

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ &
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Μελέτη Παραγόντων Επικινδυνότητας
για την Ασφάλεια και Υγεία των
Εργαζομένων σε Βιομηχανική Μονάδα
Παραγωγής Θερμοπλαστικών Υλικών

Διπλωματική Εργασία

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΑΦΑΝΤΑΡΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΡΜΑΡΑΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, 2017

Έχω διαβάσει και κατανοήσει τους κανόνες για τη λογοκλοπή και τον τρόπο σωστής αναφοράς των πηγών που περιέχονται στον Οδηγό συγγραφής Διπλωματικών εργασιών. Δηλώνω ότι, από όσα γνωρίζω, το περιεχόμενο της παρούσας Διπλωματικής εργασίας είναι προϊόν δικής μου δουλειάς και υπάρχουν αναφορές σε όλες τις πηγές που χρησιμοποίησα.

Παναγιώτης Καφαντάρης

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά τον καθηγητή κ. Ν. Μαρμαρά για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας και την επίβλεψή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησής της, καθώς και την κα. Σ. Δριβάλου, συνεργάτιδα στη Μονάδα Εργονομίας, για τις χρήσιμες συμβουλές της. Επίσης ευχαριστώ τους υπεύθυνους και τους εργαζόμενους της βιομηχανικής μονάδας στην οποία εκπονήθηκε η εργασία για την βοήθειά τους, και ελπίζω τα αποτελέσματά της να τους φανούν χρήσιμα. Τέλος ευχαριστώ την οικογένεια και τους φίλους μου για την υποστήριξή τους.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τη μελέτη μιας βιομηχανικής μονάδας παραγωγής θερμοπλαστικών υλικών από άποψη Υγιεινής & Ασφάλειας Εργασίας. Επικεντρώνεται κυρίως στο θέμα του θορύβου ο οποίος παρουσιάζει την μεγαλύτερη επικινδυνότητα, αλλά και τη χειρωνακτική ανύψωση βαρών. Στο συγκεκριμένο εργασιακό χώρο εντοπίστηκαν και άλλες πηγές κινδύνου, οι οποίες θα παρουσιαστούν εκτενώς στη συνέχεια.

Για την εκπόνηση της εργασίας πραγματοποιήθηκε σειρά επισκέψεων στην εγκατάσταση της βιομηχανίας κατά τις οποίες συλλέχθηκαν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες μέσω μετρήσεων, συζητήσεων με εργαζομένους και παρατήρηση του τρόπου εργασίας. Ακολούθησε η μελέτη του θορύβου η οποία περιελάμβανε αρχικά τον εντοπισμό των βασικών ηχητικών πηγών και τη χαρτογράφηση του θορύβου στο χώρο. Στη συνέχεια έγινε υπολογισμός της εκθέσεως των εργαζομένων στο θόρυβο, για τον οποίο χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις τόσο του ηχομέτρου κατά την εκτέλεση της κάθε εργασίας, όσο και του ηχοδοσιμέτρου για διασταύρωση των αποτελεσμάτων. Σκοπός της μελέτης θορύβου ήταν αρχικά η αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασης και η σύγκρισή της με τα όρια που ορίζονται από την ευρωπαϊκή νομοθεσία, τα οποία κατέστη εμφανές πως υπερβαίνονται. Επόμενο βήμα ήταν η ανάπτυξη συγκεκριμένων επεμβάσεων για τη μείωση του θορύβου και η μελέτη και σύγκριση ορισμένων εναλλακτικών λύσεων για την εύρεση της προτιμότερης συνυπολογίζοντας την αποτελεσματικότητα και το κόστος τους, αλλά και το κατά πόσο είναι δυνατό να εφαρμοστούν χωρίς τη διατάραξη της λειτουργίας της εγκατάστασης.

Στη συνέχεια η εργασία ασχολείται με τις πηγές των λοιπών κινδύνων που εντοπίστηκαν στο χώρο εργασίας. Εκτενέστερη αναφορά γίνεται στη χειρωνακτική ανύψωση φορτίων που λαμβάνει χώρα σε διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, για την οποία πραγματοποιήθηκε λεπτομερής παρατήρηση και καταγραφή των παραμέτρων της. Επίσης αναφέρονται η έκθεση των εργαζομένων σε χημικές ουσίες και σε αιωρούμενα σωματίδια, η κίνηση περνοφόρου οχήματος στο χώρο και άλλες πιθανές πηγές κινδύνου. Απώτερος σκοπός είναι βέβαια η πρόταση συγκεκριμένων παρεμβάσεων στο χώρο ή στην οργάνωση της εργασίας, ώστε οι κίνδυνοι αυτοί να αντιμετωπιστούν και οι συνθήκες εργασίας να βελτιωθούν σε ικανοποιητικό επίπεδο.

Λέξεις κλειδιά: Επαγγελματικός κίνδυνος, πηγές κινδύνου, θόρυβος, έκθεση σε θόρυβο, μέτρα μείωσης θορύβου, χειρωνακτική ανύψωση φορτίων, μυοσκελετική επιβάρυνση, αιωρούμενα στερεά σωματίδια, μέσα ατομικής προστασίας, παρεμβάσεις στο χώρο

Synopsis

The topic of the present diploma thesis is the study of the occupational health and safety conditions prevailing in an industrial plant. To this end a number of on-site visits were conducted, during which all the necessary measurements and observations were made. The production process and all the individual works were determined through interviews with the personnel of the plant, in order to detect most of the hazard-involving occasions and then suggest possible solutions to improve the working conditions.

The study focuses mostly in the issue of high noise level in some parts of the plant, which was indicated by the management as the primary source of risk for the personnel's health. As a first step the major noise sources were located and measured using a noise level meter. Subsequently the noise map of the specific part of the plant was designed by measuring the noise intensity level on all the points of a two-meter grid covering the room. The measurements were then imported in a computer program which designs the graphic representation of the noise environment. Finally, the daily noise exposure level was computed based on the ISO 9612 "Task Based Measurement" procedure, and then directly measured via noise dosimeter to cross-check the results. The noise exposure level was found to be exceeding the legal limits and therefore the reduction of the noise level is a necessity in order to protect the employees' hearing.

Besides noise, the study also deals with the rest of the Health and Safety issues observed in the plant. The most important of them was manual material handling, which can negatively affect the musculoskeletal system and primarily the lower back. Detailed observation and measurement of different parameters was required in order to assess the risk presented. Other risk factors include exposure to harmful chemicals and dust, lifting of employees at great heights and forklift movement in the room.

The final part of the study is the proposal of different solutions for the risk factors that pose the biggest threat for the employees. The outcome of such solutions was assessed where possible, as was an estimation of the investment cost of their potential implementation by the company.

Key-words: Occupational risk, Health and safety, risk factors, noise, noise exposure, noise control measures, manual material handling, musculoskeletal hazards, suspended solid particles, individual protective equipment, engineering measures

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	5
Synopsis.....	6
Πίνακας Περιεχομένων	7
Κατάλογος Εικόνων	10
Κατάλογος Πινάκων.....	11
Κατάλογος Διαγραμμάτων	12
1. Εισαγωγή.....	13
1.1 Σκοπός.....	13
1.2 Εργονομία	14
1.3 Θόρυβος.....	14
1.4 Χειρωνακτική Διαχείριση Φορτίων	15
2. Βιομηχανική Μονάδα	16
2.1 Η Εταιρία.....	16
2.2 Παραγωγική διαδικασία.....	16
2.3 Περιγραφή εργασιών.....	18
2.4 Πηγές Κινδύνων	19
3. Θεωρία του Θορύβου	22
3.1 Ήχος	22
3.2 Ανάκλαση – Ηχοαπορρόφηση - Ηχομόνωση	25
3.3 Μέτρηση του θορύβου.....	25
3.3.1 Όργανα Μέτρησης.....	25
3.3.2 Μετρούμενα Μεγέθη	27
3.4 Νομοθεσία	29
3.5 Επιπτώσεις.....	30
4. Μελέτη Θορύβου.....	32
4.1 Σκοπός Μελέτης Θορύβου	32
4.2 Περιγραφή του χώρου.....	33
4.2.1 Ηχητικές Πηγές	33
4.2.2 Ανεπίσημα ηχητικά σήματα	36
4.3 Χρησιμοποιούμενα Μετρητικά Όργανα.....	37

4.3.1 Ηχώμετρο	37
4.3.2 Ηχοδοσίμετρο	38
4.4 Χαρτογράφηση Θορύβου	38
4.4.1 Μεθοδολογία.....	39
4.4.2 Αποτελέσματα	40
4.4.2.1 Χάρτης βάσει μετρήσεων	40
4.4.2.2 Χάρτης Θορύβου βάσει πηγών	42
4.5 Έκθεση σε Θόρυβο	44
4.5.1 Μεθοδολογία - ISO 9612	44
4.5.2 Αποτελέσματα	46
4.5.3 Ηχοδοσίμετρο – Σύγκριση Αποτελεσμάτων.....	50
4.6 Ανάλυση Συχνοτήτων	51
5. Χειρωνακτική Διαχείριση Φορτίων	57
5.1 Εξίσωση Αξιολόγησης NIOSH	57
5.2 Υπολογισμός Δεικτών Ανύψωσης	58
5.2.1 Χώρος κοσκίνων	59
5.2.2 Χώρος Αντιδραστήρων	60
5.3 Αξιολόγηση Μεταφοράς Φορτίου.....	63
6. Λοιπές Πηγές Κινδύνου	64
6.1 Χώρος Κοσκίνων	64
6.2 Χώρος Αντιδραστήρων	67
7. Προτάσεις	69
7.1 Χώρος Κοσκίνων	69
7.1.1 Θόρυβος	69
7.1.1.1 Πρόταση 1: Γενικές Παρεμβάσεις	70
7.1.1.2 Πρόταση 2: Απομόνωση κοσκίνων και αφυγραντήρων	76
7.1.1.3: Ηχοπετάσματα κοντά στα γεμιστικά μηχανήματα	79
7.1.1.4: Ηλεκτρονικές ωτοασπίδες.....	81
7.1.2 Χειρωνακτική Ανύψωση Φορτίων.....	83
7.1.3 Αιωρούμενα σωματίδια	84

7.1.5 Περονοφόρο Όχημα	86
7.2 Χώρος Αντιδραστήρων	86
7.2.1 Χειρωνακτική Ανύψωση φορτίων	86
7.2.2 Χημικές ουσίες.....	89
7.2.3 Θερμοκρασία.....	89
8. Συμπεράσματα.....	90
8.1 Σύνοψη.....	90
8.1.1 Θόρυβος	90
8.1.2 Λοιπές πηγές κινδύνου.....	91
8.2 Περεταίρω μελέτη	92
8.2.1 Μέτρηση ηχητικών πηγών	92
8.2.2 Μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων.....	92
8.2.3 Μελέτη μέτρων αντιμετώπισης θορύβου.....	93
8.2.4 Πρόγραμμα Συντήρησης	93
8.2.5 Οικονομοτεχνική Μελέτη	93
Βιβλιογραφικές Αναφορές	94
Παραρτήματα	98
Παράρτημα I: Υπολογιστικό Φύλλο ISO 9612 για την Ομάδα 1	99
Παράρτημα II: Υπολογιστικό Φύλλο ISO 9612 για την Ομάδα 2	100
Παράρτημα III: Υπολογιστικό Φύλλο ISO 9612 για την Ομάδα 3	101
Παράρτημα IV: Υπολογιστικό Φύλλο δεικτών ανύψωσης NIOSH στο χώρο κοσκίνων	102
Παράρτημα V: Υπολογιστικά Φύλλα δεικτών ανύψωσης NIOSH στο χώρο αντιδραστήρων.....	103
Παράρτημα VI: Υπολογιστικά Φύλλα αξιολόγησης μεταφοράς φορτίου στο χώρο αντιδραστήρων.....	105

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Σήμανση Χώρου Κοσκίνων	20
Εικόνα 2: Σήμανση Χώρου Αντιδραστήρων	21
Εικόνα 3: Ακουστικό πεδίο	23
Εικόνα 4: Καμπύλες σταθερής υποκειμενικής έντασης.....	23
Εικόνα 5: Επικάλυψη	24
Εικόνα 6 Σταθμίσεις συχνότητας.....	26
Εικόνα 7: L_{eq} , SEL	28
Εικόνα 8: Φυγοκεντρικός Φυσητήρας.....	33
Εικόνα 9: Βιομηχανικό Κόσκινο	33
Εικόνα 10: Μηχανήματα στο χώρο των κοσκίνων	34
Εικόνα 11 Ηχόμετρο B&K 2238.....	37
Εικόνα 12 Βαθμονομητής B&K 4231	37
Εικόνα 13 Ηχοδοσίμετρο B&K 4436	38
Εικόνα 14 Βαθμονομητής B&K 4230	38
Εικόνα 15: Κάναβος Χάρτη Θορύβου	39
Εικόνα 16: Διαβάθμιση Χρωμάτων για το Χάρτη Θορύβου.....	40
Εικόνα 17: Χάρτης Θορύβου Βάσει Μετρήσεων.....	41
Εικόνα 18: Χάρτης Θορύβου NoiseAtWork Βάσει Πηγών.....	43
Εικόνα 19: Σημεία Εκτέλεσης Επιμέρους Εργασιών.....	45
Εικόνα 20: παράμετροι ανύψωσης	57
Εικόνα 21: Ηχοαπορροφητική Επιφάνεια	70
Εικόνα 22: Ηχομονωτικό Ρολό Σωληνώσεων	71
εικονα 23: ελαστικα συστηματα στηριξης	71
Εικόνα 24: Ηχομονωτικό "Πάπλωμα" για Φυσητήρα	72
Εικόνα 25: Στοιχεία που επιδρούν στην Τύρβη.....	72
Εικόνα 26: Τύποι Διατομών Πτερυγίων.....	73
Εικόνα 27: Αντικραδασμικές Βάσεις.....	74
Εικόνα 28: Αποτέλεσμα Γενικών Προτάσεων.....	75
Εικόνα 29: Πρόταση 2.....	76
Εικόνα 30: Ηχοπετάσματα	77

Εικόνα 31: Αποτελέσματα Πρότασης 2	79
Εικόνα 32: Πρόταση 3	79
Εικόνα 33: Αποτελέσματα Πρόστασης 3	81
Εικόνα 34: Ηλεκτρονικές Ωτοασπίδες	81
Εικόνα 35: Ενεργητική Ηχομείωση	82
Εικόνα 36: Ασφαλής Ανύψωση Κούτας	88
Εικόνα 37: Ασαφής Ανύψωση Σακιού	89

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Επιτρεπτός χρόνος Έκθεσης ανά ένταση	29
Πίνακας 2: Επιμέρους Εργασίες Χώρου Κοσκίνων	45
Πίνακας 3: Μετρήσεις L_{eq} Ομάδας 1	47
Πίνακας 4: Μετρήσεις L_{eq} Ομάδας 2	48
Πίνακας 5: Μετρήσεις L_{eq} Ομάδας 3	49
Πίνακας 6: Κατανομή Εντάσεων Ομάδας 1	50
Πίνακας 7: Κατανομή Εντάσεων Ομάδας 2	50
Πίνακας 8: Παράμετροι Ανύψωσης 1	59
Πίνακας 9: Παράμετροι Ανύψωσης 2	61
Πίνακας 10: Παράμετροι Ανύψωσης 3	62
Πίνακας 11: Παράμετροι Μεθόδου RULA	67
Πίνακας 12: Επίδραση Μείωσης Ταχύτητας Περιστροφής στο Θόρυβο	73
Πίνακας 13: Πρόταση 1 - Γενικές Παρεμβάσεις	74
Πίνακας 14: Πρόταση 2	78
Πίνακας 15: Πρόταση 3	80
Πίνακας 16: Νέες Παράμετροι Εργασίας 1	84
Πίνακας 17: Νέες Παράμετροι Εργασίας 2	87

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Παραγωγική Διαδικασία	17
Διάγραμμα 2: Κατανομή Εντάσεων Ομάδων 1 και 2	51
Διάγραμμα 3: Κατανομή Συχνοτήτων - Θέση 1: Ετοιμασία συσκευασιών	52
Διάγραμμα 4: Κατανομή Συχνοτήτων - Θέση 2: Πρόσθετα Υλικά	52
Διάγραμμα 5: Κατανομή Συχνοτήτων - Θέση 3α: Γεμιστήρας 1	52
Διάγραμμα 6: Κατανομή Συχνοτήτων - Θέση 3β: Γεμιστήρας 2	53
Διάγραμμα 7: Κατανομή Συχνοτήτων - Θέση 3γ: Γεμιστήρας 3.....	53
Διάγραμμα 8: Κατανομή Συχνοτήτων - Θέση 4α: Φόρτωμα παλέτας 1	53
Διάγραμμα 9: Κατανομή Συχνοτήτων - Θέση 4β: Φόρτωμα παλέτας 2	54
Διάγραμμα 10: Κατανομή Συχνοτήτων - Θέση 4γ: Φόρτωμα παλέτας 3.....	54
Διάγραμμα 11: Κατανομή Συχνοτήτων - Θέση 5: Τυλιχτικό μηχάνημα.....	54
Διάγραμμα 12: Κατανομή Συχνοτήτων - Θέση 8α: Δειγματοληψία Γραμμή 1.....	55
Διάγραμμα 13: Κατανομή Συχνοτήτων - Θέση 8β: Δειγματοληψία Γραμμή 2	55
Διάγραμμα 14: Κατανομή Συχνοτήτων - Θέση 10: Αφυγραντήρες.....	55

1. Εισαγωγή

1.1 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη του εργασιακού χώρου σε βιομηχανική μονάδα από άποψη υγιεινής και ασφάλειας της εργασίας, και η πρόταση παρεμβάσεων για την αντιμετώπιση των παραγόντων επικινδυνότητας. Για την διεκπεραίωση της εργασίας απαιτούταν μια σειρά επισκέψεων στην εγκατάσταση του εργοστασίου, κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκαν όλες οι απαραίτητες μετρήσεις, αναλυτική παρατήρηση του τρόπου εκτελέσεων των εργασιών και συζητήσεις με διοικητικά στελέχη και εργαζόμενους στην παραγωγή. Έμφαση δόθηκε στο ζήτημα του θορύβου, ο οποίος αποτελεί την κυρίαρχη πηγή κινδύνου σε ένα από τα τμήματα του εργοστασίου. Αρχικά λοιπόν πραγματοποιήθηκε η χαρτογράφηση θορύβου και ο εντοπισμός των βασικότερων πηγών του στο χώρο, και στη συνέχεια υπολογίστηκε η ημερήσια έκθεση των εργαζομένων ώστε να συγκριθεί με τα όρια που θέτει η νομοθεσία.

Σημαντική πηγή κινδύνου στο χώρο του εργοστασίου είναι και η χειρωνακτική ανύψωση φορτίων, της οποίας η επιβάρυνση στο μυοσκελετικό σύστημα αξιολογήθηκε με σχετική μέθοδο. Επίσης στο χώρο εντοπίστηκαν και άλλοι παράγοντες επικινδυνότητας όπως είναι η έκθεση των εργαζομένων σε χημικές ουσίες και τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια. Αυτές περιγράφηκαν και για όσες κρίθηκε σκόπιμο, προτάθηκαν συγκεκριμένες παρεμβάσεις στο χώρο και μέσα ατομικής προστασίας ώστε να επιτευχθεί ο σκοπός της αντιμετώπισής τους.

Τα κεφάλαια που ακολουθούν θα αφορούν τα εξής θέματα:

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στις έννοιες της εργονομίας και του ανθρώπινου παράγοντα στην εργασία, εισαγωγή στις πηγές επαγγελματικού κινδύνου του θορύβου και της χειρωνακτικής ανύψωσης φορτίων.

Κεφάλαιο 2: Περιγραφή της εγκατάστασης και της παραγωγικής διαδικασίας και ανάλυση των επιμέρους εργασιών που πραγματοποιούνται.

Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό υπόβαθρο του ήχου, των φυσικών παραμέτρων του και της σχετικής νομοθεσίας.

Κεφάλαιο 4: Παρουσίαση της μελέτης θορύβου που πραγματοποιήθηκε, η οποία περιλαμβάνει το Χάρτη Θορύβου, την έκθεση των εργαζομένων σε θόρυβο και την ανάλυση στο φάσμα των συχνοτήτων.

Κεφάλαιο 5: Μελέτη και αξιολόγηση των περιπτώσεων χειρωνακτικής ανύψωσης φορτίων.

Κεφάλαιο 6: Παρουσίαση των λοιπών πηγών επαγγελματικού κινδύνου.

Κεφάλαιο 7: Πρόταση εναλλακτικών παρεμβάσεων για την αντιμετώπιση των κινδύνων, αναμενόμενα αποτελέσματα και κόστος επένδυσης.

Κεφάλαιο 8: Σύνοψη των ζητημάτων που μελετήθηκαν, των αποτελεσμάτων της μελέτης και των παρεμβάσεων που παρουσιάστηκαν, καθώς και προτάσεις προς μελλοντική διερεύνηση.

1.2 Εργονομία

Ο άνθρωπος ανέκαθεν ενδιαφερόταν να βελτιώνει τις συνθήκες υπό τις οποίες εργάζεται και ζει. Τόσο η ίδια η εργασία και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται όσο και το γενικότερο περιβάλλον (ηχητικό, θερμοκρασιακό, φωτιστικό κτλ.) μπορούν να επιφέρουν σημαντικές επιβαρύνσεις στη σωματική και ψυχική υγεία των εργαζομένων. Επιπροσθέτως, ο λανθασμένος ή μη-χρηστοκεντρικός σχεδιασμός εργαλείων, διατάξεων και συστημάτων δυσκολεύει την αλληλεπίδρασή τους με το χρήστη, επιφέροντας έτσι καθυστερήσεις και επιπλοκές στην περάτωση μιας εργασίας αλλά και πνευματική κόπωση. Η εξάλειψη των στοιχείων αυτών που δυσχεραίνουν τις συνθήκες εργασίας εξασφαλίζει το “καλώς έχειν” των εργαζομένων, και ως έμμεση συνέπεια επιτυγχάνεται η αύξηση της αποδοτικότητάς τους και η μείωση των ημερών απουσίας τους από την εργασία. Αυτό ακριβώς είναι το αντικείμενο της *Εργονομίας*.

Η συνεχής βιομηχανοποίηση και η εντατικοποίηση των ρυθμών παραγωγής κατά το 19ο - 20ό αιώνα σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των εργατικών συνδικάτων που απαιτούσαν καλύτερες συνθήκες εργασίας, καθιστούσαν συνεχώς επιτακτικότερη την ανάγκη διαμόρφωσης των χώρων εργασίας κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται όχι μόνο η μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας αλλά και η προσαρμογή της εργασίας στον άνθρωπο [1]. Ως αποτέλεσμα η Εργονομία αναπτύχθηκε σε ανεξάρτητη επιστήμη, με τους παγκόσμιους πολέμους να αποτελούν ως συνήθως αφορμή της εξέλιξής της κυρίως από Αμερικανούς ερευνητές (π.χ. σχεδιασμός καμπίνας πολεμικού αεροσκάφους). Στη συνέχεια απέκτησε και θεσμική υπόσταση με την ίδρυση της πρώτης "Ερευνητικής Εταιρίας Εργονομίας" το 1949 στην Αγγλία και αντίστοιχους οργανισμούς να ακολουθούν στις υπόλοιπες χώρες [2].

Με τη σύγχρονη μορφή της λουπόν, η εργονομία ορίζεται ως *το σύνολο των επιστημονικών γνώσεων που σχετίζονται με τον εργαζόμενο άνθρωπο και είναι αναγκαίες για το σχεδιασμό μηχανών, εργαλείων και συστημάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τη μεγαλύτερη ασφάλεια, άνεση και αποτελεσματικότητα* (A. Wisner, 1972) [1]. Τα διάφορα πεδία εφαρμογής της και ειδικά αυτά που συνδέονται με την ασφάλεια και υγιεινή της εργασίας, διέπονται από μια σειρά οδηγιών και προτύπων διαφόρων οργανισμών, τα οποία υιοθετούνται και από τη νομοθεσία.

1.3 Θόρυβος

Σημαντικό ζήτημα που χρήζει αντιμετώπισης στους χώρους εργασίας είναι ο *θόρυβος*, που ορίζεται ως ο ήχος ο οποίος είναι ανεπιθύμητος, ενοχλητικός ή και επιβλαβής για τον άνθρωπο. Το ζήτημα αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στη μεταποιητική βιομηχανία όπου απαντάται το 70% των περιστατικών στις ΗΠΑ (Bureau of Labor Statistics, 2015) [3]. Συνήθεις ηχογόνες πηγές είναι μηχανήματα, εργαλεία ή η ίδια η ομιλία των ανθρώπων, συχνά με αυξημένη του κανονικού ένταση ώστε να γίνει αντιληπτή. Έτσι δημιουργείται ένα ηχητικό περιβάλλον που μπορεί να είναι επιβλαβές για την υγεία του ανθρώπου τόσο άμεσα στο σύστημα ακοής, όσο και στην ψυχική υγεία αλλά και που επιδρά αρνητικά στην αποδοτικότητα του στην εργασία.

Ο Robert Koch, σημαντικός ιατρός και ερευνητής, είχε γράψει το 1905: «Μια μέρα ο άνθρωπος θα αγωνίζεται ενάντια στο θόρυβο με την ίδια επιμονή που παλεύει με τη χολέρα και την πανώλη» [4]. Αν και η πρόταση αυτή περιέχει μια δόση υπερβολής, εντούτοις φαίνεται πως σε μεγάλο βαθμό επαληθεύτηκε. Συγκεκριμένα, σε έκθεση της EUROSTAT για την Ασφάλεια και Υγιεινή στην Εργασία (2010), η απώλεια ακοής παρουσιάζονται ως ο τέταρτος σημαντικότερος επαγγελματικός κίνδυνος εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, πίσω από τραυματισμούς, μυοσκελετικά προβλήματα και άγχος. Στην ίδια έρευνα ακουστικά προβλήματα όπως βαρηκοΐα ή κώφωση αναφέρονται ως η τρίτη συχνότερα εμφανιζόμενη εργατική ασθένεια [6]. Η μεταποιητική βιομηχανία φυσικά είναι από τους κλάδους στους οποίους εμφανίζονται τα υψηλότερα επίπεδα θορύβου, με πάνω από τους μισούς εργαζόμενους να δηλώνουν ότι αποτελεί σημαντική πηγή κινδύνου στο χώρο εργασίας τους (OSHA, ESENER 2 – 2014) [7]. Οι επιπτώσεις του θορύβου βέβαια δεν είναι τέτοιες ώστε να απαιτείται άμεση εξέταση και θεραπεία (για αυτό άλλωστε είναι από τις χαμηλότερες αιτίες απουσίας από την εργασία [6]), αλλά εμφανίζονται καταστροφικές ύστερα από μακροχρόνια έκθεση σε αυτόν. Είναι λοιπόν απαραίτητη και νομικά επιβεβλημένη η λήψη μέτρων για τον περιορισμό του εκπεμπόμενου θορύβου ή την προστασία των εργαζομένων.

1.4 Χειρωνακτική Διαχείριση Φορτίων

Ως χειρωνακτική διαχείριση φορτίων εννοούμε την ανύψωση, μεταφορά και απόθεση αντικειμένων που είναι απαραίτητη για την εκτέλεση των περισσότερων χειρωνακτικών εργασιών. Αναλόγως του βάρους των αντικειμένων, της διάρκειας και της συχνότητας που πραγματοποιείται, καθώς και άλλων παραμέτρων, η χειρωνακτική διακίνηση φορτίων έχει σοβαρές επιπτώσεις στο μυοσκελετικό σύστημα του σώματος και κυρίως της οσφυϊκής χώρας, της ράχης και των άκρων. Είναι βέβαια από τους σημαντικότερους παράγοντες κινδύνου για τους εργαζόμενους κυρίως του κατασκευαστικού και του αγροτικού τομέα, με το 35% των εργαζόμενων να αναφέρουν τη χειρωνακτική μεταφορά βαριών φορτίων ως μέρος της εργασίας τους [8], ενώ ο πόνος στην πλάτη είναι το πιο συχνά εμφανιζόμενο πρόβλημα υγείας στους χώρους εργασίας [6].

Η καταπόνηση του μυοσκελετικού συστήματος εντείνεται από άβολες στάσεις που μπορεί να λάβει ο εργαζόμενος κατά τη μεταφορά του αντικειμένου, όπως κάμψη ή στρέψη του κορμού. Επίσης η μεταφορά ενός αντικειμένου μεγάλου μεγέθους είναι πιθανό να προκαλεί έκταση των χεριών και άρα να απαιτείται μεγαλύτερη δύναμη για τη συγκράτησή του, φορτίζοντας έτσι περισσότερο τόσο τη σπονδυλική στήλη όσο και τους ραχιαίους μύες.

Ο τρόπος με τον οποίο προτείνεται η ανύψωση φορτίων είναι το βαθύ κάθισμα χωρίς κάμψη ή στρέψη της ράχης και χωρίς να λυγίσουν οι αρθρώσεις των γονάτων πάνω από 90°, ενώ το αντικείμενο θα πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν κοντύτερα στο κέντρο βάρους του σώματος. Με αυτό τον τρόπο οι τετρακέφαλοι των μηρών παραλαμβάνουν μεγάλο μέρος του βάρους και λιγότερο η μέση και η ράχη. Στη συνέχεια κατά τη μεταφορά το βάρος πρέπει να ισομοιράζεται μεταξύ των άνω άκρων, τα οποία δεν πρέπει να κάμπτονται ώστε να μην επιβαρύνονται οι μύες των ώμων [9].

2. Βιομηχανική Μονάδα

2.1 Η Εταιρία

Η μελέτη που παρουσιάζεται στη διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε σε μια βιομηχανική μονάδα παραγωγής θερμοπλαστικών υλικών σε μορφή σφαιρικών κόκκων. Η εγκατάσταση αποτελείται κυρίως από ισόγεια κτήρια και βρίσκεται σε περιοχή καθορισμένη ως ΒΙ.ΠΕ. Για λόγους εχεμύθειας δε θα αναφερθούν περαιτέρω λεπτομέρειες όσον αφορά την ταυτότητα ή τη δραστηριότητα της εταιρίας, αξίζει όμως να αναφερθεί πως οι υπεύθυνοί της έχουν ασχοληθεί αρκετά με τη διασφάλιση της Ασφάλειας και Υγιεινής των εργαζομένων και τη λήψη σχετικών μέτρων. Ωστόσο, μετά από σειρά επισκέψεων και συζητήσεις με στελέχη της εταιρίας, διαπιστώθηκαν ορισμένα σημεία τα οποία επιδέχονται βελτίωσης.

Οι βασικότερες πηγές κινδύνου, οι οποίες υπεδείχθησαν και από τη διοίκηση της εγκατάστασης ως μη αντιμετωπιζόμενες σε ικανοποιητικό βαθμό, είναι ο υψηλός θόρυβος και η χειρωνακτική ανύψωση και διακίνηση φορτίων, ωστόσο διαπιστώθηκαν και ορισμένες επιπλέον οι οποίες θα αναφερθούν σε επόμενο κεφάλαιο. Προσεκτική μελέτη του θορύβου και παρουσίαση όλων των προαναφερθέντων πηγών κινδύνου, καθώς και προτάσεις αντιμετώπισής τους, θα πραγματοποιηθούν στα επόμενα κεφάλαια της εργασίας.

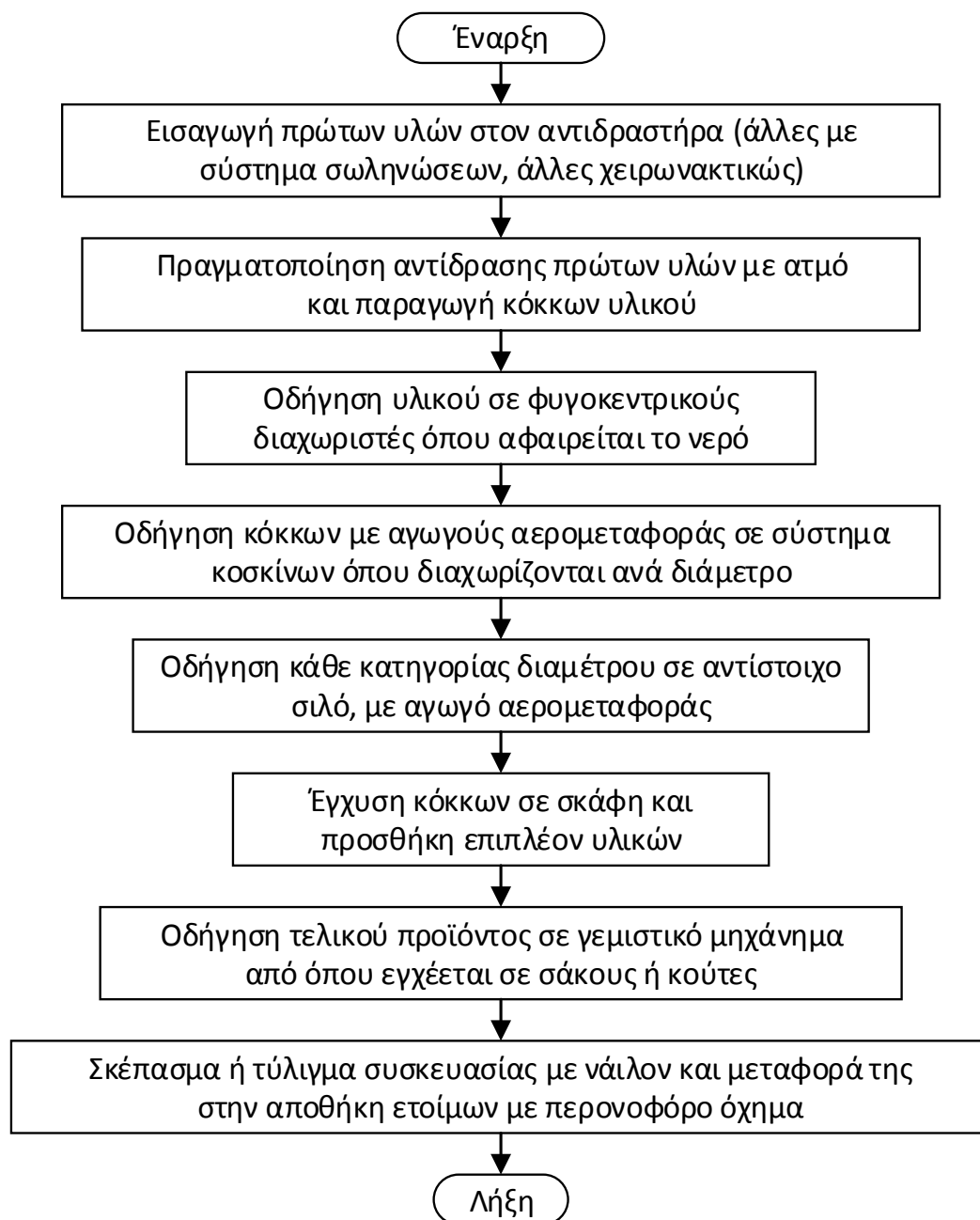
2.2 Παραγωγική διαδικασία

Η διαδικασία παραγωγής του τελικού προϊόντος παρουσιάζεται εν συντομία στο Διάγραμμα 1, χωρίς να υπεισέλθουμε σε λεπτομέρειες σχετικά με υλικά, τεχνογνωσία ή εξοπλισμό που χρησιμοποιείται. Παράλληλα θα γίνει περιγραφή όσων χώρων της εγκατάστασης ενδιαφέρουν λόγω συνεχούς ύπαρξης εργαζομένων εντός τους.

Η αρχική παραγωγή των κόκκων λαμβάνει χώρα σε δωμάτιο όπου βρίσκονται οι χημικοί αντιδραστήρες. Πρόκειται για δεξαμενές μεγάλου ύψους όπου πραγματοποιείται η ανάδευση και αντίδραση διαφόρων πρώτων υλών με ατμό με τη βοήθεια πτερωτής. Οι βασικές πρώτες ύλες εισάγονται στους αντιδραστήρες μέσω συστήματος σωληνώσεων, ενώ άλλα βοηθητικά υλικά τροφοδοτούνται χειρωνακτικά από τους εργαζόμενους. Μετά από αρκετή ώρα η διαδικασία ολοκληρώνεται και ο αντιδραστήρας εκκενώνεται.

Το υλικό μοιράζεται σε δυο χωριστές γραμμές πανομοιότυπες από άποψη εξοπλισμού που καταλήγουν σε διπλανό κτήριο (κτήριο κοσκίνων) μέσω σωλήνων αερομεταφοράς. Αφού διέλθουν από διατάξεις όπου πραγματοποιείται η αφύγρανσή τους, οι κόκκοι οδηγούνται σε σύστημα κοσκίνων που βρίσκεται στον ίδιο χώρο. Εκεί διαχωρίζονται διαδοχικά σε κατηγορίες, αναλόγως της διαμέτρου τους, ενώ λαμβάνονται και δείγματα από τους εργαζόμενους ώστε να ελεγχθεί η ποιότητα του κοσκινίσματος. Στη συνέχεια οι κόκκοι οδηγούνται με αερομεταφορά σε διπλανό δωμάτιο όπου αποθηκεύονται σε ξεχωριστά σιλό ανά κατηγορία μεγέθους, ενώ όσοι δεν εμπίπτουν σε κάποια κατηγορία (off-grade) εγχέονται σε κάδους από όπου ανακυκλώνονται σε προηγούμενο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας.

Η δεύτερη κύρια εργασία που εκτελείται στο χώρο των κοσκίνων είναι η συσκευασία του προϊόντος. Από τα σιλό, οι κόκκοι εγχέονται σε σκάφες όπου προστίθενται κάποια επιπλέον υλικά και λαμβάνονται δείγματα για ποιοτικό έλεγχο. Στη συνέχεια μέσω κοχλιομεταφορέα οδηγούνται σε αναμείκτες πίσω στο χώρο των κοσκίνων και από εκεί στα γεμιστικά μηχανήματα όπου εγχέονται σε κούτες ή σακιά (αναλόγως των απαιτήσεων του πελάτη) τα οποία σφραγίζονται. Οι κούτες περιβάλλονται με νάilon σε τυλιχτικό μηχάνημα, ενώ τα σακιά σκεπάζονται με νάilon κάλυμμα. Τέλος, περονοφόρο όχημα παραλαμβάνει τη συσκευασία με παλέτα και τη μεταφέρει στην αποθήκη ετοιμών, η οποία βρίσκεται σε εξωτερικό υπόστεγο.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η βιομηχανία λειτουργεί με σύστημα συνεχούς παραγωγής και ο ρυθμός παραγωγής στις γραμμές είναι σχεδόν σταθερός καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, με μέση παραγωγικότητα

80 συσκευασίες ανά βάρδια. Το μόνο ενδεχόμενο διαφορετικής παροχής υλικού είναι σε περίπτωση αποσυγχρονισμού της λειτουργίας των αντιδραστήρων, δηλαδή όταν εμφανίζονται χρονικά κενά από τη λήξη λειτουργίας του ενός μέχρι την έναρξη λειτουργίας κάποιου άλλου. Αυτό οδηγεί στην παύση λειτουργίας της μιας γραμμής παραγωγής, φαινόμενο που παρατηρείται περίπου μια φορά ανά βάρδια και διαρκεί μισή ώρα. Επίσης μικρές αυξομειώσεις της παροχής γίνονται για την αποφυγή της προσκόλλησης των κόκκων μεταξύ τους ή στα τοιχώματα των σωλήνων, η οποία παρατηρείται σε ορισμένες συνθήκες υγρασίας ή θερμοκρασίας.

