



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μέτρηση βλαπτικών παραγόντων σε λατομεία αδρανών  
υλικών-Μέθοδοι μετρήσεων και εκτίμησης της έκθεσης των  
εργαζομένων»

Αρσένιος Παναγιωτάκης

Εξεταστική επιτροπή:  
Καθ. Γαλετάκης Μιχαήλ (επιβλέπων)  
Καθ. Κομνίτσας Κωνσταντίνος  
Καθ. Εξαδάκτυλος Γεώργιος

Χανιά, Φεβρουάριος 2025



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

Αφιέρωση

Στην οικογένειά μου, στους γονείς μου, στους φίλους μου και σε όσους μου συμπαράσταθηκαν για τη διεκπεραίωση της διπλωματικής εργασίας.

## Περίληψη

Η ασφάλεια των εργαζομένων στους λατομικούς χώρους έχει πολύ μεγάλη σημασία καθώς οι κίνδυνοι που παρουσιάζονται δεν μπορούν να απαλειφτούν τελείως, κάνοντας έτσι τον κλάδο εργασίας αρκετά επικίνδυνο.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ελήφθησαν μετρήσεις για τους βλαπτικούς παράγοντες για την υγεία των εργαζομένων σε λατομείο αδρανών υλικών. Αναλύθηκαν οι παράγοντες αυτοί, εξετάστηκε τι προβλήματα μπορούν να προκαλέσουν στους εργαζόμενους σε περίπτωση που οι τιμές είναι μεγαλύτερες από τα όρια που έχουν θεσπιστεί, παρουσιάστηκε η μεθοδολογία για τον υπολογισμό των ημερήσιων σταθμισμένων τιμών και της σύγκρισης με τις οριακές και τέλος προτάθηκαν μέτρα που μπορούν να ληφθούν έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις των βλαπτικών παραγόντων.

Η εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στη δραστηριότητα των λατομείων αδρανών υλικών τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρώπη και σε στατιστικές έρευνες για τους κινδύνους στα λατομεία και τους βλαπτικούς παράγοντες που παρατηρούμε σε αυτά. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται η αναλυτική περιγραφή των βλαπτικών παραγόντων που μελετήθηκαν, της σκόνης, του θορύβου και των δονήσεων, οι οποίοι είναι από τους πιο επιβλαβείς για τον εργαζόμενο. Έγινε ιδιαίτερη αναφορά στις μεθόδους μέτρησης και αξιολόγησής αλλά και τα για τους τρόπους αντιμετώπισής των επιπτώσεων στους εργαζόμενους. Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται ο χώρος που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των βλαπτικών παραγόντων (λατομείο ΛΑΧΟΡ Α.Ε.). Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, η σύγκριση με την υπάρχουσα νομοθεσία και παρατίθενται τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν. Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.



## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και όσους με στήριξαν σε όλα τα βήματα αυτής της διπλωματικής εργασίας, τους φίλους, τους καθηγητές και ιδιαιτέρως τον επιβλέποντά μου κ. Μιχαήλ Γαλετάκη αλλά και την κυρία Στέλλα Ράκα για τον χρόνο τους και τη σωστή καθοδήγησή τους. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό του λατομείου Χορδακίου και της εταιρίας ΛΑΧΟΡ Α.Ε., αλλά και τον επιβλέποντα μηχανικό κ. Παναγιώτη Κηπουρό.

