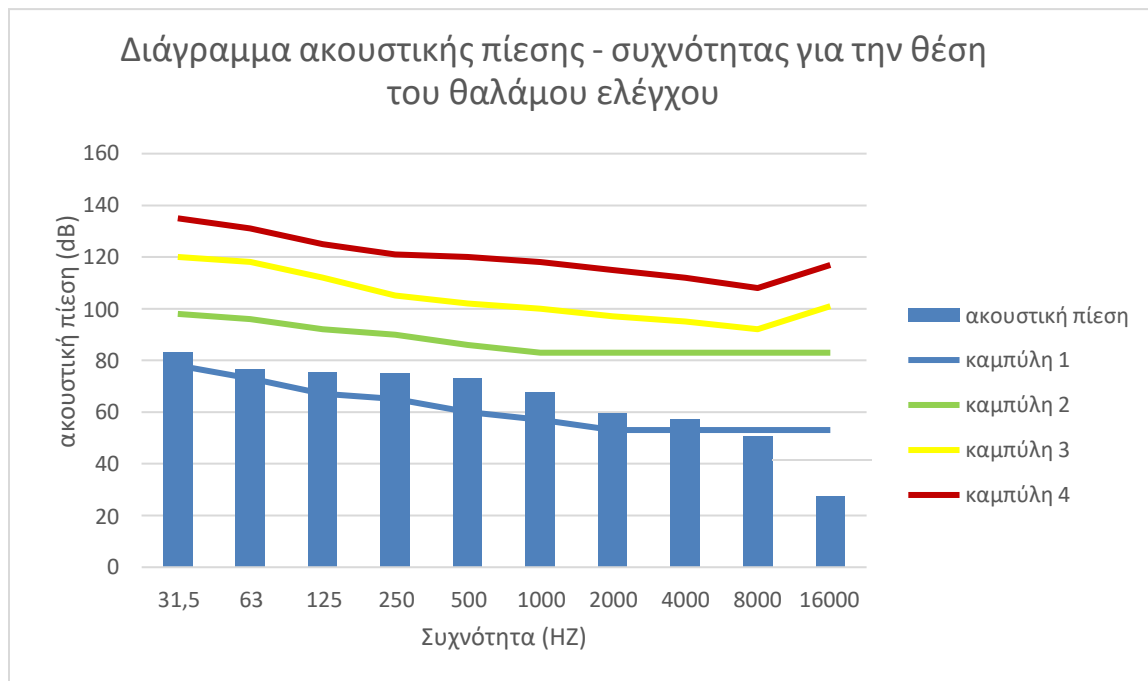


Σχήμα 5.13. Συχνотική ανάλυση θορύβου σε οκτάβες 1/1 για την θέση του θαλάμου

ελέγχου

Παρατηρούμε ότι ο εργαζόμενος δέχεται μέγιστη ακουστική πίεση μεταξύ 31,5 και 500 Hz δηλαδή σε χαμηλές συχνότητες. Να τονίσουμε πως το ανθρώπινο αυτί είναι ευαίσθητο μεταξύ 1000 και 4000 Hz.

Το σχήμα 5.14. που συσχετίζει τις καμπύλες επικινδυνότητας και την ένταση του θορύβου στο εργασιακό περιβάλλον που ελήφθησαν οι μετρήσεις.



Σχήμα 5.14. Συχνοτική ανάλυση θορύβου και εκτίμηση της επικινδυνότητας λόγω έκθεσης σε θόρυβο για τον χειριστή του θαλάμου ελέγχου.

Όπως φαίνεται από το Σχήμα 5.14. η πλειοψηφία των εντάσεων για τις επιμέρους συχνότητες βρίσκεται στην περιοχή που ορίζεται από τις καμπύλες 1 και 2. Η ένταση που αντιστοιχεί στις συχνότητες των 63, 2000 και 4000 Hz βρίσκεται ελαφρά πάνω από την καμπύλη 1, ενώ πάνω από τα 8000 Hz βρισκόμαστε κάτω από αυτή. Η νοητική εργασία καθίσταται οριακά δυσχερής. Η χρήση Μ.Α.Π. είναι επιθυμητή.

5.4.3. Επιλογή Μ.Α.Π. για την θέση του θαλάμου ελέγχου θραυστήρα

Ακολουθεί ο υπολογισμός της ηχοεξασθένησης με τις διαφορετικές μεθόδους για τη θέση

του θαλάμου ελέγχου στον πίνακα 5.4.

Πίνακας 5.4. Υπολογισμός της ηχοεξασθένησης με τις διαφορετικές μεθόδους για τη θέση θαλάμου ελέγχου

Μέσο Ατομικής Προστασίας	SNR	Octave 1/1
Ωτοασπίδες τύπου M TM Peltor TM X Series	68dB	65dB
Ωτοβύσματα τύπου 3M TM E-A-RSoft TM	69dB	62dB
Ωτοπώματα τύπου 3M TM Disposable 1120/1130	69dB	63dB

Με βάση τον δείκτη SNR οι Ωτοασπίδες τύπου MTM PeltorTM X Series, τα ωτοβύσματα τύπου 3MTM E-A-RSoftTM και τα ωτοπώματα τύπου 3MTM Disposable 1120/1130 παρέχουν υπερβολική προστασία. Η διαφορά είναι αποτέλεσμα αναμενόμενο καθώς στην πρώτη περίπτωση έχουμε SNR 22 ενώ στις άλλες δυο 26. Με βάση την ανάλυση σε οκτάβες 1/1 επίσης όλα τα Μ.Α.Π. παρέχουν υπερβολική προστασία. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά δεν θεωρείται σωστή η επιλογή τους καθώς ο εργαζόμενος θα νιώθει απομονωμένος από το υπόλοιπο εργασιακό περιβάλλον. Πρέπει να γίνει εκ νέου επιλογή Μ.Α.Π. τα οποία να παρέχουν μικρότερη απόσβεση θορύβου.

5.5. Μεταφορά-απόθεση εξορυγμένου υλικού

5.5.1. Υπολογισμός των βασικών μεγεθών του θορύβου

Στο σχήμα 5.15. δίνεται η μεταβολή της στάθμης του θορύβου εντός της καμπίνας του χωματουργικού για την στάθμη A και C. Ο θόρυβος χαρακτηρίζεται ως μεταβλητός αφού οι παρατηρούμενες μεταβολές υπερβαίνουν τα 3dB. Οι υψηλότερες τιμές θορύβου εμφανίζονται κατά την απόθεση των υλικών στον θραυστήρα ενώ οι χαμηλότερες κατά την λειτουργία του κινητήρα στο ρελαντί.



Σχήμα 5.15. Μεταβολή της στάθμης του θορύβου εντός της καμπίνας του χωματουργικού για την στάθμιση A και C.

Η μεταβολή της έντασης του θορύβου μετρημένου με την στάθμιση C δείχνει ότι οι εντάσεις των παρατηρούμενων κορυφοτιμών δεν υπερβαίνουν τα 132.8 dB ($L_{Cpeak}=132.8$ dB). Η τιμή αυτή είναι χαμηλότερη του κατώτερου ορίου ανάληψης δράσης (135 dB) και φυσικά δεν υπερβαίνει ούτε την τιμή του ανώτερου ορίου ανάληψης δράσης (137 dB) ούτε την ανώτερη τιμή οκταώρου (140 dB). Η ισοδύναμη στάθμη L_{Ceq} υπολογίστηκε σε 102.4dB. Η τιμή της L_{Ceq} αν και δεν απαιτείται από τη νομοθεσία είναι απαραίτητη για την εκτίμηση της ηχοεξασθένισης των ΜΑΠ που χρησιμοποιούνται.