2.3 Περιγραφή εργασιών

Όπως προαναφέρθηκε, η συνέχεια της εργασίας θα επικεντρωθεί στο χώρο των κοσκίνων και στο χώρο των αντιδραστήρων, και τις εργασίες που εκτελούνται εκεί. Παρακάτω παρουσιάζονται και περιγράφονται οι επιμέρους εργασίες που εκτελούνται στο χώρο των κοσκίνων, η χρονομέτρηση της καθεμίας και οι επαναλήψεις της ανά βάρδια, στοιχεία απαραίτητα για τα επόμενα κεφάλαια της εργασίας.

1. Ετοιμασία σάκων και κουτών: Για τη συσκευασία του υλικού χρησιμοποιείται είτε κούτα είτε σάκος, αναλόγως των απαιτήσεων του πελάτη. Τα σακιά ανοίγονται, ο κούτες στήνονται και τοποθετείται εσωτερική επένδυση νάιλον για παραπάνω αντοχή. Για 15 συσκευασίες χρειάζονται 10'30'', ενώ βάσει της παραγωγής των 80 συσκευασιών συμπεραίνουμε ότι συνολικά έχουμε περίπου 6 επαναλήψεις ανά βάρδια.
2. Τροφοδοσία πρόσθετων υλικών και δειγματοληψία: Κατά το γέμισμα των συσκευασιών λαμβάνονται δείγματα τα οποία προορίζονται για ποιοτικό έλεγχο. Επίσης προστίθενται ορισμένα επιπλέον υλικά που προσδίδουν κάποιες επιθυμητές ιδιότητες στο προϊόν, τα οποία ζυγίζονται και τροφοδοτούνται στο γεμιστικό μηχάνημα μαζί με τους κόκκους του προϊόντος. Διάρκεια 2'30'', 80 επαναλήψεις.
3. Γέμισμα συσκευασιών: Η συσκευασία τοποθετείται στο γεμιστικό μηχάνημα πάνω σε παλέτα και αρχίζει το γέμισμά του. Στη συνέχεια λύνεται από το μηχάνημα και το στόμιο σφραγίζεται. Διάρκεια 3'30'', 80 επαναλήψεις.
4. Φόρτωμα περονοφόρου: Το περονοφόρο παραλαμβάνει την παλέτα με τη συσκευασία, η οποία σκεπάζεται με νάιλον για προστασία. Διάρκεια 1'30'', 80 επαναλήψεις.
5. Τύλιγμα κουτών με νάιλον: Μόνο στην περίπτωση των κουτών, πριν σκεπαστούν με νάιλον μεταφέρονται από το περονοφόρο σε τυλιχτικό μηχάνημα όπου τυλίγονται με επιπλέον νάιλον. Διάρκεια 1'20'', 20 επαναλήψεις.
6. Μεταφορά παλέτας: Η παλέτα μεταφέρεται από το περονοφόρο στο χώρο αποθήκευσης ετοιμών, ο οποίος βρίσκεται σε εξωτερικό υπόστεγο. Διάρκεια 2'15'', 80 επαναλήψεις.
7. Προετοιμασία κυπέλλων δειγμάτων: Τα δείγματα λαμβάνονται σε κύπελλα στα οποία πρέπει να γίνει κάποια προετοιμασία για τη σωστή ταυτοποίησή τους. Η προεργασία αυτή γίνεται από τον υπεύθυνο της βάρδιας σε γραφείο εντός του χώρου παραγωγής. Διάρκεια 5'00'', περίπου 10 επαναλήψεις.
8. Δειγματοληψία από κόσκινα: Τα δείγματα των κοσκίνων λαμβάνονται από δύο σημεία ανά γραμμή παραγωγής (συνολικά τέσσερα σημεία). Διάρκεια 0'45'', 16 επαναλήψεις.

9. Κοσκίνισμα δειγμάτων: Τα παραπάνω δείγματα ελέγχονται σε χειροκίνητο κόσκινο ως προς την ποιότητα διαχωρισμού των κόκκων και το ποσοστό off-grade προϊόντος. Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα στο προαναφερθέν γραφείο. Διάρκεια , 16 επαναλήψεις.
10. Οπτικός έλεγχος αφυγραντήρων: Ο υπεύθυνος της βάρδιας επίσης ελέγχει οπτικά την ποιότητα του υλικού στους αφυγραντήρες. Διάρκεια 1'00'', περίπου 10 επαναλήψεις.
11. Διαλείμματα: Στο χώρο της παραγωγής υπάρχει κλειστό δωμάτιο όπου βρίσκονται οι εργαζόμενοι στα διαλείμματά τους, τα οποία δεν είναι αυστηρά προκαθορισμένα αλλά εξαρτώνται από τους ρυθμούς παραγωγής. Από εκεί επίσης πραγματοποιείται η επικοινωνία με τα γραφεία της εγκατάστασης και η εποπτεία της παραγωγής., συνεπώς ο υπεύθυνος της βάρδιας βρίσκεται περισσότερη ώρα εκεί. Διάρκεια περίπου 15'00'', 4 επαναλήψεις.
12. Εφοδιασμός πρόσθετων υλικών: Τα υλικά φτάνουν σε κούτες από όπου εγχέονται σε κάδο ώστε να είναι πιο εύκολα διαχειρίσιμα. Αυτή η εργασία εκτελείται μια φορά τη μέρα και όχι σε κάθε βάρδια. Διάρκεια 10'00'', 20 επαναλήψεις.

Όσον αφορά το χώρο των αντιδραστήρων, οι εργασίες εκεί είναι πολύ λιγότερες. Ουσιαστικά καθήκον των εργατών είναι ο έλεγχος της λειτουργίας των αντιδραστήρων και η τροφοδοσία τους με τα κατάλληλα υλικά, σύμφωνα με τις εντολές παραγωγής. Ως συνέπεια οι ρυθμοί εργασίας είναι πολύ χαμηλότεροι συγκριτικά με τον άλλο χώρο, όμως υπάρχει μεγάλη ευθύνη για τη σωστή διεκπεραίωση της παραγωγής του προϊόντος. Αρκεί τα υλικά να ζυγιστούν, να μεταφερθούν στον αντιδραστήρα που ετοιμάζεται για λειτουργία και να τροφοδοτηθούν από το ειδικό πορτάκι. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται 6 φορές ανά βάρδια κατά μέσο όρο.

Η τροφοδοσία και ο χειρισμός των αντιδραστήρων γίνονται από την κορυφή τους, προσβάσιμη από τον πρώτο όροφο όπου οι εργαζόμενοι κινούνται σε σιδηροκατασκευή υπερυψωμένη κατά 5-6 σκαλιά. Ο εφοδιασμός των υλικών στον όροφο πραγματοποιείται με χειροκίνητο παλετοφόρο και μεγάλα σακιά και κούτες των 25 kg. Το παλετοφόρο ανεβαίνει με ανελκυστήρα, ωστόσο λόγω του περιορισμένου χώρου είναι δύσκολος ο χειρισμός του και η απόθεση της παλέτας στη προκαθορισμένη θέση της, συνεπώς όλα τα υλικά μεταφέρονται χειρωνακτικά σε παλέτα που βρίσκεται ήδη εκεί. Στη συνέχεια για την τροφοδοσία του κάθε αντιδραστήρα τα σακιά μεταφέρονται πάλι χειρωνακτικά από τους εργάτες σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις.

2.4 Πηγές Κινδύνων

Παρακάτω θα παρουσιαστούν συνοπτικά οι παρατηρούμενες πηγές κινδύνου στους δυο υπό εξέταση χώρους, ανεξαρτήτως αν έχουν ληφθεί μέτρα για την αντιμετώπισή τους, ενώ πιο εις βάθος ανάλυση και βελτιωτικές προτάσεις θα πραγματοποιηθούν στα επόμενα κεφάλαια. Επίσης θα γίνει αναφορά στα υπάρχοντα μέσα ατομικής προστασίας που παρέχονται και κατά πόσο αυτά τελικά χρησιμοποιούνται από τους εργαζόμενους.

Χώρος Κοσκίνων:

- Θόρυβος: Πολύ υψηλά επίπεδα θορύβου που φτάνουν μέχρι και τα 105 dB(A).
- Υλικό στο πάτωμα, στη μορφή είτε κόκκων είτε σκόνης, επικίνδυνο για ολισθήματα.
- Σκόνη και αιωρούμενα σωματίδια στο χώρο. Δημιουργείται περιβάλλον επιβλαβές για το αναπνευστικό και δυνητικά εύφλεκτο.
- Δυσκολία αντίληψης περνοφόρου είτε με ωτοασπίδες είτε χωρίς, από άνθρωπο μη εξοικειωμένο στο ηχητικό περιβάλλον του εργοστασίου.
- Στατικός ηλεκτρισμός: εμφανίζεται στους κόκκους με αποτέλεσμα να προσκολλώνται στα τοιχώματα των δεξαμενών και μεταξύ τους, αλλά και να υπάρχει κίνδυνος σπινθήρων και πυρκαγιάς, ή και ηλεκτροπληξίας.
- Χειρωνακτική διακίνηση φορτίων: Κατά τον εφοδιασμό των πρόσθετων υλικών από σακιά σε κάδους ώστε να είναι πιο εύκολα μεταχειρίσιμα.

Υπάρχοντα μέσα ατομικής προστασίας στο χώρο των κοσκίνων:

- Καπέλα με μεταλλική επένδυση αντί για κράνος
- Παπούτσια εργασίας
- Μάσκες που φοριούνται κυρίως από τους εργαζόμενους που διαχειρίζονται τα πρόσθετα υλικά
- Γάντια τα οποία φοριούνται κυρίως από τους εργαζόμενους που διαχειρίζεται τα πρόσθετα υλικά
- Ωτοασπίδες 'βύσματα' είναι διαθέσιμες
- Ανακλαστικά κίτρινα γιλέκα τα οποία φοριούνται από τους περισσότερους εργαζόμενους
- Γυαλιά ασφαλείας

Υπάρχουσα σήμανση στο χώρο:

- Ένδειξη υποχρεωτικής προστασίας της αναπνευστικής οδού και των αυτιών,
- Ένδειξη ΕΥΦΛΕΚΤΟ, σήμανση πυροσβεστήρων



ΕΙΚΟΝΑ 1: ΣΗΜΑΝΣΗ ΧΩΡΟΥ ΚΟΣΚΙΝΩΝ

Χώρος Αντιδραστήρων:

- Χειρωνακτική διακίνηση φορτίων: Σημαντικό πρόβλημα τόσο κατά τον εφοδιασμό των υλικών στην αρχή της ημέρας, όσο και κατά την τροφοδοσία τους στους αντιδραστήρες, όπου βάρη ως και 25 kg μεταφέρονται για αρκετά μέτρα.
- Αιωρούμενα στερεά σωματίδια από τα υλικά που τροφοδοτούνται στους αντιδραστήρες, καθώς αυτά εγχέονται από τα σακιά τους. Κάποια από τα υλικά αυτά είναι τοξικά ή εύφλεκτα, ενώ τα υπόλοιπα μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα των εργατών.
- Μεγάλες θερμοκρασίες: Λόγω της ύπαρξης των αντιδραστήρων και παρότι αυτοί είναι μονωμένοι, ο χώρος θερμαίνεται σημαντικά κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, με αποτέλεσμα τη δυσφορία των εργαζομένων. Αντίθετα τους χειμερινούς μήνες υπάρχει μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού – εξωτερικού χώρου, ενώ οι εργαζόμενοι αναγκάζονται να βγαίνουν έξω πολλές φορές καθώς το δωμάτιο διαλειμμάτων έχει πρόσβαση μόνο από εξωτερική είσοδο.
- Θόρυβος: Οι εντάσεις στο χώρο είναι κάτω των 80 dB(A), επίπεδο που στη βιβλιογραφία θεωρείται «Πολύ θορυβώδες», ωστόσο δεν φτάνει την κατώτερη τιμή για ανάληψη δράσης ούτε αναμένεται να έχει επιπτώσεις στην υγεία των εργαζομένων παρά μόνο την πρόκληση δυσφορίας.

Υπάρχοντα μέσα ατομικής προστασίας στο χώρο των αντιδραστήρων:

- Μάσκες και γάντια που φοριούνται μόνο κατά την τροφοδοσία υλικών στους αντιδραστήρες
- Παπούτσια εργασίας
- Δε φοριούνται κράνη ή καπέλα καθώς θεωρείται ότι εμποδίζουν την εργασία λόγω συχνών κυρτών στάσεων ενώ η χρήση τους δεν κρίνεται απαραίτητη

Υπάρχουσα σήμανση στο χώρο:

- Ένδειξη βλαβερών ή ερεθιστικών ουσιών
- ένδειξη εύφλεκτων υλών ή/και υψηλής θερμοκρασίας
- ενδείξεις υποχρεωτικής προστασίας των αναπνευστικών οδών, των ποδιών, του σώματος, των ματιών, των χεριών.



ΕΙΚΟΝΑ 2: ΣΗΜΑΝΣΗ ΧΩΡΟΥ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΩΝ

3. Θεωρία του Θορύβου

3.1 Ήχος

Ως ήχος ορίζεται η περιοδική μεταβολή της πίεσης του αέρα ή άλλου στερεού ή υγρού μέσου διάδοσης, την οποία μπορεί να συλλάβει το σύστημα ακοής του ανθρώπου. Πρόκειται δηλαδή περί μηχανικού κύματος, αποτέλεσμα του οποίου είναι και η περιοδική μεταβολή της πίεσης του μέσου διάδοσης που τελικά ανιχνεύεται από το ανθρώπινο αυτί και ερμηνεύεται ως ηχητικό σήμα. Χαρακτηριστικά μεγέθη του ήχου σύμφωνα με τη Φυσική είναι τα εξής [10]:

- Συχνότητα: Ο ήχος, ως μηχανικό κύμα, χαρακτηρίζεται από μήκος κύματος και *συχνότητα*. Το εύρος συχνοτήτων που μπορεί να αντιληφθεί το σύστημα ακοής ονομάζεται ακουστικό φάσμα και για τον άνθρωπο εκτείνεται περίπου μεταξύ των 20 Hz και 20 kHz. Κύματα εκτός του φάσματος αυτού ονομάζονται αντίστοιχα υπέρηχοι και υπόηχοι. Το ακουστικό φάσμα διαφέρει από άτομο σε άτομο, καθώς και περιορίζεται σημαντικά σε μεγαλύτερες ηλικίες, κυρίως όσον αφορά τις υψηλές συχνότητες. Ωστόσο μια ηχητική πηγή σπάνια εκπέμπει ήχο μιας μοναδικής συχνότητας (απλός ήχος), αλλά συνήθως αυτοί αποτελούν σύνθετες κυματομορφές και μπορούν να αναλυθούν σε πολλαπλές συνιστώσες διαφορετικής συχνότητας η καθεμία (ευρυζωνικός ήχος).
- Ένταση: Η ελάχιστη μεταβολή πίεσης που μπορεί να ανιχνεύσει το ανθρώπινο αυτί είναι 20 μPa, ενώ η μέγιστη μπορεί να είναι ένα εκατομμύριο φορές μεγαλύτερη. Ως ηχητική ένταση I ορίζεται το γινόμενο της ηχητικής πίεσης επί της ταχύτητας των μορίων του μέσου διάδοσης καθώς αυτά ταλαντώνονται, είναι συνεπώς μέγεθος ανάλογο της ηχητικής πίεσης. Το μεγάλο εύρος τιμών μας αναγκάζει να χρησιμοποιήσουμε ένα τεχνητό μέγεθος το οποίο ονομάζεται *στάθμη ηχητικής έντασης* (Sound Intensity Level) και μετράται σε λογαριθμική κλίμακα με μονάδα το decibel (dB(A)).

Με τη χρήση λογαριθμικής κλίμακας επιτυγχάνεται επίσης πιο ρεαλιστική απεικόνιση του τρόπου που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος τον ήχο, καθώς μια μεταβολή στην αντίληψη της ηχητικής έντασης αντιστοιχεί σε μια ίση μεταβολή του λόγου και όχι της διαφοράς του αντίστοιχου φυσικού μεγέθους. Για παράδειγμα αν το I διπλασιαστεί, το ακουστικό σύστημα θα αντιληφθεί αύξηση της στάθμης ηχητικής έντασης κατά 3 dB(A) περίπου. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται και σε άλλες αισθήσεις του ανθρώπου όπως η όραση (αντίληψη φωτεινότητας).

Η σχέση που περιγράφει τη στάθμη ηχητικής έντασης είναι η εξής:

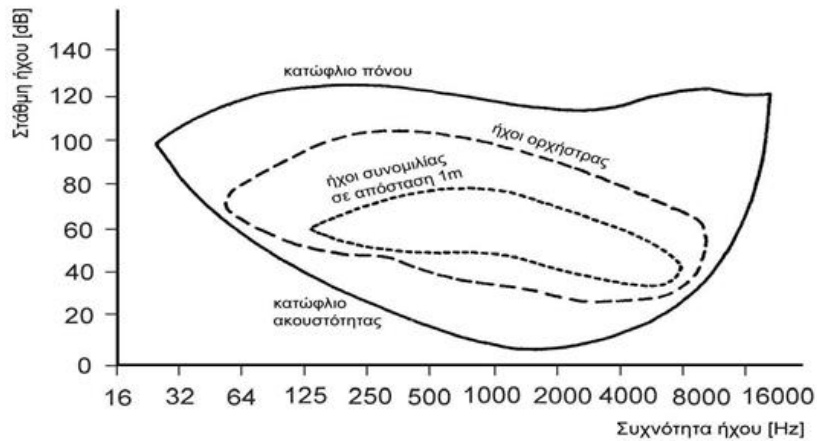
$$L_I = SIL = 10 \cdot \log_{10} \frac{I}{I_0} \quad \text{με } I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Όπου I_0 η ηχητική ένταση αναφοράς, η οποία αντιστοιχεί στο $P_0 = 20 \mu\text{Pa}$. Η ένταση αυτή ονομάζεται *κατώφλιο ακουστότητας*, καθώς για $I = I_0$ έχουμε $L_I = 0 \text{ dB(A)}$. Η στάθμη εντάσεως πάνω από την οποία ο άνθρωπος αισθάνεται πόνο ονομάζεται *κατώφλιο πόνου* και είναι περίπου στα 120 dB(A).

Αντίστοιχα ορίζεται η *στάθμη ηχητικής πίεσης* (Sound Pressure Level) η οποία ουσιαστικά εκφράζει το ίδιο φυσικό μέγεθος με τη SIL και δίδεται από τον τύπο:

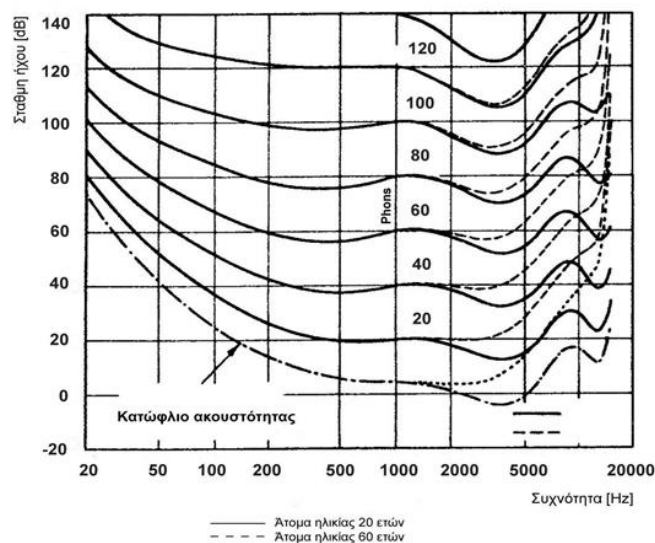
$$SPL = 10 \cdot \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \cdot \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να ορίσουμε το ακουστικό πεδίο, μια περιοχή συχνότητας και στάθμης έντασης στην οποία οι ήχοι μπορούν να γίνουν αντιληπτοί από τον άνθρωπο [1]. Η περιοχή αυτή φαίνεται στο σχήμα της Εικόνας 3:



ΕΙΚΟΝΑ 3: ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ [1]

Ο τρόπος που ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τα χαρακτηριστικά του ήχου δε συμβαδίζει απόλυτα με τις μετρούμενες φυσικές παραμέτρους του. Αντιθέτως, η συχνότητα ενός ηχητικού σήματος επηρεάζει την ένταση που αντιλαμβανόμαστε. Έτσι έχει οριστεί η μονάδα του φον (phon) η οποία ονομάζεται *υποκειμενική ένταση* και επηρεάζεται και από τη συχνότητα, ταυτιζόμενη με τη στάθμη ηχητικής έντασης μόνο στα 1000 Hz. Οι καμπύλες σταθερής υποκειμενικής έντασης φαίνεται στην Εικόνα 4 (για άτομα 20 και 60 ετών):



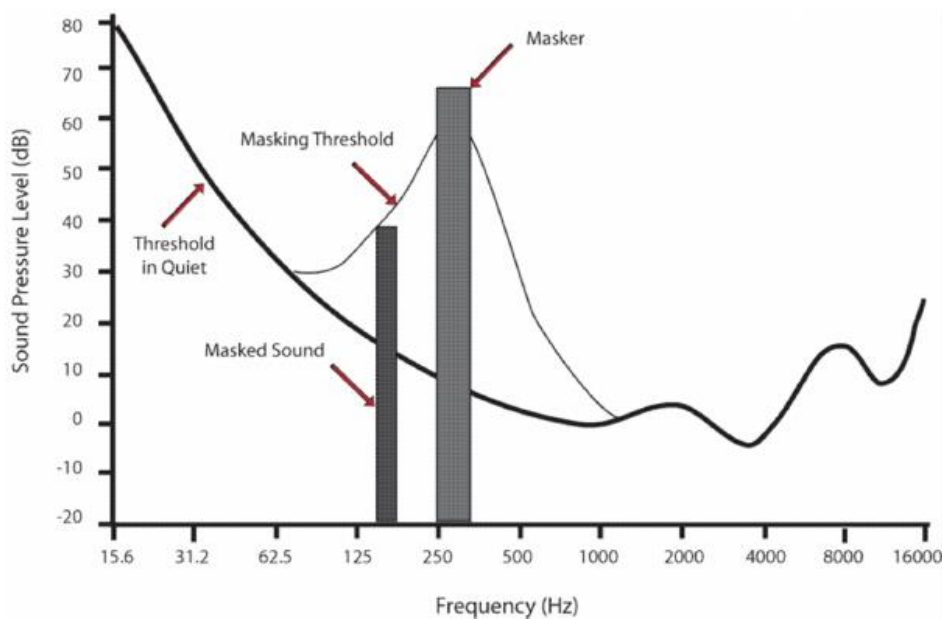
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ [1]

Στην περίπτωση *συνήχησης* δυο ή περισσότερων πηγών, η συνολική ηχητική ένταση θα ισούται με το άθροισμα των επιμέρους. Αντίστοιχα η στάθμη ηχητικής έντασης θα ισούται με:

$$L_{ολ} = 10 \cdot \log_{10} \frac{I_1 + I_2 + \dots}{I_0}$$

Πρακτικά, αν δυο πηγές παραπλήσιων εντάσεων συνυπάρχουν στον ίδιο χώρο, η συνολική στάθμη έντασης ισούται με αυτή της ισχυρότερης πηγής, συν κάποια dB(A) αναλόγως της διαφοράς τους (από 3 αν είναι ίσης εντάσεως, μέχρι 0 αν έχουν διαφορά πάνω από 10 dB(A)). Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι αν δυο ηχητικά σήματα ίδιας συχνότητας έχουν μεταξύ τους μεγάλη διαφορά εντάσεως, αυτό με τη χαμηλότερη ένταση δε θα γίνεται καθόλου αντιληπτό.

Παρόμοιο φαινόμενο είναι αυτό της *επικάλυψης*. Σε αυτό, το ακουστικό κατώφλιο μεταβάλλεται από κάποιον ήχο μεγάλης εντάσεως, με συνέπεια άλλοι ήχοι μικρότερης εντάσεως και σε κοντινή συχνότητα να μη γίνονται αντιληπτοί. Το φαινόμενο αυτό είναι πιο εμφανές στις υψηλότερες συχνότητες. Ο τρόπος που ο δυνατός ήχος (masker) επηρεάζει το κατώφλιο γίνεται κατανοητό από το σχήμα της Εικόνας 5:



ΕΙΚΟΝΑ 5: ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ

Το φαινόμενο της επικάλυψης βρίσκει εφαρμογή σε πολλές δραστηριότητες. Για παράδειγμα σε χώρους γραφείων συχνά εκπέμπεται λευκός θόρυβος (ήχος ισοκαταμενμένος σε όλο το ακουστικό φάσμα συχνοτήτων και χαμηλής έντασης ώστε να μην ενοχλεί) ο οποίος επικαλύπτει δυσάρεστους ήχους από τη λειτουργία του γραφείου (φωτοτυπικά κτλ.) αλλά και προστατεύει το απόρρητο των συνομιλιών. Αντιθέτως όμως στο χώρο της βιομηχανίας η επικάλυψη είναι ανεπιθύμητο φαινόμενο, καθώς θόρυβος από τα μηχανήματα μπορεί να επικαλύπτει ηχητικά σήματα που εκπέμπονται, με συνέπεια λάθη στην εκτέλεση των εργασιών ή ακόμα και ατυχήματα.

3.2 Ανάκλαση – Ηχοαπορρόφηση - Ηχομόνωση

Η στάθμη ηχητικής εντάσεως, εκτός από τις ηχητικές πηγές που βρίσκονται σε ένα χώρο, εξαρτάται και από το σχεδιασμό του ίδιου του χώρου όσον αφορά τη διαμόρφωση των τοιχών και των υλικών που χρησιμοποιούνται. Κατά την πρόσπτωσή του σε στερεή επιφάνεια, ο ήχος *ανακλάται* και αλλάζει πορεία. Απόρροια της ανάκλασης του ήχου είναι επίσης η *αντήχηση*, δηλαδή η παρατεταμένη διατήρηση ενός ηχητικού σήματος που μπορεί να παρατηρηθεί σε κλειστό χώρο λόγω διαδοχικών ανακλάσεων του. Λόγω αυτού του φαινομένου η στάθμη εντάσεως σε κάποια σημεία αυξάνεται, με τις ανάλογες συνέπειες στους ανθρώπους που βρίσκονται εντός του χώρου. Συνεπώς είναι σημαντικό να χρησιμοποιούνται ηχοαπορροφητικά υλικά, τα οποία δεσμεύουν ένα ποσοστό της ηχητικής ενέργειας και ανακλούν το υπόλοιπο. Έτσι τα υλικά χαρακτηρίζονται από το συντελεστή ηχοαπορρόφησης “α”, που ορίζεται ως ο λόγος της ανακλούμενης προς την απορροφώμενη ηχητική ενέργεια [11]. Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής χρησιμοποιούνται οι συντελεστές NRC (Noise Reduction Coefficient) και NAA (Noise Absorption Average) οι οποίοι συχνά λαμβάνουν και τιμές άνω του 1. Η διαφορά τους έγκειται στο ότι ο NRC ισούται με τη μέση ηχοαπορροφητικότητα σε τέσσερις συχνότητες (250, 500, 1000, 2000 Hz) ενώ ο NAA λαμβάνει περισσότερες συχνότητες υπόψιν και συνεπώς είναι πιο ακριβής [12].

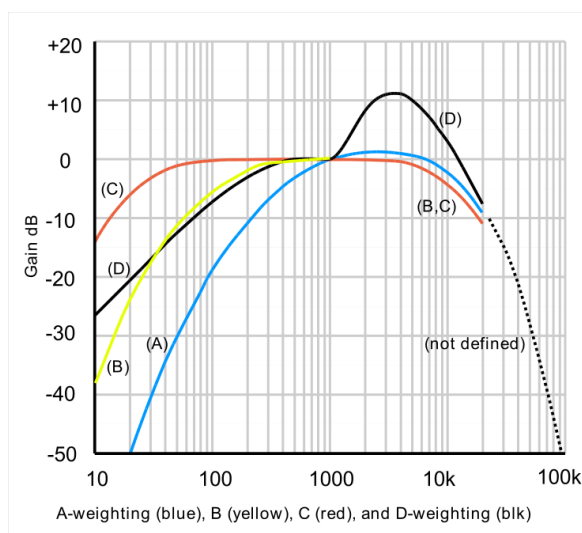
Αν μια ηχητική πηγή απομονωθεί ή περιβληθεί με κάποιο υλικό, αυτό είτε θα ανακλά είτε θα απορροφά ένα μέρος της ηχητικής ενέργειας. Έτσι, η ηχητική ένταση που θα μετρηθεί εκτός του περιβλήματος θα είναι μικρότερη από αυτή που θα μετρηθεί εντός του. Η διαφορά των δυο εντάσεων καθορίζει το δείκτη *ηχομείωσής* του, ο οποίος είναι χαρακτηριστικό μέγεθος για τα ηχομονωτικά προϊόντα όμως απαντώνται διαφορετικές εκφράσεις του, αναλόγως της γεωγραφικής περιοχής. Από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης ISO προτείνεται ο σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης R_w (weighted sound reduction index) ο οποίος αποδίδει την αναμενόμενη μείωση της έντασης σε decibel. Στις Ηνωμένες Πολιτείες όμως χρησιμοποιείται ο δείκτης STC (sound transmission class) ο οποίος διαφέρει από τον R_w καθώς λαμβάνει γενικά μεγαλύτερες τιμές και χρησιμοποιεί διαφορετική στάθμιση με μικρότερη βαρύτητα στις χαμηλές συχνότητες. Συνεπώς δεν αντιστοιχεί ευθέως στην κλίμακα των decibel, αλλά μπορεί να προσφέρει μια πιο ποιοτική σύγκριση μεταξύ δυο διαφορετικών υλικών [13]. Έχει σημασία να αποσαφηνιστεί η διάκριση μεταξύ των δυο δεικτών καθώς απαντώνται εξίσου συχνά στην αγορά και κυρίως στο διαδίκτυο, λόγω της έντονης παρουσίας αμερικανικών εταιριών.

3.3 Μέτρηση του θορύβου

3.3.1 Όργανα Μέτρησης

Τα κύρια όργανα μέτρησης του θορύβου είναι το ηχόμετρο και το ηχοδοσίμετρο. Το *ηχόμετρο* χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της στιγμιαίας τιμής της στάθμης ηχητικής έντασης σε ένα σημείο του χώρου. Μπορεί επίσης να δώσει το Ισοδύναμο Επίπεδο Θορύβου L_{eq} (Equivalent Sound Level), δηλαδή το μέσο όρο ηχητικής πίεσης σε ορισμένο χρονικό διάστημα κατά το οποίο πραγματοποιείται η μέτρηση, αλλά και την μέγιστη τιμή της στο διάστημα της μέτρησης. Τέλος, κάποια ηχόμετρα έχουν τη δυνατότητα ανάλυσης των μετρήσεων ανά συχνότητα, ώστε να διαπιστωθούν οι κυρίαρχες συχνότητες σε ένα σύνθετο ηχητικό σήμα.

Τα επιμέρους εξαρτήματα του ηχομέτρου είναι το μικρόφωνο, μια μονάδα επεξεργασίας και η οθόνη. Αφού το ηχητικό σήμα μετατραπεί σε ηλεκτρικό μέσω του μικροφώνου, διέρχεται από ένα σταθμιστικό κύκλωμα το οποίο περιορίζει ή ενισχύει αντίστοιχα τις κατάλληλες συχνότητες, ώστε είτε να προσομοιάζει καλύτερα τον περίπλοκο τρόπο που ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τον ήχο, όπως προαναφέρθηκε, είτε να ενισχύει συχνότητες ενδιαφέροντος για τον χρήστη (πχ. μέτρηση ενός συγκεκριμένου ήχου σε σύνθετο ηχητικό περιβάλλον). Έτσι έχουμε οριστεί κάποιες σταθμίσεις συχνότητας οι οποίες χρησιμοποιούνται στις ηχητικές μετρήσεις, οι A, B, C, D και η 0 ή flat (καμία στάθμιση) [14], όπως φαίνονται στην Εικόνα 6.



ΕΙΚΟΝΑ 6 ΣΤΑΘΜΙΣΕΙΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ [15]

Η A στάθμιση συχνότητας είναι αυτή που χρησιμοποιείται συχνότερα καθώς αντιστοιχεί στο ακουστικό σύστημα του ανθρώπου, ακολουθώντας τις καμπύλες σταθερής υποκειμενικής έντασης. Όμως η στάθμιση αυτή εξαλείφει ηχητικά σήματα χαμηλών συχνοτήτων τα οποία δεν γίνονται ιδιαίτερα αντιληπτά από αυτί του ανθρώπου, όμως τον επηρεάζουν αρνητικά με άλλους τρόπους. Επίσης έχει διαπιστωθεί ότι η A στάθμιση δε συσχετίζεται επαρκώς με την απόκριση του αυτιού σε υψηλά επίπεδα εντάσεως. Για αυτούς τους λόγους σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως όταν έχουμε μηχανικές πηγές θορύβου μεγάλης έντασης, χρησιμοποιείται συμπληρωματικά η C στάθμιση. Για τα μεγέθη που μετρούνται με την εκάστοτε στάθμιση χρησιμοποιούμε αντίστοιχα τη μονάδα dB(A) και dB(C).

Σε περιπτώσεις που ο εργαζόμενος κινείται συνεχώς και εκτίθεται σε διαφορετικά επίπεδα θορύβου ενδείκνυται η χρήση του *ηχοδοσιμέτρου*, το οποίο χρησιμοποιείται για τον άμεσο υπολογισμό της ατομικής δόσης θορύβου και του επιπέδου έκθεσης σε θόρυβο ενός συγκεκριμένου εργαζομένου. Πρόκειται για μικρότερη συσκευή από το ηχώμετρο την οποία μπορεί να φέρει κάποιος πάνω του χωρίς να παρεμποδίζεται η εργασία του, ωστόσο η ποιότητα των μετρήσεων είναι χαμηλότερη από αυτή του ηχομέτρου καθώς παρεμβάλλονται ευκολότερα ήχοι από τις εργασίες ή από ομιλίες. Επίσης, πρόκειται για όργανο που επικεντρώνεται στις επιπτώσεις του θορύβου στο άτομο και όχι στον εντοπισμό των πηγών θορύβου, συνεπώς η επιλογή του εξαρτάται και από το σκοπό που θα επιτελέσει η μέτρηση. [10]

3.3.2 Μετρούμενα Μεγέθη

Έχει οριστεί σε προηγούμενη ενότητα η ηχητική ένταση L και η σχέση της με την ηχητική πίεση. Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται στις μελέτες θορύβου, σε βιομηχανικό ή άλλο περιβάλλον [10].

- Ισοδύναμη Ηχητική Ένταση (L_{eq}): Στην περίπτωση της μεταβαλλόμενης ηχητικής έντασης, η οποία απαντάται συχνά στους χώρους εργασίας, μια στιγμιαία μέτρησή της δεν αποτελεί αντιπροσωπευτικό δείγμα. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται η ισοδύναμη σταθερή ηχητική ένταση, δηλαδή η στάθμη ηχητικής πίεσης η οποία αν εκπεμπόταν σταθερά για ίσο χρονικό διάστημα θα είχε τα ίδια αποτελέσματα (ηχητική ενέργεια). Δίνεται από τον τύπο:

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

Όπου T η διάρκεια της μέτρησης. Το μέγεθος αυτό συχνά εμφανίζεται ως $L_{A,eq}$ καθώς οι μετρήσεις είναι συνήθως σταθμισμένες στην A κλίμακα. Το $L_{A,eq,8h}$ είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο καθώς ανάγει τη μέτρηση στο οκτάωρο που αντιστοιχεί στη συνήθη διάρκεια της βάρδιας εργασίας.

- Ηχητική Έκθεση (Sound Exposure, E): Η τετραγωνισμένη ηχητική πίεση που δέχεται ένα άτομο σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα. Μετράται σε $Pa^2 \cdot s$ και δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

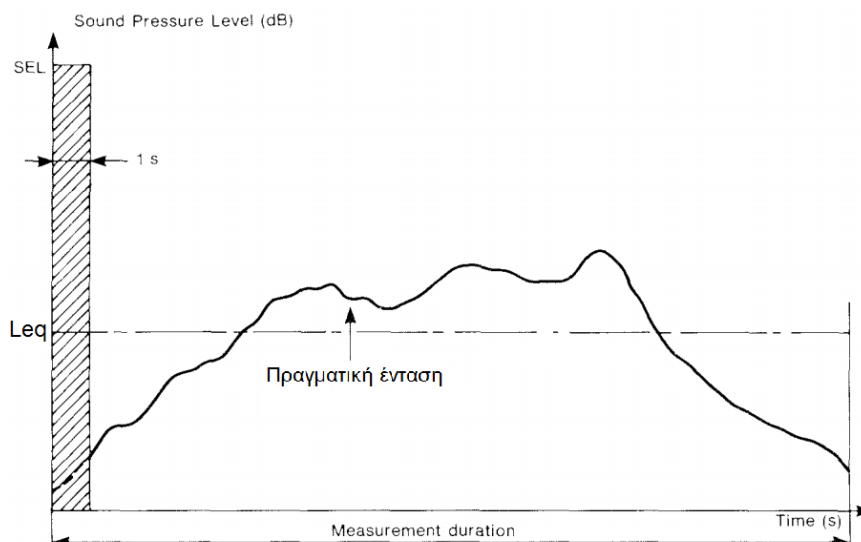
$$E = \int_{t_0}^{t_1} p(t)^2 dt$$

- Αιχμή της Ηχητικής Πίεσης $P_{peak}(C)$: Μέγιστη τιμή της στιγμιαίας ηχητικής πίεσης, σταθμισμένη κατά τη C κλίμακα.

Επίπεδο Έκθεσης σε Θόρυβο (Sound Exposure Level, SEL): Αντίστοιχα με το L_{eq} , ορίζεται ως η στάθμη ηχητικής πίεσης η οποία θα μετέφερε την ίδια ηχητική ενέργεια στο άτομο εκπεμπόμενη για ένα δευτερόλεπτο. Η διαφορά της SEL και του L_{eq} αποτυπώνεται στο σχήμα της Εικόνας 7.