# Περιεχόμενα

Κατάλογος διαγραμμάτων-εικόνων.....	10
Κατάλογος πινάκων.....	11
Κεφάλαιο 1 .....	12
1.1 Λατομεία αδρανών υλικών και λατομική δραστηριότητα σε Ευρώπη και Ελλάδα .....	12
1.2 Εργασιακοί κίνδυνοι στα λατομεία - Στατιστικά .....	15
1.2.1 Ατυχηματικοί κίνδυνοι – εργατικό ατύχημα.....	15
1.2.2 Βλαπτικοί παράγοντες .....	19
Κεφάλαιο 2 .....	24
2.1 Σκόνη .....	24
2.1.1 Χαρακτηριστικά σκόνης και μηχανισμοί δημιουργίας της.....	24
2.1.2 Επίδραση της σκόνης στην υγεία του ανθρώπου .....	26
2.1.3 Επίδραση της σκόνης στο περιβάλλον.....	27
2.1.4 Επίδραση στην ασφάλεια του εργαζομένου και στην παραγωγικότητα..	27
2.1.5 Μέθοδοι για τη μέτρηση της σκόνης.....	28
2.2 Θόρυβος .....	29
2.2.1 Γενικά στοιχεία για τον θόρυβο.....	29
2.2.2 Επιπτώσεις του θορύβου στην υγεία του ανθρώπου.....	30
2.2.3 Πρότυπα και μέθοδοι για τη μέτρηση του θορύβου .....	31
2.2.4 Όρια βάσει κανονισμού για τον θόρυβο.....	32
2.3 Μηχανικοί κραδασμοί - Δονήσεις .....	33
2.3.1 Γενικά στοιχεία για τις δονήσεις.....	33
2.3.2 Επίδραση των δονήσεων στον εργαζόμενο.....	33
2.3.3 Όρια επιταχύνσεων για τις δονήσεις με βάση τον ΚΜΛΕ.....	34
Κεφάλαιο 3 .....	36
3.1 Περιγραφή των θέσεων που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις .....	38
3.1.1 Γραφεία.....	38
3.1.2 Συνεργείο μηχανημάτων - οχημάτων .....	38
3.1.3 Μέτωπο παραγωγής .....	38
3.1.2 Θάλαμος ελέγχου του συγκροτήματος θραύσης-λειτουργίβησης.....	40
3.1.4 Χώροι απόθεσης υλικού .....	44
3.1.5 Χώρος διέλευσης οχημάτων.....	44
3.2 Όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τη λήψη των μετρήσεων.....	45
Κεφάλαιο 4 .....	49
4.1 Επεξεργασία μετρήσεων σκόνης.....	49

4.2	Επεξεργασία μετρήσεων θορύβου.....	49
4.3	Επεξεργασία μετρήσεων δονήσεων.....	49
4.4	Παρουσίαση αποτελεσμάτων – Σύγκριση με νομοθεσία .....	52
4.4.1	Αποτελέσματα μετρήσεων σκόνης και σχολιασμός .....	52
4.4.2	Αποτελέσματα μετρήσεων θορύβου και σχολιασμός .....	54
4.4.3	Αποτελέσματα μετρήσεων κραδασμών και σχολιασμός .....	54
4.4.4	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα βλαπτικών παραγόντων .....	57
4.4.5	Σύγκριση με μετρήσεις από αντίστοιχες μελέτες σε άλλες χώρες - μέτρα αντιμετώπισης.....	59
Κεφάλαιο 5	.....	61
	Συμπεράσματα-Προτάσεις.....	61
	Βιβλιογραφία .....	63
	Παράρτημα: Αρχείο μετρήσεων .....	66

## Κατάλογος διαγραμμάτων-εικόνων

1.1 Συχνότητα εμφάνισης ατυχημάτων ανά ηλικιακή κλάση εργαζομένων για το σύνολο των ατυχημάτων που καταγράφηκαν για τα έτη 1997-2017.....	17
1.2 Συχνότητα ατυχημάτων σε σχέση με την εμπειρία του παθόντος στον χώρο των ορυχείων-λατομείων την περίοδο 1997-2017.....	18
1.3 Ποσοστό εμφάνισης ατυχημάτων σε συγκεκριμένες θέσεις εργασίας για τα έτη 1997-2017.....	19
2.1 Περιοχές κατακράτησης – εναπόθεση σκόνης στο αναπνευστικό σύστημα .....	25
3.1 Λατομείο Χορδακίου (βορειοανατολική πλευρά).....	36
3.2 Δενδροφύτευση σε βαθμίδα του λατομείου.....	37
3.3 Διατρητικό μηχάνημα Tamrock CHA 1100.....	39
3.4 Διαδικασία διάτρησης με Tamrock CHA 1100.....	40
3.5 Θραυστήρας από την εξωτερική πλευρά .....	41
3.6 Ο θραυστήρας NORDPACTOR NP.....	42
3.7 Κόσκινα και ταινιόδρομοι.....	43
3.8 Χώρος απόθεσης του υλικού.....	44
3.9 Χώρος διέλευσης και ζύγισης των οχημάτων που μεταφέρουν τα αδρανή υλικά του λατομείου.....	45
3.10 Η συσκευή TSI 8520 Dust Trak.....	49
3.11 Η συσκευή SVANTEK 106 (καταγραφικό και αισθητήρες) για τη μέτρηση των μηχανικών κραδασμών.....	46
3.12 Ηχόμετρο SVANTEK 971.....	47
4.1 Βαθμός επιβάρυνσης εργαζομένου λόγω έκθεσης σε σκόνη και θόρυβο στις θέσεις εργασίας που μελετήθηκαν (Η τιμή 1 αντιπροσωπεύει τη μέγιστη επιτρεπόμενη με βάση τον ΚΜΛΕ).....	58