Με βάση τις καταγραφείσες τιμές της στάθμης θορύβου με τη στάθμιση A υπολογίστηκε η ισοδύναμη στάθμη L_{Aeq} σε 91.1dB και στη συνέχεια η ισοδύναμη στάθμη οκταώρου L_{EX} . Ο υπολογισμός του L_{EX} έγινε για δυο περιπτώσεις που αφορούν $T_e=8$ ώρες πραγματικής εργασίας με τον φορτωτή (δυσμενέστερο σενάριο) και $T_e=5$ ώρες.

Στην περίπτωση $T_e=8$ ώρες έχουμε $L_{EX} = 91.1$ dB ενώ για $T_e=5$ ώρες, $L_{EX} = 89.1$ dB.

Και στις δυο περιπτώσεις ξεπερνιούνται τα ανώτερα όρια της νομοθεσίας για ανάληψη δράσης ($L_{EX} = 85$ dB). Χρήση Μ.Α.Π. απαραίτητη.

Για τη περίπτωση αυτή με βάση τη νομοθεσία εκτός από τις προσπάθειες για μείωση του θορύβου, 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

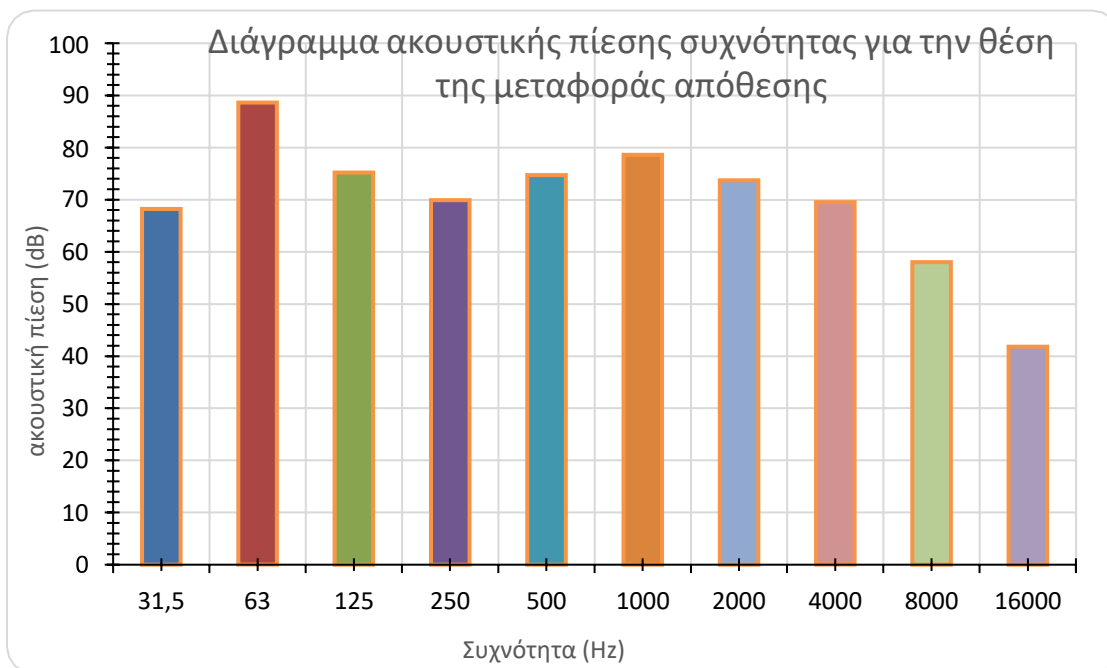
διατρέχει η ακοή τους, τα μέτρα που λαμβάνονται και τη σωστή χρήση των μέσων ατομικής προστασίας. Ιν) αναλαμβάνει αμέσως δράση για να μειώσει την ένταση θορύβου κάτω από την επιτρεπτή τιμή έκθεσης. ν) Εντοπίζει τους λόγους που προκάλεσαν την υπέρβαση νι) Με τα κατάλληλα μέσα φροντίζει να μην επαναληφθεί η υπέρβαση.

Η δόση για 5 ώρες έκθεσης υπολογίστηκε 160% >100% και για 8 ώρες 257% >100% με τρόπο όμοιο με αυτόν στην θέση της φόρτωσης.

Άρα βρίσκεται εκτός ορίων ημερήσιας δόσης θορύβου ακόμα και στο σενάριο πεντάωρης συνεχούς έκθεσης. Χρήση Μ.Α.Π. απαραίτητη.

5.5.2. Ανάλυση σε συχνότητες – εκτίμηση του κινδύνου

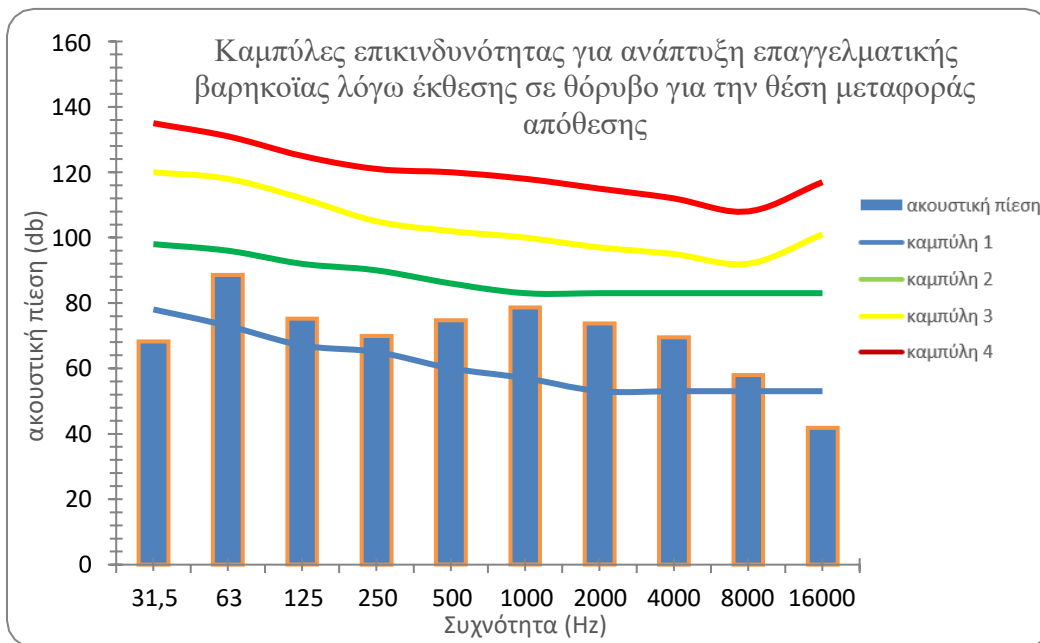
Η συχνοτική ανάλυση του θορύβου πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού SVAN-PC σε συγκεκριμένες συχνότητες (ανάλυση σε οκτάβες 1/1). Στο σχήμα 5.16. ακολουθεί διάγραμμα ακουστικής πίεσης- συχνότητας για την θέση της καμπίνας του χωματουργικού το οποίο κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις μετρήσεις.