Ο τύπος από τον οποίο υπολογίζεται είναι ο εξής:

$$L_E = 10 \cdot \log \frac{E}{E_0} \quad \text{όπου } E_0 = 400 \mu Pa^2 \cdot s$$



ΕΙΚΟΝΑ 7: L_{eq} , SEL [16]

- Ημερήσιο Επίπεδο Έκθεσης σε Θόρυβο ($L_{EX,8h}$): Ορίζεται ως ο χρονικά σταθμισμένος μέσος όρος των επιπέδων έκθεσης σε θόρυβο κατά τη διάρκεια μιας εργάσιμης ημέρας (οκτώωρο). Εναλλακτικό σύμβολο του δείκτη αυτού είναι το $L_{EP,d}$ (daily personal noise exposure).
- Εβδομαδιαίο Επίπεδο Έκθεσης σε Θόρυβο ($L_{EP,W}$): Χρονικά σταθμισμένος μέσος όρος των $L_{EP,d}$ για ονομαστική εβδομάδα πέντε οκτώωρων εργάσιμων ημερών. Εναλλακτικά συμβολίζεται ως $L_{EX,40h}$.
- Δόση Θορύβου (Noise Dose, D): Ποσοστιαία αναπαράσταση της έκθεσης σε θόρυβο, όπου 100% είναι η μέγιστη επιτρεπτή δόση ανά εργάσιμη ημέρα όπως ορίζεται από τη νομοθεσία του εκάστοτε κράτους. Σε περίπτωση που η δόση υπερβαίνει το επιτρεπτό όριο θα πρέπει να μειωθεί αντίστοιχα ο χρόνος εκθέσεως στο θόρυβο, βάσει του διπλασιασμού ανά 3 dB(A) σύμφωνα με τον αμερικανικό οργανισμό NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). Για παράδειγμα αν το όριο είναι 85 dB(A) και υπολογιστεί $L_{EX} = 88$ dB(A) για οκτώωρο χρόνο εκθέσεως, τότε έχουμε $D = 200\%$.

Η δόση θορύβου δίδεται από τον τύπο:

$$D = \left(\sum \frac{C_i}{T_i} \right) \cdot 100\%$$

Όπου C_i είναι ο χρόνος έκθεσης σε κάθε επίπεδο έντασης L_i και T_i ο αντίστοιχος επιτρεπτός χρόνος εκθέσεως, ο οποίος δίνεται στον πίνακα 1:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΕΠΙΤΡΕΠΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΈΚΘΕΣΗΣ ΑΝΑ ΕΝΤΑΣΗ

Διάρκεια έκθεσης (ώρες ανά ημέρα)	Μέγιστη επιτρεπτή ηχοστάθμη (dB(A))
8	87
4	90
2	93
1	96
0,5	99

3.4 Νομοθεσία

Το υπάρχον νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με την έκθεση εργαζομένων σε θόρυβο ορίζεται από την Οδηγία 2003/10/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 6ης Φεβρουαρίου 2003 «περί των ελάχιστων προδιαγραφών υγείας και ασφάλειας για την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (θόρυβος)» [17]. Η οδηγία αυτή συγγράφηκε ύστερα από διαβουλεύσεις με συμβουλευτική επιτροπή για την ασφάλεια, την υγιεινή και την προστασία της υγείας στο χώρο εργασίας. Σύμφωνα με αυτή, καθορίζονται οι εξής ελάχιστες προδιαγραφές για το θόρυβο στους χώρους εργασίας:

α) οριακές τιμές έκθεσης: $L_{EX,8h} = 87$ dB(A) και $P_{peak} = 200$ Pa.

Η έκθεση των εργαζομένων σε θόρυβο δε θα πρέπει σε καμία περίπτωση να υπερβαίνει τις οριακές τιμές.

β) ανώτερες τιμές για ανάληψη δράσης: $L_{EX,8h} = 85$ dB(A) και $P_{peak} = 140$ Pa.

Σε περίπτωση υπερβάσεως, η χρήση ατομικών μέσων προστασίας πρέπει να είναι υποχρεωτική για τους εργαζόμενους.

γ) κατώτερες τιμές για ανάληψη δράσης: $L_{EX,8h} = 80$ dB(A) και $P_{peak} = 112$ Pa.

Σε περίπτωση υπερβάσεως ο εργοδότης οφείλει να ενημερώσει τους εργαζόμενους για την επικίνδυνη κατάσταση και να θέσει στη διάθεσή τους μέσα ατομικής προστασίας της ακοής.

Στις οριακές τιμές έκθεσης συνυπολογίζεται και η μείωση που προσφέρεται από τα ατομικά μέσα προστασίας. Για τα άλλα δυο όρια, η μείωση αυτή δε συνυπολογίζεται. Επίσης, για περιπτώσεις μεγάλης διακύμανσης της έκθεσης σε θόρυβο από μέρα σε μέρα, επιτρέπεται η χρήση του επιπέδου εβδομαδιαίας έκθεσης αντί της ημερήσιας. Αξίζει να αναφερθεί επίσης ότι, σύμφωνα με την Οδηγία, «Οι υπάρχουσες επιστημονικές γνώσεις σχετικά με τις επιπτώσεις στην υγεία και στην ασφάλεια από την έκθεση στο θόρυβο δεν επιτρέπουν τον ακριβή καθορισμό επιπέδων έκθεσης που να καλύπτουν όλους τους κινδύνους για την υγεία και την ασφάλεια, ιδίως όσον αφορά τις επιπτώσεις του θορύβου που δεν συνδέονται με απώλεια της ακοής.» Συνεπώς τα παραπάνω όρια αποτελούν ένα γενικότερο πλαίσιο το οποίο προστατεύει τους εργαζόμενους στις περισσότερες των περιπτώσεων, δεν αποτελεί όμως εγγύηση πως δε θα εμφανιστούν προβλήματα άλλου τύπου.

Ως ημερομηνία εφαρμογής της Οδηγίας από τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης ορίστηκε η 15/2/2006. Η Ελληνική Νομοθεσία εναρμονίστηκε με αυτή στις 28/7/2006 με το ΠΔ 149/06 [18], καταργώντας παράλληλα το ΠΔ 85/1991 που ίσχυε μέχρι τότε και όριζε ως οριακή τιμή έκθεσης τα 90 dB(A).

3.5 Επιπτώσεις

Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου μπορεί να έχει πολυδιάστατες επιπτώσεις τόσο στην ψυχολογική και σωματική υγεία του εργαζομένου, όσο και στην αποτελεσματικότητά του στην εργασία [1]. Η άμεση επίπτωση είναι η καταπόνηση του συστήματος ακοής, η οποία μπορεί να προκαλέσει από προσωρινή δυσκολία στην ακοή, μέχρι μόνιμη κώφωση. Επίσης έχουν σημειωθεί άλλες, μη-ακουστικές επιδράσεις στο σώμα του εκτεθειμένου εργαζομένου, όπως στο κυκλοφορικό, το γαστρεντερικό και άλλα συστήματα. Σημαντική είναι επίσης η πιθανότητα επικάλυψης άλλων επίσημων ή ανεπίσημων ηχητικών σημάτων τα οποία ειδοποιούν τον εργαζόμενο για άλλους κινδύνους (οχήματα, υπερθέρμανση μηχανημάτων κτλ.) με αποτέλεσμα από μικροτραυματισμούς μέχρι σοβαρότατα ατυχήματα. Τέλος, δεν πρέπει να υποτιμηθούν οι επιπτώσεις της ψυχολογικής φόρτισης που επιφέρει η έκθεση σε θόρυβο. Πιο αναλυτικά, έχουμε:

- Επιπτώσεις στο σύστημα ακοής: Παρατεταμένη έκθεση σε υψηλή ένταση και κυρίως σε χαμηλές συχνότητες οδηγούν σε
 - Ακουστική κόπωση: Προσωρινή μεταβολή του κατωφλίου ακουστότητας, κυρίως στις υψηλές συχνότητες
 - Κώφωση: Οριστική απώλεια της ακοής για ορισμένες συχνότητες ή για όλο το φάσμα, εμφάνιση ενοχλήσεων όπως συριγμοί, εμβοές κτλ.
- Μη – ακουστικές επιπτώσεις:
 - Καρδιαγγειακό σύστημα: καρδιοαγγειακές ανωμαλίες, υπέρταση, ταχυκαρδία
 - Γαστρεντερικό σύστημα: διατάραξη της λειτουργίας της πέψης
 - Διατάραξη των ενδοκρινικών αδένων και του αναπαραγωγικού συστήματος κυρίως των γυναικών
- Ψυχολογικές επιπτώσεις: Ο θόρυβος ακόμα και χαμηλής έντασης επιδρά στο νευρικό σύστημα, με συνέπεια:
 - διαταραχές συμπεριφοράς (επιθετικότητα, απάθεια)
 - διαταραχές στον ύπνο, πνευματική και σωματική κόπωση
 - υπερένταση, άγχος, εκνευρισμός
 - ψυχοκινητικές διαταραχές (επιβράδυνση του χρόνου αντίδρασης) [5]
- Σε μειωμένη απόδοση και ανθρώπινα λάθη οδηγούν τα εξής:
 - Απώλεια συγκέντρωσης, μειωμένη επεξεργασία και απομνημόνευση πληροφοριών
 - Παρεμπόδιση επικοινωνίας μεταξύ των εργαζομένων
 - Επικάλυψη επίσημων και ανεπίσημων ηχητικών σημάτων τα οποία είτε ειδοποιούν για κάποιον κίνδυνο είτε μεταφέρουν πληροφορίες για την παραγωγή. [1]

Οι επιπτώσεις στο σύστημα ακοής είναι αμελητέες για έκθεση κάτω των 80 dB(A), ανύπαρκτες δε κάτω των 75 dB(A). Άνω των 80 dB(A) όμως ο κίνδυνος μεταβολής του κατωφλίου ακουστότητας είναι σημαντικός και αυξάνεται δραματικά, φτάνοντας μέχρι και τα 40 dB(A) για πολύχρονη έκθεση σε θόρυβο άνω των 100 dB(A). Οι πλέον επιβλαβείς συχνότητες είναι οι χαμηλές και οι μέσες, δηλαδή μικρότερες των 1000 Hz περίπου. [19]

Όσον αφορά τις ψυχολογικές επιπτώσεις και τη μειωμένη απόδοση στην εργασία, ο διαλείπων ή ακανόνιστος επαναλαμβανόμενος θόρυβος θα έχει σημαντικότερη επίδραση από το συνεχές, ακόμα και αν δεν έχει την ίδια ένταση. [20]

4. Μελέτη Θορύβου

Ο θόρυβος μπορεί να είναι σημαντική πηγή κινδύνου για τους εργαζόμενους μιας βιομηχανικής μονάδας. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η προσεκτική μελέτη του και η αξιολόγηση της επικινδυνότητας που παρουσιάζει, συγκρίνοντας την υπάρχουσα κατάσταση με τα επιτρεπτά όρια που ορίζονται από τη νομοθεσία. Τα βήματα που συνθέτουν τη συγκεκριμένη μελέτη για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση του θορύβου είναι τα εξής:

- Παρατήρηση – εντοπισμός πηγών θορύβου, ανεπίσημων ηχητικών σημάτων
- Χαρτογράφηση Θορύβου
- Εκτίμηση Ημερήσιας Έκθεσης Εργαζομένων
- Ανάλυση Φάσματος Συχνοτήτων

4.1 Σκοπός Μελέτης Θορύβου

Σκοπός μιας μελέτης θορύβου είναι ο εντοπισμός των ηχητικών πηγών και των εργασιών που ευθύνονται σε μεγαλύτερο ποσοστό για την επιβάρυνση των εργαζομένων. Με βάση τα συμπεράσματα αυτά στη συνέχεια ο μελετητής προχωρά σε προτάσεις βελτιωτικών παρεμβάσεων στον εργασιακό χώρο ή στην οργάνωση της εργασίας (τρόπος που εκτελούνται οι εργασίες ή χρόνος παραμονής σε συγκεκριμένες θέσεις κλπ.) ώστε να μειωθεί η έκθεση των εργαζομένων στο θόρυβο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί, κατά σειρά προτεραιότητας, με επεμβάσεις είτε στις ίδιες τις πηγές θορύβου (αλλαγές στη λειτουργία τους ή τον τρόπο εκτέλεσης των εργασιών), είτε στη διάδοση του ήχου (ηχοπετάσματα, αντικραδασμικά) είτε στο δέκτη του (μέσα ατομικής προστασίας στους εργαζόμενους).

Όπως αναφέρθηκε, η συγκεκριμένη μελέτη θορύβου επικεντρώνεται στο χώρο των κοσκίνων καθώς εκεί παρατηρήθηκε εμφανώς δυσμενής κατάσταση όσον αφορά το ηχητικό περιβάλλον. Μεγάλος αριθμός ηχητικών πηγών εκπέμπουν θόρυβο ο οποίος υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια, ενώ οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε αυτόν καθ' όλη τη διάρκεια της βάρδιας τους με εξαίρεση τα διαστήματα των διαλειμμάτων. Μέσα ατομικής ηχοπροστασίας έχουν διατεθεί στο παρελθόν από τη διοίκηση, ωστόσο καθώς επρόκειτο για ωτοασπίδες - βύσματα και λόγω της σκόνης που υπάρχει στο χώρο οι εργαζόμενοι επικαλούνταν ανησυχία για πιθανές μολύνσεις των αυτών καθώς και για ενοχλήσεις και δυσκολία στην επικοινωνία μεταξύ τους. Συνεπώς η χρήση τους γρήγορα εγκαταλείφθηκε, και ως αποτέλεσμα δεν υπάρχει καμία προστασία.

Ακολουθεί η μελέτη θορύβου για το συγκεκριμένο εργασιακό περιβάλλον, σύμφωνα με τα βήματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

4.2 Περιγραφή του χώρου

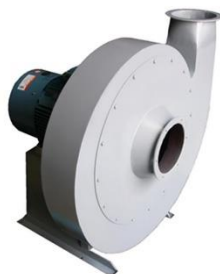
4.2.1 Ηχητικές Πηγές

Αρχικά μέσω παρατήρησης του χώρου εντοπίστηκαν οι διατάξεις από τις οποίες πηγάζει ο θόρυβος και αξιολογήθηκαν βάσει της σημαντικότητάς τους. Επίσης εξηγείται η βασική λειτουργία της κάθε διάταξης, καθώς είναι σημαντικό να γίνει κατανοητή αυτή καθώς και τα στοιχεία της τα οποία προκαλούν το θόρυβο, ώστε εν συνεχεία να διαπιστωθούν πιθανές επεμβάσεις με σκοπό τη μείωσή του.

Έτσι, έχουμε:

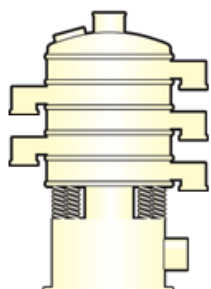
- *Φυσητήρες*: Πρόκειται για φυγοκεντρικούς (ακτινικούς) φυσητήρες οι οποίοι δίνουν ταχύτητα στον αέρα εντός των αγωγών για τη μεταφορά του υλικού. Οι φυσητήρες είναι οι σημαντικότερες πηγές θορύβου στο χώρο.

Ο ήχος παράγεται από δυνάμεις που δέχεται η πτερωτή κατά τη ροή του αέρα και των κόκκων, τριβές στο σύστημα κίνησης (ρουλεμάν, ιμάντας) και κατά την περιστροφή του άξονα, πρόσκρουση των κόκκων υλικού στα τοιχώματα αλλά και ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις στον ηλεκτροκινητήρα. Οι ήχοι αυτοί είναι ευρυζωνικοί. Επίσης με τη ροή του αέρα στην έξοδο της πτερωτής παράγεται θόρυβος στη συχνότητα διέλευσης των πτερυγίων (blade passing frequency) ο οποίος αυξάνεται σε αναλογία με την ταχύτητα, μέχρι αυτή να φτάσει την τιμή $1,35 \cdot \text{BEP}$ (best efficiency point, ονομαστικό σημείο λειτουργίας) μετά από την οποία εμφανίζεται μικρή μείωση της έντασης. Τέλος, θόρυβος συχνότητας γύρω στα 300 Hz παράγεται λόγω της μηχανικής δονήσεως των τοιχωμάτων του φυσητήρα [21].



ΕΙΚΟΝΑ 8: ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΦΥΣΗΤΗΡΑΣ

- *Κόσκινα (περιφοράς και δονήσεως)*: Το προς διαχωρισμό υλικό διέρχεται από μια σειρά διαδοχικών κοσκίνων στα οποία εισέρχεται από το πάνω μέρος και με τη βοήθεια της βαρύτητας και της φυγοκέντρου δύναμης διαχωρίζεται κατά κατηγορίες διαμέτρων. Το κάθε κόσκινο αποτελείται από μια σειρά βαθμίδων όπου κόκκοι



ΕΙΚΟΝΑ 9: ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΚΟΣΚΙΝΟ

συγκεκριμένων διαμέτρων συγκρατούνται από σίτες και προωθούνται σε χωριστούς αγωγούς, είτε σε νέο κόσκινο για νέα διαχώριση.

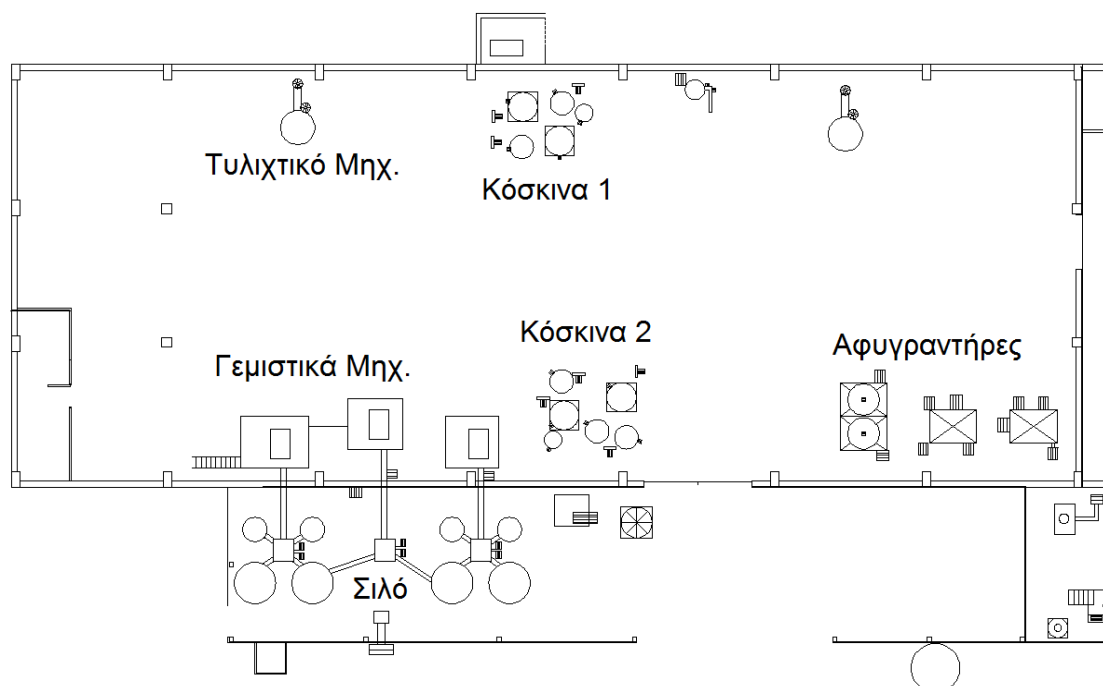
Ο ήχος παράγεται κατά κύριο λόγο από την πρόσκρουση του υλικού στα τοιχώματα των κοσκίνων, από το σύστημα κίνησης (ηλεκτροκινητήρας, ιμάντας, άξονας), την πρόσκρουση των βαθμίδων των κοσκίνων μεταξύ τους αλλά και κατά τη συμπίεση των ελατηρίων στα οποία εδράζεται. Τα κόσκινα δονήσεως (χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό κόκκων μικρότερων διαμέτρων) εκτελούν κίνηση μεγαλύτερης συχνότητας αν και μικρότερου πλάτους από τα κόσκινα περιφοράς, συνεπώς η ηχητική ένταση είναι μεγαλύτερη. Συνολικά ο παραγόμενος θόρυβος μοιράζεται σε όλες τις συχνότητες.

- *Αγωγοί Αερομεταφοράς:* Είναι μεταλλικοί αγωγοί κυλινδρικής διατομής και διαμέτρου περίπου 20 cm μέσω των οποίων μεταφέρεται το υλικό στα διάφορα στάδια παραγωγής του.

Ο θόρυβος είναι ευρυζωνικός και προκαλείται από τη ροή του αέρα η οποία γενικά είναι τυρβώδης, αλλά και από κόκκους που προσκρούουν στα τοιχώματα των αγωγών. Όπως είναι κατανοητό, σε σημεία όπου οι αγωγοί πραγματοποιούν καμπή τα φαινόμενα αυτά εντείνονται με συνέπεια σημαντικά υψηλότερη ηχητική ένταση, ενώ όσο μικρότερη είναι η ακτίνα καμπυλότητας τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του παραγόμενου θορύβου [22]. Επίσης θόρυβος προκαλείται από δονήσεις του συστήματος συγκράτησης των αγωγών από το ταβάνι [14].

- *Αφυγραντήρες (Φυγοκεντρικοί διαχωριστές):* Η αφύγρανση του υλικού πραγματοποιείται με μηχανικό τρόπο σε διαχωριστή ο οποίος περιστρέφεται και απομακρύνει τον ατμό μέσω μικρών οπών, συγκρατώντας παράλληλα τους κόκκους του υλικού. Ο ατμός στη συνέχεια απάγεται στην ατμόσφαιρα μέσω αγωγού.

Τα στοιχεία που παράγουν το θόρυβο είναι το σύστημα κίνησης (ηλεκτροκινητήρες, μετάδοση κίνησης), οι τριβές κατά την περιστροφή του άξονα, η πρόσκρουση του



ΕΙΚΟΝΑ 10: ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΩΝ ΚΟΣΚΙΝΩΝ

υλικού στα τοιχώματα και η τυρβώδης ροή στους αγωγούς εισόδου του υλικού και εξόδου του ατμού.

- Έξοδος Αέρα από σιλό: Κατά την πλήρωση του σιλό αποθήκευσης με υλικό ο αέρας εξέρχεται από αυτό μέσω αγωγού στο πάνω μέρος του. Αυτός κατευθύνεται προς τα κάτω και εξέρχεται σε ανοικτό σάκο εν είδει φίλτρου, στο ύψος περίπου ενός ανθρώπου. Εκτός από το συριγμό του ίδιου του αέρα κατά την έξοδο από τον αγωγό, θόρυβος προκαλείται και από την πρόσκρουσή του στο εσωτερικό του σάκου, η οποία προκαλεί τη δόνησή του.

Οι παραπάνω πηγές είναι οι κυριότερες από άποψη εντάσεως και λόγω της φύσης της παραγωγής βρίσκονται σε λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια της βάρδιας. Άλλες πηγές που υπάρχουν στο χώρο αλλά είναι μικρότερης σημαντικότητας, περιλαμβάνουν συστήματα εξαερισμού και απαγωγής αιωρημάτων, το περονοφόρο όχημα, τυλιχτικά μηχανήματα, κοχλιομεταφορείς τροφοδοσίας του υλικού από τα σιλό στα γεμιστικά μηχανήματα, ηλεκτροβάνες ρύθμισης ροής στα σιλό και τις δεξαμενές και άλλα. Οι πηγές αυτές είναι χαμηλότερης έντασης και δεν επιδρούν σημαντικά στο ηχητικό περιβάλλον, συνεπώς

Στο χώρο εντοπίζονται τρεις βασικές διατάξεις πηγών θορύβου: τα δύο σύνολα κοσκίνων και το σύστημα των αφυγραντήρων. Αναλυτικά, στην καθεμία από αυτές απαριθμούνται οι εξής ηχητικές πηγές:

Σύνολο κοσκίνων 1:

- 5 περιστροφικά κόσκινα
- 1 κόσκινο δόνησης
- 3 φυγοκεντρικοί φυσητήρες

Σύνολο κοσκίνων 2:

- 4 περιστροφικά κόσκινα εντάσεως
- 1 κόσκινο δόνησης
- 3 φυγοκεντρικοί φυσητήρες

Αφυγραντήρες:

- 2 φυγοκεντρικοί διαχωριστές - αφυγραντήρες
- 7 φυγοκεντρικοί φυσητήρες

Σωληνώσεις αερομεταφοράς:

- Από ένας αγωγός ενώνει τη δεξαμενή του κάθε αφυγραντήρα με το κάθε σύνολο κοσκίνων
- τρεις αγωγοί ξεκινάν από το κάθε σύνολο κοσκίνων και καταλήγουν στα σιλό

Είναι γραμμικές πηγές θορύβου και όχι σημειακές, καθώς ο ήχος παράγεται σε όλο το μήκος τους. Σε διάφορα σημεία μετρήθηκε ένταση 98 dB(A), με μικρές αποκλίσεις, ενώ μόνη εξαίρεση ήταν τα σημεία καμπής των αγωγών σε γωνία, όπου μετρήθηκε ηχητική ένταση μέχρι και 105 dB(A).

4.2.2 Ανεπίσημα ηχητικά σήματα

Η συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία δε βασίζεται στην εκπομπή επίσημων ηχητικών σημάτων καθώς η λειτουργία της είναι συνεχής και οι εργασίες που εκτελούνται είναι συγκεκριμένες. Άλλωστε δεδομένου του γενικότερου ηχητικού περιβάλλοντος οποιοδήποτε ηχητικό σήμα θα ήταν δύσκολο να γίνει αντιληπτό. Ωστόσο οι πεπειραμένοι εργαζόμενοι είναι σε θέση να ξεχωρίσουν τους διάφορους ήχους και να αντιληφθούν οποιαδήποτε απρόσμενη αλλαγή που μπορεί να σηματοδοτεί κάποιο πρόβλημα. Ύστερα από παρατήρηση της εργασίας και συζητήσεις, διαπιστώθηκαν τα εξής ανεπίσημα ηχητικά σήματα από τα οποία αντλούνται πληροφορίες:

- Σε περίπτωση διακοπής της παροχής του υλικού ο ήχος στους αγωγούς αλλάζει καθώς μεταφέρεται μόνο αέρας. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε σε βλάβη κάποιας αντλίας, είτε σε φράξιμο του αγωγού σε προηγούμενο σημείο λόγω μεγάλων κομματιών υλικού που προσκολλώνται στα τοιχώματα και μεταξύ τους.
- Σε περίπτωση βλάβης κάποιου φυσητήρα ή του συστήματος κίνησής του, είναι πιθανή η συσσώρευση υλικού σε κάποιο κόσκινο ή άλλη διάταξη και τελικά η υπερχειλίσή του. Η βλάβη αυτή είναι δυνατό να γίνει αντιληπτή από την αλλαγή του ήχου, ώστε να διακοπεί η παροχή του υλικού πριν προκληθεί μεγαλύτερο πρόβλημα.

Αυτά τα ηχητικά σήματα θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν κατά την εφαρμογή παρεμβάσεων στο χώρο. Αφού αξιολογηθεί η σημαντικότητά τους και αν κριθεί ότι φέρουν αναγκαίες πληροφορίες, θα πρέπει είτε να εξασφαλιστεί πως οι εργαζόμενοι θα μπορούν ακόμα να τα λάβουν, είτε να αντικατασταθούν από επίσημα σήματα.

4.3 Χρησιμοποιούμενα Μετρητικά Όργανα

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα μετρητικά όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της εργασίας. Τα όργανα ανήκουν στο εργαστήριο της Ερευνητικής Μονάδας Εργονομίας της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ και παραχωρήθηκαν για τις μετρήσεις που απαιτήθηκαν.

4.3.1 Ηχώμετρο

Το ηχώμετρο που χρησιμοποιήθηκε είναι το μοντέλο **2238** της Δανικής εταιρίας **Brüel & Kjær**.



ΕΙΚΟΝΑ 11 ΗΧΟΜΕΤΡΟ B&K 2238

Το ηχώμετρο χρησιμοποιήθηκε για σημειακές μετρήσεις του L_{eq} , είτε για την κατάστρωση του χάρτη θορύβου (κεφ. 4.4) είτε για τη μέτρηση του θορύβου σε διάφορα σημεία με σκοπό τον υπολογισμό της εκθέσεως των εργαζομένων σε αυτόν (κεφ. 4.5.1). Χρησιμοποιήθηκε επίσης για την ανάλυση του ηχητικού περιβάλλοντος ανά φάσματα συχνοτήτων (κεφ. 4.6).

Ενδιαμέσως των επισκέψεων στο εργοστάσιο πραγματοποιούνταν βαθμονομήσεις στο ηχώμετρο ώστε οι μετρήσεις να είναι ακριβείς και ανεπηρέαστες από προηγούμενες μετρήσεις σε άλλα ηχητικά περιβάλλοντα. Οι βαθμονομήσεις έγιναν με το Sound Calibrator Type 4231 της Brüel & Kjær.



ΕΙΚΟΝΑ 12 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΤΗΣ B&K 4231

4.3.2 Ηχοδοσίμετρο

Το ηχόμετρο που χρησιμοποιήθηκε είναι το μοντέλο **4436** της Δανικής εταιρίας **Brüel & Kjær**. Μέσω αυτού μετρήθηκε η ημερήσια έκθεση των εργαζομένων σε θόρυβο (κεφ. 4.5.3).



ΕΙΚΟΝΑ 13 ΗΧΟΔΟΣΙΜΕΤΡΟ B&K 4436

Η βαθμονόμηση του ηχοδοσιμέτρου πραγματοποιήθηκε με το μοντέλο **4230 Sound Level Calibrator** της **Brüel & Kjær** πριν από τις μετρήσεις.



ΕΙΚΟΝΑ 14 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΤΗΣ B&K 4230

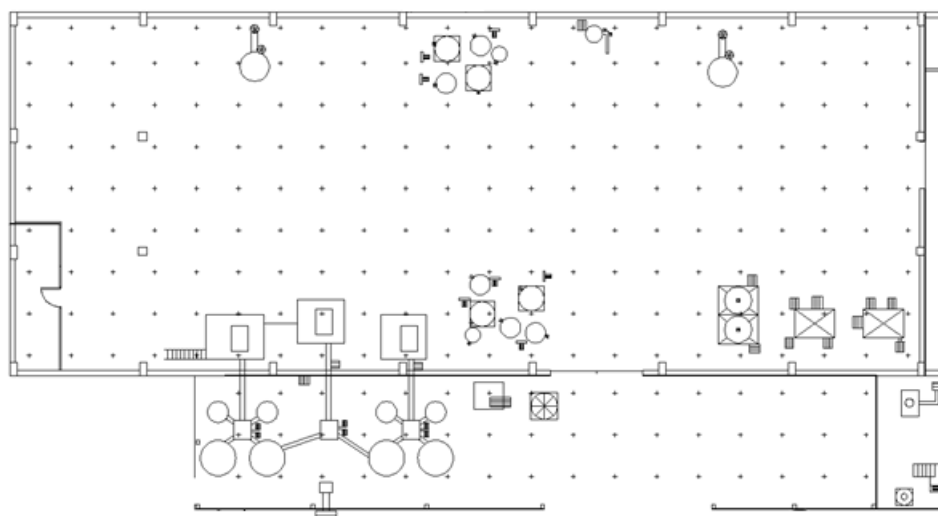
4.4 Χαρτογράφηση Θορύβου

Ένα βασικό βήμα για τη μελέτη του θορύβου είναι η απεικόνιση της υπάρχουσας κατάστασης σε Χάρτη Θορύβου. Πρόκειται για γραφική αναπαράσταση του ηχητικού περιβάλλοντος με ισοηχείς καμπύλες (ζώνες όπου το επίπεδο θορύβου βρίσκεται εντός της ίδιας περιοχής

έντασης) πάνω σε κάτοψη του υπό μελέτη χώρου. Ο χάρτης θορύβου δίνει στον εργοδότη και τους εργαζόμενους μια λεπτομερή εικόνα για τις πιο επιβαρυνμένες περιοχές στο χώρο και την κατεύθυνση η οποία πρέπει να ακολουθηθεί για τη βελτίωσή της κατάστασης [23]. Η εικόνα αυτή δεν είναι απόλυτα αξιόπιστη καθώς ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα μόνο της στιγμής στην οποία ελήφθησαν οι μετρήσεις, και για αυτό το λόγο είναι ζητούμενο η στιγμή αυτή να είναι αντιπροσωπευτική της συνήθους κατάστασης από άποψη ηχητικού περιβάλλοντος.

4.4.1 Μεθοδολογία

Για την εκπόνηση του χάρτη θορύβου, ο υπό μελέτη χώρος χωρίστηκε σε κানাβο ανά δύο μέτρα και λήφθηκαν μετρήσεις της ηχητικής έντασης στα σημεία που ορίστηκαν. Σε περίπτωση διαφοράς μεγαλύτερης των 3 dB(A) μεταξύ δυο διαδοχικών σημείων λήφθηκε επιπλέον μέτρηση στο μέσο του μεταξύ τους διαστήματος. Ο κানাβος τοποθετήθηκε έτσι ώστε όλα τα σημεία να απέχουν τουλάχιστον μισό μέτρο από τους τοίχους του εργοστασίου, κατά τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα της Εικόνας 11. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με ηρόμετρο, σε απόσταση 1,50 μέτρων από το έδαφος, με σταθερή κατεύθυνση προς τα δεξιά του σχήματος και είχαν διάρκεια 30 δευτερολέπτων. Έγινε προσπάθεια όλες οι κοντινές ηχητικές πηγές να είναι σε λειτουργία τη στιγμή των μετρήσεων, ώστε να απεικονίζεται η πιο επιβαρυνμένη κατάσταση που είναι και η πιο συνηθισμένη στη διάρκεια της ημέρας.



ΕΙΚΟΝΑ 15: ΚΑΝΑΒΟΣ ΧΑΡΤΗ ΘΟΡΥΒΟΥ

Για την κατασκευή του χάρτη θορύβου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό NoiseAtWork της ολλανδικής εταιρίας DGMR. Το πρόγραμμα αυτό εκτός από την απεικόνιση του χάρτη θορύβου βάσει μετρήσεων, προσφέρει τη δυνατότητα προσέγγισης του χάρτη βάσει πηγών θορύβου που εισάγει ο χρήστης με τη σωστή ένταση, θέση και ύψος. Η λειτουργία αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη καθώς είναι δυνατό στη συνέχεια να εφαρμόσουμε παρεμβάσεις όπως μεταφορά και απομόνωση των πηγών θορύβου, μείωση της εκπεμπόμενης εντάσεως μέσω ηχομόνωσης, τοποθέτηση ηχοπετασμάτων κοντά στις πηγές ή στους εργαζόμενους και

αλλαγή της ηχοαπορροφητικότητας των τοίχων, και να λάβουμε μια πρόβλεψη για το αποτέλεσμα που θα φέρουν και την κατάσταση που θα επικρατεί στο χώρο.

4.4.2 Αποτελέσματα

4.4.2.1 Χάρτης βάσει μετρήσεων

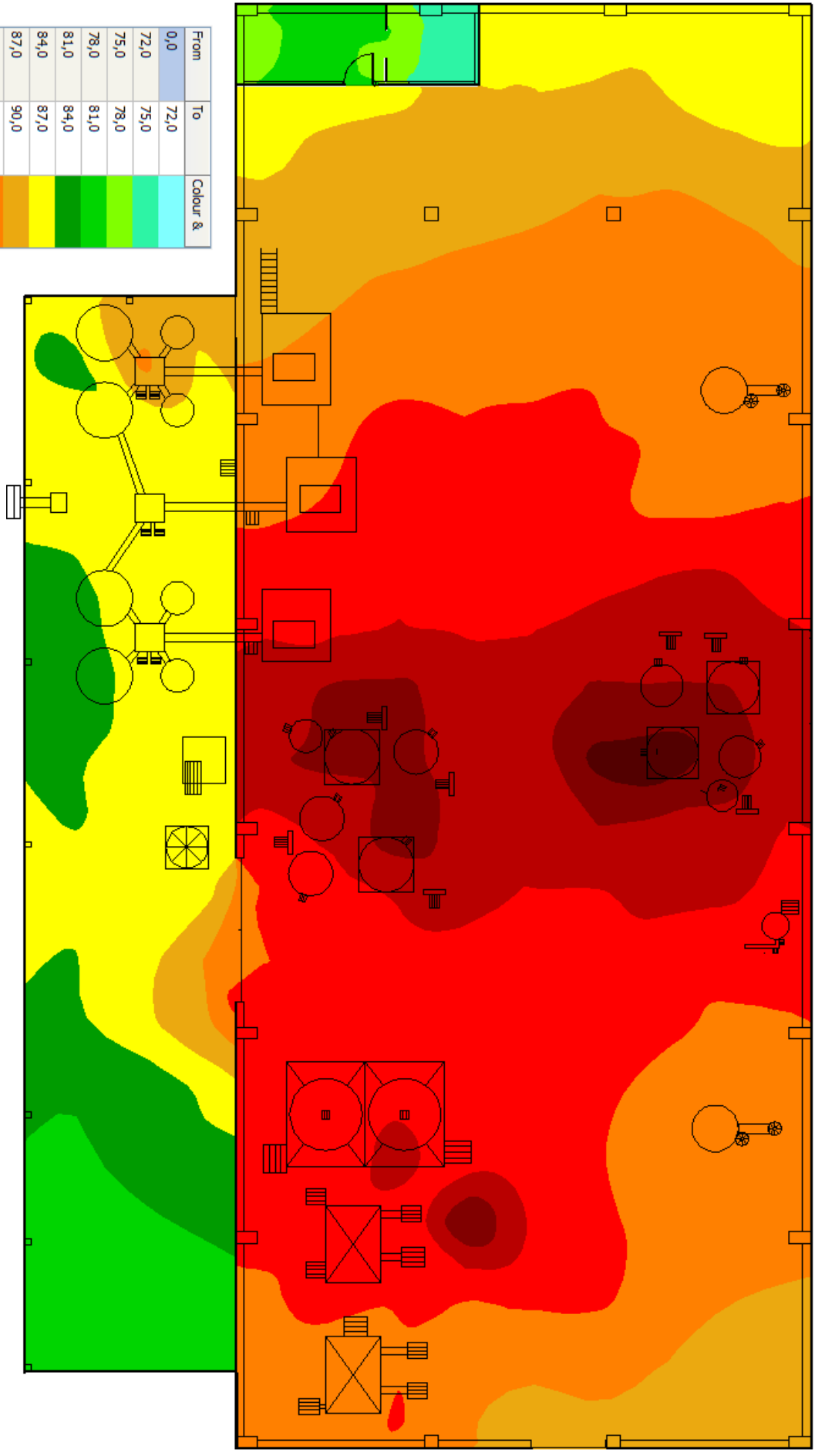
Από τις μετρήσεις προέκυψαν τιμές σε μεγάλο εύρος που εκτείνεται από 65 dB(A) στο δωμάτιο διαλειμμάτων μέχρι 104,1 dB(A) σε απόσταση μισού μέτρου από φυσητήρα σε λειτουργία, και 105 dB(A) σε απόσταση μισού μέτρου από την καμπή αγωγού αερομεταφοράς. Στο αριστερό άκρο του χώρου των κοσκίνων η ηχητική ένταση έχει τιμές 85 – 90 dB(A) ενώ πλησιάζοντας στο κέντρο και τα κόσκινα η ένταση αυξάνεται, για να κορυφωθεί σε μια ζώνη τιμών 96 -100 dB(A). Στη συνέχεια προχωρώντας προς τα δεξιά η ένταση μειώνεται πάλι, ενώ υψηλές τιμές της παρατηρούνται και κοντά στην τρίτη εστία θορύβου, τους αφυγραντήρες και τους παρελκόμενους φυσητήρες τους. Στο διπλανό δωμάτιο όπου βρίσκονται τα σιλό η ένταση είναι εμφανώς μικρότερη καθώς δεν υπάρχει κάποια σημαντική πηγή θορύβου εντός του, με τις τιμές της να εκτείνονται κυρίως στο διάστημα 80 – 85 dB(A).