## Κατάλογος πινάκων

4.1 Μετρήσεις σκόνης.....	53
4.2 Μετρήσεις θορύβου .....	54
4.3 Απόσπασμα μετρήσεων της επιτάχυνσης στον τρισδιάστατο άξονα λόγω μηχανικών κραδασμών στον πηγεοκαρπικό άξονα του χειριστή του εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου (τσάπα).....	56
4.4 Ισοδύναμη τιμή του οκταώρου στις θέσεις λήψεως των μετρήσεων.....	56
4.5 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μετρήσεων βλαπτικών παραγόντων.....	57
Π.1 1 <sup>η</sup> μέτρηση σκόνης.....	66
Π.2 2 <sup>η</sup> μέτρηση σκόνης.....	66
Π.3 3 <sup>η</sup> μέτρηση σκόνης.....	67
Π.4 Καταγραφές κραδασμών του χειριστή εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου στον πηγεοκαρπικό άξονα. Μετρήσεις της επιτάχυνσης σε σχέση με τον χρόνο σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση υδραυλικής σφύρας .....	67
Π.5 Καταγραφές επιταχύνσεων στον πηγεοκαρπικό άξονα του χειριστή πάνω σε διατρητικό όχημα. Μετρήσεις της επιτάχυνσης σε σχέση με τον χρόνο.....	70

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Λατομεία αδρανών υλικών και λατομική δραστηριότητα σε Ευρώπη και Ελλάδα

Τα λατομεία αδρανών υλικών στην Ελλάδα είναι υπαίθριες εκμεταλλεύσεις που αναπτύσσονται σε βαθμίδες, με την εξόρυξη να ξεκινά από τα ψηλότερα σημεία και να καταλήγει στα χαμηλότερα. Ο καθορισμός του μεγέθους, του πλάτους και γενικά των χαρακτηριστικών της κάθε βαθμίδας γίνεται λαμβάνοντας υπόψη την ασφάλεια των εργαζομένων και την οικονομικότητα της εκμετάλλευσης. Η κλίση εκμετάλλευσης είναι έως 45° για μέτριας συνεκτικότητας πετρώματα ενώ για συνεκτικά μπορεί να γίνει έως 70°. Στα λατομεία αδρανών ο κύριος τρόπος εξόρυξης του υλικού είναι με τη χρήση εκρηκτικών υλών.