Σχήμα 5.16. Συχνοτική ανάλυση θορύβου σε οκτάβες 1/1 για την θέση της καμπίνας του χωματουργικού

Παρατηρείται ότι ο εργαζόμενος δέχεται μέγιστη ακουστική πίεση στα 63- 1000 Hz δηλαδή σε χαμηλές συχνότητες.

Από το σχήμα 5.17. που συσχετίζει τις καμπύλες επικινδυνότητας και την ένταση του θορύβου παρατηρούμε ότι ο θόρυβος βρίσκεται ανάμεσα στις καμπύλες 1 και 2 άρα η νοητική εργασία καθίσταται δυσχερής. Μέχρι και τα 2000 Hz μάλιστα η ακουστική πίεση βρίσκεται στα ανώτερα σημεία πριν ξεπεραστεί η καμπύλη 2. Η νοητική εργασία καθίσταται δυσχερής. Η χρήση Μ.Α.Π. είναι απαραίτητη.



Σχήμα 5.17. Συχνотική ανάλυση θορύβου και εκτίμηση της επικινδυνότητας λόγω έκθεσης σε θόρυβο για τον χειριστή της καμπίνας του χωματουργικού.

5.5.3. Επιλογή Μ.Α.Π. για την θέση της μεταφοράς- απόθεσης

Ο υπολογισμός της ηχοεξασθένησης με τις διαφορετικές μεθόδους για τη θέση μεταφοράς-

απόθεσης δίνεται στον Πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.5. Υπολογισμός της ηχοεξασθένησης με τις διαφορετικές μεθόδους για τη θέση της μεταφοράς- απόθεσης

Μέσο Ατομικής Προστασίας	SNR	Octave 1/1
Ωτοασπίδες τύπου M TM Peltor TM X Series	84dB	75dB
Ωτοβύσματα τύπου 3M TM E-A-RSoft TM	80dB	77dB
Ωτοπώματα τύπου 3M TM Disposable 1120/1130	80dB	78dB

Με βάση τον δείκτη SNR οι Ωτοασπίδες τύπου MTM PeltorTM X Series παρέχουν αποδεκτή προστασία όπως και τα ωτοβύσματα τύπου 3MTM E-A-RSoftTM και ωτοπώματα τύπου 3MTM Disposable 1120/1130. Με βάση την ανάλυση σε οκτάβες 1/1 όλα τα Μ.Α.Π. παρέχουν καλή προστασία. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά καταλληλότερα θεωρούνται οι ωτοασπίδες τύπου MTM PeltorTM X Series καθώς επιτυγχάνουν μεγαλύτερη μείωση θορύβου σύμφωνα με την μέθοδο οκτάβων 1/1.

5.6. Συγκεντρωτική παρουσίαση αποτελεσμάτων μετρήσεων

Στον πίνακα 5.6. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του θορύβου συγκεντρωτικά για όλες τις θέσεις εργασίας που μελετήθηκαν.

Πίνακας 5.6. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μέτρησης θορύβου στις θέσεις εργασίας χωρίς να ληφθεί υπόψη η ηχοεξασθένιση λόγω χρήσης ΜΑΠ.

Θέση εργασίας	Θέση μέτρησης	L_{Aeq} (dB)	L_{Cpeak} (dB)	$L_{EX,5h}$ (dB)	Dose 5h %	$L_{EX,8h}$ (dB)	Dose 8h %
Διάτρηση	Εσωτερικό καμπίνας-Θέση χειριστή	82.7	126.8	80.6	23.2	82.7	37.1
Φόρτωση	Εσωτερικό καμπίνας-Θέση χειριστή	81.5	130.4	79.5	17.6	81.5	28.2
Μεταφορά-απόθεση	Εσωτερικό καμπίνας-Θέση χειριστή	91.1	132.8	89.1	160	91.1	257
Θάλαμος ελέγχου σπαστήρα	Εσωτερικό θαλάμου ελέγχου-Θέση χειριστή	80.4	110.1	78.3	13.6	80.4	21.8

Όπως παρατηρούμε η πιο επιβαρυνμένη θέση εργασίας είναι αυτή της μεταφοράς-απόθεσης εξορυγμένου υλικού. Τα ανώτερα όρια ανάληψης δράσης ξεπερνιούνται στα σενάρια 8 και 5 ωρών συνεχόμενης έκθεσης. Η χρήση Μ.Α.Π. είναι απαραίτητη και τα επιλεγέντα Μ.Α.Π. όπως υπολογίστηκε αποσβένουν τον θόρυβο σε αποδεκτό επίπεδο. Στην θέση διάτρησης ξεπερνιούνται ελαφρά τα κατώτερα όρια ανάληψης δράσης και στα δύο σενάρια. Η χρήση Μ.Α.Π. συνιστάται στην περίπτωση αυτή. Στην θέση αυτή τα εξετασθέντα Μ.Α.Π. παρέχουν υπερβολική έως οριακά καλή προστασία εφόσον χρησιμοποιούνται σωστά. Στην θέση φόρτωσης ξεπερνιέται το κατώτερο όριο ανάληψης μόνο στο σενάριο 8 ωρών συνεχόμενης έκθεσης. Όμοια με την θέση της διάτρησης η χρήση Μ.Α.Π. είναι επιθυμητή. Στις δύο αυτές περιπτώσεις ο συνδυασμός Μ.Α.Π. και ενδοεπικοινωνίας θα λύσει το ενδεχόμενο πρόβλημα αισθήματος απομόνωσης του εργαζομένου. Εξ άλλου γνωρίζοντας πως οι εργαζόμενοι δεν συνηθίζουν να φορούν τα Μ.Α.Π. καθ' όλη την διάρκεια τους λόγω ενόχλησης η παρεχόμενη προστασία θα είναι μικρότερη άρα η ισοδύναμη στάθμη θορύβου που εκτίθενται οι εργαζόμενοι θα είναι

υψηλότερη από την υπολογισθείσα ηχοεξασθετισμένη. Τέλος στην θέση θαλάμου ελέγχου του θραυστήρα ξεπερνιέται οριακά το κατώτερο όριο ανάληψης μόνο στο σενάριο 8 ωρών συνεχόμενης έκθεσης. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η χρήση των Μ.Α.Π. που εξετάστηκαν δεν συνίσταται καθώς παρέχουν υπερβολική προστασία.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο Πίνακας 5.7. των υπολογισθέντων ηχοεξασθετισμένων τιμών με την χρήση των εξετασθέντων Μ.Α.Π. με την μέθοδο SNR, ενώ στον Πίνακα 5.8. με τον υπολογισμό με τη μέθοδο οκτάβων 1/1.