Παρακάτω φαίνεται ο χάρτης θορύβου που προέκυψε με τη χρήση του ηχομέτρου. Με βάση το εύρος των τιμών που προέκυψαν, επιλέχθηκε για τις ισοηχείς καμπύλες η διαβάθμιση χρωμάτων που φαίνεται στην Εικόνα 12. Σχετικά με το χρωματική διαβάθμιση επιλέχθηκε σταθερό διάστημα 3 dB(A) για κάθε περιοχή εντάσεων, ενώ η αλληλουχία των χρωμάτων ακολουθεί περίπου το φάσμα του ορατού φωτός, ώστε να είναι εύκολα κατανοητή από τον αναγνώστη.

From	To	Colour &
0,0	72,0	
72,0	75,0	
75,0	78,0	
78,0	81,0	
81,0	84,0	
84,0	87,0	
87,0	90,0	
90,0	93,0	
93,0	96,0	
96,0	99,0	
99,0	102,0	
102,0	105,0	

ΕΙΚΟΝΑ 16: ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΡΩΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΧΑΡΤΗ ΘΟΡΥΒΟΥ

From	To	Colour &
0,0	72,0	
72,0	75,0	
75,0	78,0	
78,0	81,0	
81,0	84,0	
84,0	87,0	
87,0	90,0	
90,0	93,0	
93,0	96,0	
96,0	99,0	
99,0	102,0	
102,0	105,0	



ΕΙΚΟΝΑ 17: ΧΑΡΤΗΣ ΘΟΡΥΧΟΥ ΒΑΣΕΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

4.4.2.2 Χάρτης Θορύβου βάσει πηγών

Προκειμένου να οπτικοποιηθεί το αποτέλεσμα των παρεμβάσεων που θα προταθούν στη συνέχεια, είναι απαραίτητη η μοντελοποίηση του υπάρχοντος ηχητικού περιβάλλοντος με βάση τις πηγές που βρίσκονται στο χώρο. Το αποτέλεσμα δε θα έχει μεγάλη ακρίβεια λόγω της πολυπλοκότητας του ήχου ως φυσικό φαινόμενο, όμως είναι χρήσιμο εργαλείο για τη συνέχεια της εργασίας. Στο μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν οι εξής ηχητικές πηγές:

Κόσκινα γραμμής 1:

- 6 κόσκινα, σημειακές πηγές, 97, 98, 103, 99 και 96 dB(A)
- 3 φουσητήρες, σημειακές πηγές, 102, 97 και 95 dB(A)

Κόσκινα γραμμής 2:

- 6 κόσκινα, σημειακές πηγές, 100, 97, 97, 95, 95 και 95 dB(A)
- 3 φουσητήρες, σημειακές πηγές, 102 dB ο ένας, 98 dB οι υπόλοιποι

Αφυγραντήρες:

- 2 αφυγραντήρες έντασης 95 dB(A)
- 6 φουσητήρες έντασης 104 dB(A) οι δυο, 95 dB οι υπόλοιποι

Αερομεταφορείς: γραμμικές πηγές, μοντελοποιούνται ως διαδοχικές σημειακές πηγές εντάσεως 98 dB(A) ανά 3 μέτρα [24], 102 dB(A) όπου εμφανίζεται καμπή τους

- 2 αγωγοί από τα σιλό των αφυγραντήρων στα κόσκινα, σε ύψος 7 μέτρων
- 6 αγωγοί από τα κόσκινα στα σιλό, σε ύψος 6 μέτρων

Φίλτρα – έξοδοι αέρα από σιλό

- 2 σημειακές πηγές 85 dB(A)

Κοχλιομεταφορείς

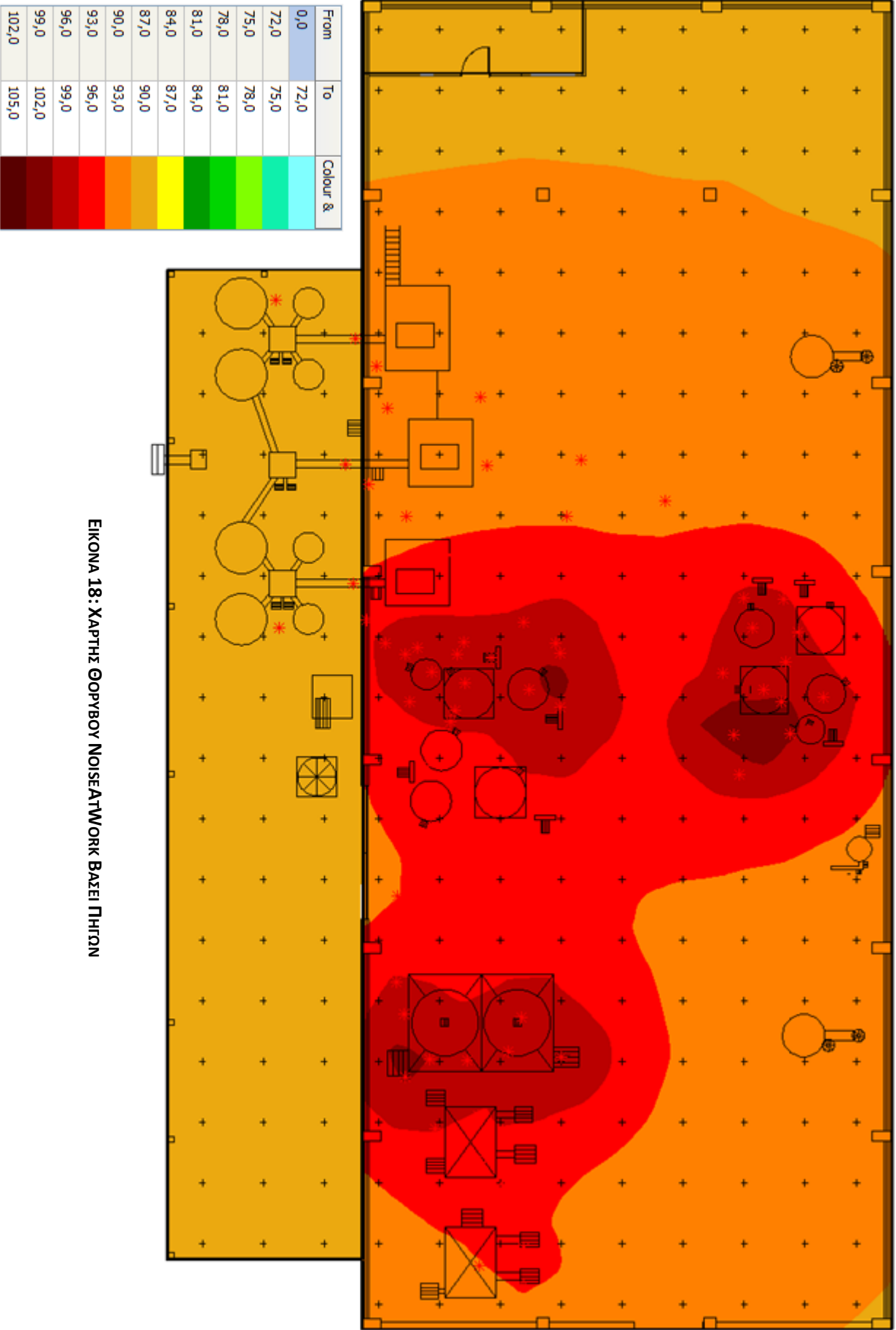
- 3 σημειακές πηγές 83 dB(A)

Ως βαθμός ηχοαπορρόφησης των τοίχων ορίστηκε $\alpha = 0,6$. Η τιμή αυτή κρίνεται μεγάλη αλλά δίνει αποτέλεσμα πολύ κοντινό σε αυτό που προκύπτει από τις πραγματικές μετρήσεις. Οι τσιμεντένιοι τοίχοι συνήθως έχουν συντελεστή κοντά στο $\alpha = 0,4$ αναλόγως και της επικάλυψης με μπογιά ή άλλο υλικό που μπορεί να έχουν.

Είναι εμφανής η απόκλιση από τον χάρτη που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4.2.2, ειδικά στη διάδοση του ήχου μακριά από τις πηγές. Η απόκλιση αυτή πιθανώς οφείλεται σε ανακρίβειες των εισαγμένων δεδομένων ή και σε λάθη του λογισμικού. Εν πάση περιπτώσει σκοπός του μοντέλου αυτού δεν είναι η απεικόνιση της πραγματικής κατάστασης, αλλά η οπτικοποίηση της βελτιωμένης κατάστασης που θα προκύψει μετά από διάφορες εναλλακτικές παρεμβάσεις στο χώρο. Για το σκοπό αυτό η ομοιότητά του με τον πραγματικό χάρτη θεωρείται ικανοποιητική.

Οι πηγές που εισάχθηκαν απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα στο χάρτη (✖).

Κόκκινα σημάδια ✖: Πηγές Θορύβου



ΕΙΚΟΝΑ 18: ΧΑΡΤΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ NOISE/ATWORK ΒΑΣΕΙ ΠΗΓΩΝ

4.5 Έκθεση σε Θόρυβο

4.5.1 Μεθοδολογία - ISO 9612

Το πρότυπο ISO 9612-2009 καθορίζει τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις για την εκτίμηση της εκθέσεως των εργαζομένων σε θόρυβο: τη Μέτρηση Πλήρους Ημέρας (Full Day Measurement), τη Μέτρηση Καθηκόντων (Task Based Measurement) και τη Μέτρηση Εργασιών (Job Based Measurement) [25]. Η FDM περιγράφει την απλούστερη μέθοδο, την απευθείας μέτρηση της ημερήσιας δόσης θορύβου σε έναν συγκεκριμένο εργαζόμενο με τη χρήση ηχοδοσιμέτρου καθ' όλη τη διάρκεια της βάρδιάς του. Η μέθοδος αυτή προτείνεται γενικά όταν οι επιμέρους εργασίες είτε είναι απρόβλεπτες είτε ακολουθούν πολύ σύνθετη αλληλουχία, συνεπώς δε μπορούν να μετρηθούν ξεχωριστά αλλά είναι προτιμότερη μια συνολική μέτρηση. Η TBM απαιτεί την ανάλυση της εργασίας στα επιμέρους καθήκοντα ή εργασίες που εκτελεί ο υπ' εξέταση εργαζόμενος, και εν συνεχεία τη μέτρηση του θορύβου σε κάθε εργασία με ηχώμετρο ώστε να υπολογιστεί τελικά η έκθεση θορύβου. Με αυτή τη μέθοδο γίνεται κατανοητή η συμμετοχή της κάθε εργασίας στη συνολική έκθεση και μπορούν εύκολα να ληφθούν συμπεράσματα σχετικά με τις απαραίτητες επεμβάσεις για τη μείωση του θορύβου, φυσικά όμως απαιτείται ενδελεχής παρατήρηση, ανάλυση και χρονομέτρηση τους από το μελετητή. Σε περιπτώσεις που δεν είναι εύκολος ο διαχωρισμός μεταξύ των διαφόρων εργασιών, προτιμάται η JBM. Αυτή υποδεικνύει το διαχωρισμό των εργαζομένων σε ομάδες ομοιογενείς όσον αφορά τις εργασίες που εκτελούν και το ηχητικό περιβάλλον στο οποίο εκτίθενται (Homogenous Exposure Groups), και στη συνέχεια τη λήψη ενός αριθμού τυχαίων μετρήσεων του επιπέδου θορύβου σε διαφορετικά σημεία που βρίσκονται οι εργαζόμενοι αυτοί κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στη συνέχεια μπορεί να καθοριστεί η έκθεση σε θόρυβο συνυπολογίζοντας τις παραπάνω μετρήσεις, όμως ο αριθμός των δειγμάτων δεν καθορίζεται ακριβώς από το πρότυπο με συνέπεια την εμφάνιση μεγάλων τιμών αβεβαιότητας στα τελικά αποτελέσματα.

Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε αρχικά η μέθοδος Task Based Measurement, ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε και ηχοδοσίμετρο προκειμένου να συγκριθούν τα αποτελέσματα. Η TBM κρίθηκε ως η πλέον κατάλληλη καθώς οι εργασίες μπορούν να αναλυθούν σαφώς σε πιο συγκεκριμένα καθήκοντα, τα οποία μάλιστα παρουσιάζουν περιοδικότητα και εμφανίζονται με συγκεκριμένη, σχεδόν σταθερή συχνότητα κατά τη διάρκεια της βάρδιας [26]. Για αυτό το λόγο καθώς και για να αποφευχθεί καταρχήν η χρήση ηχοδοσιμέτρου δεν επιλέχθηκε η Full Day Measurement, η οποία άλλωστε θα έδινε συνολικά αποτελέσματα που δε θα βοηθούσαν στον εντοπισμό των πιο επιβαρυντικών εργασιών. Συνεπώς οι ενέργειες που θα πρέπει να εκτελεστούν για την εφαρμογή της TBM είναι:

- Ορισμός επιμέρους εργασιών, χρονομέτρηση μιας επανάληψής τους και καθορισμός συχνότητάς εκτέλεσης της καθεμίας από έναν τυπικό εργαζόμενο σε μια τυπική ημέρα.
- Μέτρηση L_{eq} κατά την εκτέλεση της κάθε εργασίας (μέτρηση 5 λεπτών, ή όλη τη διάρκεια της εργασίας αν είναι λιγότερο από 5 λεπτά)
- Υπολογισμός ημερήσιου επιπέδου έκθεσης για έναν τυπικό εργαζόμενο

Σε προηγούμενο κεφάλαιο έχει πραγματοποιηθεί το πρώτο βήμα της ανάλυσης των επιμέρους εργασιών που εκτελούνται κατά τη βάρδια και οι αντίστοιχες χρονομετρήσεις. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά, ενώ σημειώνονται και οι εργασίες που εκτελούνται από περισσότερα του ενός ατόμων ταυτόχρονα. Επίσης παρατίθεται κάτοψη του χώρου στην οποία έχουν σημειωθεί οι αριθμοί που αντιστοιχούν στην κάθε εργασία, στο σημείο ή σημεία στα οποία εκτελούνται αυτές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΧΩΡΟΥ ΚΟΣΚΙΝΩΝ

A/A	Εργασία	Διάρκεια	Επαναλήψεις	Συνολικός χρόνος
1	Ετοιμασία σάκων και κουτών	10'30"	6	1:03:00
2	Τροφοδοσία πρόσθετων υλικών και δειγματοληψία (3 θέσεις)	2'20"	80	3:06:40
3	Γέμισμα συσκευασιών (3 θέσεις)	4'30"	80	6:00:00
4	Φόρτωμα σε παλέτα (3 θέσεις)	1'30"	80	2:00:00
5	Τύλιγμα κουτών με νάιλον	1'40"	20	0:35:00
6	Μεταφορά παλέτας σε αποθήκη	2'15"	80	3:00:00
7	προετοιμασία κυπέλλων δειγμάτων	5'00"	10	0:50:00
8	Δειγματοληψία από κόσκινα (2 θέσεις)	0'45"	16	0:12:00
9	Κοσκίνισμα δειγμάτων	6'0"	16	1:36:00
10	Οπτικός έλεγχος αφυγραντήρων	1'00"	10	0:10:00
11	Διαλείμματα	15'00"	4	1:00:00



ΕΙΚΟΝΑ 19: ΣΗΜΕΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Η κάθε βάρδια αποτελείται από 5 ή 6 άτομα: 2 εργάτες πρόσθετων υλικών και δειγματοληψίας, 2-3 εργάτες συσκευασίας και έναν χειριστή περνοφόρου οχήματος. Επίσης ένας από αυτούς είναι και ο υπεύθυνος της βάρδιας, ο οποίος αν και έχει περισσότερο εποπτικό ρόλο συμμετέχει στις εργασίες, σε μια ομάδα μάλιστα είναι ο χειριστής του περνοφόρου. Παρόλο που δεν υπάρχει σαφής διαμοιρασμός των καθηκόντων μεταξύ των ατόμων αυτών μπορούμε με κάποιες παραδοχές να ορίσουμε τις εργασίες που εκτελούνται από την κάθε ομάδα. Προκειμένου οι τιμές να είναι πιο αντιπροσωπευτικές ως προς την πραγματική κατάσταση, αποφασίστηκε η εφαρμογή της μεθόδου στην καθεμία από τις προαναφερθείσες ομάδες εργαζομένων και ο υπολογισμός τριών διαφορετικών τιμών της ημερήσιας έκθεσης σε θόρυβο.

Τα καθήκοντα της κάθε ομάδας εργαζομένων είναι:

- Ομάδα 1: Θεωρώντας ότι ένας **εργάτης πρόσθετων υλικών και δειγματοληψίας** είναι και ο **υπεύθυνος της βάρδιας**, έχει την επιπλέον ευθύνη της εποπτείας της όλης διαδικασίας. Τα καθήκοντά του λοιπόν καταλαμβάνουν τους εξής χρόνους: Προετοιμασία κυπέλλων δειγμάτων (50'), δειγματοληψία από κόσκινα (12'6" σε κάθε θέση), έλεγχος δειγμάτων (1:30'), τροφοδοσία πρόσθετων υλικών και δειγματοληψία (2 hours), οπτικός έλεγχος υλικού στους αφυγραντήρες (8'00"), διαλείμματα και επικοινωνία με τη διοίκηση (1:30'). Στις υπόλοιπες 2:30 ώρες περίπου που απομένουν, ο υπεύθυνος έχει εποπτικό ρόλο στο χώρο και βέβαια εκτελεί ένα μέρος των υπόλοιπων εργασιών. Σύνολο 8 ώρες.
- Ομάδα 2: Θεωρώντας τρεις **εργάτες συσκευασίας**, τα καθήκοντά του καθενός αποτελούνται από την ετοιμασία συσκευασιών (ο χρόνος διαμοιράζεται στους 3 εργάτες δηλαδή 20' ο καθένας), το γέμισμα των συσκευασιών (οι 3 εργάτες δουλεύουν ταυτόχρονα 4 ώρες, οι οποίες βάσει παραγωγής μοιράζονται στις τέσσερις θέσεις ως εξής: 50' στη θέση α, 1:25' στη θέση β, 1:45' στη θέση γ), φόρτωμα των παλετών (οι 3 εργάτες δουλεύουν ταυτόχρονα άρα 2 ώρες, αντίστοιχα διαμοιρασμένες ανά θέση), τύλιγμα κουτών με νάιλον (ο χρόνος διαμοιράζεται στους 3 εργάτες δηλαδή 10'), συμμετοχή στην τροφοδοσία πρόσθετων υλικών (30') ενώ μια ώρα περνούν στο δωμάτιο διαλειμμάτων. Σύνολο 8 ώρες.
- Ομάδα 3: Ο **χειριστής του περνοφόρου** διαχειρίζεται τις παλέτες και ο χρόνος του διαμοιράζεται στο γέμισμα συσκευασιών και φόρτωμα της παλέτας (3:30' ώρες), τύλιγμα με νάιλον (30') και τη μεταφορά τους στην αποθήκη (3 ώρες). 1 ώρα περνάει στο δωμάτιο διαλειμμάτων, οπότε σύνολο 8 ώρες.

4.5.2 Αποτελέσματα

Για κάθε επιμέρους εργασία λήφθηκαν τρεις μετρήσεις του L_{eq} σε τρεις διαφορετικές ημέρες, με τη διάρκεια που ορίζει το πρότυπο. Σε περίπτωση διαφοράς μεγαλύτερης των 3 dB(A) μεταξύ δυο μετρήσεων για την ίδια εργασία, η μέτρηση επαναλαμβάνονταν με μεγαλύτερη διάρκεια. Φυσικά μεταξύ των επισκέψεων στο εργοστάσιο πραγματοποιούνταν βαθμονόμηση του ηχομέτρου ώστε να αυξηθεί η αξιοπιστία των μετρήσεων [27].

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται για τον κάθε τύπο εργάτη ο συνολικός χρόνος που περνάει στην κάθε θέση κατά τη διάρκεια της βάρδιάς του και οι μετρήσεις της ισοδύναμης ηχητικής έντασης L_{eq} στην καθεμία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ L_{eq} ΟΜΑΔΑΣ 1

Υπεύθυνος – Πρόσθετα υλικά			
Θέση	Εργασία	Χρόνος	L_{eq} (dB(A))
7	Προετοιμασία κυπέλλων	0:50:00	86,8
			87,5
			87,2
8α	Δειγματοληψία από κόσκια Α	0:06:00	100,6
			98,7
			99
8β	Δειγματοληψία από κόσκια Β	0:06:00	98,2
			98
			97,2
9	Κοσκίνισμα δειγμάτων	1:30:00	89
			87,8
			89,1
2	Πρόσθετα υλικά και δειγματοληψία	2:00:00	84,8
			85,5
			83
10	Οπτικός Έλεγχος στους αφυγραντήρες	0:08:00	94,2
			96,7
			95,3
-	Εποπτεία εργασιών	2:00:00	95,8
			94,3
			95,6
11	Διαλείμματα - επικοινωνία με γραφείο	1:30:00	66,7
			70,3
			68

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ LEQ ΟΜΑΔΑΣ 2

Εργάτης Συσκευασίας			
Θέση	Εργασία	Χρόνος	L _{eq} (dB(A))
1	Ετοιμασία σάκων/κουτών	0:20:00	92,3
			90,7
			91,4
3α	Γέμισμα συσκευασιών Α	0:50:00	90,1
			87,2
			89,7
3β	Γέμισμα συσκευασιών Β	1:25:00	91,8
			92,5
			91,4
3γ	Γέμισμα συσκευασιών Γ	1:45:00	92,2
			93,8
			95
4α	Φόρτωμα σε παλέτα Α	0:25:00	93,3
			90
			90,5
4β	Φόρτωμα σε παλέτα Β	0:42:00	91,4
			89,8
			92
4γ	Φόρτωμα σε παλέτα Γ	0:53:00	94,1
			94
			96,2
5	Τύλιγμα με νάιλον	0:10:00	90,6
			88
			91
2	Πρόσθετα υλικά και δειγματοληψία	0:30:00	84,8
			84,2
			83,8
11	Διαλείμματα	1:00:00	66,7
			70,3
			68

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ L_{EQ} ΟΜΑΔΑΣ 3

Χειριστής κλαρκ			
Θέση	Εργασία	Χρόνος	L _{eq} (dB(A))
4α	Φόρτωμα σε παλέτα Α	0:40:00	93,3
			90
			90,5
4β	Φόρτωμα σε παλέτα Β	1:15:00	91,4
			89,8
			92
4γ	Φόρτωμα σε παλέτα Γ	1:35:00	94,1
			94
			96,2
5	Τύλιγμα με νάιλον	0:30:00	90,6
			88
			91
6	Μεταφορά παλέτας στην αποθήκη	3:00:00	81,3
			81,7
			81,5
11	Διαλείμματα	1:00:00	66,7
			70,3
			68

Για τον υπολογισμό του επιπέδου ημερήσιας έκθεσης σε θόρυβο L_{EX,8h} του κάθε εργαζόμενου χρησιμοποιήθηκε υπολογιστικό φύλλο MS Excel συνοδευτικό του προτύπου ISO 9612, το οποίο βρέθηκε στην ιστοσελίδα του DIN (Γερμανικό Ινστιτούτο Τυποποίησης) με την ονομασία «Kalkulationsprogramm zur DIN EN ISO 9612:2009-09» [28]. Στο φύλλο αυτό εισάγονται για κάθε εργαζόμενο τα στοιχεία των παραπάνω πινάκων, και λαμβάνονται ως αποτέλεσμα τα αντίστοιχα L_{EX,8h} και η σχετική αβεβαιότητα. Τα αποτελέσματα ήταν τα εξής:

- Εργάτης πρόσθετων υλικών – υπεύθυνος: L_{EX,8h} = 91,2 dB(A) ± 1,8
- Εργάτης συσκευασίας: L_{EX,8h} = 92,6 dB(A) ± 1,6
- Χειριστής κλαρκ: L_{EX,8h} = 90,4 dB(A) ± 1,5

Είναι προφανές ότι όλες οι τιμές υπερβαίνουν το ανώτατο όριο των 87 dB(A) για την ημερήσια έκθεση σε θόρυβο, όπως ορίζεται από τη νομοθεσία. Η ομάδα που επιβαρύνεται περισσότερο από τις τρεις είναι οι εργάτες συσκευασίας όπως ήταν αναμενόμενο, καθώς αυτοί παραμένουν στο μεγαλύτερο διάστημα της βάρδιας κοντά στις βασικότερες πηγές θορύβου. Και στους υπόλοιπους εργαζόμενους όμως η επιβάρυνση είναι αξιοσημείωτη και παρά την όποια αβεβαιότητα, υπερβαίνει τα νόμιμα όρια.

Αναλυτικά τα δεδομένα που εισάχθηκαν στο υπολογιστικό φύλλο φαίνονται στα Παραρτήματα 1, 2, 3 στο τέλος της εργασίας.

4.5.3 Ηχοδοσίμετρο – Σύγκριση Αποτελεσμάτων

Παράλληλα με τον υπολογισμό της έκθεσης μέσω της μεθόδου TBM χρησιμοποιήθηκε και ηχοδοσίμετρο για την απευθείας μέτρησή της, ώστε να μπορέσει να γίνει διασταύρωση των αποτελεσμάτων. Το ηχοδοσίμετρο τοποθετήθηκε σε τσαντάκι στη μέση του εκάστοτε εργαζομένου, ενώ το μικρόφωνό του αγκιστρώθηκε στο γιακά ώστε να βρίσκεται κοντά στο αυτί.

Πραγματοποιήθηκαν δυο μετρήσεις διάρκειας τριών ωρών η καθεμία ώστε το δείγμα να είναι αρκετά αντιπροσωπευτικό σχετικά με μια πλήρη βάρδια. Η πρώτη αφορούσε εργαζόμενο επιφορτισμένο κυρίως με τα πρόσθετα υλικά και τη δειγματοληψία και η δεύτερη εργάτη που ασχολούταν περισσότερο με τη συσκευασία του υλικού. Τα αποτελέσματα των δυο αυτών μετρήσεων ήταν τα εξής:

- Υπεύθυνος – Εργάτης Πρόσθετων υλικών: $L_{EX,8h} = 91,4 \text{ dB(A)}$
- Εργάτης Συσκευασίας: $L_{EX,8h} = 93,6 \text{ dB(A)}$

Άμεσα διαπιστώνεται ότι η πρώτη μέτρηση δίνει σχεδόν ίση τιμή έκθεσης με το αποτέλεσμα που υπολογίστηκε μέσω της TBM, για την ίδια ομάδα εργαζομένων. Αντίθετα η δεύτερη μέτρηση απέχει αρκετά, είναι όμως εντός των ορίων του σφάλματος που απέδωσε η μέθοδος. Η απόκλιση αυτή μπορεί να εξηγηθεί, καθώς ο εργάτης τον οποίο αφορά η μέτρηση χειριζόταν τις περισσότερες φορές το γεμιστικό μηχάνημα Γ όπως φαίνεται στο σχήμα της Εικόνας 15, το οποίο είναι δίπλα στα κόσκινα και φυσικά εκτίθεται σε μεγαλύτερες τιμές έντασης. Ως συμπέρασμα η εφαρμογή της μεθόδου TBM κρίνεται ικανοποιητικά αξιόπιστη.

Το ηχοδοσίμετρο επίσης προσφέρει την πληροφορία της κατανομής των εντάσεων ως προς το ποσοστό του χρόνου στο οποίο μετρήθηκε η καθεμία. Οι κατανομές αυτές για τις δυο μετρήσεις είναι οι εξής:

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΟΜΑΔΑΣ 1

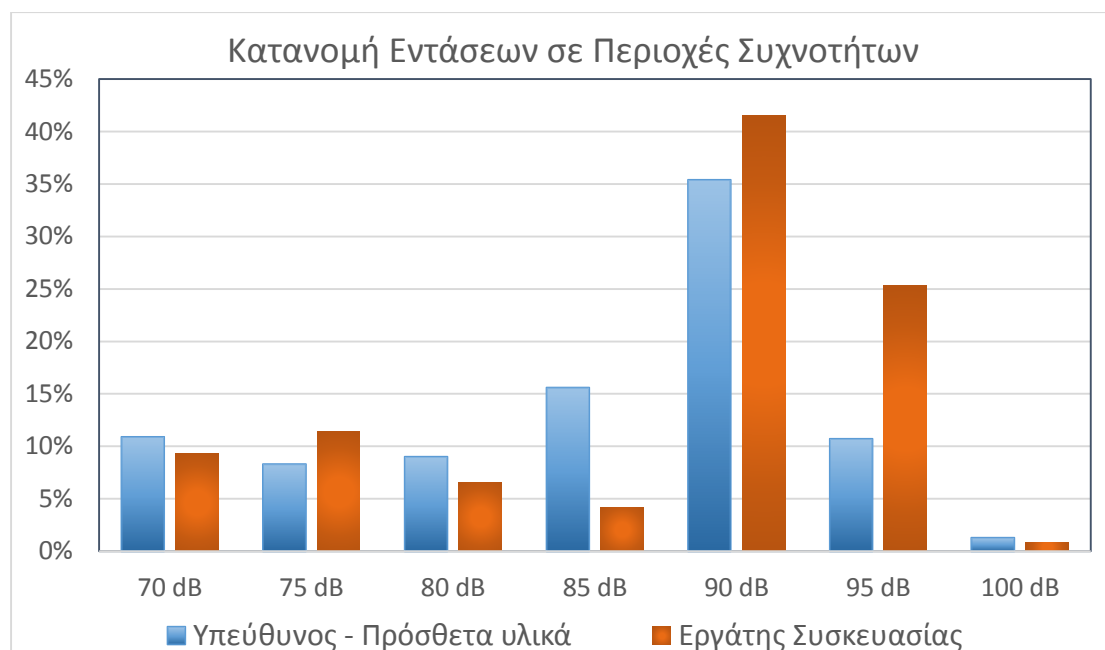
Πρόσθετα Υλικά - Υπεύθυνος								
Ένταση	70	75	80	85	90	95	100	105
Ποσοστό	10,9%	8,3%	9,0%	15,6%	35,4%	10,7%	1,2%	0,1%

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΟΜΑΔΑΣ 2

Συσκευασία								
Ένταση	70	75	80	85	90	95	100	105
Ποσοστό	9,3%	11,4%	6,6%	4,2%	41,5%	25,3%	0,7%	0,1%

Όπως αναμενόταν, ο εργάτης συσκευασίας εκτίθεται ως επί των πλείστων σε θόρυβο εντάσεων 90 – 95 dB(A) λόγω του χρόνου που περνάει στα γεμιστικά μηχανήματα όπου επικρατούν τα υψηλότερα επίπεδα έντασης. Αντιθέτως ο υπεύθυνος της βάρδιας που διαχειριζόταν κυρίως τα πρόσθετα υλικά έχει αυξημένο ποσοστό χρόνου και στις εντάσεις 80

– 85 dB(A), λόγω του χρόνου στον οποίο βρίσκεται στο χώρο των σιλό. Έχει επίσης σχεδόν διπλάσιο χρόνο στον οποίο εκτίθεται σε εντάσεις άνω των 100 dB(A), λόγω της λήψης δειγμάτων στα κόσκινα και άλλων εργασιών. Τα παραπάνω απεικονίζονται με καλύτερο τρόπο στο Διάγραμμα 2.



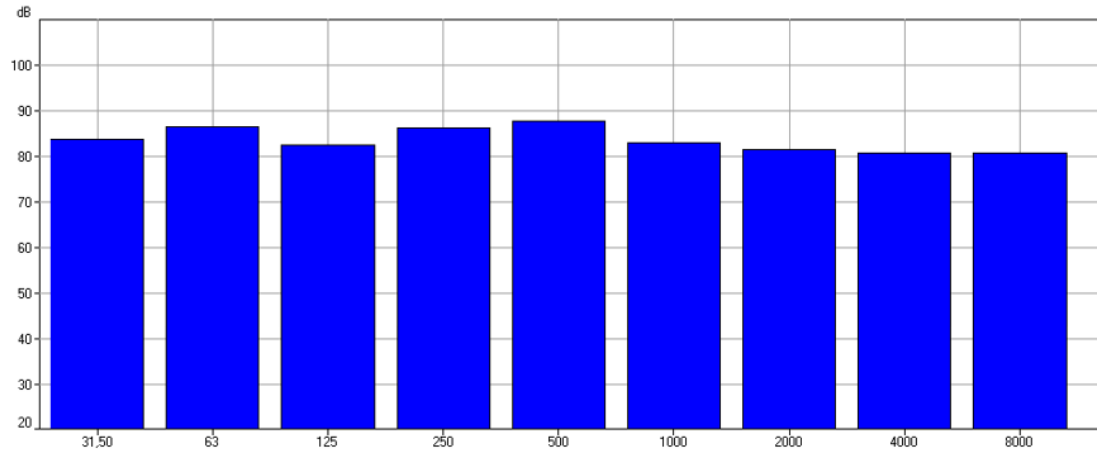
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΟΜΑΔΩΝ 1 ΚΑΙ 2

4.6 Ανάλυση Συχνοτήτων

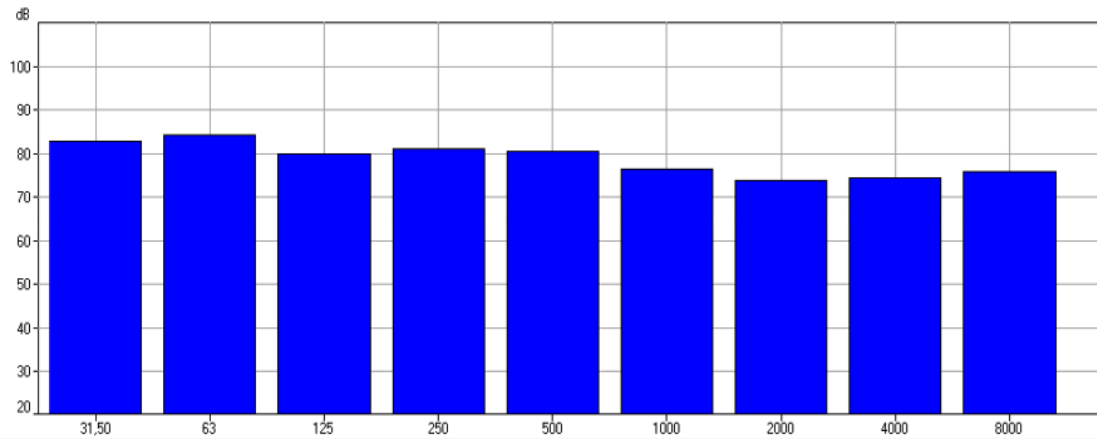
Στις προαναφερθείσες θέσεις εργασίας παράλληλα με τις μετρήσεις της ηχητικής έντασης χρησιμοποιήθηκε και μια άλλη λειτουργία του ηχομέτρου, η ανάλυση του ηχητικού περιβάλλοντος σε συχνότητες. Με αυτό τον τρόπο διαπιστώθηκαν οι επικρατούσες συχνότητες σε κάθε θέση, με απώτερο σκοπό να επιλεγεί στη συνέχεια ο καταλληλότερος τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος του θορύβου στο χώρο του εργοστασίου.

Οι πληροφορίες αντλήθηκαν από το ηχομέτρο με τη μορφή ιστογραμμάτων στα οποία παρουσιάζεται η ηχητική ένταση ανά περιοχή συχνοτήτων (οκτάβα).