Στον Ελλαδικό χώρο τα λατομεία αδρανών υλικών αναπτύσσονται στις λατομικές περιοχές. Η ένταξη αυτή αποτελεί διαχρονική πολιτική της πολιτείας έτσι ώστε να υπάρχει σωστή αξιοποίηση των ορυκτών πόρων στον τομέα των αδρανών αλλά και προστασία του περιβάλλοντος. Το 1984 με τον νόμο Ν.1428/84 ξεκίνησε μία προσπάθεια να χωροθετηθούν οι λατομικοί χώροι χωρίς όμως ακόμη και σήμερα να έχει ολοκληρωθεί. Λόγω αυτής της καθυστέρησης, ένα μέρος των αδρανών υλικών προέρχεται από μη κατάλληλους ή παράνομους χώρους εξόρυξης, γεγονός που επιδρά αρνητικά όχι μόνο στην οικονομία της χώρας, αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Το 1987 ιδρύθηκε ο UEPG (Union Européenne des Producteurs de Granulats), (Ευρωπαϊκός Οργανισμός των Παραγωγών Αδρανών Υλικών), ο οποίος εκπροσωπεί τα μέλη της ευρωπαϊκής βιομηχανίας αδρανών σε θέματα οικονομίας, τεχνικής, περιβαλλοντικής ανάπτυξης αλλά και πολιτικών για την ασφάλεια και υγεία στον τομέα αυτό. Σύμφωνα με τον οργανισμό UEPG, περίπου 3 δισεκατομμύρια τόνοι αδρανών υλικών παράγονται ετησίως από 15.000 επιχειρήσεις σε 26.000 λατομικούς χώρους σε όλη την Ευρώπη, οι οποίοι απασχολούν 187.000 προσωπικό άμεσα και έμμεσα. Το 90% (50% θραυστά αδρανή και 40% φυσικά αδρανή άμμος και χαλίκι),

προέρχεται κυρίως από φυσικούς πόρους, ποσοστό 5-6% προέρχεται από ανακυκλωμένα αδρανή υλικά, ενώ το 4% προέρχεται από θαλάσσιες αποθέσεις ή δευτερογενή αδρανή. Επομένως, η βιομηχανία αδρανών υλικών είναι μακράν η μεγαλύτερη δραστηριότητα του μη ενεργειακού τομέα εντός της Ε.Ε. (Τζεφέρης, 2013).

Λόγω της οικονομικής κρίσης, τα τελευταία χρόνια η βιομηχανία των αδρανών έχει πληγεί σημαντικά, αναζητώντας τρόπους για να επανακάμψει. Σύμφωνα με πληροφορίες από την ετήσια ανασκόπηση της ένωσης UEPG για την περίοδο 2020-2021:

- 1) Ο μέσος όρος της παραγωγής των αδρανών για τα 25 κράτη της Ε.Ε. αυξήθηκε στους 6 τόνους/κάτοικο από 5,8 τόνους/κάτοικο την περίοδο 2012-2013, ενώ μειωμένη εξακολουθεί να είναι σε σχέση με τους 7 τόνους/κάτοικο που αναλογούσε την περίοδο 2006-2007.
- 2) Σύμφωνα με τα δεδομένα της παραγωγής αδρανών στα επιμέρους κράτη υπήρξε σημαντική μείωση της παραγωγής σε 2,97 Gt ( $10^9$  t) το 2020, από 2,99 Gt το 2019, σε σχέση με το 2018 που ήταν 3,07 Gt.
- 3) Η αναγκαιότητα για αδρανή υλικά αυξάνεται παράλληλα με την οικονομική ανάπτυξη, ενώ η κατανάλωση των αδρανών υλικών αποτελεί το κλειδί για την ανάπτυξη των απαιτούμενων υποδομών μιας οικονομίας.
- 4) Τέλος, σύμφωνα με τον UEPG, η βιομηχανία παραγωγής αδρανών συνεχίζει να παρέχει θέσεις εργασίας παρέχοντας ταυτόχρονα και το κατάλληλο υλικό παρά τις αρκετά αντίξοες συνθήκες (UEPG, 2022).

Η Ελλάδα είναι μια από τις χώρες της Ε.Ε. που διαθέτει σημαντικό ορυκτό πλούτο, με μεγάλη ποικιλία ορυκτών αλλά και μεταλλευμάτων με βιομηχανικό ενδιαφέρον, λόγω της υψηλής τους ποιότητας αλλά και των εξειδικευμένων χρήσεων των ορυκτών σε σχέση με τα υπόλοιπα μέλη της Ε.Ε. Η μεγάλη ποικιλία ορυκτού πλούτου μας δίνει ένα σημαντικό μεγάλο πλεονέκτημα στην οικονομία της χώρας. Οι εξαγωγές ορυκτού πλούτου της χώρας μας έχουν πολύ σημαντική συμβολή στην οικονομία, αφού αγγίζουν το 65% της παραγωγής και κατατάσσουν την Ελλάδα σε υψηλές θέσεις στην παγκόσμια αγορά ορυκτών πρώτων υλών. Σημαντικά ορυκτά, μεταλλεύματα και μέταλλα τα οποία εξάγει η χώρα μας είναι: το αλουμίνιο, η αλουμίνη, ο βωξίτης, το νικέλιο, η καυστική μαγνησία, ο περλίτης, η κίσηρης και τα μάρμαρα. Σε μερικές περιπτώσεις κατέχει και τις πρώτες θέσεις, όπως πρώτη θέση σε παραγωγή περλίτη και