Πίνακας 5.7. Υπολογισμός έντασης θορύβου μετά την εξασθένιση από τα εξετασθέντα Μ.Α.Π. (υπολογισμός με τη μέθοδο SNR)

Θέση εργασίας	Ένταση θορύβου χωρίς χρήση Μ.Α.Π. $L_{EX8h}(dB)$	Ένταση θορύβου με χρήση M^{TM} Peltor TM X Series Earmuffs $L_{EX8h}(dB)$	Ένταση θορύβου με χρήση $3M^{TM}$ E-A-RSoft TM $L_{EX8h}(dB)$	Ένταση θορύβου με χρήση $3M^{TM}$ Disposable Earplugs 1120/1130 $L_{EX8h}(dB)$
Διάτρηση	82.7	77	72	72
Φόρτωση	81.5	72	68	68
Μεταφορά-απόθεση	91.1	84	80	80
Θάλαμος ελέγχου θραυστήρα	80.4	68	69	69

Πίνακας 5.8. Υπολογισμός έντασης θορύβου μετά την εξασθένιση από τα εξετασθέντα Μ.Α.Π. (υπολογισμός με τη μέθοδο οκτάβων 1/1)

Θέση εργασίας	Ένταση θορύβου χωρίς χρήση Μ.Α.Π. $L_{EX8h}(dB)$	Ένταση θορύβου με χρήση M^{TM} Peltor TM X Series Earmuffs $L_{EX8h}(dB)$	Ένταση θορύβου με χρήση $3M^{TM}$ E-A-RSoft TM $L_{EX8h}(dB)$	Ένταση θορύβου με χρήση $3M^{TM}$ Disposable Earplugs 1120/1130 $L_{EX8h}(dB)$
Διάτρηση	82.7	67	66	68
Φόρτωση	81.5	68	70	73
Μεταφορά-απόθεση	91.1	75	77	78
Θάλαμος ελέγχου θραυστήρα	80.4	65	62	63

Όπως παρατηρούμε από τους πίνακες κατά SNR οι ωτοασπίδες τύπου M^{TM} PeltorTM X Series παρέχουν καλή προστασία σε διάτρηση και φόρτωση, αποδεκτή προστασία σε

μεταφορά- απόθεση και οριακά υπερβολική στον θάλαμο ελέγχου του θραυστήρα. Με βάση αυτόν τον δείκτη θα μπορούσαμε να τις προτείνουμε ως καταλληλότερο Μ.Α.Π. σε σχέση με ωτοβύσματα τύπου 3M™ E-A-RSoft™ και ωτοπώματα τύπου 3M™ Disposable 1120/1130 που πέραν της αποδεκτής τους επίδοσης στην θέση μεταφοράς- απόθεσης και καλής στην διάτρηση, παρέχουν υπερβολική προστασία.

Με την μέθοδο των οκτάβων 1/1, που θεωρείται ακριβέστερη, προκύπτουν διαφοροποιημένα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα οι ωτοασπίδες τύπου M™ Peltor™ X Series παρέχουν υπερβολική προστασία σε όλες τις θέσεις εκτός μεταφοράς απόθεσης που θεωρείται καλή. Εν αντιθέσει ωτοβύσματα τύπου 3M™ E-A-RSoft™ και ωτοπώματα τύπου 3M™ Disposable 1120/1130 παρέχουν καλή προστασία σε φόρτωση και μεταφορά απόθεση και υπερβολική στις άλλες δυο θέσεις. Τα ωτοπώματα τύπου 3M™ Disposable 1120/1130 παρέχουν οριακά υπερβολική προστασία στην θέση διάτρησης.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα - Προτάσεις

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις θορύβου στο λατομείο Χορδακίου της εταιρείας ΛΑΧΟΡ σε τυπικές θέσεις εργασίας και προσδιορίστηκαν, η ημερήσια έκθεση θορύβου L_{EX} , η κορυφοτιμή ηχητικής πίεσης L_{Cpeak} και η ημερήσια δόση θορύβου $D\%$ που δέχεται ο εργαζόμενος. Οι τιμές αυτές συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα όρια που έχουν τεθεί από την νομοθεσία. Στη συνέχεια ακολούθησε η συχνοτική ανάλυση που θεωρείται ότι δίνει μια αρκετά ακριβέστερη εικόνα για τον κίνδυνο έκθεσης του εργαζομένου στο θόρυβο και με βάση αυτή έγινε και η αξιολόγηση επιλεγμένων μέσων ατομικής προστασίας από τον θόρυβο.

Τα αποτελέσματα για την θέση φόρτωσης έδειξαν ότι η ισοδύναμη ημερήσια έκθεση θορύβου ήταν 81.5dB, η κορυφοτιμή θορύβου για την στάθμηση C 130,4dB και η δόση που δέχεται ο εργαζόμενος 28.2%. Αντίστοιχα για την θέση της διάτρησης τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ισοδύναμη ημερήσια έκθεση θορύβου ήταν 82.7dB, η κορυφοτιμή θορύβου για την στάθμηση C 126.8dB και η δόση που δέχεται ο εργαζόμενος 37.1%. Για την θέση της μεταφοράς απόθεσης η ισοδύναμη ημερήσια έκθεση θορύβου ήταν 91.1dB, η κορυφοτιμή θορύβου για την στάθμηση C 132,8dB και η δόση που δέχεται ο εργαζόμενος 257%. Τέλος τα αποτελέσματα για την θέση του θαλάμου ελέγχου έδειξαν ότι η ισοδύναμη ημερήσια έκθεση θορύβου ήταν 80.4dB, η κορυφοτιμή θορύβου για την στάθμηση C 110,1dB και η δόση που δέχεται ο εργαζόμενος 21.8%.

Σε σχέση με προβλεπόμενα από τη νομοθεσία όρια, η πιο επιβαρυνμένη θέση εργασίας είναι αυτή της μεταφοράς- απόθεσης εξορυγμένου υλικού καθώς ξεπερνάται το ανώτερο όριο ανάληψης δράσης. Στην θέση διάτρησης και φόρτωσης ξεπερνιέται ελαφρά το κατώτερο όριο ανάληψης δράσης για το σενάριο 8 ωρών συνεχόμενης έκθεσης.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε οκτάβες 1/1 έδειξαν ότι το συχνοτικό περιεχόμενο του θορύβου διαφέρει από θέση σε θέση εργασίας. Ο υπολογισμός της ηχοεξασθένισης που προσφέρουν τα μέσα ατομικής προστασίας με βάση την ανάλυση σε οκτάβες έδειξε ότι στην θέση φόρτωσης η χρήση ωτοασπίδων τύπου M^{TM} PeltorTM X Series Earmuffs προσφέρει υπερβολική προστασία ενώ η προστασία χαρακτηρίζεται ως αποδεκτή για τα ωτοβύσματα τύπου $3M^{TM}$ E-A-RSoftTM και ωτοπώματα $3M^{TM}$ Disposable Earplugs 1120/1130. Για τη θέση διάτρηση όλα τα παραπάνω μέσα ατομικής προστασίας

(ωτοασπίδες, ωτοβύσματα, ωτοπώματα) παρείχαν οριακά υπερβολική προστασία όπως και για την θέση θαλάμου ελέγχου. Τέλος όσο αφορά την μεταφορά απόθεση όλα τα μέσα παρείχαν καλή προστασία.

Από την επεξεργασία φάνηκε ότι η οκταβική ανάλυση του θορύβου είναι ουσιώδης για την επιλογή κατάλληλων μέσων ατομικής προστασίας (ΜΑΠ). Η μέθοδος μετρά την ένταση του θορύβου σε επιμέρους συχνότητες (οκτάβες) επιτρέποντας μια ακριβέστερη αξιολόγηση της έκθεσης του εργαζόμενου και εντοπίζει θέσεις εργασίας όπου η προστασία είναι πιο κρίσιμη διασφαλίζοντας ότι τα ΜΑΠ παρέχουν επαρκή προστασία στις σημαντικότερες συχνότητες για την ανθρώπινη ακοή. Παρά το γεγονός ότι η τρέχουσα νομοθεσία δεν απαιτεί την εφαρμογή της οκταβικής ανάλυσης θορύβου για την επιλογή ΜΑΠ, κρίνεται σκόπιμο να εξεταστεί η επικαιροποίηση της για να ενσωματωθεί σε αυτή η οκταβική ανάλυση. Ενσωματώνοντας οι κανονισμοί την οκταβική ανάλυση στις απαιτήσεις ασφαλείας, θα μπορούσαν να διασφαλίσουν ότι τα ΜΑΠ που επιλέγονται είναι αποτελεσματικά σε όλο το φάσμα των επικίνδυνων συχνοτήτων. Αυτό θα συμβάλει στη βελτίωση της προστασίας των εργαζομένων και στη μείωση των κινδύνων για την ακοή τους, προσαρμόζοντας τις απαιτήσεις ασφάλειας στις σύγχρονες ανάγκες και δεδομένα της τεχνολογίας.