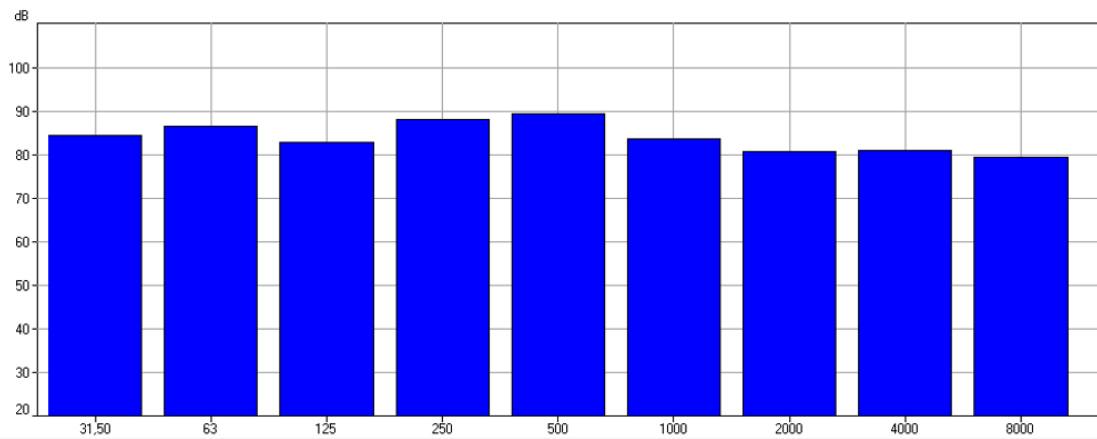
Παρακάτω (Διαγράμματα 3-14) παρατίθενται αναλυτικά τα διαγράμματα για την κάθε θέση, όπως αυτές έχουν οριστεί στην αρχή του κεφαλαίου:



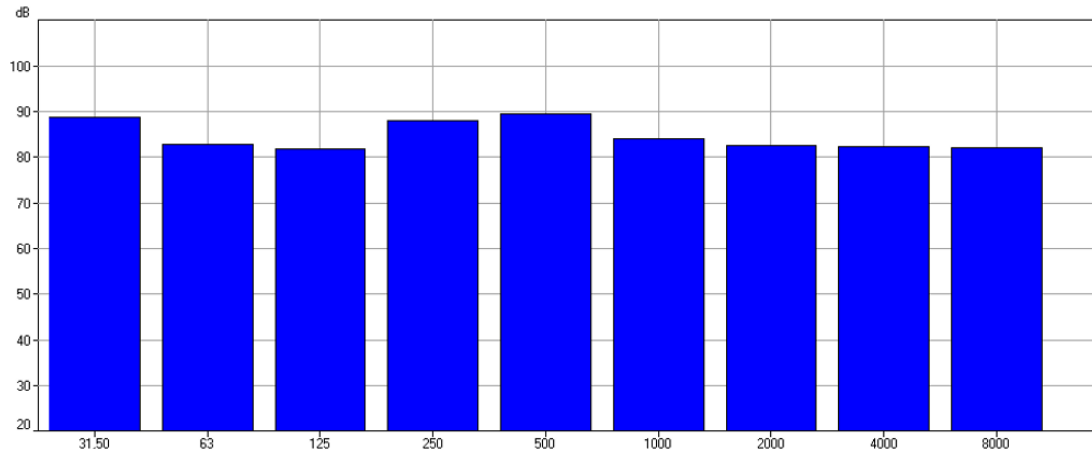
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ - ΘΕΣΗ 1: ΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ



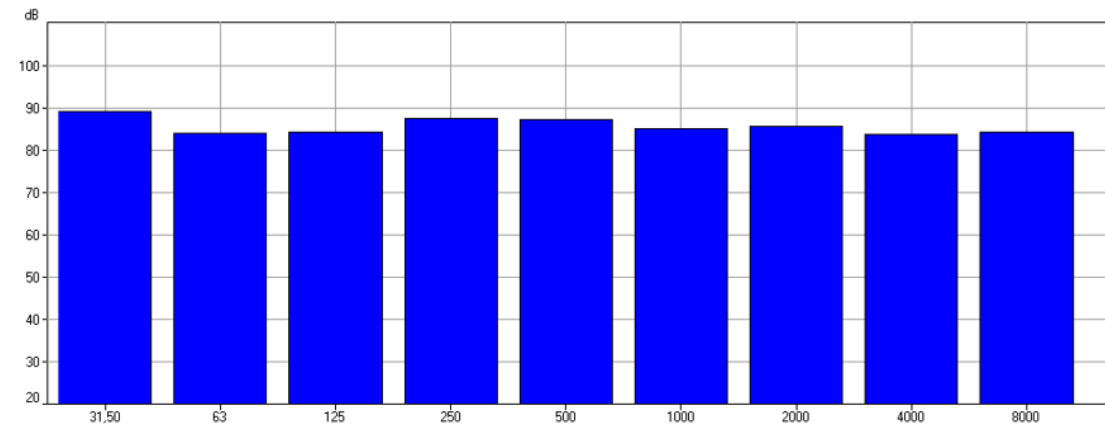
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ - ΘΕΣΗ 2: ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ



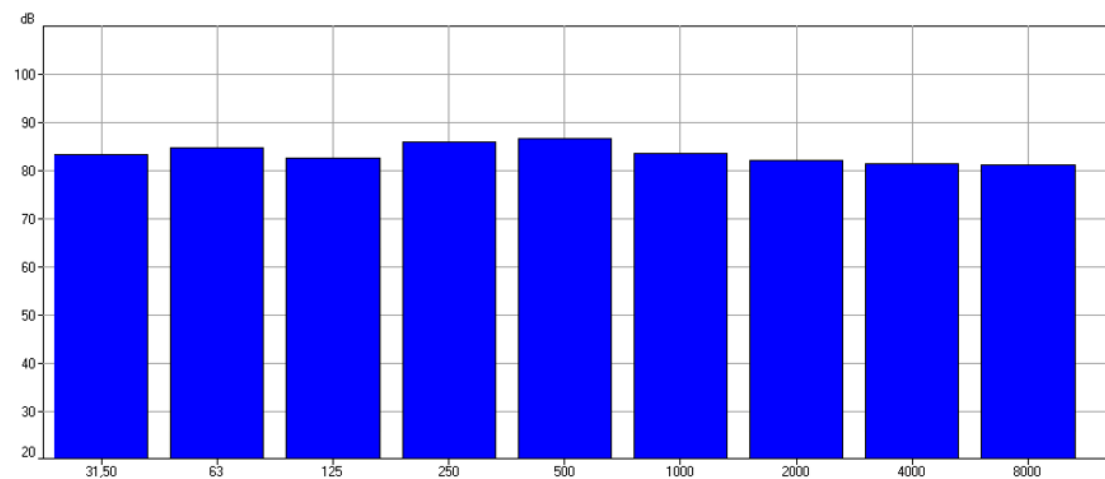
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ - ΘΕΣΗ 3Α: ΓΕΜΙΣΤΗΡΑΣ 1



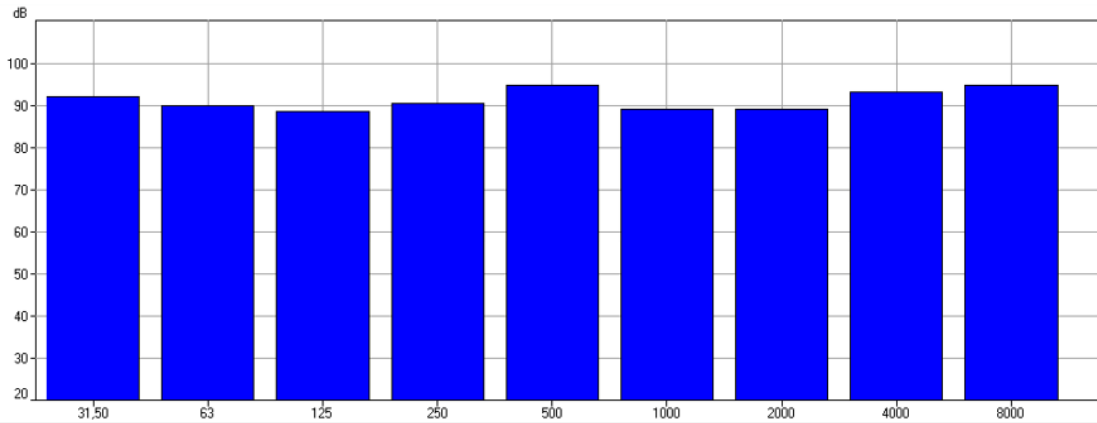
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ - ΘΕΣΗ 3B: ΓΕΜΙΣΤΗΡΑΣ 2



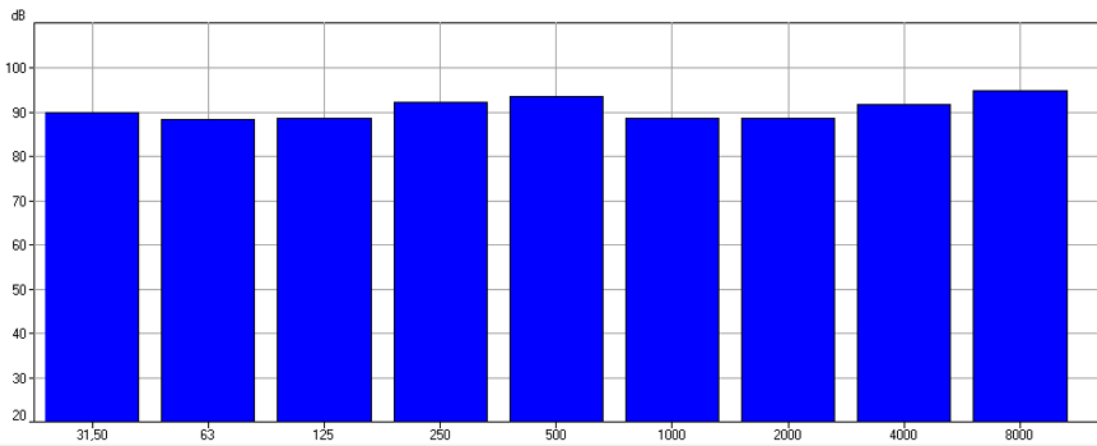
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ - ΘΕΣΗ 3Γ: ΓΕΜΙΣΤΗΡΑΣ 3



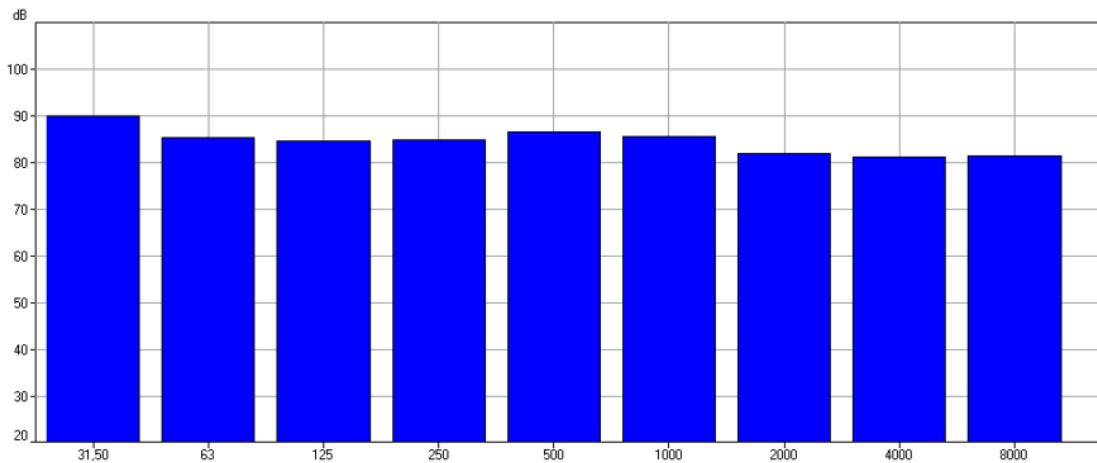
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ - ΘΕΣΗ 4Α: ΦΟΡΤΩΜΑ ΠΑΛΕΤΑΣ 1



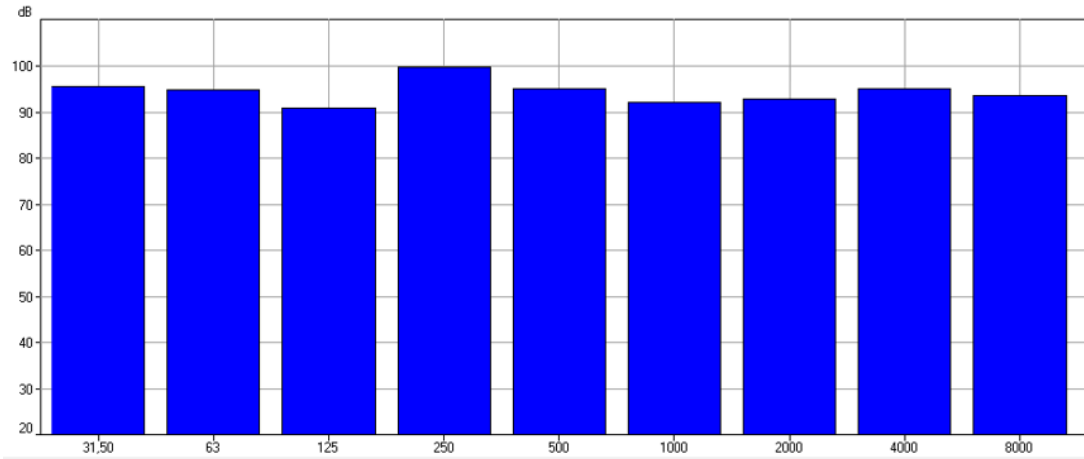
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ - ΘΕΣΗ 4Β: ΦΟΡΤΩΜΑ ΠΑΛΕΤΑΣ 2



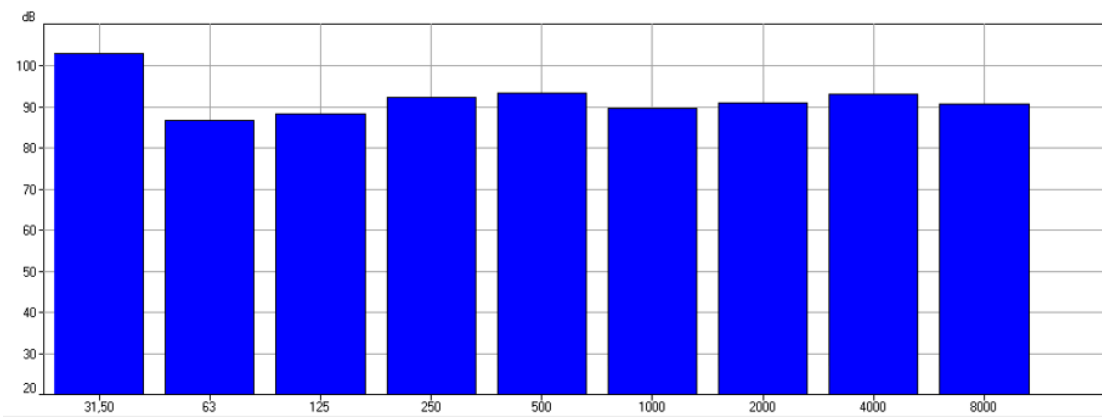
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ - ΘΕΣΗ 4Γ: ΦΟΡΤΩΜΑ ΠΑΛΕΤΑΣ 3



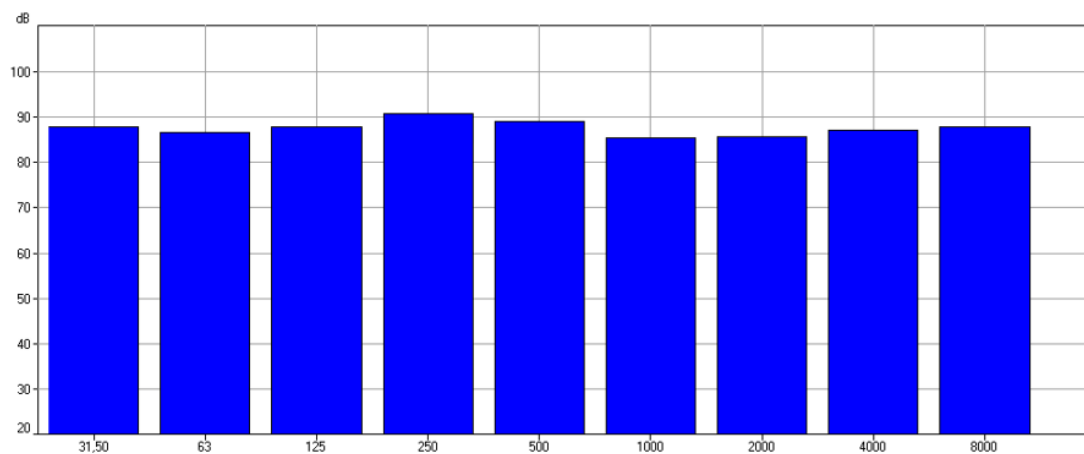
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ - ΘΕΣΗ 5: ΤΥΛΙΧΤΙΚΟ ΜΗΧΑΝΗΜΑ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ - ΘΕΣΗ 8Α: ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΓΡΑΜΜΗ 1



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ - ΘΕΣΗ 8Β: ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΓΡΑΜΜΗ 2



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ - ΘΕΣΗ 10: ΑΦΥΓΡΑΝΤΗΡΕΣ

Εξετάζοντας τα ιστογράμματα αυτά μπορούμε να κάνουμε τις εξής παρατηρήσεις:

- Η ένταση γενικά είναι ομοιόμορφα κατανομημένη στο φάσμα των συχνοτήτων, με ορισμένες εξαιρέσεις. Αυτό οφείλεται στον ευρυζωνικό ήχο που παράγεται από τις κυρίαρχες ηχητικές πηγές (κόσκινα, φυσητήρες, αγωγοί αερομεταφοράς).
- Στις περισσότερες θέσεις οι χαμηλές και μέσες συχνότητες (κάτω των 500 Hz) έχουν λίγο υψηλότερη ένταση, χωρίς πάντως να υπάρχει σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες περιοχές συχνοτήτων.
- Οι θέσεις με ενισχυμένες και τις υψηλές συχνότητες είναι κυρίως αυτές που βρίσκονται δίπλα σε φυγοκεντρικούς φυσητήρες, δηλαδή οι θέσεις 4β, 4γ και 10.

5. Χειρωνακτική Διαχείριση Φορτίων

5.1 Εξίσωση Αξιολόγησης NIOSH

Η σημαντικότητα της χειρωνακτικής ανύψωσης βαρών στο χώρο εργασίας έχει οδηγήσει τους αρμόδιους φορείς στην ανάπτυξη διαφόρων προτύπων και μεθόδων για την ποσοτικοποίηση και αξιολόγησή της. Μια από αυτές είναι η εξίσωση του NIOSH, του Ινστιτούτου Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγιεινής των ΗΠΑ, η οποία προτάθηκε το 1991 και χρησιμοποιείται ευρέως. Το αποτέλεσμα που δίνει είναι το συνιστώμενο όριο βάρους ανύψωσης (RWL) για κάθε εργασία, το οποίο προκύπτει ως γινόμενο ειδικών συντελεστών που αντιστοιχούν στις γεωμετρικές μεταβλητές της εργασίας (όπως φαίνονται στην Εικόνα 16), το βάρος του μεταφερόμενου αντικειμένου, την ευκολία πιασίματός του και τη συχνότητα της εργασίας. Συγκεκριμένα, τα εισαγόμενα δεδομένα είναι:

L: Βάρος του ανυψούμενου μεγέθους (σε kg)

H: Οριζόντια απόσταση των χεριών από τους αστραγάλους (σε cm)

V: Κάθετη απόσταση των χεριών από το έδαφος στο χαμηλότερο σημείο της ανύψωσης / χαμηλώματος (σε cm)

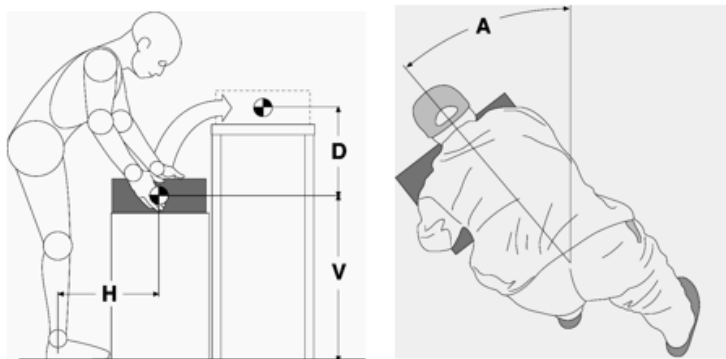
D: Διαφορά των κάθετων αποστάσεων αρχής και τέλους (σε cm)

A: Γωνία ασυμμετρίας του κορμού στην αρχή της ανύψωσης / χαμηλώματος (σε μοίρες)

C: Ευκολία πιασίματος του αντικειμένου (0,9 για δύσκολο, 0,95 για μέτριο, 1 για εύκολο)

F: Μέση συχνότητα πραγματοποίησης της εργασίας στο διάστημα 15 λεπτών (σε επαναλήψεις ανά λεπτό)

Διάρκεια πραγματοποίησης της εργασίας: σε περίπτωση περιοδικών εργασιών, ισούται με τη διάρκεια μιας περιόδου εργασίας WT αν μεταξύ τους παρεμβάλλεται χρονικό διάστημα ανάπαυσης RT = $1,2 \times WT$ (τελικά εισάγεται >1, >2 ή >8 ώρες)



ΕΙΚΟΝΑ 20: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΝΥΨΩΣΗΣ

Η σχέση που δίνει το RWL είναι η:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

Όπου:

$$LC = 23 \text{ kg}$$

$$HM = 25/H$$

$$VM = 1 - 0,003 * |V-25|$$

$$DM = 0,82 + 4,5/D$$

$$AM = 1 - 0,0032 * A$$

FM προκύπτει από πίνακα και λαμβάνει υπόψιν τα F, V και τη διάρκεια

CM = 1 για εύκολο, 0,95 για μέτριο και 0,9 για δύσκολο πιάσιμο

Επίσης υπολογίζεται ένας δείκτης ανύψωσης LI (Lifting Index) ο οποίος συγκρίνει το πραγματικό ανυψούμενο βάρος με το συνιστώμενο όριο βάρους για τη συγκεκριμένη εργασία. Όσο μεγαλύτερος του 1 υπολογιστεί ο LI τόσο μεγαλύτερη καταπόνηση υπόκειται το μυοσκελετικό σύστημα του εργαζόμενου, ενώ αν υπερβαίνεται η τιμή του 3 θεωρείται απαραίτητη η λήψη μέτρων για τη μείωση της φόρτισης. Φυσικά οι δείκτες αυτοί δεν αντιπροσωπεύουν το σύνολο του πληθυσμού αλλά αποτελούν ενδεικτική ποσοτικοποίηση της φόρτισης στο μεγαλύτερο ποσοστό των εργαζομένων.

Για σύνθετες εργασίες που περιλαμβάνουν πολλαπλά καθήκοντα ανύψωσης και χαμηλωμάτων χρησιμοποιείται ο σύνθετος δείκτης ανύψωσης CLI (Composite Lifting Index) ο οποίος λαμβάνει υπόψιν τους δείκτες LI για κάθε επιμέρους καθήκον ανύψωσης.

Σημειώνεται ότι η συγκεκριμένη εξίσωση θεωρεί την ανύψωση φορτίων σε ένα συγκεκριμένο ύψος, εξίσου επιβαρυντική με το χαμήλωμά τους από το ίδιο ύψος. Επίσης υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί για τις περιπτώσεις στις οποίες μπορεί να εφαρμοστεί η εξίσωση NIOSH. Πρέπει να χρησιμοποιούνται και τα δύο χέρια κατά την ανύψωση, ο εργαζόμενος να μην είναι σε καθιστή ή γονατιστή στάση, να μην υπάρχουν ασυνήθιστες συνθήκες στο χώρο όπως ακραίες θερμοκρασίες, υγρασία, έντονοι κραδασμοί, περιορισμένος χώρος, ολισθηρό πάτωμα κ.α. Σε αυτές τις περιπτώσεις η εξίσωση δε δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα και η χρήση της καλό είναι να αποφεύγεται [29].

5.2 Υπολογισμός Δεικτών Ανύψωσης

Σημαντικές περιπτώσεις χειρωνακτικής ανύψωσης φορτίων απαντώνται και στους δύο υπ' εξέταση χώρους της εγκατάστασης. Στο χώρο των κοσκίνων ο εφοδιασμός κάποιων υλικών απαιτεί έγχυση τους από σάκους σε κάδους, ενώ στο χώρο των αντιδραστήρων υπάρχουν δυο περιπτώσεις, η απόθεση των υλικών στο χώρο κατά τον εφοδιασμό και η τροφοδοσία τους στους αντιδραστήρες.

Για την εφαρμογή της εξίσωσης του NIOSH στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιήθηκε υπολογιστικό φύλλο Excel σχεδιασμένο από την εταιρία Humantech [30], το οποίο δέχεται

ως εισαγόμενα όλα τα δεδομένα για την κάθε εργασία και αποδίδει ως αποτέλεσμα τον αντίστοιχο δείκτη CLI.

5.2.1 Χώρος κοσκίνων

Τα πρόσθετα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι σε μορφή σκόνης και ο εφοδιασμός τους πραγματοποιείται σε βαρέλια, εκτός από ένα που είναι συσκευασμένο σε σακιά βάρους 20 kg και μέσα σε κούτες. Από τις συσκευασίες εγχέονται σε κάδους από τους εργαζόμενους ώστε να είναι πιο εύκολα προσβάσιμο, με την εξής αλληλουχία κινήσεων:

1. Κατέβασμα της κούτας από την παλέτα σε διπλανή παλέτα και αφαίρεση του σακιού από το εσωτερικό της
2. Ανύψωση και μεταφορά του σακιού σε παραπλήσιο κάδο και έγχυση του υλικού

Η παλέτα έχει ύψος 15 cm και φέρει δυο στρώσεις κουτών διαστάσεων 46x29x39 cm, άρα αρχικά βρίσκονται σε μέσο ύψος 61 cm (15+46). Ο εργαζόμενος τις κατεβάζει σε διπλανή παλέτα (ύψος 15+23 = 38 cm), αφαιρεί το σάκο από μέσα τους και τον μεταφέρει στον κάδο, ο οποίος έχει ύψος 90 cm. Για το κατέβασμα της κούτας όσο και για το άδειασμα του σάκου αναγκάζεται να στρίψει τον κορμό του κατά 45°. Το πιάσιμο της κούτας θεωρείται μετρίως εύκολο λόγω απουσίας λαβών, ενώ του σάκου θεωρείται δύσκολο λόγω ακανόνιστου σχήματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΝΥΨΩΣΗΣ 1

	Καθήκον 1	Καθήκον 2
Οριζόντια Απόσταση (H)	40	30
Κατακόρυφη Απόσταση (V)	38	38
Διαφορά Ύψους (D)	23	52
Γωνία Ασυμμετρίας (A)	45	45
Πιάσιμο	2	3
Διάρκεια	>2	>2
Συχνότητα	0,17	0,17
Μέσο Βάρος	20	20
Μέγιστο Βάρος	20	20

LI	2,03	1,77
RWL	10,39	11,9

Βάσει παραγωγικότητας και της αναλογίας του συγκεκριμένου υλικού που χρησιμοποιείται, χρειάζονται περίπου 6 κούτες ανά βάρδια. Όμως η εργασία πραγματοποιείται μία φορά τη

μέρα και για τις τρεις βάρδιες άρα συνολικά περίπου 20 κούτες, ενώ εκτελείται για 2 ώρες με συχνότητα η οποία υπολογίζεται 0,17 κούτες/λεπτό.

Αναλύοντας την εργασία στις επιμέρους που περιγράφηκαν, έχουμε για τις μεταβλητές τις τιμές που φαίνονται στον Πίνακα 8. Στον ίδιο πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα που δίνει η εφαρμογή της εξίσωσης NIOSH για τα επιμέρους καθήκοντα ανύψωσης και χαμηλώματος.

Με βάση τα στοιχεία αυτά υπολογίζεται ο σύνθετος δείκτης ανύψωσης CLI:

$$CLI = 2,03$$

Ο δείκτης αυτός είναι άνω του 1, συνεπώς συστήνεται η εφαρμογή παρεμβάσεων στο χώρο και τον τρόπο πραγματοποίησης της συγκεκριμένης εργασίας.

5.2.2 Χώρος Αντιδραστήρων

Στο χώρο αυτό παρατηρούνται δυο εργασίες που περιλαμβάνουν τη χειρωνακτική ανύψωση φορτίων, η πρώτη αφορά τον εφοδιασμό του τμήματος με τα υλικά που χρησιμοποιούνται και η δεύτερη την τροφοδοσία των υλικών αυτών στους αντιδραστήρες κατά την προετοιμασία της λειτουργίας τους. Οι εργασίες αυτές δε σχετίζονται μεταξύ τους και πραγματοποιούνται από διαφορετικούς εργαζόμενους, συνεπώς θα εξεταστούν χωριστά.

Εφοδιασμός Υλικών

Ο εφοδιασμός των υλικών πραγματοποιείται στην αρχή της ημέρας με χειροκίνητο παλετοφόρο, ενώ τα υλικά τοποθετούνται σε παλέτα σε προκαθορισμένη θέση στην άκρη του χώρου. Υπενθυμίζεται ότι το τμήμα λειτουργεί σε όροφο ενώ την πλειοψηφία του χώρου καταλαμβάνει επιπλέον υπερυψωμένη πλατφόρμα, ώστε οι εργαζόμενοι να βρίσκονται στο ύψος των κορυφών των αντιδραστήρων από όπου πραγματοποιείται η τροφοδοσία και ο χειρισμός τους. Το παλετοφόρο ανεβαίνει τον όροφο με ανελκυστήρα, εκεί όμως ο χώρος είναι περιορισμένος λόγω της πλατφόρμας και δε δύναται να πραγματοποιήσει τους απαραίτητους ελιγμούς ώστε να αντικαταστήσει την υπάρχουσα παλέτα με τη νέα, συνεπώς τα υλικά αναγκαστικά μεταφέρονται χειρωνακτικά.

Τα υλικά είναι συσκευασμένα κυρίως σε σακιά αλλά και σε κούτες, βάρους 20 ή 25 kg, άρα μέσο βάρος 23 kg και μέγιστο βάρος 25 kg. Το πιάσιμό τους έχει θεωρηθεί δύσκολο καθώς η πλειοψηφία τους είναι σακιά τα οποία έχουν ακανόνιστο σχήμα και στερούνται λαβών. Αρχικά οι συσκευασίες στην παλέτα έχουν μέσο ύψος 55 cm, ο εργαζόμενος τις ανυψώνει στο ύψος της μέσης (110 cm) και τις εναποθέτει στις θέσεις τους (μέσο ύψος 70 cm). Και στις δυο θέσεις απαιτείται έκταση των άνω άκρων σε οριζόντια απόσταση 40 cm. Ο εφοδιασμός των συσκευασιών διαρκεί λιγότερο από μία ώρα, ενώ η κάθε μεταφορά διαρκεί περίπου 25 sec άρα η συχνότητα της εργασίας είναι 2,4/min.

Εντάσσοντας τα παραπάνω δεδομένα στο φύλλο Excel υπολογίζουμε τους δείκτες ανύψωσης για την ανύψωση της συσκευασίας από την παλέτα (Καθήκον 1) και την απόθεσή της στη θέση της (Καθήκον 2).

ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΝΥΨΩΣΗΣ 2

	Καθήκον 1	Καθήκον 2
Οριζόντια Απόσταση (H)	40	40
Κατακόρυφη Απόσταση (V)	55	70
Διαφορά Ύψους (D)	55	40
Γωνία Ασυμμετρίας (A)	0	0
Πιάσιμο	3	3
Διάρκεια	>1	>1
Συχνότητα	0,17	0,17
Μέσο Βάρος	20	20
Μέγιστο Βάρος	20	20

LI	2,50	2,31
RWL	9,98	10,81

Από τα δεδομένα αυτά υπολογίζεται ο σύνθετος δείκτης ανύψωσης CLI για τις ανυψώσεις κατά τον εφοδιασμό του χώρου των αντιδραστήρων:

$$CLI = 2,89$$

Η τιμή του δείκτη υπερβαίνει το 1 και είναι πολύ κοντά στο 3, που υποδεικνύει επιβάρυνση του μυοσκελετικού συστήματος ζημιογόνα για το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού.

Τροφοδοσία Αντιδραστήρων

Οι αντιδραστήρες που υπάρχουν στο χώρο δε λειτουργούν όλοι ταυτόχρονα, αλλά σε κάθε βάρδια πραγματοποιούνται 6 εκκινήσεις κατά μέσο. Κατά την προετοιμασία της κάθε εκκίνησης οι αντιδραστήρες τροφοδοτούνται με τα πρόσθετα υλικά, τα οποία μεταφέρονται χειρωνακτικά σε μεγάλες αποστάσεις και εγχέονται στα ειδικά ανοίγματα των αντιδραστήρων. Η όλη διαδικασία διαρκεί περίπου 15 λεπτά και συνολικά μεταφέρονται 280 kg υλικού, θεωρώντας λοιπόν μέσο βάρος 25 kg προκύπτουν 11 διαδρομές οι οποίες πραγματοποιούνται από 3 εργαζόμενους.

Τα υλικά στην παλέτα βρίσκονται σε μέσο ύψος 70 cm και για να μεταφερθούν ανυψώνονται αρχικά μέχρι το ύψος της μέσης, 110 cm. Στη συνέχεια ο εργαζόμενος ανεβαίνει στην πλατφόρμα μέσω 5-6 σκαλιών και αποθέτει τα υλικά δίπλα στον αντιδραστήρα σε ύψος 10

cm. Τέλος τα υλικά εγχέονται στον αντιδραστήρα μέσω του ειδικού ανοίγματος, το οποίο βρίσκεται σε ύψος 40 cm από το πάτωμα. Οι κούτες περιέχουν 5 σακιά των 5 kg οπότε το μέσο βάρος για αυτή την εργασία μειώνεται στα 15 kg. Γίνεται λοιπόν διάκριση τριών επιμέρους εργασιών ανύψωσης/χαμηλώματος:

1. Ανύψωση συσκευασίας από την παλέτα
2. Απόθεση συσκευασίας δίπλα στον αντιδραστήρα
3. Ανύψωση συσκευασίας για τροφοδοσία του αντιδραστήρα

Όσον αφορά τις συχνότητες, πραγματοποιούνται 4 μεταφορές από τον κάθε εργαζόμενο σε διάστημα 15 λεπτών, άρα οι πρώτες δύο εργασίες πραγματοποιούνται σε 0,27 επαναλήψεις/λεπτό. Η τρίτη εργασία αφορά την έγχυση περίπου 19 συσκευασιών άρα 6,3 ανά εργαζόμενο, συνεπώς συχνότητα 0,42 επαναλήψεις/λεπτό.

Στον Πίνακα 10 φαίνονται συγκεντρωτικά τα δεδομένα αυτά τα οποία εισήχθησαν στην εξίσωση NIOSH για τον υπολογισμό των επιμέρους Δεικτών Ανύψωσης, καθώς και τα αποτελέσματα των επιμέρους δεικτών ανύψωσης και του συνιστώμενου ορίου βάρους για την κάθε εργασία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΝΥΨΩΣΗΣ 3

	Καθήκον 1	Καθήκον 2	Καθήκον 3
Οριζόντια Απόσταση (H)	40	40	30
Κατακόρυφη Απόσταση (V)	70	10	10
Διαφορά Ύψους (D)	40	100	30
Γωνία Ασυμμετρίας (A)	0	0	30
Πιάσιμο	3	3	3
Διάρκεια	>1	>1	>1
Συχνότητα	0,27	0,27	0,42
Μέσο Βάρος	23	23	15
Μέγιστο Βάρος	25	25	25

LI	1,94	2,55	1,23
RWL	11,88	9,01	12,18

Τέλος, ο υπολογισμός του σύνθετου δείκτη ανύψωσης CLI απέδωσε το εξής αποτέλεσμα:

$$CLI = 2,62$$

Και για αυτή την εργασία ο σύνθετος δείκτης πλησιάζει την τιμή 3, η οποία υποδεικνύει επιβάρυνση του μυοσκελετικού ζημιογόνα για το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού. Είναι λοιπόν απαραίτητη η λήψη μέτρων για τη μείωση της, και κυρίως στο καθήκον 2 που επιφέρει και τη μεγαλύτερη φόρτιση. Βελτιωτικές προτάσεις για το σκοπό αυτό θα παρουσιαστούν σε επόμενο κεφάλαιο της εργασίας.

5.3 Αξιολόγηση Μεταφοράς Φορτίου

Το προαναφερθέν υπολογιστικό φύλλο [30] πέρα από την ανύψωση φορτίων προσφέρει μεταξύ άλλων και τη δυνατότητα αξιολόγησης και της μεταφοράς αυτών, βάσει σχετικών μελετών [31]. Ειδικότερα αποδίδει το μέγιστο επιτρεπτό βάρος του φορτίου για κάποια συγκεκριμένη μεταφορά, λαμβάνοντας ως δεδομένα το φύλο του ατόμου, το ύψος του χεριού κατά τη μεταφορά (αγκώνας, μέση), την απόσταση (2 ή 4,3 ή 8,5 m), τη συχνότητα (ανά 1, 2, 5 λεπτά κλπ.) και το επιθυμητό ποσοστό του πληθυσμού που θα μπορεί να πραγματοποιήσει τη μεταφορά.

Αξιοσημείωτη περίπτωση μεταφοράς φορτίου είναι μόνο αυτή κατά τον εφοδιασμό των αντιδραστήρων με υλικά, η οποία απαιτεί τη μεταφορά τους από την παλέτα στους διάφορους αντιδραστήρες. Η μέση απόσταση της μεταφοράς λοιπόν είναι κοντά στα 8 μέτρα, ενώ όπως προαναφέρθηκε η συχνότητα πραγματοποίησής της είναι 0,27 μεταφορές/λεπτό, δηλαδή περίπου μία ανά 4 λεπτά.

Έτσι, για άντρα που κουβαλάει φορτίο στο ύψος των χεριών, για 8,5 μέτρα, ανά 5 λεπτά, έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

- 10% του πληθυσμού θα μπορεί να μεταφέρει 50 kg
- 25% του πληθυσμού θα μπορεί να μεταφέρει 42 kg
- 50% του πληθυσμού θα μπορεί να μεταφέρει 35 kg
- 75% του πληθυσμού θα μπορεί να μεταφέρει 27 kg

Όπως φαίνεται παραπάνω, τα 50 kg θεωρούνται αποδεκτό βάρος μόνο για το άνω 10% του πληθυσμού, συνεπώς θα πρέπει γενικά να αποφεύγεται η μεταφορά δυο σακιών ταυτόχρονα. Τα 25 kg αντιθέτως είναι αποδεκτό βάρος για το 75% του πληθυσμού και η μεταφορά τους δεν αναμένεται να επιφέρει κάποιο μυοσκελετικό πρόβλημα στους εργαζόμενους, οι οποίοι άλλωστε είναι επιλεγμένοι ώστε να μπορούν ευκολότερα να εκτελέσουν σωματική εργασία.

6. Λοιπές Πηγές Κινδύνου

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναπτύχθηκαν τα ζητήματα του θορύβου και της χειρωνακτικής ανύψωσης βαρών, και το κατά πόσο αυτά αποτελούν πηγή κινδύνου για τους εργαζόμενους. Στο παρόν κεφάλαιο θα περιγραφούν άλλα στοιχεία που βρίσκονται στους υπό μελέτη χώρους και μπορούν εν δυνάμει να αποτελέσουν πηγές κινδύνου για τους εργαζόμενους.

6.1 Χώρος Κοσκίνων

Λόγω της φύσης των εργασιών και των διατάξεων που βρίσκονται εντός του χώρου των κοσκίνων, παρουσιάζονται ποικίλες καταστάσεις επικίνδυνες για τους εργαζόμενους. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν πιθανοί κίνδυνοι στους οποίους μπορούν να εκτεθούν.

Αιωρούμενα σωματίδια – χημικές ουσίες

Κίνδυνος: εκρηκτική - εύφλεκτη ατμόσφαιρα, ερεθισμός του αναπνευστικού, των ματιών και του δέρματος, ζάλη, πονοκέφαλος [32] [33]

Τόσο στο χώρο των κοσκίνων όσο και στο διπλανό δωμάτιο όπου βρίσκονται τα σιλό και τροφοδοτούνται τα πρόσθετα υλικά, είναι έντονη η παρουσία αέριων και στερεών σωματιδίων αιωρούμενων στον αέρα. Τα σωματίδια αυτά εκλύονται από σημεία συγκέντρωσης μεγάλου όγκου κόκκων ή σημεία ελεύθερης έγχυσής τους, και συγκεκριμένα το μεγαλύτερο ποσοστό προέρχεται από τα εξής σημεία:

- Συσκευασίες κατά την πλήρωσή τους: στα γεμιστικά μηχανήματα υπάρχει ειδικός αγωγός απαγωγής των αιωρούμενων σωματιδίων, ο οποίος όμως καταλήγει στον ίδιο χώρο μόλις μερικά cm ψηλότερα. Πρόκειται για προεγκατάσταση στην οποία θα συνδεθεί απαγωγός.
- Κόσκινα: Κατά την έγχυση των κόκκων στους αγωγούς αερομεταφοράς και σε κάδους υπάρχουν σημεία από όπου μπορούν να διαφύγουν σωματίδια και κόκκοι, ενώ σε κάποιους κάδους δεν υπάρχουν καλύμματα.
- Ο αέρας κατά την έξοδό του από τα σιλό παρασύρει κόκκους και σωματίδια τα οποία καταλήγουν εντός του δωματίου. Υπάρχει σύστημα απαγωγής των αιωρούμενων σωματιδίων
- Πρόσθετα υλικά: Κατά την τροφοδοσία των προσθέτων υλικών οι εργαζόμενοι έρχονται σε άμεση επαφή με αυτά καθώς χρησιμοποιείται σέσουλα, αλλά και κινδυνεύουν να εισπνευσουν σωματίδια που αιωρούνται. Έχει εγκατασταθεί απαγωγός, προκειμένου οι εργαζόμενοι να μην εισπνέουν τα σωματίδια.