μαγνησίτη και δεύτερη στην παραγωγή κίσηρης στην Ε.Ε. Επίσης, είναι η μοναδική χώρα στην παραγωγή χουντίτη.

Έτσι, ο εξορυκτικός τομέας στην Ελλάδα αποτελεί σημαντικό κλάδο της οικονομικής δραστηριότητας αφού συνεισφέρει κατά 4-5% του ΑΕΠ (εάν ληφθεί υπόψη και ο σχετικός με αυτόν μεταποιητικός τομέας), ο οποίος τροφοδοτεί με τα απαραίτητα υλικά μια σειρά σημαντικών κλάδων, όπως την τσιμεντοβιομηχανία, τις κατασκευές, την παραγωγή ενέργειας, την παραγωγή μη σιδηρούχων μετάλλων (αλουμινίου, νικελίου, κ.λπ.). Ακόμα, αναγκαίο είναι να αναφερθεί ότι προσφέρει πολλές θέσεις εργασίας, ενώ παράλληλα συμβάλει στην περιφερειακή ανάπτυξη αφού η εκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου πραγματοποιείται κυρίως στην περιφέρεια.

Τα τελευταία χρόνια οι οικονομικές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις έχουν αυξηθεί σημαντικά και είναι απαραίτητο να ληφθούν αποφάσεις για τη μείωση των δαπανών και την προστασία του περιβάλλοντος. Για τους λόγους αυτούς, έχουν αναπτυχθεί νέες μέθοδοι με σκοπό την ενσωμάτωση του περιβαλλοντικού κόστους της κάθε επένδυσης και περεταίρω εστίαση στο θέμα ανακύκλωσης των πρώτων υλών, επαναχρησιμοποίησης προϊόντων και εφαρμογής κώδικα αρχών για μια βιώσιμη ανάπτυξη.

Τέλος, η ποιότητα, η ασφάλεια και το περιβάλλον αποτελούν ουσιαστικές προκλήσεις αλλά και ανάγκη των καιρών, επηρεάζοντας σε βάθος την εξέλιξη του κλάδου της εξόρυξης ορυκτών πρώτων υλών αλλά και τη βιωσιμότητά του στην πάροδο του χρόνου ([www.latomet.gr](http://www.latomet.gr)).

Αντιπροσωπευτικό όργανο της ελληνικής εξορυκτικής-μεταλλουργικής βιομηχανίας είναι ο Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων (ΣΜΕ), ο οποίος εκπροσωπεί τις μεταλλευτικές-μεταλλουργικές και εξορυκτικές επιχειρήσεις Ελλάδας από το 1924. Στα μέλη του Συνδέσμου, περιλαμβάνονται οι σημαντικότεροι βιομηχανικοί όμιλοι και επιχειρήσεις της χώρας που ερευνούν, εξορύσσουν, κατεργάζονται και αξιοποιούν τους ορυκτούς πόρους. Οι εταιρείες μέλη του Συνδέσμου αντιπροσωπεύουν το 80% της παραγωγικής εξορυκτικής δραστηριότητας της χώρας και το 100% της μεταλλουργικής αξιοποίησης σημαντικών μεταλλευμάτων. Βασικός άξονας δράσης του ΣΜΕ αλλά και των εταιρειών του, αποτελεί η βιώσιμη αξιοποίηση του ορυκτού πλούτου της χώρας με απόλυτη ισορροπία στους πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης, δηλαδή την οικονομία, το περιβάλλον και την κοινωνία. Διαχρονική ουσιαστική συνεισφορά του κλάδου στην

ανάπτυξη του τόπου, αποτελεί η μεγάλη συμβολή του στην περιφερειακή ανάπτυξη (Καβαλόπουλος, 2015).