Βιβλιογραφία

Διεθνής

1. Abel, S. M., & Armstrong, N. M. (1992). The combined sound attenuation of earplugs and earmuffs. *Applied Acoustics*, 36(1), 19-30.
2. Behar, A. (1991). Sound attenuation from combinations of earplugs and earmuffs. *Applied Acoustics*, 32(2), 149-158.
3. Berger, E. H. (1983). Laboratory attenuation of earmuffs and earplugs both singly and in combination. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 44(5), 321-329.
4. Boyer, S., Doutres, O., Sgard, F., Laville, F., & Boutin, J. (2014). Objective assessment of the sound paths through earmuff components. *Applied Acoustics*, 2-15.
5. Casali, J. G., & Grenell, J. F. (1989). An exploratory study of moderate physical activity and selected design attribute effects on earmuff attenuation. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 50(9), 480-485.
6. de Almeida-Agurto, D., Gerges, S. N., & Arenas, J. P. (2011). MIRE-IL methodology applied to measuring the noise attenuation of earmuff hearing protectors. *Applied acoustics*, 72(7), 451-457.
7. Forouharmajd, F., Nazaryan, K., Fuente, A., Pourabdian, S., & Asady, H. (2022). The efficiency of hearing protective devices against occupational low frequency noise in comparison to the new subjective suggested method. *International Journal of Preventive Medicine*, 13, 1-11.
8. Luan, Y., Doutres, O., Nélisse, H., & Sgard, F. (2021). Experimental study of earplug noise reduction of a double hearing protector on an acoustic test fixture. *Applied Acoustics*, 176, 107856.
9. Paakkonen, R. (1992). Effects of cup, cushion, band force, foam lining and various design parameters on the attenuation of earmuffs. *Noise control engineering journal*, 38(2), 59-65.
10. Shaw, E. A. G., & Thiessen, G. J. (1958). Improved cushion for ear defenders. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 30(1), 24-36.

11. Trompette, N., Bonzom, T., Marchand, J., & Chevret, P. (2023). Noise attenuation provided by a combination of earplugs and earmuffs: Revised assessment. *Applied Acoustics*, 202, 109167.
12. Wall, D. K. (2000). *Industrial hygiene made easy*. Moran Associates Publishing.

Ελληνική

1. Βανταράκης Α. (2013). *Οδηγός Υγιεινής & Ασφαλείας*. Πανεπιστημίου Πατρών.
2. Γαλετάκης, Μ. (2019). *Υγιεινή και Ασφάλεια σε Μεταλλευτικά και Υπόγεια Έργα*. Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
3. Δρίβας Σ., Ζορμπά . Κ. (2003). *Μεθοδολογικός οδηγός για την εκτίμηση και πρόληψη του επαγγελματικού κινδύνου*. ISBN 960-7678-17-0
4. Δρίβας Σ., Γ. Τ. (2005). *Ο θόρυβος στην εργασία. Φύση κίνδυνοι και προστασία*. ISBN 960-7678-52-4
5. Δρίβας Σ. (2007). *Θόρυβος αυτός ο άγνωστος. Ημερομηνία προσπέλασης (7/10/2023)*. Ανάκτηση από:
<https://www.elinyae.gr/ekdoseis/fylladia/thorybos-aytos-o-agnostos>
6. Ιωάννου Α., Ντάνος Ι. (1999). *Φυσική Θετικών Σπουδών & Σπουδών Υγείας Γ΄ τάξη Γενικού Λυκείου*. ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ
7. Καραλής Γ. *Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο, Υγιεινή - Εργονομία - Ασφάλεια - Νομοθεσία. Ανάκτηση από Θόρυβος με αναλυτικά παραδείγματα για την ηχητική ηχοστάθμη L. Ημερομηνία προσπέλασης (1/2/2024)*. Ανάκτηση από:
<https://eclass.hmu.gr/modules/document/file.php/MECH160/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%CE%A5%CE%91%CE%95%CE%9D/3.%CE%98%CE%9F%CE%A1%CE%A5%CE%92%CE%9F%CE%A3-%20%CE%BC%CE%B5%20%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CE%BB%CF%85%CF%83%CE%B7%20%CF%8>
8. Κουζούπης, Σ. Π. (2016). *Σημειώσεις Εργαστηρίου Εφαρμοσμένη Ακουστική Ι, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο. Ημερομηνία προσπέλασης (12/12/2023)*. Ανάκτηση από:
https://eclass.hmu.gr/modules/document/file.php/SMOT147/%CE%95%CE%A6%CE%91%CE%A1%CE%9C%CE%9F%CE%A3%CE%9C%CE%95%CE%9D%CE%97%20%CE%91%CE%9A%CE%9F%CE%A5%CE%A3%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97%20%CE%99%20%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%99%CE%9F_%CE

9. Κώνστας, Δ. Σ. (1998, Νοέμβριος). Ο θόρυβος και η αντιμετώπιση του Πρόγραμμα τηλεεκπαίδευσης Ε.Κ.Π.Α.
10. Μονιάκης, Μ. σημειώσεις μαθήματος Υγιεινή - Εργονομία - Ασφάλεια - Νομοθεσία Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο.
11. Μουζουράκης Ε. (2010). Μεθοδολογία μέτρησης-εκτίμησης βλαπτικών παραγόντων για την υγιεινή των εργαζομένων σε χωματουργικές και οικοδομικές εργασίες , Διπλ. Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης.
12. Πετράκης. Ε. (2022). Εμπλουτισμός Μεταλευμάτων. Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά
13. Πούλιος Κ. Θόρυβος – δονήσεις. Περιέχεται στο Θέματα υγείας και ασφάλειας της εργασίας για επιχειρήσεις β΄ κατηγορίας (αρθ. 2, Π.Δ. 294/1988), ΕΛΙΝΥΑΕ, 2007. (Ημερομηνία προσπέλασης 1/1/2024). Ανάκτηση από:
https://elinyae.gr/sites/default/files/201907/B_%20KATHGORIA%20TELIKO.1211886664406.pdf
14. Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων, Γενική Διεύθυνση Συνθηκών και Υγιεινής της Εργασίας. (2001). Μέσα Ατομικής Προστασίας Ακοής. Ημερομηνία προσπέλασης (7/10/2023). Ανάκτηση από:
elinyae.gr/sites/default/files/2021-02/ΜΕΣΑ_ΑΤΟΜΙΚΗΣ_ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.pdf