Υπάρχοντα μέσα προστασίας: σύστημα πυρόσβεσης οροφής και χειροκίνητοι πυροσβεστήρες, αναπνευστική μάσκα για προστασία της αναπνευστικής οδού, προστατευτικά γυαλιά, απαγωγοί σωματιδίων.

Στατικός ηλεκτρισμός

Κίνδυνος: Σπινθήρες, ηλεκτροστατικές εκκενώσεις.

Με την τριβή των κόκκων μεταξύ τους εντός των δεξαμενών αναπτύσσεται ηλεκτροστατικό φορτίο το οποίο μπορεί να προκαλέσει σπινθήρες αλλά και ηλεκτρικές εκκενώσεις.

Υπάρχοντα μέσα προστασίας: παπούτσια εργασίας για μόνωση, χρήση αντιστατικού υγρού στις δεξαμενές. Όλος ο εξοπλισμός είναι γειωμένος.

Κόκκοι στο πάτωμα

Κίνδυνος: Ολισθήματα και τραυματισμοί.

Σημαντική πηγή κινδύνου στο χώρο είναι οι κόκκοι (διαμέτρων από 0,3 μέχρι 2,5 mm) που διαρρέουν από διάφορα σημεία της γραμμής παραγωγής όπως κατά την έγχυσή τους σε διάφορα δοχεία ή από οπές στις σωληνώσεις. Ο κίνδυνος που ελλοχεύει από την κατάσταση αυτή είναι ολισθήματα και τραυματισμοί, ενώ όσοι βρίσκονται εντός του χώρου εκτίθενται σχεδόν συνεχώς σε αυτόν και απαιτείται προσοχή ακόμα και κατά το περπάτημα. Το πάτωμα καθαρίζεται περίπου μία φορά ανά βάρδια με πεπιεσμένο αέρα και σκούπα, όμως πολύ γρήγορα η επικίνδυνη κατάσταση επανεμφανίζεται.

Περονοφόρο όχημα

Κίνδυνος: Σύγκρουση με εργαζόμενους.

Η σειρά του περονοφόρου οχήματος δεν είναι εύκολα αντιληπτή από τους εργαζόμενους λόγω του γενικότερου θορύβου στο χώρο, και άλλωστε λειτουργεί μόνο όταν αυτό κινείται προς τα πίσω. Για το λόγο αυτό τα περονοφόρα είναι εφοδιασμένα με φάρο, ο οποίος είναι συνεχώς σε λειτουργία, προκειμένου το όχημα να γίνεται αντιληπτό από όλους. Επιπλέον οι εργαζόμενοι φορούν συνεχώς ειδικά γιλέκα με ανακλαστικές επιφάνειες.

Υπάρχοντα μέσα προστασίας: σειρά για την όπισθεν κίνηση, φάρος, γιλέκα με ανακλαστική επιφάνεια.

Ανύψωση των άνω άκρων (μέθοδος RULA)

Κίνδυνος: Μυοσκελετική φόρτιση

Κατά το φόρτωμα της συσκευασίας στο περονοφόρο απαιτείται τρεις φορές ανύψωση των άνω άκρων του εργαζόμενου, για πέρασμα των θηλιών του σάκου στα πιρούνια και ύστερα για το σκέπασμά του με νάιλον. Είναι μια εργασία που επαναλαμβάνεται περίπου 50 φορές ανά βάρδια από τον κάθε εργαζόμενο. Για την αξιολόγηση της φόρτισης του εργαζομένου υπάρχουν ειδικές μέθοδοι, όπως η μέθοδος RULA (Rapid Upper Limb Assessment) [34]. Στη μέθοδο αυτή βαθμολογούνται οι επιφορτίσεις των άνω και κάτω άκρων, του λαιμού και του κορμού με ένα σύστημα αξιολόγησης και προκύπτει ο τελικός βαθμός αξιολόγησης της στάσης που μελετάται.

Για την εκτέλεση της συγκεκριμένης εργασίας απαιτείται ανύψωση των άνω άκρων πάνω από τους ώμους και μικρή συστολή καρπού. Ο κορμός και ο λαιμός λαμβάνουν στάσεις που δεν απέχουν σημαντικά του κανονικού, ενώ χρειάζεται άσκηση μικρής δύναμης για το σκέπασμα της συσκευασίας με νάιλον. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα αυτά στη μέθοδο, η συγκεκριμένη εργασία λαμβάνει τελικό βαθμό 4 και αξιολογείται ως ελαφρώς επιβαρυντική και χρήζουσα περεταίρω μελέτης, χωρίς να είναι επείγουσα η κατάσταση.

Συγκεκριμένα, για την εφαρμογή της μεθόδου ακολουθείται η εξής διαδικασία:

1. Αξιολόγηση θέσης βραχίονος: ανύψωση πάνω από τον ώμο, άρα 4
2. Αξιολόγηση θέσης αντιβραχίου: χωρίς κάμψη, άρα 1
3. Αξιολόγηση θέσης καρπού: χωρίς κάμψη, άρα 1
4. Αξιολόγηση συστολής καρπού: μικρή συστολή, άρα 1
5. **Βαθμολογία άνω άκρων:** από τον πίνακα Α προκύπτει η τιμή **4**
6. Χρήση μυών: Δεν είναι στατική ή συχνά επαναλαμβανόμενη εργασία, άρα 0
7. Εξάσκηση δύναμης: απαιτείται μικρή δύναμη, άρα 1
8. **Τελική αξιολόγηση άνω άκρων:** προσθέτοντας τις τιμές των βημάτων 5,6,7 προκύπτει τιμή **6**
9. Αξιολόγηση θέσης λαιμού: κανονική θέση, άρα 1
10. Αξιολόγηση θέσης κορμού: κανονική θέση, άρα 1
11. Αξιολόγηση θέσης κάτω άκρων: ακουμπάνε στο έδαφος και το βάρος ισοκατανέμεται, άρα 1
12. **Βαθμολογία στάσης:** από τον πίνακα Β προκύπτει η τιμή **1**
13. Χρήση μυών: Δεν είναι στατική ή συχνά επαναλαμβανόμενη εργασία, άρα 0
14. Εξάσκηση δύναμης: απαιτείται μικρή δύναμη, άρα 1
15. **Τελική αξιολόγηση στάσης:** προσθέτοντας τις τιμές των βημάτων 12, 13,14 προκύπτει τιμή **2**
16. **Τελικός βαθμός αξιολόγησης:** από τον πίνακα C και τις τιμές των βημάτων 8, 15 προκύπτει τιμή **4**.

Η συγκεκριμένη εργασία λαμβάνει τελικό βαθμό 4 και αξιολογείται ως ελαφρώς επιβαρυντική και χρήζουσα περεταίρω μελέτης, χωρίς πάντως να είναι επείγουσα η κατάσταση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ RULA

Πίνακας Α: Βαθμολογία άνω άκρων

Table A		Wrist Score							
Upper Arm	Lower Arm	1		2		3		4	
		Wrist Twist		Wrist Twist		Wrist Twist		Wrist Twist	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Πίνακας Β: Βαθμολογία στάσης

Neck Posture Score	Table B: Trunk Posture Score											
	1		2		3		4		5		6	
	Legs		Legs		Legs		Legs		Legs		Legs	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	8	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Πίνακας C: Τελική βαθμολογία

Table C	Neck, Trunk, Leg Score							
	1	2	3	4	5	6	7+	
Wrist / Arm Score	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

6.2 Χώρος Αντιδραστήρων

Στο χώρο των αντιδραστήρων το κύριο ζήτημα υγιεινής και ασφάλειας είναι η χειρωνακτική μεταφορά φορτίων, όπως έχει εκτενώς μελετηθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο. Άλλα μικρότερης σημασίας ζητήματα θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

Αιωρούμενα σωματίδια – χημικές ουσίες

Κίνδυνος: Ερεθισμός ματιών, δέρματος, εσωτερικών οργάνων

Κατά την προετοιμασία των αντιδραστήρων, ορισμένα υλικά τροφοδοτούνται μέσω συστήματος σωληνώσεων και άλλα ζυγίζονται και εγχέονται χειρωνακτικά από σακιά, καθώς είναι σε μορφή σκόνης. Η διαδικασία αυτή φέρνει τους εργαζόμενους σε άμεση επαφή με τα υλικά τόσο μέσω του δέρματος και των ματιών όσο και μέσω της εισπνοής των αιωρούμενων σωματιδίων.

Μελετώντας τα φύλλα δεδομένων ασφαλείας των υλικών που χρησιμοποιούνται σε αυτό το στάδιο της παραγωγής, διαπιστώθηκε πως έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τα υλικά που περιγράφηκαν παραπάνω, συν όμως έχουν και τοξική δράση. Τα φύλλα δεδομένων ασφαλείας ευρέθησαν στην ιστοσελίδα sciencelab.com [35] και στις ιστοσελίδες των κατασκευαστριών εταιριών του εκάστοτε προϊόντος.

Συνολικά, η επαφή με τα υλικά αυτά μπορεί να έχει τις εξής επιπτώσεις:

- Τοξική δράση στους πνεύμονες, τις βλεννογόνους μεμβράνες και άλλα εσωτερικά όργανα
- Υποφωσφαταιμία, υπερασβεστιαίμια, υπερνατραίμια με σοβαρές επακόλουθες επιπτώσεις στην υγεία
- Ερεθισμός ή αλλεργική αντίδραση των ματιών, του δέρματος (μέχρι και χρόνια δερματίτιδα), της αναπνευστικής οδού
- Προσβολή του γαστρεντερικού συστήματος
- Προσβολή του νευρικού συστήματος, ναυτία, ίλιγγος

Υπάρχοντα μέσα προστασίας: αναπνευστική μάσκα για προστασία της αναπνευστικής οδού, γάντια, προστατευτικά γυαλιά

Υψηλές θερμοκρασίες

Κίνδυνος: θερμική εξάντληση, θερμοπληξία

Οι αντιδραστήρες, παρόλο που είναι θερμομονωμένοι, κατά τη λειτουργία τους εκπέμπουν θερμότητα μέσω ακτινοβολίας. Αυτό οδηγεί σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες του χώρου και ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες, κατάσταση που προκαλεί έντονη δυσφορία στους εργαζόμενους.

Η έκθεση των εργαζομένων σε υψηλές θερμοκρασίες έχει επιπτώσεις τόσο στην αποτελεσματικότητά τους, όσο και στην υγεία τους. Επιπτώσεις στα άτομα που εργάζονται σε υψηλές θερμοκρασίες είναι η έντονη εφίδρωση που μπορεί να προκαλέσει μυϊκές συσπάσεις, η θερμική εξάντληση που επιφέρει ατονία, ίλιγγο, ακόμα και λιποθυμία και τέλος η θερμοπληξία που εκδηλώνεται με εξάντληση, αύξηση της πίεσης, ερυθρότητα του δέρματος, ίλιγγο και σε ακραίες περιπτώσεις μπορεί να είναι μοιραίο για τον εκτιθέμενο. Για αυτό το λόγο πρέπει να αποφεύγεται η εργασία σε υψηλές θερμοκρασίες καρδιοπαθών, πνευμονοπαθών ή πασχόντων από άλλο χρόνιο νόσημα [36].

Οι ακριβείς θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν δεν ερευνήθηκαν στα πλαίσια της εργασίας αυτής, λόγω έλλειψης χρόνου καθώς θα πρέπει να μετρηθούν σε όλες τις εποχές του έτους. Τα μεγέθη που πρέπει να μετρηθούν είναι η *θερμοκρασία* και η *σχετική υγρασία* (εναλλακτικά μπορεί να μετρηθεί μόνο η θερμοκρασία, με τη χρήση πρώτα θερμομέτρου ξηρού βολβού και ύστερα θερμομέτρου υγρού βολβού). Στη συνέχεια συμβουλευόμενοι το ειδικό «*διάγραμμα Yaglou*» λαμβάνουμε το ποσοστό ατόμων που θα αισθάνονται άνετα κατά τους θερινούς και τους χειμερινούς μήνες, υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες [1].

7. Προτάσεις

Στο κεφάλαιο αυτό προτείνονται συγκεκριμένες παρεμβάσεις για την αντιμετώπιση των πηγών κινδύνου που έχουν αναλυθεί στα προηγούμενα κεφάλαια. Δεν αναφέρονται λύσεις για κινδύνους που κρίθηκαν μικρής σοβαρότητας ή που έχουν ήδη αντιμετωπιστεί ικανοποιητικά.

7.1 Χώρος Κοσκίνων

Ακολουθούν οι προτάσεις αντιμετώπισης για τις πηγές κινδύνου που εντοπίζονται στο χώρο των κοσκίνων.

7.1.1 Θόρυβος

Οι παρεμβάσεις που μπορούν να γίνουν για τη μείωση του θορύβου μπορεί να είναι είτε στις πηγές του, είτε στο μέσο διάδοσής του, είτε στους δέκτες. Συγκεκριμένα, πιθανές παρεμβάσεις για τον κάθε τύπο είναι [:

- στην πηγή του θορύβου: συντήρηση εξοπλισμού, επιλογή άλλου λιγότερο θορυβώδους, αλλαγή τρόπου εκτέλεσης εργασιών, απομάκρυνση των πηγών
- Στη διάδοση του θορύβου: ηχομονώσεις και ηχοπετάσματα, ηχοαπορροφητικά υλικά στους τοίχους, αντικραδασμικές βάσεις για εδαφόφερτο θόρυβο
- Στους δέκτες: μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) στους εργαζόμενους [37]

Όταν εξετάζονται πιθανές λύσεις προτεραιότητα δίνεται στους δυο πρώτους τύπους παρεμβάσεων και ως τελευταία λύση τη χρήση ΜΑΠ. Με αυτό τον τρόπο επιχειρείται η οριστική επίλυση του προβλήματος του θορύβου και για το μεγαλύτερο δυνατό αριθμό ατόμων, σε αντίθεση με λύσεις που μπορεί να είναι προσωρινές ή αναποτελεσματικές [1]. Επιπροσθέτως και ανάλογα με τη φύση της εργασίας, συχνά η απομόνωση των εργαζομένων από το ηχητικό περιβάλλον μπορεί να επιφέρει δυσκολίες στην εκτέλεσή της ή και σημαντικούς κινδύνους λόγω έλλειψης επικοινωνίας. Τέλος, καθώς τα μέσα ατομικής ηχοπροστασίας εφαρμόζονται στον ίδιο τον εργαζόμενο, θα πρέπει να είναι σωστά σχεδιασμένα από εργονομικής άποψης ώστε να μην αποτελούν πηγή ενόχλησης ή κινδύνου για την υγεία του (μολύνσεις κτλ.). [1]

Με βάση τα παραπάνω ακολουθούν γενικές προτάσεις για παρεμβάσεις σε μερικά στοιχεία του χώρου, και στη συνέχεια ορισμένες εναλλακτικές παρεμβάσεις, χωροθετικές και άλλου τύπου. Οι παρεμβάσεις αυτές συμβαδίζουν με τις κατευθυντήριες γραμμές του Βρετανικού οργανισμού HSE [37].

7.1.1.1 Πρόταση 1: Γενικές Παρεμβάσεις

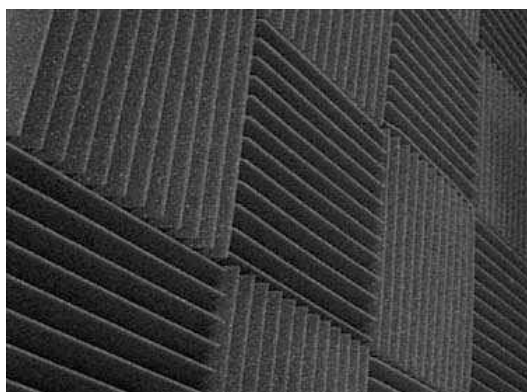
Αρχικά παρουσιάζονται παρεμβάσεις που αφορούν γενικά το χώρο και τις διατάξεις που βρίσκονται μέσα σε αυτόν. Εμπίπτουν δηλαδή στις πρώτες δύο κατηγορίες παρεμβάσεων όπως προαναφέρθηκαν, παρεμβάσεις στην πηγή του θορύβου και παρεμβάσεις κατά τη διάδοσή του.

1. Ηχοαπορροθητικές πλάκες:

Προτείνεται η επικάλυψη των τοίχων ή και του ταβανιού με **ηχοαπορροφητικό υλικό**, ώστε να αποφευχθούν οι ανακλάσεις του ήχου που αυξάνουν τα επίπεδα θορύβου στο χώρο. Εξυπακούεται ότι σε όσο περισσότερη επιφάνεια εφαρμοστεί με το υλικό τόσο μεγαλύτερη ηχομείωση θα επιτευχθεί, σίγουρα πάντως οι τοίχοι παρακαίμενοι των κοσκίνων και μέχρι το ύψος που φτάνουν αυτά θα πρέπει να επικαλυφθεί.

Από τις αποτελεσματικότερες λύσεις είναι οι πλάκες **πετροβάμβακα**, με το συντελεστή ηχοαπορροφητικότητας να φτάνει το 90% [38]. Εναλλακτικά υπάρχει το υλικό πολουρεθάνη, το οποίο παρουσιάζει μεγάλη ηχοαπορροφητικότητα σε όλες τις συχνότητες που επικρατούν στο χώρο [39]. Τα υλικά αυτά εφαρμόζονται είτε ως πλάκες που προκολλώνται στην επιφάνεια του τοίχου, είτε ως πάνελ με μεταλλικό σκελετό που στήνονται στο πάτωμα, αναλόγως και της εταιρίας.

Κόστος: Οι τιμές ποικίλλουν αναλόγως της ποιότητας του υλικού, πάντως μια τυπική τιμή για πλάκες πετροβάμβακα είναι τα 5 €/m². Αν καλυφθούν 12 m τοίχου πίσω από το ένα σετ κοσκίνων, 15 m πίσω από το άλλο σετ και 20m πίσω από τους αφυγραντήρες και οι επενδύσεις φτάσουν σε ύψος 1.80 m, το συνολικό κόστος αναμένεται να φτάσει τα 420 €.



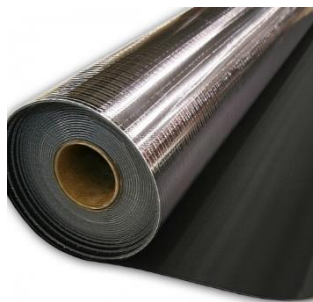
ΕΙΚΟΝΑ 21: ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

2. Αγωγοί αερομεταφοράς:

Ο θόρυβος εκπεμπόμενος από τους σωληνώσεις αερομεταφοράς θα πρέπει να αντιμετωπιστεί με την επένδυσή τους με κάποιο **ηχομονωτικό υλικό**, η οποία θα μπορεί να αφαιρεθεί για τον εντοπισμό διαρροής ή για οποιαδήποτε εργασία συντήρησης. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να επιτευχθεί μείωση του εκπεμπόμενου

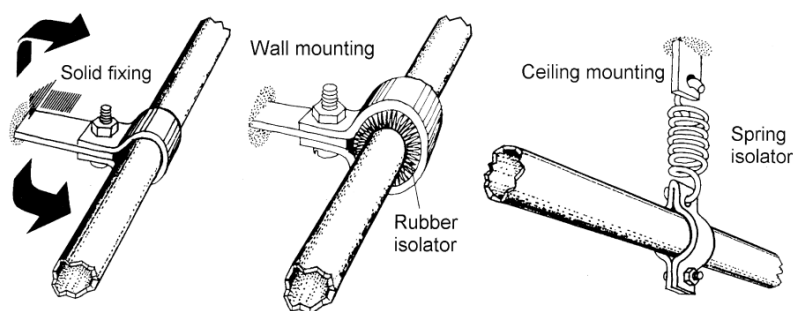
θορύβου μέχρι και 10-13 dB(A) για αγωγούς, σύμφωνα με προδιαγραφές προϊόντων του εμπορίου. Κατά την επιλογή του υλικού θα πρέπει να προσεχθεί ώστε να έχει υψηλό δείκτη ηχομείωσης σε όλες τις συχνότητες, λόγω του ευρυζωνικού θορύβου που εκπέμπεται.

Κόστος: Υπάρχει μεγάλη ποικιλία προϊόντων για την ηχομόνωση σωληνώσεων. Ενδεικτικά η τιμή ενός από αυτά είναι 17,84 €/m², συνεπώς αφού η παρούσα εγκατάσταση περιέχει περίπου 165m σωληνώσεων αερομεταφοράς διαμέτρου 20 cm, η ηχομόνωσή τους με το συγκεκριμένο υλικό θα κοστίσει 1850 € [40].



ΕΙΚΟΝΑ 22: ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΟ ΡΟΛΟ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ [40]

Για τη μείωση του θορύβου εν τη γενέσει του, πρέπει να περιοριστεί η τύρβη της ροής στο εσωτερικό του. Αυτή μπορεί να εξομαλυνθεί με την **αποφυγή απότομων καμπών**, με την αντικατάσταση ενώσεων “T” με πιο **ομαλές ενώσεις**, με την αποφυγή **απότομων αλλαγών διατομής** ή και με την εγκατάσταση **ευθυγραμμιστών τροχιών** (flow straightener) στα σημεία με εντονότερη τύρβη (πχ. μετά από καμπές). Επίσης προτείνεται η χρήση **ελαστικού συστήματος στήριξης** των σωληνώσεων από το ταβάνι αντί για μεταλλικές βέργες, για αποφυγή των κραδασμών [41]. Δεν είναι δυνατή η εκτίμηση της ηχομείωσης που θα επιτευχθεί με αυτές τις παρεμβάσεις, ούτε και το πιθανό κόστος τους.



ΕΙΚΟΝΑ 23: ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ [41]

3. Φυγοκεντρικοί φυσητήρες:

Οι φυσητήρες και σίγουρα οι πιο θορυβώδεις από αυτούς θα πρέπει να ηχομονωθούν. Αποτελεσματική λύση για το σκοπό αυτό είναι **ευέλικτες ηχομονωτικές επενδύσεις – «παπλώματα»** (acoustic blanket), που υπάρχουν στην

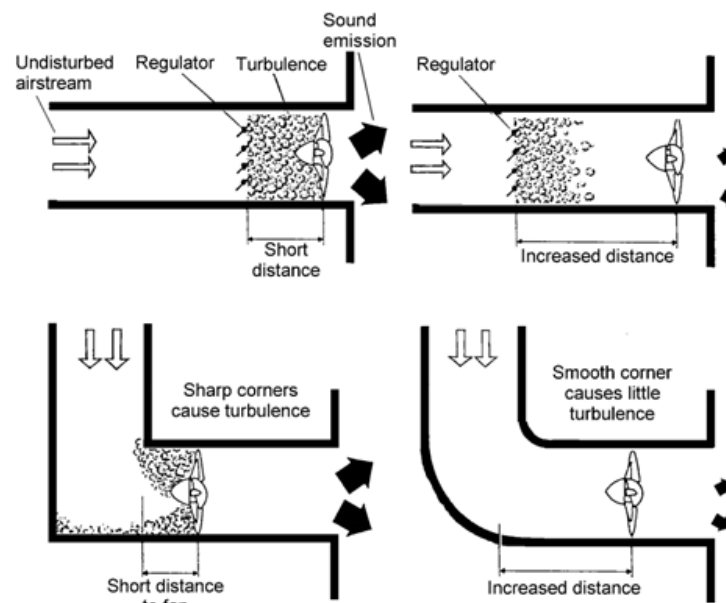
αγορά και κατασκευάζονται συνήθως κατά παραγγελία, οι οποίες μπορούν να επιτύχουν μείωση του εκπεμπόμενου θορύβου μέχρι και κατά 10 dB. Τα καλύμματα μπορούν εύκολα να αφαιρεθούν για εργασίες συντήρησης ή επιδιορθώσεις βλαβών στο φυσητήρα [42].

Εκτιμάται κόστος 200 € για το κάθε κάλυμμα, συνεπώς αν καλυφθούν οι τέσσερις πλέον θορυβώδεις φυσητήρες (από ένας σε κάθε σετ κοσκίνων και δυο στις δεξαμενές μετά τους αφυγραντήρες), το συνολικό κόστος για την παρέμβαση αυτή θα ανέλθει στα 800 €.



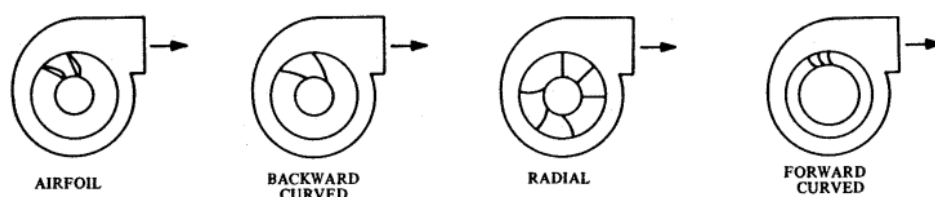
ΕΙΚΟΝΑ 24: ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΟ "ΠΑΠΛΩΜΑ" ΓΙΑ ΦΥΣΗΤΗΡΑ [42]

Επίσης όπως έχει εξηγηθεί, η ροή κατά την είσοδό της στο φυσητήρα και την πρόσκρουσή της στα πετερύγια θα πρέπει να είναι **στρωτή**. Συνεπώς οποιοδήποτε στοιχείο μπορεί να αυξάνει την τύρβη (γωνία, ρυθμιστής ροής) καλό είναι να βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από αυτόν (ίση με 2 διαμέτρους τουλάχιστον). Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να επιτευχθεί ηχομείωση 3-12 dB(A) [43].



ΕΙΚΟΝΑ 25: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΤΥΡΒΗ [41]

Δεν ήταν δυνατό να ελεγχθεί ο τύπος πτερυγίων των φυσητήρων, ωστόσο αναφέρεται πως ο ήχος που παράγεται από τη λειτουργία τους εξαρτάται και από αυτή την παράμετρο. Έτσι σύμφωνα με μελέτες, χαμηλότερος θόρυβος και υψηλότερη ποιότητα ροής προκύπτουν με τη χρήση πτερυγίων με διατομή σχήματος αεροτομής, ή **οπισθοκλινών πτερυγίων**. Τα ακτινικά πτερύγια (χωρίς κλίση) παράγουν θόρυβο υψηλών εντάσεων, ενώ τα εμπροσθοκλινή πτερύγια χρησιμοποιούνται κυρίως για εφαρμογές χαμηλής πίεσης και ταχύτητας [44]. Επίσης, **πτερύγια σε ακανόνιστες αποστάσεις** μεταξύ τους συμβάλλουν στη μείωση των εκπεμπόμενων εντάσεων στη συχνότητα διέλευσης των πτερυγίων [45].



ΕΙΚΟΝΑ 26: ΤΥΠΟΙ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ [44]

Τέλος, μείωση του θορύβου των φυσητήρων μπορεί να επιτευχθεί με **μείωση της ταχύτητας περιστροφής** τους, αν οι απαιτήσεις της παραγωγής το επιτρέπουν αυτό. Έτσι αναλόγως του ποσοστού μείωσης μπορούν να επιτευχθούν οι εξής μειώσεις:

ΠΙΝΑΚΑΣ 12: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΣΤΟ ΘΟΡΥΒΟ [43]

FAN SPEED REDUCTION	NOISE REDUCTION
10%	2 dB
20%	5 dB
30%	8 dB
40%	11 dB
50%	15 dB

4. Αντικραδασμικές βάσεις:

Προτείνεται η εξέταση της πιθανότητας εγκατάστασης **αντικραδασμικών βάσεων** (vibration absorbing/damping pads/mounts) στα κόσκινα αν δεν έχει γίνει ήδη, για την απορρόφηση των εδαφόφερτων θορύβων χαμηλής συχνότητας και των δονήσεων από την κίνησή τους. Λόγω του τρόπου έδρασής τους, η λύση αυτή ίσως να μην είναι εφαρμόσιμη, ούτε μπορούν να εκτιμηθούν τα αποτελέσματα της εγκατάστασής της.



ΕΙΚΟΝΑ 27: ΑΝΤΙΚΡΑΔΑΣΜΙΚΕΣ ΒΑΣΕΙΣ [46]

5. Απαγωγή αέρα από σιλό:

Ο αγωγός εξόδου του αέρα από τα σιλό μπορεί να **κατευθυνθεί προς τα πάνω** και να **απάγει τον αέρα** είτε εντός του χώρου είτε εκτός αυτού. Επίσης προτείνεται η χρήση ειδικού φίλτρου στην έξοδό του το οποίο θα συγκρατεί τα σωματίδια και τους κόκκους που παρασέρνονται από τον αέρα, και θα καθαρίζεται ανά χρονικά διαστήματα που θα κριθεί σκόπιμο.

6. Πρόγραμμα συντήρησης:

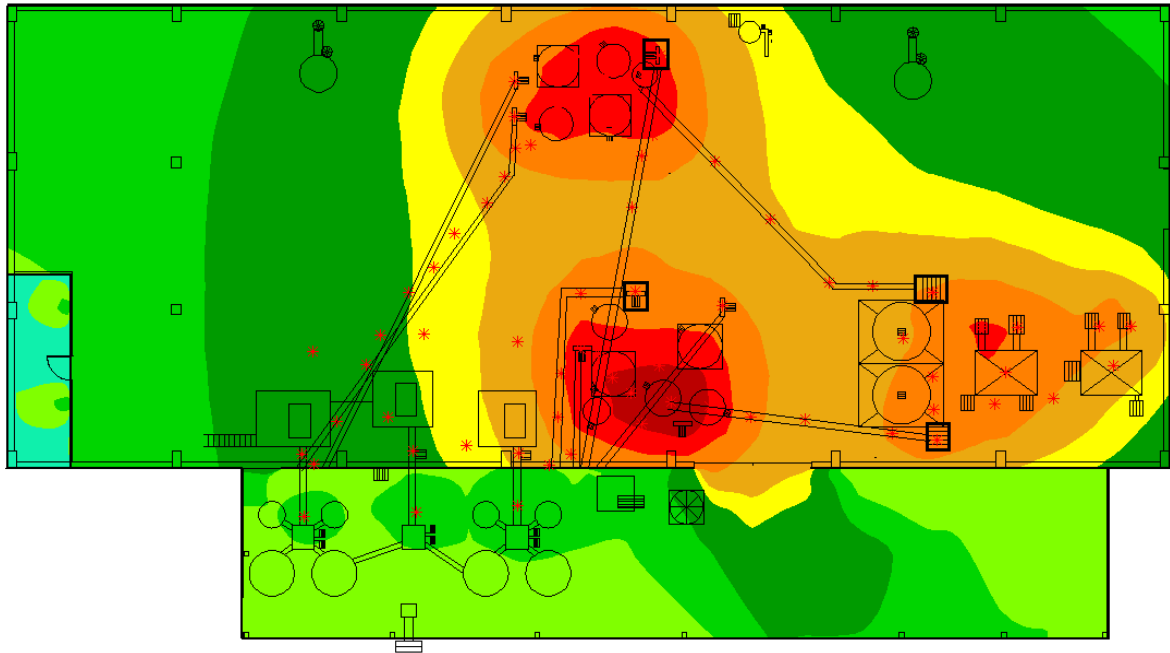
Απαραίτητη είναι η τακτική **συντήρηση** και λίπανση του εξοπλισμού και κυρίως των συστημάτων κίνησης των διαφόρων εξαρτημάτων.

Στον Πίνακα 13 παρατίθενται τα αναμενόμενα αποτελέσματα των προτάσεων για τις οποίες μπορεί άμεσα να εκτιμηθεί η ηχομείωση, αλλά και που η διαδικασία εφαρμογής τους είναι πιο απλή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΠΡΟΤΑΣΗ 1 - ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ

Παρέμβαση	Υπάρχουσα κατάσταση	Αναμενόμενη κατάσταση	Σύμβολο	Κόστος
Ηχοαπορροφητική επένδυση τοίχων	Εκτιμώμενος $\alpha=50\%$	$\alpha=90\%$	_____	420 €
Ηχομόνωση αγωγών	Εκπομπή 98 dB(A)	85 dB(A)	=====	1850 €
Ηχομόνωση φυσητήρων	Εκπομπή 104 dB(A)	94 dB(A)	□	800 €

Η μείωση του εκπεμπόμενου θορύβου είναι ήδη ικανοποιητική, ενώ ο νέος χάρτης θορύβου όπως προβλέπεται από το λογισμικό θα έχει τη μορφή που παρουσιάζεται στην Εικόνα 24. Πάνω στην εικόνα επίσης σημειώνονται οι παρεμβάσεις στα σημεία στα οποία εφαρμόζονται, συμβολισμένες όπως φαίνεται στον Πίνακα 12.



ΕΙΚΟΝΑ 28: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΓΕΝΙΚΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ

Υπενθυμίζεται η κωδικοποίηση των χρωμάτων που χρησιμοποιήθηκε:

From	To	Colour &
0,0	72,0	
72,0	75,0	
75,0	78,0	
78,0	81,0	
81,0	84,0	
84,0	87,0	
87,0	90,0	
90,0	93,0	
93,0	96,0	
96,0	99,0	
99,0	102,0	
102,0	105,0	

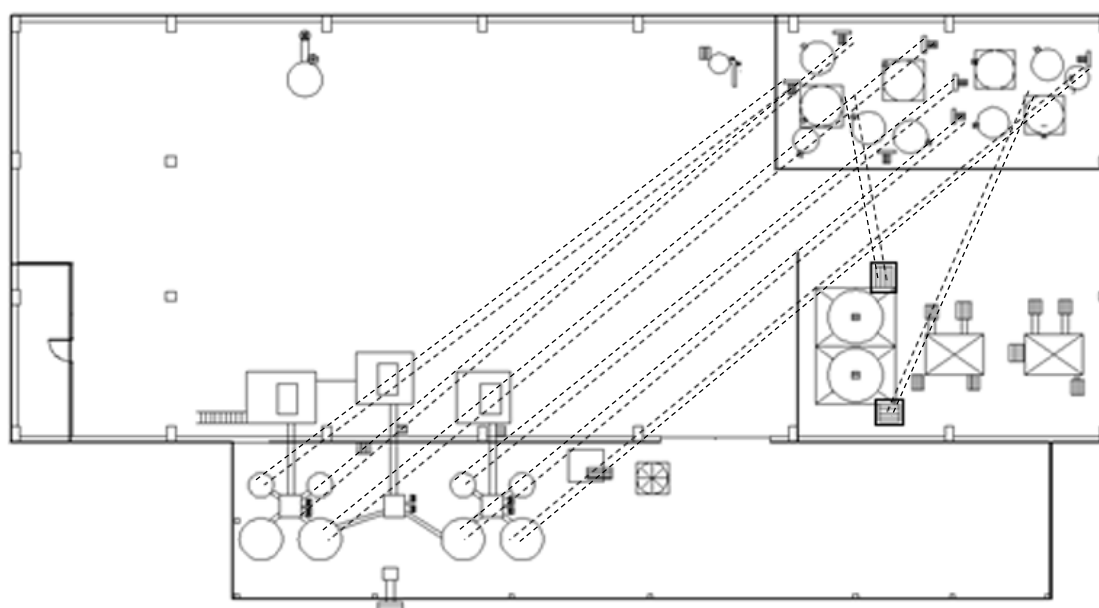
Οι νέες τιμές της ημερήσιας έκθεσης των εργαζομένων εκτιμώνται από το λογισμικό ως εξής:

- Εργάτης πρόσθετων υλικών – υπεύθυνος: $L_{EX,8h} = 82,9 \text{ dB}$
- Εργάτης συσκευασίας: $L_{EX,8h} = 84,2 \text{ dB}$
- Χειριστής κλαρκ: $L_{EX,8h} = 83,6 \text{ dB}$

Όπως αναμενόταν οι τιμές προκύπτουν σημαντικά μειωμένες σε σχέση με πριν τις γενικές παρεμβάσεις που περιγράφηκαν, αν και παραμένουν άνω του κατώτερου ορίου για ανάληψη δράσης (80 dB) και προσεγγίζουν το ανώτερο (85 dB).

7.1.1.2 Πρόταση 2: Απομόνωση κοσκίνων και αφυγραντήρων

Όπως έχει εξηγηθεί, η πλειονότητα των εργασιών δεν πραγματοποιούνται άμεσα στις βασικές πηγές θορύβου (κόσκινα, αφυγραντήρες, φυσητήρες) με εξαίρεση την λήψη δειγμάτων και τον οπτικό έλεγχο. Συνεπώς, είναι εφικτή η συγκέντρωση των διατάξεων αυτών σε απομακρυσμένο σημείο, και η τοποθέτηση ηχοπετασμάτων – «ηχητικών κουρτινών» (sound curtains) σε μεταλλικό σκελετό από όλες τις πλευρές, ώστε να επιτευχθεί ο **πλήρης εγκλεισμός** τους. Τα ηχοπετάσματα θα πρέπει να τοποθετηθούν με τρόπο ώστε να δύναται να πλησιάσει παλετοφόρο για πιθανές ανυψωτικές εργασίες που προκύπτουν, ενώ θα πρέπει να έχουν ύψος τέτοιο ώστε να καλύπτονται τα κόσκινα και να επιτυγχάνεται η επιθυμητή ηχομείωση, ενώ παράλληλα να είναι χαμηλότερα από το ύψος των αγωγών αερομεταφοράς.



ΕΙΚΟΝΑ 29: ΠΡΟΤΑΣΗ 2

Υπάρχουν υλικά που εξασφαλίζουν ηχομείωση μέχρι και 15 dB(A) ή και περισσότερο επί του συνολικού θορύβου που εκπέμπεται από μια πηγή, ενώ είναι δυνατός ο σχεδιασμός διαφανών επιφανειών σε σημεία όπου χρειάζεται οπτικός έλεγχος. Επίσης είναι δυνατή η εγκατάσταση πλευρών που θα μπορούν να ανοίγουν συρόμενες όπως φαίνεται στην Εικόνα 26, για τις περιπτώσεις που θα εμφανίζεται η ανάγκη προσέγγισης του περονοφόρου [47].

Δεν υπάρχει λόγος για τοποθέτηση ηχομονωτικού καλύμματος στους φυσητήρες των κοσκίνων εφόσον αυτά θα εγκλειστούν πλήρως με ηχοπετάσματα, ενώ αντίθετα σε αυτούς των αφυγραντήρων είναι πιο συμφέρουσα και αποτελεσματική η ηχομόνωση των φυσητήρων και η τοποθέτηση ηχοπετάσματος από τη μία μόνο πλευρά όπως φαίνεται στην Εικόνα 25.



ΕΙΚΟΝΑ 30: ΗΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΑ [47]

Η χρήση ωτοασπίδων συνιστάται μόνο εντός του χώρου όπου θα μεταφερθούν τα κόσκινα, όπου θα πρέπει να τοποθετηθεί και η ανάλογη σήμανση. Οι ωτοασπίδες μπορούν φυσικά να αφαιρούνται στιγμιαία ώστε ο εργαζόμενος να έχει τη δυνατότητα να ελέγξει τα πιθανά ανεπίσημα ηχητικά σήματα που αναφέρθηκαν.

Η πρόταση αυτή θα επιφέρει τη μεγαλύτερη μείωση των επιπέδων θορύβου και αναμένεται να θέσει την ημερήσια έκθεση των εργατών εντός των επιτρεπτών ορίων, ωστόσο η εφαρμογή της απαιτεί πολλά έξοδα και διαφυγόντα κέρδη λόγω μακροχρόνιας διακοπής της παραγωγής. Επίσης, θα χρειαστεί ανασχεδιασμός ολόκληρου του συστήματος σωληνώσεων, καθώς και επιπλέον σωληνώσεις συνολικού μήκους τουλάχιστον 60 m (διακεκομμένες γραμμές στην Εικόνα 25).

Κόστος: Ο εγκλεισμός των κοσκίνων μπορεί να πραγματοποιηθεί με πάνελ σε μεταλλικό σκελετό που βρίσκονται σε πολλές παραλλαγές στην αγορά. Οι τιμές του κόστους αγοράς και εγκατάστασης στις περισσότερες περιπτώσεις δεν ήταν δυνατό να ευρεθούν στα πλαίσια της εργασίας, πάντως ενδεικτικά μια εταιρία κοστολογεί τα πάνελ 250 €/τεμάχιο. Αυτά έχουν διαστάσεις 1,22x2,5m άρα για εγκλεισμό των δυο σετ κοσκίνων θα χρειαστούν περίπου 23 τεμάχια και συνολικό κόστος 5750 €. Σημειώνεται πως ο υπολογισμός έγινε βάσει ενός μοναδικού προϊόντος του οποίου η τιμή βρέθηκε [48], και είναι βέβαιο πως υπάρχουν ηχοπετάσματα άλλων εταιριών με χαμηλότερο κόστος ενώ μπορεί να γίνει και κάποια ιδιοκατασκευή με χαμηλότερο κόστος, αμφίβολα αποτελέσματα όμως.

Στον Πίνακα 14 παρουσιάζονται τα ενδεικτικά υπολογισμένα κόστη για την εφαρμογή των παρεμβάσεων της συγκεκριμένης πρότασης:

ΠΙΝΑΚΑΣ 14: ΠΡΟΤΑΣΗ 2

Παρέμβαση	Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Κόστος
Ηχοαπορροφητική επένδυση τοίχων	$\alpha=90\%$	420 €
Ηχομόνωση αγωγών	85 dB(A)	2635 €
Ηχομόνωση φυσητήρων	94 dB(A)	400 €
Εγκλεισμός κοσκίνων	Ηχομείωση 15 dB(A)	5750 €*
Ηχοπέτασμα στους αφυγραντήρες	Ηχομείωση 15 dB(A)	1500 €*
Σύνολο (τουλάχιστον)		10705 €

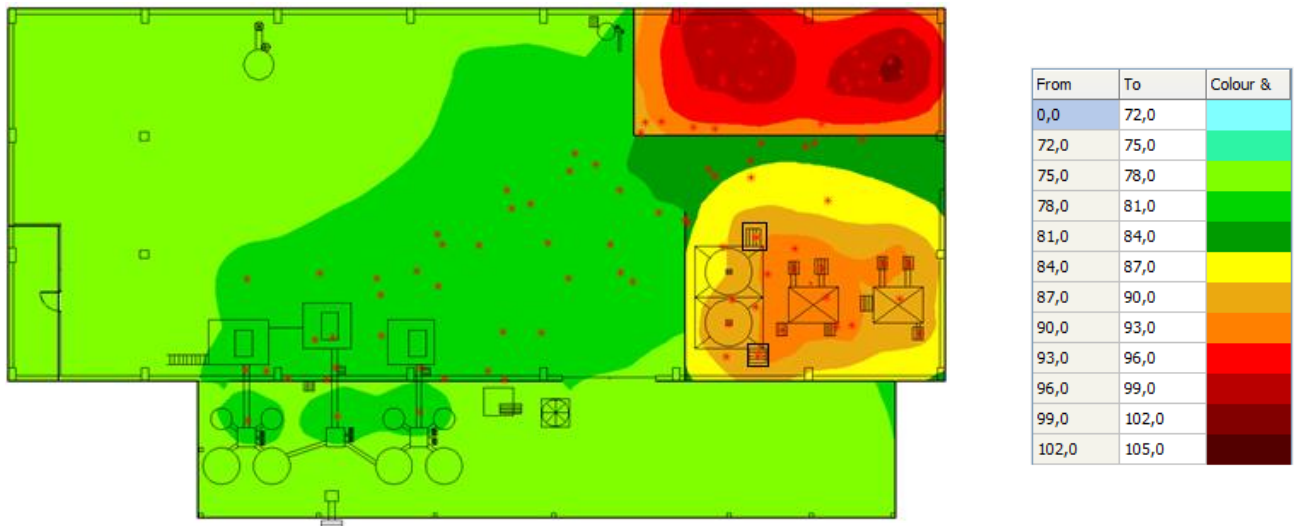
*: Είναι βέβαιο πως υπάρχουν ηχοπετάσματα χαμηλότερου κόστους.

Η αναχωροθέτηση των κοσκίνων καθώς και ο επανασχεδιασμός και η προσαρμογή του συστήματος σωληνώσεων είναι ένα πολύ μεγάλο επιπλέον κόστος που μάλιστα δε μπορεί να υπολογιστεί με τα υπάρχοντα δεδομένα, και αποτελεί το βασικό λόγο που η συγκεκριμένη λύση τελικά φαίνεται μη πραγματοποιησίμη.

Αν τελικά εφαρμοστεί η πρόταση αυτή **μαζί με τις γενικές παρεμβάσεις** που αναπτύχθηκαν προηγουμένως αναμένεται να έχουν πλήρως ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Ο προβλεπόμενος χάρτης θορύβου παρουσιάζεται στην Εικόνα 27 και μια εκτίμηση του λογισμικού για τις νέες τιμές της ημερήσιας έκθεσης των εργαζομένων σε θόρυβο είναι η εξής:

- Εργάτης πρόσθετων υλικών – υπεύθυνος: $L_{EX,8h} = 82,4$ dB
- Εργάτης συσκευασίας: $L_{EX,8h} = 78,1$ dB
- Χειριστής κλαρκ: $L_{EX,8h} = 78,4$ dB

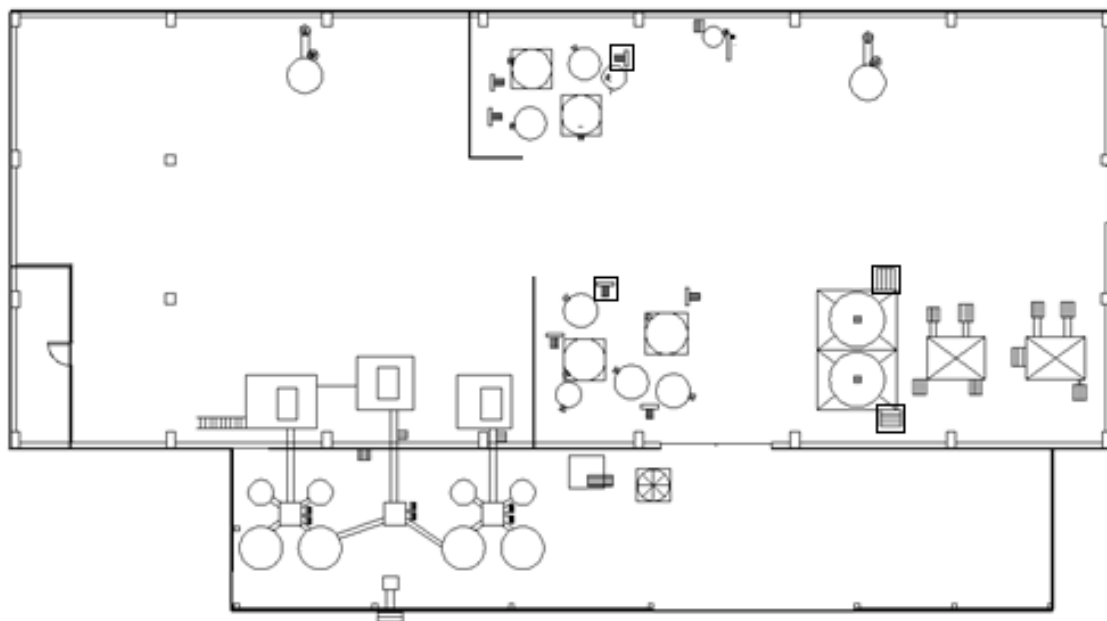
Και οι τρεις τιμές έκθεσης είναι κάτω των 87 dB άρα εντός των νομίμων ορίων, ενώ μόνο αυτή του υπεύθυνου ξεπερνά το κατώτερο όριο για ανάληψη δράσης. Η έκθεση του όμως μπορεί να μειωθεί περισσότερο με τη χρήση ωτοασπίδων κατά τις εργασίες κοντά στα κόσκινα.



ΕΙΚΟΝΑ 31: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΑΣΗΣ 2

7.1.1.3: Ηχοπετάσματα κοντά στα γεμιστικά μηχανήματα

Σχεδόν το σύνολο των εργασιών πραγματοποιούνται στο αριστερό μισό του χώρου όπως βλέπουμε την κάτοψη, μακριά από τις βασικές πηγές θορύβου (κόσκινα, αφυγραντήρες, φυσητήρες) με την εξαίρεση της λήψης δειγμάτων και του οπτικού ελέγχου. Συνεπώς, μια δεύτερη πιθανή λύση θα ήταν η τοποθέτηση **ηχοπετασμάτων** μεταξύ των κοσκίνων και του χώρου δραστηριοποίησης των εργαζομένων, χωρίς τη μεταφορά τους. Τα δυο μειονεκτήματα της λύσης αυτής είναι η μειωμένη αποτελεσματικότητα όσον αφορά τη μείωση του θορύβου και ο περιορισμένος χώρος που θα απομείνει για την κίνηση του περονοφόρου. Ωστόσο αν



ΕΙΚΟΝΑ 32: ΠΡΟΤΑΣΗ 3

κριθεί δυνατή η εφαρμογή της, είναι σημαντικά χαμηλότερου κόστους σε πόρους και χρόνο συγκριτικά με την προηγούμενη πρόταση. Επιπλέον πλεονέκτημά της είναι πως επιτρέπει πιο εύκολα την εποπτεία της εύρυθμης λειτουργίας των κοσκίνων και των φυσητήρων.

Κόστος: Τα ηχοπετάσματα σε αυτή την παρέμβαση θα πρέπει να καλύπτουν τη μία μόνο πλευρά των δυο σετ κοσκίνων. Συνολικά θα πρέπει να καλυφθούν 13 m, συνεπώς θα χρειαστούν περίπου 11 τεμάχια ηχοπετασμάτων. Με βάση το προϊόν που προαναφέρθηκε, το συνολικό κόστος των ηχοπετασμάτων υπολογίζεται 2750 €.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15: ΠΡΟΤΑΣΗ 3

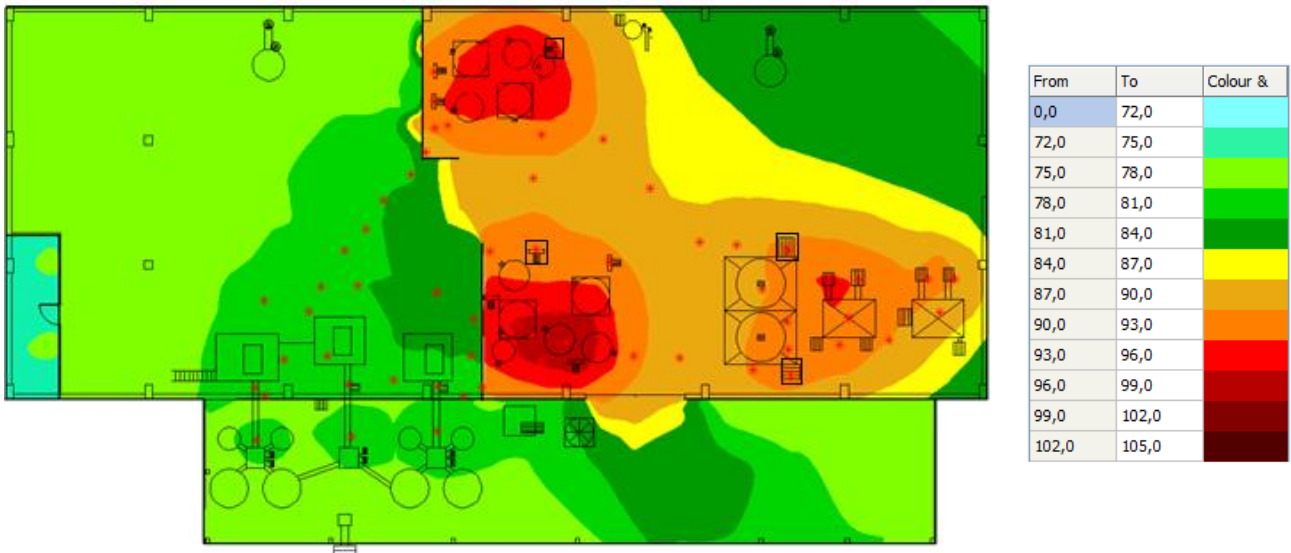
Παρέμβαση	Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Κόστος
Ηχοαπορροφητική επένδυση τοίχων	$\alpha=90\%$	420 €
Ηχομόνωση αγωγών	Εκπομπή 85 dB(A)	1850 €
Ηχομόνωση φυσητήρων	Εκπομπή 94 dB(A)	800 €
Ηχοπετάσματα μεταξύ κοσκίνων και εργαζομένων	Ηχομείωση 15 dB(A)	2750 €*
Σύνολο		5820 €

*: Είναι βέβαιο πως υπάρχουν ηχοπετάσματα πολύ χαμηλότερου κόστους.

Η εφαρμογή της πρότασης αυτής **μαζί με όλες τις γενικές προτάσεις** που προηγήθηκαν θα επιφέρει τα εξής αποτελέσματα ως προς την ημερήσια έκθεση των εργαζομένων, σύμφωνα με την εκτίμηση του λογισμικού:

- Εργάτης πρόσθετων υλικών – υπεύθυνος: $L_{EX,8h} = 82,6 \text{ dB}$
- Εργάτης συσκευασίας: $L_{EX,8h} = 79,9 \text{ dB}$
- Χειριστής κλαρκ: $L_{EX,8h} = 79,8 \text{ dB}$

Ενώ η νέα διαμόρφωση του χάρτη θορύβου εμφανίζεται στην Εικόνα 29:



ΕΙΚΟΝΑ 33: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΤΑΣΗΣ 3

(Σημειώνεται πως οι ημερήσιες εκθέσεις για όλες τις διαφορετικές προτάσεις έχουν υπολογιστεί από το λογισμικό NoiseAtWork με βάση τις σημειακές τιμές στον προβλεπόμενο χάρτη θορύβου, και όχι μετρήσεις κατά την εκτέλεση των εργασιών. Συνεπώς δεν αντικατοπτρίζουν ακριβώς τις τιμές που θα προκύψουν στην πραγματικότητα, οι οποίες μπορούμε να υποθέσουμε πως θα είναι λίγο μεγαλύτερες.)

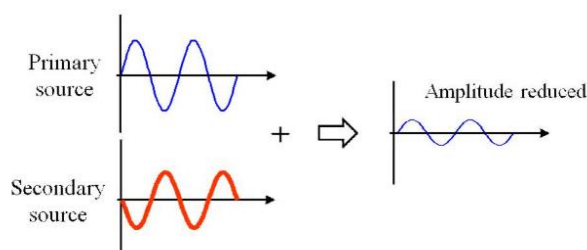
7.1.1.4: Ηλεκτρονικές ωτοασπίδες

Όπως έχει εξηγηθεί, η χρήση ωτοασπίδων θα πρέπει να θεωρηθεί ως η τελευταία επιλογή για την αντιμετώπιση του θορύβου. Τα μέσα ατομικής προστασίας είναι πολλές φορές αναποτελεσματικά λόγω λανθασμένης χρήσης τους ή λόγω ενοχλήσεων που επιφέρουν, ενώ παράλληλα απομονώνουν τον εργαζόμενο από το ηχητικό περιβάλλον. Επιπλέον προστατεύουν μόνο όσους τα φοράνε και όχι κάποιον που πιθανώς θα βρεθεί εντός του χώρου, ενώ δεν προστατεύεται καθόλου η γύρω περιοχή από ηχορύπανση. Ωστόσο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προσωρινή λύση, προσφέροντας ικανοποιητική προστασία μέχρι την εφαρμογή κάποιας από τις παραπάνω προτεινόμενες παρεμβάσεις.



ΕΙΚΟΝΑ 34: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΩΤΟΑΣΠΙΔΕΣ

Σε αυτή την περίπτωση, ιδανική επιλογή είναι οι ηλεκτρονικές ωτοασπίδες. Αυτές λειτουργούν με βάση την ενεργητική ηχομείωση ή ακύρωση του θορύβου (active noise control ή noise cancelling), δηλαδή την εκπομπή ηχητικών σημάτων ίσου πλάτους και αντίθετης φάσης από αυτά που εκπέμπονται από τις ηχητικές πηγές, με τα οποία συμβάλουν και επιτυγχάνουν έτσι τη σημαντική μείωση της έντασης που δέχεται ο χρήστης. Τα εξωτερικά σήματα ανιχνεύονται με μικρόφωνο στην εξωτερική πλευρά του κάθε ακουστικού και μετατρέπονται σε ηλεκτρικά, στη συνέχεια εισέρχονται στο κατάλληλο κύκλωμα όπου πραγματοποιείται η αντιστροφή τους (διαφορά φάσης 180°) μέσω τελεστικών ενισχυτών, και τέλος οδηγούνται σε ηχείο από όπου εκπέμπονται στο αυτί του χρήστη, ακυρώνοντας τα εξωτερικά ακουστικά σήματα [49]. Η μέθοδος αυτή έχει καλύτερο αποτέλεσμα στις χαμηλές συχνότητες, οι οποίες σημειώνονται σε πολλά σημεία του χώρου [50].



ΕΙΚΟΝΑ 35: ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗ [50]

Σύνηθες χαρακτηριστικό των ωτοασπίδων αυτών είναι ότι αποκόπτουν μόνο τα ηχητικά σήματα υψηλής εντάσεως, με το όριο να βρίσκεται συνήθως στα 85 dB(A) αλλά να μπορεί και να ρυθμιστεί, προσφέροντας με αυτό τον τρόπο τη δυνατότητα να ακουστούν άλλοι ήχοι μικρότερης έντασης, για παράδειγμα ομιλίες. Ο δείκτης ηχομείωσης που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη είναι ο SNR (Single Number Rating) που προκύπτει από την ηχομείωση ανά συχνότητα. Συχνά η ηχομείωση δίνεται και ανά οκτάβα ή ανά περιοχή συχνοτήτων (L – χαμηλές, M – μέσες και H – υψηλές).

Ο SNR υπολογίζεται βάσει εργαστηριακών μετρήσεων των κατασκευαστών, σε πραγματικές συνθήκες όμως η ηχομείωση που θα επιτευχθεί είναι μικρότερη λόγω κακής χρήσης των ωτοασπίδων. Συνεπώς ο HSE προτείνει την αφαίρεση 4 dB(A) από την ονομαστική τιμή του NSR για την προσαρμογή του στην πραγματική ηχομείωση. Επίσης υπογραμμίζει πως η ηχομείωση αυτή δε θα πρέπει να είναι υπερβολική οδηγώντας σε εντάσεις κάτω των 70 dB(A), καθώς αυτό μπορεί να προκαλέσει δυσφορία στον εργαζόμενο και τάση αφαίρεσης των ωτοασπίδων [37].

Για το ηχητικό περιβάλλον που μελετάται, προτείνονται ακουστικά με δείκτη SNR 30 - 35 dB(A), ώστε και με την αφαίρεση των 4 dB(A) να οδηγήσει σε εκθέσεις κοντά στα 70 αλλά κάτω από τα 80 dB(A). Συγκεκριμένα, για SNR 30 και χωρίς την εφαρμογή καμίας άλλης παρέμβασης στο χώρο, τα ακουστικά θα οδηγήσουν στις εξής ημερήσιες εκθέσεις ανά ομάδα εργαζομένων:

- Εργάτης πρόσθετων υλικών – υπεύθυνος: $L_{EX,8h} = 75,7 \text{ dB(A)}$
- Εργάτης συσκευασίας: $L_{EX,8h} = 76,6 \text{ dB(A)}$
- Χειριστής κλαρκ: $L_{EX,8h} = 74,4 \text{ dB(A)}$

Κόστος: Οι ηλεκτρονικές ωτοασπίδες υπερτερούν σε σχέση με τις συμβατικές όσον αφορά την απόδοση, είναι όμως σημαντικά υψηλότερου κόστους. Ενδεικτικά ένα ζευγάρι ηλεκτρονικών ωτοασπίδων θα κοστίζει πάνω από 80€ και μπορεί να φτάσει και τα 200 €, αναλόγως της ποιότητας κατασκευής του, ενώ ένα ζευγάρι ποιοτικών συμβατικών ωτοασπίδων μπορεί να κοστίζει και λιγότερο από 15 €, με το μειονέκτημα πως δε θα μπορούν να ακουστούν οι ομιλίες και άλλοι ήχοι.

Τέλος, με την ίδια φιλοσοφία του Active Noise Cancelling μπορεί να επιτευχθεί μείωση του θορύβου συνολικά στο χώρο, εκπέμποντας ηχητικά σήματα αντίθετης φάσης από μεγάφωνα σε διάφορα σημεία. Αυτή η μέθοδος όμως απαιτεί ενδελεχή μελέτη για τη βέλτιστη τοποθέτηση των διατάξεων, ενώ δεν υπάρχει μεγάλη ποικιλία προϊόντων στην αγορά. Πάντως παρουσιάζει ενδιαφέρον η περεταίρω έρευνα της συγκεκριμένης επιλογής.

7.1.2 Χειρωνακτική Ανύψωση Φορτίων

Υπενθυμίζεται πως ο εφοδιασμός του υλικού έχει χωριστεί στις εξής επιμέρους εργασίες:

- 1) Κατέβασμα κούτας σε διπλανή παλέτα και αφαίρεση του σάκου από το εσωτερικό της
- 2) Ανύψωση του σάκου μέχρι το ύψος κάδου και έγχυση του υλικού σε αυτόν.

Οι τιμές των δεικτών που υπολογίστηκαν για την κάθε επιμέρους εργασία και ο συνολικός, ήταν οι εξής (από τον Πίνακα 8):

ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ 8

	Εργασία 1	Εργασία 2
LI	2,03	1,77
RWL	10,39	11,9
CLI	2,03	

Οι παρακάτω προτάσεις έχουν γίνει με βάση οδηγίες του Ευρωπαϊκού οργανισμού OSHA [51].

Για τη μείωση των δεικτών LI μια απλή λύση θα ήταν η χρήση πάγκου για την απόθεση της κούτας, αντί για την παλέτα ή το πάτωμα. Ιδανικό ύψος για την κατακόρυφη απόσταση σύμφωνα με την εξίσωση του NIOSH είναι τα 75 cm, συνεπώς αφού η κούτα κατά το κατέβασμά της πιάνεται από το πλάι (έστω τη μέση, 25 cm) το βέλτιστο ύψος του πάγκου θα ήταν τα 50 cm. Έτσι ο εργαζόμενος θα μπορεί χωρίς πρόβλημα να αφαιρέσει το σάκο από μέσα της και να τον αποθέσει στον πάγκο, για να μεταφερθεί στη συνέχεια μέχρι τον κάδο. Εκεί θα χρειαστεί μια ανύψωση 15 cm ώστε να εγχυθεί το υλικό. Ο κάδος θα πρέπει να βρίσκεται σε μικρή απόσταση από τον πάγκο ώστε να μη χρειάζεται χειρωνακτική μεταφορά του σάκου, κατά την οποία εκτός από μυοσκελετική επιβάρυνση ο εργαζόμενος κινδυνεύει και από ολισθήματα ή άλλους τραυματισμούς. Επιπλέον, ενδεικνυόμενη κίνηση για τον εργαζόμενο είναι αν χρειαστεί να στρίψει να το πράξει χωρίς στρέψη του κορμού, ώστε να μην επέρχεται πρόσθετη επιβάρυνση.

Οι νέες τιμές των παραμέτρων με υπογραμμισμένες τις αλλαγές και οι νέοι δείκτες που υπολογίζονται είναι οι εξής:

ΠΙΝΑΚΑΣ 16: ΝΕΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1

	Εργασία 1	Εργασία 2
Οριζόντια Απόσταση (H)	40	30
Κατακόρυφη Απόσταση (V)	<u>61</u>	<u>75</u>
Διαφορά Ύψους (D)	<u>12</u>	<u>15</u>
Γωνία Ασυμμετρίας (A)	<u>0</u>	<u>0</u>
Πιάσιμο	2	3
Διάρκεια	>2	>2
Συχνότητα	0,17	0,17
Μέσο Βάρος	20	20
Μέγιστο Βάρος	20	20

LI	1,61	1,22
RWL	12,43	16,39
CLI	1,61	

Επιτεύχθηκε η μείωση του δείκτη ανύψωσης για την εργασία αυτή κατά 0,42 από την προηγούμενη τιμή του. Παραμένει όμως μεγαλύτερος του 1 συνεπώς η κατάσταση εξακολουθεί να είναι επιβαρυντική, αν και αισθητά βελτιωμένη με μια αρκετά απλή παρέμβαση στον τρόπο εκτέλεσης της εργασίας. Η τιμή του δείκτη δε μειώθηκε περισσότερο, λόγω του ότι ο εργαζόμενος αναγκάζεται να εκτείνει τα άνω άκρα για να ανασηκώσει την κούτα από την παλέτα, γι' αυτό και χρησιμοποιήθηκε η τιμή 40 cm για την παράμετρο H στη θέση αυτή. Επιπλέον, με το βάρος των 20 kg είναι δύσκολο να επιτευχθεί μικρότερη καταπόνηση, συνεπώς θα ήταν επιθυμητή η συσκευασία των υλικών σε μικρότερες κούτες αν αυτό είναι δυνατόν, όπως και κούτες με ειδικά χερούλια για πιο εύκολο πιάσιμο και μικρότερη καταπόνηση.

7.1.3 Αιωρούμενα σωματίδια

Για τα αιωρούμενα σωματίδια οι προτάσεις αφορούν τις εξής κατευθύνσεις:

- Μετρήσεις για εκτίμηση της κατάστασης ως προς τη συγκέντρωση του κάθε υλικού και τις διαμέτρους των σωματιδίων
- Ελαχιστοποίηση της διάδοσής τους στο χώρο
- Μέσα ατομικής προστασίας στους άμεσα εκτιθέμενους

Έτσι λοιπόν έχουμε:

1. Μετρήσεις

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας δε μπορούσαν να πραγματοποιηθούν μετρήσεις για τον έλεγχο της κατάστασης όσον αφορά τη συγκέντρωση του κάθε αιωρούμενου σωματιδίου στον αέρα. Προτείνεται η διεξαγωγή σχετικής μελέτης σε περίπτωση που δεν έχει γίνει στο παρελθόν, και αν υπερβαίνονται τα νόμιμα όρια προτείνονται οι εξής παρεμβάσεις:

2. Απορροφητήρες

Προτείνεται η ενίσχυση της απαγωγής των αιωρούμενων σωματιδίων από το χώρο. Τέτοια διάταξη είναι εγκατεστημένη πάνω από το σημείο ζύγισης των πρόσθετων υλικών, όπου τα αιωρήματα απορροφούνται και οδηγούνται σε κυκλώνα (φυγοκεντρικό συλλέκτη), ωστόσο και εκεί σημαντικό ποσοστό αιωρούμενων σωματιδίων παραμένει στο χώρο.

Κατά την πλήρωση των συσκευασιών με το προϊόν εκλύεται η μεγαλύτερη ποσότητα αιωρημάτων, τα οποία αναρροφώνται από αγωγούς που όμως τα οδηγούν μόλις λίγα cm ψηλότερα, καθώς πρόκειται για προεγκατάσταση απαγωγού ο οποίος δεν έχει τοποθετηθεί μέχρι στιγμής..

Αντίστοιχη διάταξη θα πρέπει να εγκατασταθεί και πάνω από τις χοάνες όπου εγχέονται τα πρόσθετα υλικά, όπου επίσης υπάρχει μεγάλη ποσότητα αιωρούμενων σωματιδίων. Έχει αναφερθεί επίσης η πρόταση για την παρέμβαση στους αγωγούς εξόδου του αέρα από τα σιλό, οι οποίοι καταλήγουν εντός του χώρου και σε ανοικτό σάκο εν είδει φίλτρου. Μεγάλη ποσότητα σωματιδίων και κόκκων όμως δε συγκρατούνται από αυτόν, καθώς παρασέρνονται από τον αέρα που εισέρχεται με ταχύτητα και καταλήγουν εντός του χώρου. Προτείνεται η οδήγηση του αέρα εκτός του χώρου είτε μέσω του τοίχου είτε της σκεπής, και η τοποθέτηση φίλτρων στις εξόδους των αγωγών για τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

3. Καλύμματα στους κάδους

Ο έλεγχος της διάδοσης των σωματιδίων στο χώρο θα μπορούσε να επιτευχθεί καταρχήν με την τοποθέτηση καλυμμάτων στους κάδους όπου εγχέονται αυτή τη στιγμή ελεύθερα οι κόκκοι εκτός προδιαγραφών, μέσω μαλακών αγωγών. Τέτοια καλύμματα υπάρχουν ήδη σε κάποιους κάδους, όμως όχι σε όλους. Οι αγωγοί καταλήγουν στους κάδους μέσω οπών, οι οποίες όμως αφήνουν διάκενο από το οποίο εξέρχεται και κάποια ποσότητα αιωρούμενων σωματιδίων. Προτείνεται η εγκατάσταση διάταξης για την αεροστεγή ένωση του αγωγού στο άνοιγμα χωρίς να παραμένει διάκενο. Ο αέρας θα μπορεί να εξέρχεται από ειδικό άνοιγμα στο οποίο θα εγκατασταθεί κατάλληλο φίλτρο.

Σε πολλές περιπτώσεις αντί για σάκους χρησιμοποιούνται σακιά, στην οποία περίπτωση η έκλυση σωματιδίων στον αέρα δε μπορεί να αποφευχθεί. Για αυτό το λόγο, προτείνεται η χρήση ειδικά σχεδιασμένων κάδων σε όλες τις περιπτώσεις.

4. Μέσα Ατομικής Προστασίας

Οι εργαζόμενοι που εκτίθενται άμεσα στα αιωρούμενα σωματίδια, δηλαδή οι επιφορτισμένοι με τη διαχείριση των πρόσθετων υλικών, φορούν μάσκα για την προστασία του αναπνευστικού τους συστήματος και γυαλιά ασφαλείας για την προστασία των ματιών.

7.1.4 Κόκκοι στο πάτωμα

Ο κίνδυνος αυτός μπορεί μερικώς να αντιμετωπιστεί με την τοποθέτηση καλυμμάτων που προαναφέρθηκε. Τα διάφορα άλλα σημεία σε σωληνώσεις και λοιπές διατάξεις από τα οποία μπορούν να υπάρχουν διαρροές, θα πρέπει να εντοπίζονται εγκαίρως και να επιδιορθώνονται με ταινία ή άλλο τρόπο, όπως ήδη γίνεται.

7.1.5 Περονοφόρο Όχημα

Το περονοφόρο όχημα θα μπορεί να γίνεται αντιληπτό με τη μείωση του θορύβου στο χώρο ή την επιλογή κατάλληλων ωτοασπίδων που θα μειώνουν λιγότερο τις υψηλές συχνότητες.. Με αυτό τον τρόπο θα μειωθεί σημαντικά ο κίνδυνος σύγκρουσής του με κάποιον εργαζόμενο. Επίσης, συνήθης πρακτική είναι ο σαφής ορισμός του διαδρόμου στον οποίο κινείται το περονοφόρο ώστε να αποφεύγουν οι υπόλοιποι εργαζόμενοι την κίνησή σε αυτόν, όμως στη συγκεκριμένη περίπτωση ο χώρος είναι περιορισμένος ενώ οι κινήσεις δεν είναι αυστηρώς προκαθορισμένες.

7.2 Χώρος Αντιδραστήρων

7.2.1 Χειρωνακτική Ανύψωση φορτίων

Εφοδιασμός Υλικών

Η εργασία αυτή θα μπορούσε να αποφευχθεί πλήρως, αν ήταν δυνατή η εναπόθεση της παλέτας με τα υλικά στο χώρο. Συνεπώς, η προφανής πρόταση θα ήταν η επαναδιαρρύθμιση του χώρου, ώστε να είναι δυνατόν αυτό. Επίσης, με τη χρήση μεταφορικού καροτσιού θα διευκολυνόταν σημαντικά η εργασία και θα ανακουφιζόταν το μυοσκελετικό σύστημα του εργαζόμενου.

Τροφοδοσία Αντιδραστήρων

Η τροφοδοσία των αντιδραστήρων έχει αναλυθεί σε τρεις επιμέρους:

- 1) Ανύψωση συσκευασίας από την παλέτα
- 2) Απόθεση συσκευασίας στο πάτωμα δίπλα στον αντιδραστήρα
- 3) Ανύψωση συσκευασίας για έγχυση του υλικού στον αντιδραστήρα

Για την κάθε επιμέρους εργασία ο δείκτης ανύψωσης της εξίσωσης του NIOSH υπολογίστηκε ως εξής (από τον Πίνακα 9):

ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ 9

	Καθήκον 1	Καθήκον 2	Καθήκον 3
LI	1,94	2,55	1,23
RWL	11,88	9,01	12,18
CLI	2,62		

Η παρέμβαση που προτείνεται είναι παρόμοια με αυτή για την αντίστοιχη εργασία στο χώρο των κοσκίνων, δηλαδή η εγκατάσταση πάγκου δίπλα σε κάθε αντιδραστήρα πάνω στον οποίο θα αποτίθενται οι συσκευασίες ώστε να ανοιχτούν, και στη συνέχεια θα χαμηλώνονται μέχρι το άνοιγμα του αντιδραστήρα για την έγχυση του υλικού. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται το χαμήλωμα μέχρι το πάτωμα για την απόθεση των συσκευασιών η οποία είναι και η πλέον επιβαρυντική εργασία, όπως φαίνεται στον Πίνακα 9. Οι πάγκοι θα πρέπει να έχουν ύψος 75 cm που είναι το ιδανικό ύψος για όρθια εργασία. Επίσης θα πρέπει σίγουρα να αποφεύγεται η μεταφορά δυο σακίων ταυτόχρονα που αυξάνει το συνολικό βάρος στα 50 kg. Έτσι, το μέσο βάρος για τις πρώτες δυο εργασίες μειώνεται περίπου στα 23 kg.

Οι νέες τιμές των παραμέτρων και των τελικών δεικτών, με υπογραμμισμένες τις αλλαγμένες τιμές, φαίνονται στον Πίνακα 17:

ΠΙΝΑΚΑΣ 17: ΝΕΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 2

	Καθήκον 1	Καθήκον 2	Καθήκον 3
Οριζόντια Απόσταση (H)	40	35	30
Κατακόρυφη Απόσταση (V)	70	<u>75</u>	<u>30</u>
Διαφορά Ύψους (D)	40	<u>35</u>	<u>45</u>
Γωνία Ασυμμετρίας (A)	0	0	30
Πιάσιμο	3	3	3
Διάρκεια	>1	>1	>1
Συχνότητα	0,27	0,27	0,42
Μέσο Βάρος	<u>23</u>	<u>23</u>	15
Μέγιστο Βάρος	<u>25</u>	<u>25</u>	25

LI	1,94	1,64	1,21
RWL	11,88	14,03	12,41
CLI	1,99		

Επιτεύχθηκε μείωση κατά 0,57 μονάδες του δείκτη CLI και σημαντική μείωση του LI της δεύτερης επιμέρους εργασίας. Περεταίρω μείωση της καταπόνησης μπορεί να επιτευχθεί φυσικά με τη μείωση του βάρους των συσκευασιών και την χρήση συσκευασιών που φέρουν χερούλια ώστε να διευκολυνθεί το πιάσιμό τους.

Όσον αφορά τη μεταφορά των φορτίων μέχρι τον κάθε αντιδραστήρα, δε μπορεί να πραγματοποιηθεί κάποια παρέμβαση λόγω των σκαλιών που παρεμβάλλονται και του περιορισμένου χώρου. Ακόμα και τα καρότσια μεταφοράς με ρόδες ειδικές για χρήση σε σκαλοπάτια πιθανότατα δεν ενδείκνυνται για το συγκεκριμένο χώρο, καθώς θα πρέπει να κάνουν συνεχώς ελιγμούς για την αποφυγή εμποδίων. Ο μόνος τρόπος με τον οποίο θα μπορούσαν να αποφευχθούν οι μεταφορές αυτές θα ήταν η χρήση κάποιου συστήματος τροφοδοσίας μέσω σωληνώσεων, ταινιόδρομων ή γερανών, λύσεις πολύ υψηλού κόστους σε σχέση με την επιβάρυνση που προκαλεί το υπάρχον σύστημα.

Υπενθυμίζονται επίσης οι οδηγίες του NIOSH για την ασφαλή ανύψωση κουτιών και σακιών:

Κούτες: Βαθύ κάθισμα χωρίς την κάμψη των γονάτων πάνω από 90°, φορτίο κοντά στο κέντρο βάρους του σώματος, ένα πόδι λίγο πιο μπροστά για ισορροπία, ισομοίρασμα βάρους στα δυο χέρια.



ΕΙΚΟΝΑ 36: ΑΣΦΑΛΗΣ ΑΝΥΨΩΣΗ ΚΟΥΤΑΣ [9]

Σακιά: Γονάτισμα και χρήση μηρού για της ανύψωση του φορτίου, ισομοίρασμα φορτίου μεταξύ των χεριών και κράτημα κοντά στο σώμα κατά τη μεταφορά.



ΕΙΚΟΝΑ 37: ΑΣΑΦΑΛΗΣ ΑΝΥΨΩΣΗ ΣΑΚΙΟΥ [9]

7.2.2 Χημικές ουσίες

Έχουν ληφθεί επαρκή μέτρα για την αποτροπή της επαφής των εργαζομένων με χημικές ουσίες. Το μόνο που μπορεί να προταθεί είναι η κάλυψη και των χεριών με μακριά μανίκια, η λύση αυτή όμως δεν είναι ιδανική λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στο χώρο. Επιπροσθέτως προτείνεται το ξέπλυμα των χεριών και του προσώπου με νερό μετά από την κάθε επαφή με τις χημικές ουσίες.

7.2.3 Θερμοκρασία

Για την αντιμετώπιση της υψηλής θερμοκρασίας είναι απαραίτητος ο επαρκής εξαερισμός ή η τοποθέτηση κλιματιστικής εγκατάστασης στο χώρο. Η πρόταση περεταίρω παρεμβάσεων όμως απαιτεί μετρήσεις και προσεκτική μελέτη του ζητήματος από εξειδικευμένο επαγγελματία.