Διαδικτυακές πηγές

1. Health Safety Administration. (ημερομηνία προσπέλασης 11/9/2024). Methods for estimating the adequacy of hearing protector attenuation. Ανάκτηση από: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.95AppB>
2. How do you calculate noise reduction rating (NRR)? (ημερομηνία προσπέλασης 6/4/2024). Ανάκτηση από: <https://www.sensear.com/blog/how-do-you-calculate-a-noise-reduction-rating-nrr>
3. Noise reduction ratings explained. (ημερομηνία προσπέλασης 11/6/2024). Ανάκτηση από: <https://www.coopersafety.com/earplugs-noise-reduction>
4. Protect Μέσα Ατομικής Προστασίας. (ημερομηνία προσπέλασης 21/5/2024). Ανάκτηση από: <https://www.protek-ppe.gr/gr/el/catalogue/otopomata>

5. SVANTEC.COM. (ημερομηνία προσπέλασης 7/5/2024). Ανάκτηση από:
<https://svantek.com/products/sv36-class-1-acoustic-calibrator/>
6. SVANTEK. (ημερομηνία προσπέλασης 7/5/2024). Ανάκτηση από:
<https://svantek.com/products/class-1-sound-level-meter-svantek-sv-971a/>
7. superbloov.life. (ημερομηνία προσπέλασης 7/5/2024). Ανάκτηση από:
https://superbloov.life/product_details/37072420.html
8. What is NRR? (ημερομηνία προσπέλασης 12/3/2024). Ανάκτηση από:
<https://www.radians.com/nrr>
9. 3M. (ημερομηνία προσπέλασης 20/5/2024). Ανάκτηση από:
<https://www.3m.com>
10. ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε Μέσα Ατομικής Προστασίας της ακοής: Ημερομηνία προσπέλασης (7/11/2023). Ανάκτηση από:
<https://www.elinyae.gr/themata-yae/thorybos/page/mesa-atomikis-prostasias-tis-akois>
11. ΛΑΧΟΡ Α.Ε. www.laxor.gr

Παραρτήματα

Παράρτημα 1: Προεδρικό Διάταγμα 149/2006 - ΦΕΚ 159/Α/28-7-2006

Στο Το προεδρικό Διάταγμα 149/2006 αφορά στις ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά στην έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (θόρυβος) σε εναρμόνιση με την οδηγία 2003/10/EK.

Άρθρο 2

Ορισμοί

Για τους σκοπούς του παρόντος προεδρικού διατάγματος, οι φυσικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη των κινδύνων ορίζονται ως εξής:

α) Κορυφοτιμή της ηχητικής πίεσης (P_{peak}): μέγιστη τιμή της C σταθμισμένης στιγμιαίας πίεσης θορύβου

β) Ημερήσια στάθμη έκθεσης σε θόρυβο ($L_{EX\ 8h}$: [dB(A) ως προς 20 μPa]: χρονικά σταθμισμένη μέση τιμή των σταθμών έκθεσης σε θόρυβο για οκτάωρη ημέρα εργασίας όπως ορίζεται από το διεθνές πρότυπο ISO 1999:1990, σημείο 3.6. Καλύπτει όλα τα είδη θορύβου που απαντώνται στο εργασιακό περιβάλλον, περιλαμβανομένου και του παλμικού

γ) Εβδομαδιαία στάθμη έκθεσης σε θόρυβο (L_{X8h}): χρονικά σταθμισμένη μέση τιμή των ημερήσιων σταθμών έκθεσης σε θόρυβο για εβδομάδα πέντε οκτάωρων εργάσιμων ημερών όπως ορίζεται από το διεθνές πρότυπο ISO 1999:1990, σημείο 3.6 (υποσημείωση 2).

Άρθρο 3

Οριακές τιμές έκθεσης και τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης

1. Για τους σκοπούς του παρόντος διατάγματος, οι οριακές τιμές έκθεσης και οι τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης, όσον αφορά τις ημερήσιες στάθμες έκθεσης σε θόρυβο και τις κορυφοτιμές της ηχητικής πίεσης καθορίζονται ως εξής:

α) Οριακές τιμές έκθεσης: $LEX_{8h} = 87 \text{ dB(A)}$ και $P_{peak} = 200 \text{ Pa}$ (1), αντιστοίχως, β) ανώτερες τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης: $LEX_{8h} = 85 \text{ dB(A)}$ και $P_{peak} = 140 \text{ Pa}$ (2), αντιστοίχως, γ) κατώτερες τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης: $LEX_{8h} = 80 \text{ dB(A)}$ και $P_{peak} = 112 \text{ Pa}$ (3), αντιστοίχως.¹

2. Κατά την εφαρμογή των οριακών τιμών έκθεσης, στον προσδιορισμό της πραγματικής έκθεσης του εργαζομένου συνυπολογίζεται η ηχοεξασθένηση που επιτυγχάνεται από τα μέσα ατομικής προστασίας της ακοής που φέρει ο εργαζόμενος. Στις τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης η ηχοεξασθένηση που επιτυγχάνεται από τα μέσα ατομικής προστασίας της ακοής που φέρει ο εργαζόμενος δεν συνυπολογίζεται.

3. Υπό δεόντως αιτιολογημένες συνθήκες, μετά από γνωμοδότηση του Συμβουλίου Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας (Σ.Υ.Α.Ε.) σύμφωνα με το άρθρο 15 του ν. 1568/85, για δραστηριότητες όπου η ημερήσια έκθεση σε θόρυβο ποικίλλει αισθητά ανά ημέρα εργασίας, προς εφαρμογή των οριακών τιμών έκθεσης και των τιμών έκθεσης για ανάληψη δράσης, χρησιμοποιείται η εβδομαδιαία στάθμη έκθεσης σε θόρυβο αντί της ημερήσιας στάθμης έκθεσης σε θόρυβο για να εκτιμηθούν οι στάθμες θορύβου στον οποίο εκτίθενται οι εργαζόμενοι, εφόσον: α) η εβδομαδιαία στάθμη έκθεσης σε θόρυβο, όπως διαπιστώνεται με τη δέουσα παρακολούθηση, δεν υπερβαίνει την οριακή τιμή έκθεσης των 87 dB(A) και β) λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων που συνδέονται με τις δραστηριότητες αυτές.

Άρθρο 4

Προσδιορισμός και εκτίμηση των κινδύνων

1. Ο εργοδότης πρέπει να έχει στη διάθεσή του μια γραπτή εκτίμηση των κινδύνων σύμφωνα με το άρθρο:

1(ϊ) 140 dB (C) ως προς 20μPa

(2) 137 dB (C) ως προς 20μPa

(3) 135 dB (C) ως προς 20μPa 7 παράγραφος 8, άρθρο 8 παράγραφος 1 του π.δ. 17/96 και την παράγραφο 5 του ιδίου άρθρου που προσετέθη με το π.δ. 159/1999 «Τροποποίηση του π.δ. 17/1996 “Μέτρα για την βελτίωση της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων κατά την εργασία σε συμμόρφωση με τις οδηγίες 89/391/ΕΟΚ και 91/383/ΕΟΚ” (Α' 11) και του π.δ. 70α/88 “Προστασία των εργαζομένων που εκτίθενται σε αμίαντο κατά την εργασία” (Α' 31) όπως αυτό τροποποιήθηκε με το π.δ. 175/1997 (Α' 150)» (Α' 157), και να καθορίζει τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν σύμφωνα με τα άρθρα 5 και 6, 7 και 8 του παρόντος διατάγματος. Η εκτίμηση των κινδύνων επανεξετάζεται και αναθεωρείται τακτικά, ιδίως εάν έχουν επέλθει σημαντικές μεταβολές που μπορεί να την καθιστούν ξεπερασμένη, ή όταν τα αποτελέσματα της επίβλεψης της υγείας το καθιστούν αναγκαίο.