8. Συμπεράσματα

8.1 Σύνοψη

Η εργασία αυτή αφορούσε τη μελέτη των παραγόντων επικινδυνότητας στην εγκατάσταση της βιομηχανίας, και ειδικά στους χώρους των κοσκίνων και των αντιδραστήρων. Παρακάτω παρατίθενται τα ζητήματα που μελετήθηκαν και οι προτάσεις που παρουσιάστηκαν.

8.1.1 Θόρυβος

Μετά από μετρήσεις ηχομέτρου διαπιστώθηκε ότι στο χώρο των κοσκίνων βρίσκεται μεγάλος αριθμός ηχητικών πηγών εντάσεως μέχρι και 105 dB(A) οι οποίες δημιουργούν δυσμενείς συνθήκες εργασίας. Πέρα από τις άμεσες επιπτώσεις στην υγεία των εργαζομένων που μπορούν να φτάσουν μέχρι και την μόνιμη κώφωση, σημαντικές είναι και οι ψυχολογικές επιπτώσεις αλλά και η μείωση της αποδοτικότητάς τους στην εργασία. Για την αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασης σχεδιάστηκε λεπτομερής χάρτης θορύβου, στον οποίο εμφανίζεται η ηχητική ένταση στο κάθε σημείο του χώρου. Ύστερα υπολογίστηκε η ημερήσια έκθεση σε θόρυβο των εργαζομένων ($L_{EX,8h}$) χωρίζοντάς τους σε ομάδες, αρχικά με τη μέθοδο Task Based Measurement του προτύπου ISO 9612 και στη συνέχεια με απευθείας μετρήσεις ηχοδοσιμέτρου. Οι τιμές που προέκυψαν, αναλόγως και της ομάδας εργαζομένων, εκτείνονται από 90,4 μέχρι 93,6 dB(A) και υπερβαίνουν το ανώτερο επιτρεπτό όριο των 87 dB(A) που ορίζεται από το ΠΔ 149/06, συνεπώς είναι απαραίτητη η λήψη μέτρων για τη μείωση του θορύβου στο χώρο.

Τα μέτρα αυτά μπορούν να είναι είτε παρεμβάσεις στις πηγές για έλεγχο του θορύβου εν τη γενέσει του, παρεμβάσεις στο χώρο όπως ηχοπετάσματα για παρεμπόδιση της διάδοσής του ή μέσα ατομικής προστασίας (ωτοασπίδες) για έλεγχο του θορύβου που δέχονται οι εργαζόμενοι. Οι προτάσεις που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 7.1 είναι οι εξής:

1. Γενικές παρεμβάσεις στο χώρο: Ηχοαπορροφητική επένδυση στους τοίχους, ηχομονωτικά καλύμματα στους αγωγούς αερομεταφοράς και τους φυσητήρες, βελτίωση της ροής στο σύστημα αερομεταφοράς, αντικραδασμικές βάσεις και επενδύσεις για απορρόφηση των δονήσεων, τακτική συντήρηση του εξοπλισμού.

Με τις παρεμβάσεις αυτές υπολογίζεται μείωση της ημερήσιας έκθεσης κάτω από την οριακή τιμή, πάντως όμως από το κατώτερο όριο για ανάληψη δράσης. Η διοίκηση θα πρέπει να ενημερώσει τους εργαζομένους για τα επίπεδα θορύβου και να διαθέσει μέσα ατομικής προστασίας.

Νέα έκθεση σε θόρυβο: 82,9 – 83,6 dB(A)

Εκτιμώμενο κόστος: 3.070 €

2. Δραστική λύση: Μεταφορά και απομόνωση κοσκίνων και εγκλεισμός τους από τέσσερις πλευρές με ηχοπετάσματα, ηχομόνωση αγωγών και φυσητήρων

τροφοδοσίας των κοσκίνων, τοποθέτηση ηχοαπορροφητικής επένδυσης στους τοίχους.

Οι παρεμβάσεις αυτές αναμένεται να φέρουν εξαιρετικό αποτέλεσμα από άποψη ηχομείωσης, όμως έχουν πολύ υψηλό κόστος σε κεφάλαιο επένδυσης και διαφυγόντα κέρδη λόγω διακοπής της παραγωγής. Υπολογίζεται πως η έκθεση των εργαζομένων σε θόρυβο θα μειωθεί κάτω και από τα όρια ανάληψης δράσης, ωστόσο λόγω του εγκλεισμού των μηχανημάτων θα είναι δύσκολος ο άμεσος οπτικός και ακουστικός έλεγχός τους.

Νέα έκθεση σε θόρυβο: 78,1 – 82,4 dB(A)

Εκτιμώμενο κόστος: 10.705 € + έξοδα μεταφοράς κοσκίνων, επανασχεδιασμού συστήματος αερομεταφοράς και διαφυγόντων κερδών

3. Ικανοποιητική λύση: Ηχοπετάσματα κοντά στα γεμιστικά μηχανήματα, ηχομόνωση αγωγών και φυσητήρων, τοποθέτηση ηχοαπορροφητικής επένδυσης στους τοίχους.

Η λύση αυτή αναμένεται να έχει λίγο μικρότερη ηχομείωση από την προηγούμενη, ωστόσο το αποτέλεσμα θα είναι πάλι ικανοποιητικό και το κόστος υπολογίζεται πολύ χαμηλότερο. Επιπλέον τα κόσκινα δε χρειάζεται να εγκλειστούν πλήρως αλλά με τρόπο ώστε να είναι εύκολα προσβάσιμα και να αποτρέπεται η διάδοση του ήχου σε σημεία που βρίσκονται συνεχώς εργαζόμενοι. Το μειονέκτημα της λύσης είναι ο περιορισμός του χώρου που ίσως επιφέρει δυσκολίες στην κίνηση του περνοφόρου οχήματος και τις υπόλοιπες εργασίες.

Νέα έκθεση σε θόρυβο: 78,9 – 82,6 dB(A)

Εκτιμώμενο κόστος: 5.820 €

4. Προσωρινή λύση: Ηλεκτρονικές ωτοασπίδες ενεργητικής ηχομείωσης

Η χρήση ποιοτικών ωτοασπίδων θα επιφέρει πλήρως ικανοποιητική μείωση της έκθεσης των εργαζομένων σε θόρυβο, ενώ το κόστος βέβαια είναι εμφανώς μικρότερο από αυτά των προηγούμενων προτάσεων. Ωστόσο δεν προτείνεται ως μόνιμη λύση λόγω της αμφιβολίας για την αποτελεσματική εφαρμογή της στην πράξη, καθώς και των υπόλοιπων ζητημάτων που εξηγήθηκαν στο κεφάλαιο 7.1.1.4.

Νέα έκθεση σε θόρυβο: 74,4 – 76,6 dB(A)

Εκτιμώμενο κόστος: 900 €

Η επιλογή των παρεμβάσεων που θα εφαρμοστούν εξαρτάται από τον προϋπολογισμό της εταιρίας. Προτεινόμενη λύση είναι η πρόταση 3, η οποία παρουσιάζει το βέλτιστο συνδυασμό κόστους και αποτελεσματικότητας, ενώ η πρόταση 4 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προσωρινή λύση, δεν αποτελεί όμως οριστική αντιμετώπιση του ζητήματος του θορύβου.

8.1.2 Λοιπές πηγές κινδύνου

Στη συνέχεια παρατέθηκαν άλλοι παράγοντες επικινδυνότητας που εμφανίζονται στους υπό μελέτη χώρους, και προτάσεις για την αντιμετώπιση κάποιων εξ αυτών.

Σε διάφορες εργασίες παρατηρείται χειρωνακτική ανύψωση φορτίων. Για την καθεμία από αυτές εφαρμόστηκε η μέθοδος αξιολόγησης του NIOSH ώστε να εκτιμηθεί η επιβάρυνση που επιφέρουν στο μυοσκελετικό σύστημα μέσω του δείκτη CLI. Για την ανύψωση κατά τον εφοδιασμό υλικών στο χώρο των κοσκίνων υπολογίστηκε $CLI = 2,03$, ενώ για την αντίστοιχη εργασία στο χώρο των αντιδραστήρων δεν μπόρεσαν να συλλεχθούν οι απαραίτητες πληροφορίες. Για την ανύψωση κατά τη τροφοδοσία των αντιδραστήρων υπολογίστηκε $CLI = 2,56$. Μεγαλύτερη καταπόνηση επιφέρεται από το χαμήλωμα των φορτίων μέχρι το πάτωμα, άρα μια απλή λύση θα ήταν η τοποθέτηση πάγκων στους οποίους θα αποτίθενται τα φορτία ώστε να μην απαιτείται σκύψιμο. Με την παρέμβαση αυτή ο δείκτης μειώνεται μέχρι τις τιμές 1,61 και 1,99 αντίστοιχα, ενώ περαιτέρω μείωση μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση συσκευασιών μικρότερου βάρους και με λαβές που θα διευκολύνουν το πιάσιμό τους.

Άλλος σημαντικός παράγων επικινδυνότητας είναι τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια που εμφανίζονται και στους δυο χώρους. Στο χώρο των αντιδραστήρων χρησιμοποιούνται πιο επιβλαβή υλικά και έχουν ληφθεί επαρκή μέτρα, με εξαερισμό του χώρου και μέσα ατομικής προστασίας. Στο χώρο των κοσκίνων όμως υπάρχει μεγαλύτερη ποσότητα σωματιδίων και ο χώρος δεν εξαερίζεται επαρκώς. Προτείνεται η απαγωγή των σωματιδίων εκτός του χώρου και η χρήση φίλτρων για τη συγκράτησή τους, καθώς και η αυστηρότερη χρήση των μέσων ατομικής προστασίας.

Οι κόκκοι που διαρρέουν από πολλά σημεία και καταλήγουν στο πάτωμα μπορούν εύκολα να προκαλέσουν ολισθήματα ειδικά τις βροχερές ημέρες, πρέπει λοιπόν να αντιμετωπιστεί η διαρροή τους. Αυτό θα γίνει με τη χρήση κατάλληλων διατάξεων, και την έγκαιρη επιδιόρθωση των άλλων σημείων από όπου μπορούν να υπάρχουν διαρροές.

8.2 Περαιτέρω μελέτη

Υπάρχουν ορισμένα ζητήματα που δεν ήταν δυνατό να μελετηθούν στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας είτε λόγω έλλειψης των απαραίτητων μέσων και οργάνων, είτε επειδή απαιτούταν διακοπή της παραγωγής. Αυτό δεν αποτέλεσε εμπόδιο για τη διεξαγωγή της εργασίας, ωστόσο για πιο ακριβή και πλήρη αποτελέσματα μπορούν να διεξαχθούν οι παρακάτω μελέτες.

8.2.1 Μέτρηση ηχητικών πηγών

Για ακριβέστερο υπολογισμό της ηχητικής έντασης από την κάθε πηγή, θα έπρεπε το κάθε μηχάνημα να μετρηθεί με ηχόμετρο ενώ όλα τα άλλα είναι εκτός λειτουργίας ώστε να μην επιδρούν στο αποτέλεσμα. Με αυτό τον τρόπο θα είχαμε πιο ξεκάθαρη και ακριβή εικόνα της συμβολής του κάθε μηχανήματος στο συνολικό ηχητικό περιβάλλον. Οι μετρήσεις αυτές δεν ήταν δυνατό να πραγματοποιηθούν στα πλαίσια της εργασίας καθώς θα απαιτούταν η διακοπή της παραγωγής και η λειτουργία του κάθε μηχανήματος ξεχωριστά.

8.2.2 Μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων

Τα στερεά σωματίδια που αιωρούνται κυρίως στο χώρο των κοσκίνων είναι βέβαιο πως επιφέρουν ενόχληση στους ευρισκόμενους εντός του χώρου, και αυτός ο λόγος είναι αρκετός

για τον περιορισμό τους. Για να διαπιστωθεί όμως αν αποτελούν απειλή για την υγεία των εργαζομένων, είναι απαραίτητη η μέτρηση της συγκέντρωσης του κάθε υλικού και της κάθε διαμέτρου στον αέρα και η σύγκριση των μετρήσεων με τα όρια που καθορίζουν οι προδιαγραφές του κάθε υλικού και η σχετική νομοθεσία. Αυτό δεν ήταν δυνατό να πραγματοποιηθεί στα πλαίσια της παρούσας εργασίας λόγω ελλείψεως των απαραίτητων μετρητικών οργάνων, ενώ δεν είναι πράγματι γνωστό και αν έχει διεξαχθεί τέτοια μελέτη στο παρελθόν. Σε κάθε περίπτωση, αποτελεί το πρώτο βήμα για τη διερεύνηση του ζητήματος αυτού και την πρόταση παρεμβάσεων για την αντιμετώπισή του, και θα πρέπει να διεξαχθεί από εξειδικευμένο επαγγελματία.

8.2.3 Μελέτη μέτρων αντιμετώπισης θορύβου

Οι μετρήσεις της μελέτης που περιλαμβάνεται στην εργασία έχει πραγματοποιηθεί σύμφωνα με το σχετικό πρότυπο του ISO και είναι αρκετά αξιόπιστες, η πρόταση των απαραίτητων παρεμβάσεων όμως είναι κάτι που απαιτεί και σχετική εμπειρία και τεχνογνωσία όσον αφορά τις χρησιμοποιούμενες πρακτικές και υλικά. Συνεπώς σε περίπτωση που αποφασιστεί η εφαρμογή παρεμβάσεων στο χώρο, θα ήταν σκόπιμο να σχεδιαστούν από επαγγελματία με τις σχετικές γνώσεις και εμπειρία, σε συνεργασία με τους υπεύθυνους μηχανικούς της εγκατάστασης.

Το ίδιο ισχύει και για το θέμα των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στο χώρο των αντιδραστήρων, σε περίπτωση που αποφασιστεί πως αποτελεί κρίσιμο ζήτημα που χρήζει αντιμετώπισης. Θα πρέπει αρχικά να πραγματοποιηθεί λεπτομερής μέτρηση της θερμοκρασίας σε διάφορα σημεία του χώρου και στη συνέχεια η πρόταση των παρεμβάσεων για τη μείωσή της.

8.2.4 Πρόγραμμα Συντήρησης

Σημαντικό μέτρο για τη μείωση του θορύβου είναι γενικά η τακτική συντήρηση του εξοπλισμού και ειδικά των κινητών μερών του, καθώς οι κραδασμοί τους αποτελούν μια από τις σημαντικότερες πηγές θορύβου. Συνεπώς είναι ένα ζήτημα που πρέπει να ληφθεί υπόψιν κατά τον προγραμματισμό και την εκτέλεση εργασιών συντήρησης του εξοπλισμού.

8.2.5 Οικονομοτεχνική Μελέτη

Στα πλαίσια της εργασίας έχουν δοθεί οι προδιαγραφές που θα πρέπει να έχουν τα προϊόντα που θα χρησιμοποιηθούν. Εκτός από αυτό όμως σημαντικό ρόλο στην επιλογή του καταλληλότερου θα παίξει και το κόστος. Έχουν αναφερθεί ενδεικτικά ορισμένες από τις τιμές αγοράς και εγκατάστασης προϊόντων που βρέθηκαν ώστε να μπορούν να υπολογιστούν ως τάξη μεγέθους, όμως για ακριβή κόσθη θα πρέπει να κατατεθούν προσφορές από τις σχετικές εταιρίες, και να επιλεγεί αυτή με τη βέλτιστη αναλογία κόστους και αποτελεσματικότητας.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1] Bureau of Labor Statistics. (2015). *Economics News Release*.
- [2] ΜΑΡΜΑΡΑΣ, Ν. (2010). *Εισαγωγή στην Εργονομία*. Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
- [3] ΖΙΟΝΤΣΕΝΚΟ, V. M. (2005). Fundamentals of Ergonomics. In N. MORAY, *Ergonomics - Major Wrightings, Volume 1: The History and Scope of Juman Factors* (pp. 19-27). New York: Taylor & Francis.
- [4] ΤΑΤΣΗ, Κ. *Ηχορρύπανση: Θόρυβος - το πρόβλημα και οι επιπτώσεις*. Σέρρες: Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Ποροΐων Σερρών.
- [5] ΔΡΙΒΑΣ, Σ. (2008). Φυσικοί Παράγοντες (Θόρυβος, Θερμικό Περιβάλλον, Φωτισμός). Στο *Θέματα Υγείας και Ασφάλειας για επιχειρήσεις β' κατηγορίας* (σσ. 79 - 81). Αθήνα: ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.
- [6] Eurostat. (2010). *Health and Safety at Work in Europe (1999-2007) - A Statistical Portrait*. Luxemburg: Publications Office of the European Union.
- [7] OSHA, E. A. (2014). *Second European Survey of Enterprises on New and Emerging Risks (ESENER-2)*. Bilbao: Publication Office of the European Union.
- [8] Eurofound. (2005). *Fourth European Working Conditions Survey*. Brussels.
- [9] California Department of Industrial Relations. (2007). *Ergonomic Guidelines for Manual Material Handling*. National Institute for Occupational Health and Safety - Department of Health and Human Services.
- [10] CASALI, J. R. (2006). Chapter 31: Noise in Industry. In W. S. Marras, *The Occupational Ergonomics Handbook: Fundamentals and Assessment Tools for Occupational Ergonomics* (pp. 628 - 660). Boca Raton FL: Taylor & Francis.
- [11] ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ, Α. (2015). *Ακουστικός Σχεδιασμός Αιθουσών Ακροατηρίων*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- [12] *What is NRC, STC & SAA?* (2014). Ανάκτηση από: Acoustical Material Distributions inc.: <http://acoustical.com/what-is-nrc-stc-saa/>
- [13] Aluglass Bautech. (2016). *Understanding Acoustic Ratings: STC vs. Rw*. Ανάκτηση από: <http://www.aluglass.co.za/understanding-acoustic-ratings-stc-vs-rw/>

- [14] ΒΑΦΕΙΑΔΟΥ, Ε. Δ. *Ο Θόρυβος στην Εργασία: Φύση, Κίνδυνοι και Προστασία*. Αθήνα: ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.
- [15] *A-weighting*. Ανάκτηση από Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/A-weighting>
- [16] BERNARD, P. *Leq, SEL: What? Why? Whem?* Ανάκτηση από: <https://www.bksv.com/media/doc/bo0051.pdf>
- [17] (2003). *Οδηγία 2003/10/ΕΚ περί των ελάχιστων προδιαγραφών υγείας και ασφάλειας για την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (θόρυβος)*.
- [18] (2006). *Προεδρικό Διάταγμα 149-06 περί των ελάχιστων προδιαγραφών υγείας και ασφάλειας για την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (θόρυβος) σε εναρμόνιση με την οδηγία 2003/10/ΕΚ*.
- [19] LAWTON, B. (2001). *A Noise Exposure Threshold Value for Hearing Conservation*. University of Southampton, Institute of Sound and Vibration Research. Brussel: CONCAWE.
- [20] SZALMA, J. H. (2011). Noise Effects on Human Performance: A Meta-Analytic Synthesis. *Psychological Bulletin*, 137(4), 682 - 707.
- [21] VELARDE-SUAREZ, S. B.-T.-C.-M. (2005). Experimental Determination on the Tonal Noise Sources in a Centrifugal Fan. *Journal of Sound and Vibration*, 781 - 796.
- [22] WADDINGTON, D. O. (2000). The Prediction of Airflow-Generated Noise in Mechanical Ventilation Systems. *Indoor and Built Environment*, 111 - 117.
- [23] PLATON, S. N. (2014). Preventing Risk of Noise Exposure in Working Environment Using Noise Mapping. *Environmental Engineering & Management Journal*, 1349 - 1354.
- [24] ΚΕΦΑΛΟΠΟΥΛΟΣ, S. P.-L. (2012). *Common Noise Assessment Methods in Europe*. CNOSSOS-EU 2012. Publications Office of the European Union.
- [25] ISO. (2012). *9612: Acoustics -- Determination of Occupational Noise Exposure -- Engineering Method*
- [26] AREZES, P. B. (2011). *Occupational Noise Exposure Measurement: Searching for the Best Strategy*. ORP 2011. Santiago.

- [27] ASSELINEAU, M. G. (2010). *Noise Exposure Assessment: Some Arguments Regarding the Simplification of ISO 9612 Methods*. *Internoise 2010*. Lisbon.
- [28] Kalkulationsprogramm zur DIN EN ISO 9612:2009-09 (Unsicherheiten):
Ανάκτηση από www.din.de. (2015):
<http://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nals/kalkulationsprogramm-zur-din-en-iso-9612-2009-09-unsicherheiten--90316>
- [29] WATERS, T. R.-A. (1994). *Applications Manual for the Revised Lifting Equation*. Cincinnati: National Institute for Occupational Safety and Health.
- [30] Humantech. (2003). *NIOSH Lifting Equation - English and Metric*.
Ανάκτηση από <https://safetyresourcesblog.com/>:
<https://safetyresourcesblog.files.wordpress.com/2014/08/niosh-lifting-equation-english-and-metric.xls>
- [31] SNOOK, S. C. (1999). The design of manual handling tasks: Revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics*, 1197-1213.
- [32] ΜΟΥΣΤΡΗΣ, Κ. Π. *Τεχνολογία Περιβαλλοντικών Μετρήσεων - Στερεά Αιωρούμενα Σωματίδια*.
Ανάκτηση από Open eClass ΑΕΙ Πειραιά Τ.Τ.:
<http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/units/?course=MECH111&id=658>
- [33] *Hazard pictograms*.
Ανάκτηση από Health and Safety Executive: <http://www.hse.gov.uk/chemical-classification/labelling-packaging/hazard-symbols-hazard-pictograms.htm>
- [34] MIDDLESWORTH, M. *Rapid Upper Limb Assessment: A Step-by-step Guide*.
Ανάκτηση από Ergo-plus.com: <http://ergo-plus.com/wp-content/uploads/RULA-A-Step-by-Step-Guide1.pdf>
- [35] *Material Safety Data Sheet Listing*. Ανάκτηση από Sciencelab.com:
<https://www.sciencelab.com/msdsList.php>
- [36] Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας Κύπρου (2015). *Σύντομος Οδηγός Κώδικα Πρακτικής για την Θερμική Καταπόνηση των Εργαζομένων*. Ανάκτηση από
[http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/AA15464D2FE5770FC2257E0A003C76A3/\\$file/THERMIKH_KATAPONHSH.pdf](http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/AA15464D2FE5770FC2257E0A003C76A3/$file/THERMIKH_KATAPONHSH.pdf)
- [37] HSE (2005). *Controlling Noise at Work: The Control of Noise at Work Regulations 2005 - Guidance on Regulations*.

- [38] *Room Sound Absorption - Sound Absorption Coefficient*.
Ανάκτηση από www.engineeringtoolbox.com:
http://www.engineeringtoolbox.com/acoustic-sound-absorption-d_68.html
- [39] LIU, P. C. (2014). *Porous Materials: Processing and Applications*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- [40] *Audioseal Duct and Pipe Lag*. Ανάκτηση από www.acousticalsolutions.com:
<https://acousticalsolutions.com/product/audioseal-duct-pipe-lag/>
- [41] GOEIZER, B. H. (2001). *Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control*. Geneva: World Health Organization.
- [42] *OEM Thermal and Acoustic Blanket Insulation*. Ανάκτηση από Shannon Insultech: <http://www.blanket-insulation.com/Insulation/OEM.html>
- [43] *Top 10 Noise Control Techniques*. Geneva: World Health Organization.
- [44] LAMACUSA, J. (2001). *Engineering Noise Control, Chapter 11: Fan Noise*.
Ανάκτηση από Penn State Mechanical and Nuclear Engineering:
http://www.mne.psu.edu/lamancusa/me458/11_fan.pdf
- [45] BOLTEZAR, M. M. (1998). The Influence of Uneven Blade Pacing on the SPL and Noise Spectra Radiated from Radial Fans. *Journal of Sound and Vibration*, 697 - 711.
- [46] *Fiberglass/Neopane Isolation Mounts and Pads*.
Ανάκτηση από Kinetics Noise Control:
http://www.kineticsnoise.com/hvac/isolation_mounts.html
- [47] *eNoise Control - Sound Curtains Brochure*. Ανάκτηση από [enoisecontrol.com](http://www.enoisecontrol.com): <http://www.enoisecontrol.com/wp-content/uploads/2017/05/eNoise-Control-Sound-Curtains-Brochure.pdf>
- [48] *Singer Safety Double Faced Quilted Fiberglass Panel*. Ανάκτηση από Amazon:
https://www.amazon.com/Singer-Safety-Double-Quilted-Fiberglass/dp/B009LPT9SO/ref=pd_sim_328_8?_encoding=UTF8&pd_rd_i=B009LPT9SO&pd_rd_r=K6E9XA76Q5Q4YFNE21V6&pd_rd_w=YhdlQ&pd_rd_wg=5bbi1&pssc=1&refRID=K6E9XA76Q5Q4YFNE21V6
- [49] MOITRA, G. (2015). Industrial Noise Cancellation System - Model. *International Jurnal of Electronics and Electrical Engineering*.
- [50] *Active Noise and Vibration Control*.
Ανάκτηση από University of Cincinnati, Vibro-acoustics and Sound Quality Research

Laboratory: <http://www.min.uc.edu/tlim/research/active-noise-and-vibration-control>

- [51] OSHA. (2007). *Factsheet 73: Hazards and Risks Associated with Manual Handling of Loads in Workplace*.
Ανάκτηση από European Agency for Health and Safety at Work:
<https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/factsheets/73/view>

Παραρτήματα

Παράρτημα Ι: Υπολογιστικό Φύλλο ISO 9612 για την Ομάδα 1 (Εργάτης πρόσθετων υλικών – υπεύθυνος)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1		ISO 9612 Evaluation of measurement uncertainties (Annex C)							Uncertainties calculations				
2		Task-based measurement							All values are calculated from the Task-input-data sheet				
3		Daily noise exposure level				Expanded uncertainty							
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													

ISO 9612	Task-based measurement	Expanded uncertainty	Daily noise exposure level	Expanded uncertainty
91,2	dB	Number of tasks	6	
1,8	dB	Total daily duration (h)	6,7	

Results	Task name	Task 1	Task 2	Task 3	Task 4	Task 5	Task 6	Task 7
Mean Noise level (dB)	$L_{p, A, eq, T, m}$	89,9	95,6	98,2	83,8	106,0	93,3	
Duration (h)	T_m	2,0	0,2	0,2	2,0	0,0	2,3	
Contribution of task m to Lex,8h	$L_{EX,8h,m}$	84,7	79,1	82,9	78,6	82,5	88,7	
Noise level	$(C_{1a,m} \cdot U_{1a,m})^2$	0,02	0,00	0,01	0,0	0,0	0,7	
Duration	$(C_{1b,m} \cdot U_{1b,m})^2$	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	
Measuring instrumentation	$(C_{1a,m} \cdot U_{2,m})^2$	0,08	0,01	0,04	0,0	0,0	0,0	
Measurement position	$(C_{1a,m} \cdot U_{3,m})^2$	0,03	0,00	0,02	0,0	0,0	0,2	
Sum per task m	$u^2(L_{EX,8h,m})$	0,13	0,01	0,06	0,0	0,0	0,9	
Sum for all tasks	$u^2(L_{EX,8h}) =$	1,16						
Combined standard uncertainty	$u(L_{EX,8h})$	1,1	dB	Expanded uncertainty				
Daily noise exposure level	$L_{EX,8h} =$	91,2	dB	$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u(L_{EX,8h}) =$	1,8	dB		

Παράρτημα II: Υπολογιστικό Φύλλο ISO 9612 για την Ομάδα 2 (Εργάτης συσκευασίας)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L			
1	ISO 9612 Evaluation of measurement uncertainties (Annex C)														
2	Task-based measurement														
3	Uncertainties calculations														
4	All values are calculated from the Task-input-data sheet														
5	Daily noise exposure level														
6	Expanded uncertainty														
7	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">92,6</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">dB</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1,6</td> <td style="text-align: center;">dB</td> </tr> </table>											92,6	dB	1,6	dB
92,6	dB														
1,6	dB														
8	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">7</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Number of tasks</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7,0</td> <td style="text-align: center;">Total daily duration (h)</td> </tr> </table>											7	Number of tasks	7,0	Total daily duration (h)
7	Number of tasks														
7,0	Total daily duration (h)														
9	Uncertainty budget														
10	(reference)														
11	Standard uncertainty	$U_{1a,m}$	Task 1	Task 2	Task 3	Task 4	Task 5	Task 6	Task 7						
12	Sensitivity coefficient	$C_{1a,m}$	0,25	0,00	0,20	0,4	1,0	0,5	0,3						
13	Standard uncertainty	$U_{1b,m}$	0,49	0,04	0,01	0,0	0,3	0,0	0,1						
14	Sensitivity coefficient	$C_{1b,m}$	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0						
15	Uncertainty contribution of noise levels	$C_{1a,m} \cdot U_{1a,m}$	0,12	0,00	0,00	0,3	1,0	0,1	0,4						
16	Uncertainty contribution of tasks durations	$C_{1b,m} \cdot U_{1b,m}$	0,00	0,00	0,00	0,0	0,3	0,0	0,0						
17	Uncert. contr. of measuring instrumentation	$C_{1a,m} \cdot U_{2,m}$	0,73	0,06	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0						
18	Uncert. contr. of measurement position	$C_{1a,m} \cdot U_{3,m}$	0,49	0,04	0,01	0,0	0,3	0,0	0,1						
19	Results														
20	Mean Noise level (dB)	$L_{p,A,eqT,m}$	Task 1	Task 2	Task 3	Task 4	Task 5	Task 6	Task 7						
21	Duration (h)	T_m	Gemisma	Sakia	Tylixitiko	Fortwma 1	Fortwma 3	Prostheta	Gemisma 1-2						
22	Contribution of task m to Lex,8h	$L_{EX,8h,m}$	94,1	92,3	90,8	90,2	95,2	83,8	90,8						
23	Noise level	$(C_{1a,m} \cdot U_{1a,m})^2$	2,8	0,3	0,2	0,6	1,4	0,5	1,2						
24	Duration	$(C_{1b,m} \cdot U_{1b,m})^2$	90,1	79,0	74,7	79,5	88,2	72,4	83,1						
25	Measuring instrumentation	$(C_{1a,m} \cdot U_{2,m})^2$	0,01	0,00	0,00	0,0	0,1	0,0	0,0						
26	Measurement position	$(C_{1a,m} \cdot U_{3,m})^2$	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0						
27	Sum per task m	$U^2(L_{EX,8h})_m$	0,00	0,00	0,00	0,0	0,2	0,0	0,0						
28	Sum for all tasks	$U^2(L_{EX,8h}) =$	0,99												
29	Combined standard uncertainty	$u(L_{EX,8h}) =$	1,0	dB											
30	Daily noise exposure level	$L_{EX,8h} =$	92,6	dB											
31	Expanded uncertainty	$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u(L_{EX,8h}) =$	1,6	dB											

Παράρτημα III: Υπολογιστικό Φύλλο ISO 9612 για την Ομάδα 3 (Χειριστής κλαρκ)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L				
1	ISO 9612 Evaluation of measurement uncertainties (Annex C)										Uncertainties calculations					
2	Task-based measurement										All values are calculated from the Task-input-data sheet					
3	Daily noise exposure level										<table border="1"> <tr> <td>90,4</td> <td>dB</td> </tr> <tr> <td>1,5</td> <td>dB</td> </tr> </table>		90,4	dB	1,5	dB
90,4	dB															
1,5	dB															
4	Expanded uncertainty										<table border="1"> <tr> <td>7</td> </tr> <tr> <td>8,0</td> </tr> </table>		7	8,0		
7																
8,0																
5	Uncertainty budget										(reference)					
6	Standard uncertainty										U _{1a,m}					
7	Sensitivity coefficient										C _{1a,m}					
8	Standard uncertainty										U _{b,m}					
9	Sensitivity coefficient										C _{b,m}					
10	Uncertainty contribution of noise levels										C _{1a,m} * U _{1a,m}					
11	Uncertainty contribution of tasks durations										C _{b,m} * U _{b,m}					
12	Uncert. contr. of measuring instrumentation										C _{1a,m} * U _{2,m}					
13	Uncert. contr. of measurement position										C _{1a,m} * U ₃					
14	Results										Task name					
15	Mean Noise level (dB)										L _{pA,eqT,m}					
16	Duration (h)										T _m					
17	Contribution of task m to Lex,8h										Lex,8h,m					
18	Noise level										(C _{1a,m} * U _{1a,m}) ²					
19	Duration										(C _{b,m} * U _{b,m}) ²					
20	Measuring instrumentation										(C _{1a,m} * U _{2,m}) ²					
21	Measurement position										(C _{1a,m} * U ₃) ²					
22	Sum per task m										U ² (Lex,8h) _m					
23	Sum for all tasks										U ² (Lex,8h) = 0,78					
24	Combined standard uncertainty										u(Lex,8h) = 0,9					
25	Daily noise exposure level										Lex,8h = 90,4					
26	Expanded uncertainty										U(Lex,8h) = 1,65 * u(Lex,8h) = 1,5					
27																
28																
29																
30																

Παράρτημα IV: Υπολογιστικό Φύλλο δεικτών ανύψωσης NIOSH στο χώρο κοσκίνων



NIOSH Composite Lifting Guidelines DESCRIPTION

Τροφοδοσία Πρόσθετων Υλικών					
Model Inputs:	Tasks				
	1	2	3	4	5
Average Load Weight	20 Kg	20 Kg	Kg	Kg	Kg
Max Load Weight	20 Kg	20 Kg	Kg	Kg	Kg
Horizontal Location (H) (min 25 cm, max 64 cm)	40 cm	30 cm	cm	cm	cm
Vertical Location (V) (min 0 cm, max 178 cm)	38 cm	38 cm	cm	cm	cm
Travel Distance (D) (min 25 cm, max 178 cm)	23 cm	52 cm	cm	cm	cm
Angle of Asymmetry (A) (min 0°, max 135°)	45 deg	45 deg	deg	deg	deg
Frequency (min 0.2 lifts/min)	0,2 l/m	0,2 l/m	l/m	l/m	l/m
Duration (1 hr., 2 hrs., 8 hrs.)	2 hr(s)	2 hr(s)	hr(s)	hr(s)	hr(s)
Coupling (1=good, 2=fair, 3=poor)	2	3			

Model Results:	Tasks				
	1	2	3	4	5
STRWL	9,87	11,31	0,00	0,00	0,00
FIRWL	10,39	11,90	0,00	0,00	0,00
STLI	2,03	1,77	0,00	0,00	0,00
FILI	1,92	1,68	0,00	0,00	0,00
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> CLI = 2,03 </div>					

Παράρτημα V: Υπολογιστικά Φύλλα δεικτών ανύψωσης NIOSH στο χώρο αντιδραστήρων



NIOSH Composite Lifting Guidelines

<u>Model Inputs:</u>	<u>Tasks</u>			
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
Average Load Weight	25 Kg	25 Kg	Kg	Kg
Max Load Weight	50 Kg	50 Kg	Kg	Kg
Horizontal Location (H) (min 25 cm, max 64 cm)	40 cm	40 cm	cm	cm
Vertical Location (V) (min 0 cm, max 178 cm)	55 cm	70 cm	cm	cm
Travel Distance (D) (min 25 cm, max 178 cm)	55 cm	40 cm	cm	cm
Angle of Asymmetry (A) (min 0°, max 135°)	0 deg	0 deg	deg	deg
Frequency (min 0.2 lifts/min)	2,4 l/m	2,4 l/m	l/m	l/m
Duration (1 hr., 2 hrs., 8 hrs.)	1 hr(s)	1 hr(s)	hr(s)	hr(s)
Coupling (1=good, 2=fair, 3=poor)	3	3		

<u>Model Results:</u>	<u>Tasks</u>			
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
STRWL	9,98	10,81	0,00	0,00
FIRWL	10,97	11,88	0,00	0,00
STLI	2,50	2,31	0,00	0,00
FILI	4,56	4,21	0,00	0,00
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> CLI = 2,89 </div>				

NIOSH Composite Lifting Guidelines

DESCRIPTION

Model Inputs:	Tasks				
	1	2	3	4	5
Average Load Weight	25 Kg	25 Kg	15 Kg	Kg	Kg
Max Load Weight	50 Kg	50 Kg	25 Kg	Kg	Kg
Horizontal Location (H) (min 25 cm, max 64 cm)	40 cm	35 cm	30 cm	cm	cm
Vertical Location (V) (min 0 cm, max 178 cm)	70 cm	10 cm	10 cm	cm	cm
Travel Distance (D) (min 25 cm, max 178 cm)	40 cm	100 cm	30 cm	cm	cm
Angle of Asymmetry (A) (min 0°, max 135°)	0 deg	0 deg	30 deg	deg	deg
Frequency (min 0.2 lifts/min)	0,3 l/m	0,3 l/m	0,4 l/m	l/m	l/m
Duration (1 hr., 2 hrs., 8 hrs.)	1 hr(s)	1 hr(s)	1 hr(s)	hr(s)	hr(s)
Coupling (1=good, 2=fair, 3=poor)	3	3	3		

Model Results:	Tasks				
	1	2	3	4	5
STRWL	11,88	10,30	12,18	0,00	0,00
FIRWL	11,88	10,30	12,18	0,00	0,00
STLI	2,10	2,43	1,23	0,00	0,00
FILI	4,21	4,86	2,05	0,00	0,00
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> CLI = 2,56 </div>					

Παράρτημα VI: Υπολογιστικά Φύλλα αξιολόγησης μεταφοράς φορτίου στο χώρο αντιδραστών

10% του πληθυσμού:

Humantech® [CLEAR WORKSHEET](#)

Carry Guidelines		DESCRIPTION
Gender	Male	
Height	Males only - Hand Height	
Percent	10%	
Distance	28 ft (8.5 m) Carry	
Frequency	1 Carry Every 5 Minutes (valid for all distances)	
Maximum Acceptable Weight	110 lb	50 kg

25% του πληθυσμού:

Humantech® [CLEAR WORKSHEET](#)

Carry Guidelines		DESCRIPTION
Gender	Male	
Height	Males only - Hand Height	
Percent	25%	
Distance	28 ft (8.5 m) Carry	
Frequency	1 Carry Every 5 Minutes (valid for all distances)	
Maximum Acceptable Weight	92 lb	42 kg

50% του πληθυσμού:

Humantech®

[CLEAR WORKSHEET](#)

Carry Guidelines

[DESCRIPTION](#)

Gender	▼	Male	▼
Height	▼	Males only - Hand Height	▼
Percent	▼	50%	▼
Distance	▼	28 ft (8.5 m) Carry	▼
Frequency	▼	1 Carry Every 5 Minutes (valid for all distances)	▼
Maximum Acceptable Weight		77 lb	35 kg

75% του πληθυσμού:

Humantech®

[CLEAR WORKSHEET](#)

Carry Guidelines

[DESCRIPTION](#)

Gender	▼	Male	▼
Height	▼	Males only - Hand Height	▼
Percent	▼	75%	▼
Distance	▼	28 ft (8.5 m) Carry	▼
Frequency	▼	1 Carry Every 5 Minutes (valid for all distances)	▼
Maximum Acceptable Weight		59 lb	27 kg