2. Οι μέθοδοι και τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιούνται πρέπει να προσαρμόζονται στις επικρατούσες συνθήκες και ειδικότερα στα χαρακτηριστικά του προς μέτρηση θορύβου, τη διάρκεια της έκθεσης, τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου μέτρησης. Οι μέθοδοι και τα όργανα μέτρησης πρέπει να επιτρέπουν τον προσδιορισμό των παραμέτρων που ορίζονται στο άρθρο 2 και τη διαπίστωση αν σε δεδομένη περίπτωση έχει σημειωθεί υπέρβαση των τιμών που καθορίζονται στο άρθρο 3.

3. Οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι είναι δυνατόν να περιλαμβάνουν δειγματοληψία αντιπροσωπευτική της ατομικής έκθεσης του εργαζομένου.

4. Η εκτίμηση και η μέτρηση που αναφέρονται στην παράγραφο 1 σχεδιάζονται και διενεργούνται ανά κατάλληλα χρονικά διαστήματα. Τα στοιχεία που προκύπτουν από την εκτίμηση ή/και τη μέτρηση της στάθμης έκθεσης σε θόρυβο φυλάσσονται υπό κατάλληλη μορφή ώστε να είναι δυνατό να τα συμβουλευθεί κανείς.

5. Κατά την εφαρμογή του παρόντος άρθρου, στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων λαμβάνονται υπόψη τα σφάλματα μέτρησης, που προσδιορίζονται σύμφωνα με τη μετρολογική πρακτική.

6. Σύμφωνα με το άρθρο 7 παράγραφος 8 του π.δ.17/1996, ο εργοδότης αποδίδει ιδιαίτερη προσοχή, κατά την εκτίμηση των κινδύνων, στα ακόλουθα:

α) στη στάθμη, τον τύπο και τη διάρκεια της έκθεσης, συμπεριλαμβανομένης κάθε έκθεσης σε παλμικό θόρυβο,

β) στις οριακές τιμές έκθεσης και στις τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης που καθορίζονται στο άρθρο 3 του παρόντος προεδρικού διατάγματος,

γ) σε οποιεσδήποτε επιπτώσεις στην υγεία και την ασφάλεια εργαζομένων, οι οποίοι ανήκουν σε ιδιαίτερα ευαίσθητες ομάδες κινδύνου,

δ) εφόσον είναι τεχνικά εφικτό, σε οποιεσδήποτε επιπτώσεις στην υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων, οι οποίες προκύπτουν από τις αλληλεπιδράσεις θορύβου και συνδεδεμένων με την εργασία ωτοτοξικών ουσιών και από τις αλληλεπιδράσεις θορύβου και κραδασμών,

ε) σε οποιεσδήποτε έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων, που προκύπτουν από αλληλεπιδράσεις μεταξύ θορύβου και προειδοποιητικών σημάτων ή άλλων ήχων, οι οποίοι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, προκειμένου να μειωθούν οι κίνδυνοι ατυχημάτων,

στ) στις πληροφορίες για τον εκπεμπόμενο θόρυβο, τις οποίες παρέχουν οι κατασκευαστές εξοπλισμού εργασίας σύμφωνα με τις συναφείς κοινοτικές οδηγίες ή/και τις αντίστοιχες διατάξεις εναρμόνισης του εθνικού δικαίου,

ζ) στην ύπαρξη εναλλακτικού εξοπλισμού εργασίας, σχεδιασμένου για να μειώνει την εκπομπή θορύβου,

η) στην παράταση της έκθεσης σε θόρυβο πέραν του ωραρίου εργασίας με ευθύνη του εργοδότη,

θ) σε κατάλληλες πληροφορίες που συγκεντρώνονται κατά την επίβλεψη της υγείας. Στις πληροφορίες αυτές περιλαμβάνονται, στο μέτρο του δυνατού, και οι σχετικές δημοσιεύσεις,

ι) στη διαθεση μέσων ατομικής προστασίας της ακοής με επαρκή

χαρακτηριστικά ηχοεξασθένησης. (Προεδρικό Διάταγμα 149/2006 - ΦΕΚ 159/Α/28-7-2006)

Παράρτημα 2: Τεχνικές λεπτομέρειες Μ.Α.Π.

Πίνακας Π2.1. Απόσβεση θορύβου του Μ.Α.Π. (M™ Peltor™ X Series Earmuffs) (3M, n.d.)

Model	NRR	CSA Class		Frequency (Hz)								
				125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000
X1A	22 dB	A	Mean (dB)	16.0	18.3	27.7	37.6	35.1	42.2	41.4	39.4	39.3
			SD (dB)	5.2	3.1	3.0	3.5	2.8	2.8	2.6	2.6	3.8
X2A	24 dB	A	Mean (dB)	14.9	21.6	31.8	41.0	36.7	39.1	38.5	39.0	39.0
			SD (dB)	4.2	3.3	2.3	2.5	3.0	2.4	2.0	2.8	3.4
X3A	28 dB	AL	Mean (dB)	23.4	27.7	29.4	42.5	38.8	39.3	42.3	39.5	39.5
			SD (dB)	3.0	2.1	3.1	2.6	2.7	4.0	3.3	2.6	2.8
X4A	27 dB	AL	Mean (dB)	20.5	24.1	32.8	40.7	37.6	44.5	45.4	42.4	42.3
			SD (dB)	4.6	3.4	1.9	2.8	2.9	3.1	2.5	3.1	3.0
X5A	31 dB	AI	Mean (dB)	23.9	30.5	41.1	43.0	38.0	43.1	44.0	41.1	40.3
			SD (dB)	4.1	2.2	2.8	2.9	2.7	2.9	2.4	2.6	2.2

Πίνακας Π.2.2.Απόσβεση θορύβου του Μ.Α.Π. (3M™ E-A-RSoft™) (3M, n.d.)

Frequency (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mean (dB)	21.9	22.2	24.5	25.7	31.3	42.7	42.5
SD (dB)	8.1	7.4	7.7	6.2	4.8	5.5	7.9
Mean - SD (dB)	13.8	14.8	16.8	19.5	26.5	37.2	34.6

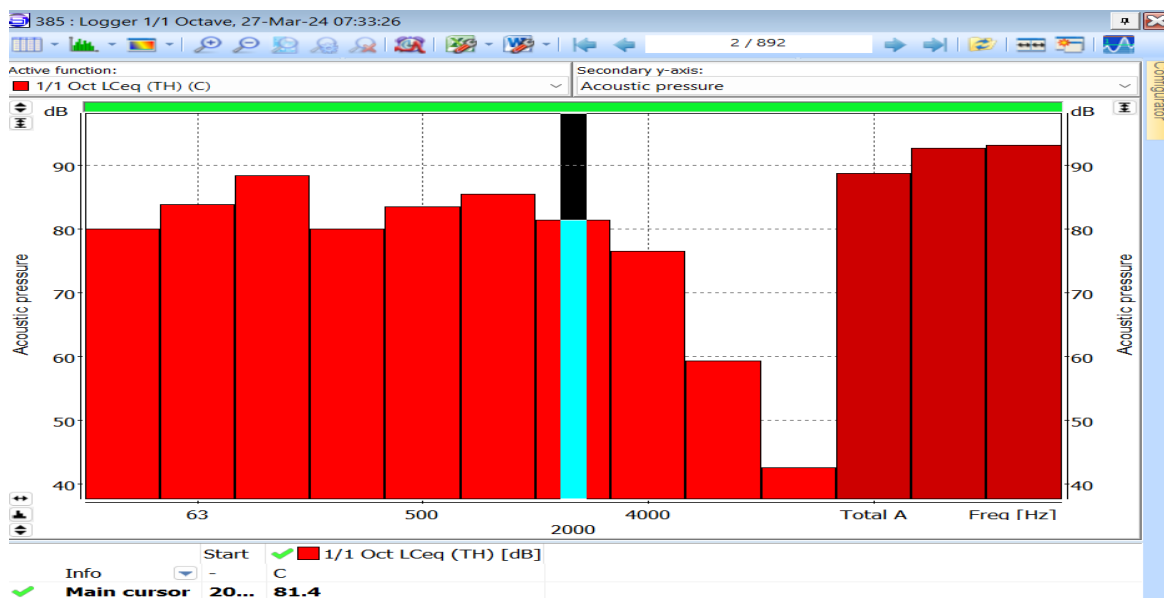
Πίνακας Π2.3. Απόσβεση θορύβου του Μ.Α.Π. (3M™ Disposable Earplugs 1120/1130)

3M™ Disposable Earplugs 1120/1130

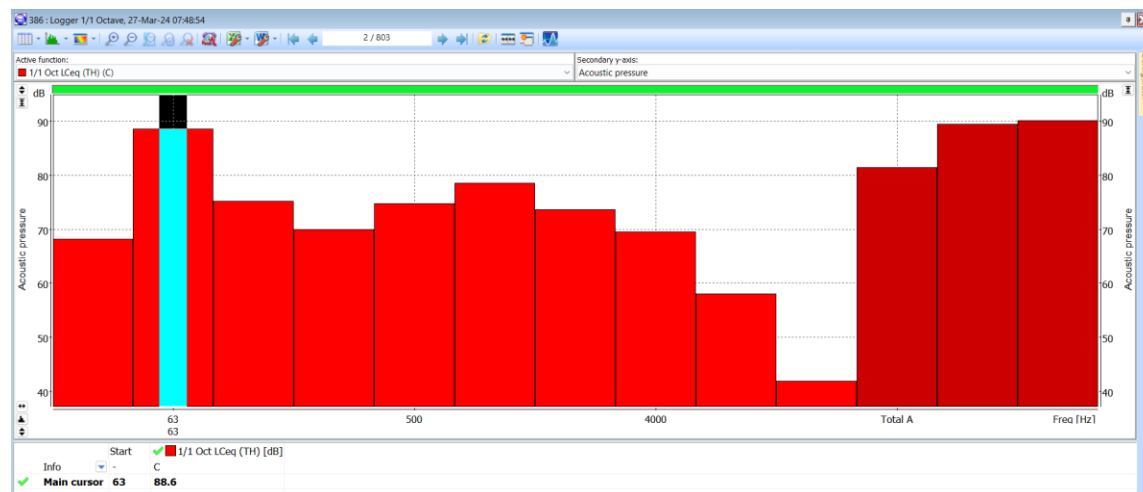
Frequency	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mean Attenuation dB	17.6	19.6	23.6	25.1	32.3	35.7	39.2
Standard Deviation dB	6.0	5.7	5.8	6.3	6.7	7.1	5.9

(3M, n.d.)

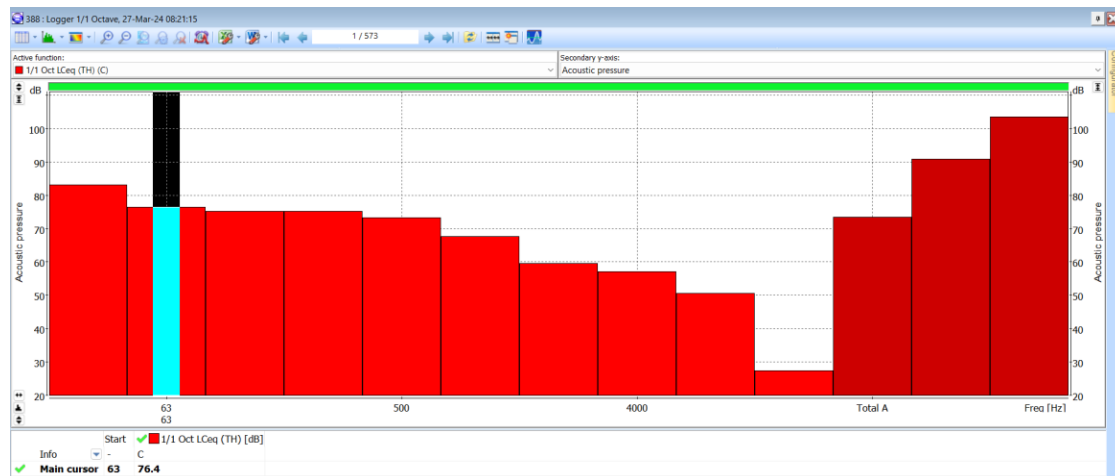
Παράρτημα 3: Αρχείο μετρήσεων



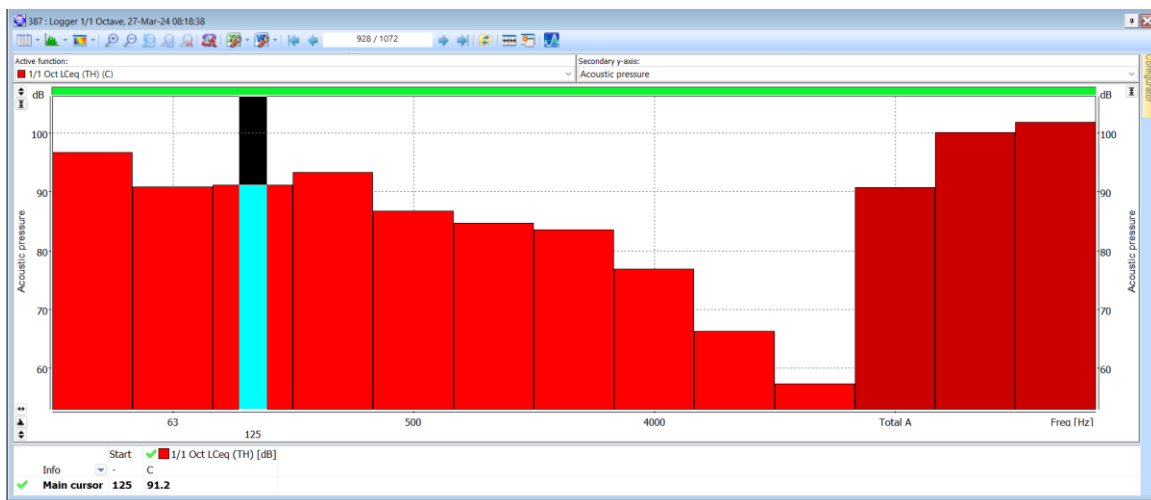
Σχήμα Π3.1.αποτελέσματα θορύβου ανά συχνότητα για την θέση του φορτωτή



Σχήμα Π3.2. Αποτελέσματα θορύβου ανά συχνότητα για την θέση της διάτρησης



Σχήμα Π.3.3. αποτελέσματα θορύβου ανά συχνότητα για την θέση του θαλάμου ελέγχου



Σχήμα Π.3.4. Αποτελέσματα θορύβου ανά συχνότητα για την θέση μεταφοράς απόθεσης