## **1.2 Εργασιακοί κίνδυνοι στα λατομεία - Στατιστικά**

Οι εργαζόμενοι στον λατομικό τομέα εκτίθενται σε σημαντικούς εργασιακούς κινδύνους για την υγεία και την ασφάλειά τους που μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε:

- Ατυχηματικούς κινδύνους, όπως πτώση αντικειμένων, πτώση από πρηνή, κ.ά.
- Βλαπτικούς για την υγεία τους παράγοντες, όπως σκόνη, μηχανικοί κραδασμοί, θόρυβος, χημικές ουσίες, κ.ά.

### **1.2.1 Ατυχηματικοί κίνδυνοι – εργατικό ατύχημα**

Οι ατυχηματικοί κίνδυνοι είναι αυτοί που συμβάλλουν στη δημιουργία εργατικού ατυχήματος. Εργατικό ατύχημα θεωρείται το βίαιο γεγονός που συμβαίνει κατά την εκτέλεση της εργασίας ή με αφορμή την εργασία, με συνέπεια τη βλάβη της υγείας ή την απώλεια της ζωής του εργαζόμενου. Συνήθεις ατυχηματικοί κίνδυνοι που σχετίζονται με εργατικά ατυχήματα στον λατομικό κλάδο και στα τεχνικά έργα είναι οι εκρηκτικές ύλες, οι πυρκαγιές από εύφλεκτα υλικά, η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος, η μη σωστή χρήση μηχανημάτων ή η πλημμελής συντήρησή τους, κ.ά.

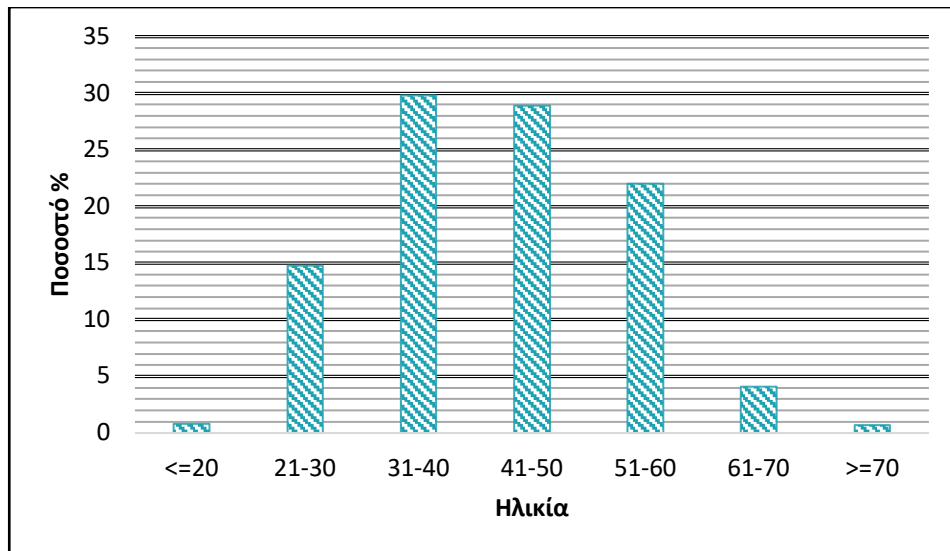
Το ατύχημα, σύμφωνα με τη νομοθεσία, θεωρείται εργατικό όταν προκαλείται από βίαιη ενέργεια που έχει εξωτερική αιτία, ξένη προς τον οργανισμό του θύματος και λαμβάνει χώρα κατά την εκτέλεση της εργασίας ή με αφορμή την εργασία, ώστε να συνδέεται με αυτήν άμεσα ή έμμεσα, δηλαδή σε σχέση αιτίου προς αιτιατό (αποτέλεσμα) (άρθρο 8 παρ.4, Α.Ν. 1846/1951 και 1, Ν. 551/1915). Από τον παραπάνω ορισμό προκύπτουν δύο κατηγορίες ατυχημάτων:

- (α) Εκείνα που συμβαίνουν κατά την εκτέλεση της εργασίας.** Συμβαίνουν δηλαδή ως ευθεία και άμεση συνέπεια της εργασίας, όπως π.χ. ο τραυματισμός κατά τη μεταφορά μεταλλεύματος ή από πτώση επισφαλών όγκων κατά την εργασία εντός του μετώπου ή ο τραυματισμός εργαζόμενου κατά τον καθαρισμό του ιμάντα της

μεταφορικής ταινίας, κ.λπ. Πρόκειται, δηλαδή, για ατυχήματα που συνδέονται στενά με την εκτέλεση της εργασίας και συμβαίνουν κατά τη διάρκεια αυτής.

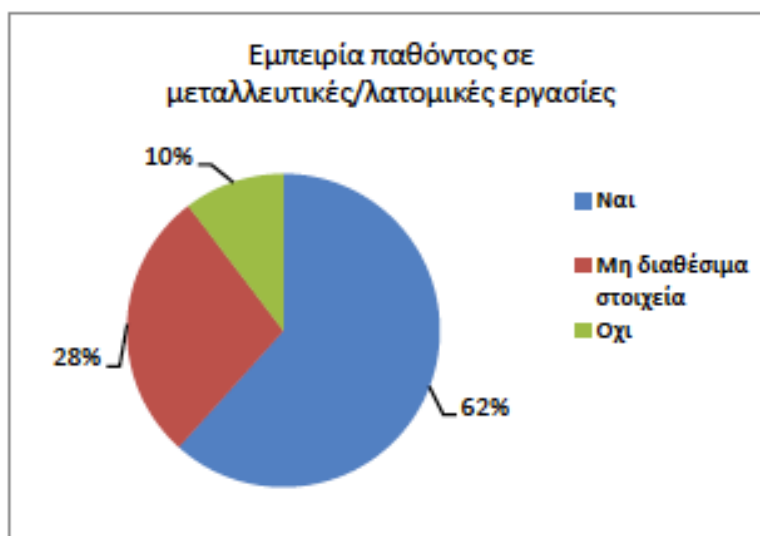
**(β) Εκείνα που συμβαίνουν με αφορμή την εργασία.** Ενώ δεν εμφανίζονται ως άμεση και ευθεία συνέπεια της εργασίας, βρίσκονται όμως ως προς αυτή σε σχέση αιτίου προς αποτέλεσμα, υπό την έννοια ότι η εργασία ήταν η αφορμή να εκτεθεί ο εργαζόμενος στις συνθήκες οι οποίες προκάλεσαν τη βίαιη βλάβη σε βάρος της υγείας του ή της ζωής του. Είναι εκείνα τα ατυχήματα τα οποία, με την κοινή πρόβλεψη και πείρα, δεν θα συνέβαιναν εάν ο εργαζόμενος δεν βρισκόταν στην ανάγκη να εκτελέσει τις κινήσεις ή τις ενέργειες που ήταν απαραίτητες για να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις του, όπως αυτές απορρέουν από τη σύμβαση εργασίας του. Σ' αυτή την κατηγορία ανήκουν π.χ. τα ατυχήματα που συμβαίνουν όχι μόνο στον χώρο της επιχείρησης αλλά και κατά τη διαδρομή που ακολουθεί ο εργαζόμενος όταν μεταβαίνει από και προς την εργασία του, χρησιμοποιώντας βέβαια το συνηθισμένο μέσο ή δρομολόγιο και με σκοπό να φτάσει στην εργασία του ή να επιστρέψει από αυτήν. Η συγκοπή καρδιάς ή η απόπειρα αυτοκτονίας μπορεί να θεωρηθούν ή να μη θεωρηθούν ως εργατικά ατυχήματα, ανάλογα με τις συνθήκες υπό τις οποίες συνέβησαν. Π.χ., η καρδιακή προσβολή που επέρχεται από υπερβολική προσπάθεια ή κουραστική και εξαντλητική εργασία θεωρείται ότι συνιστά εργατικό ατύχημα. Επίσης, η αυτοκτονία θεωρείται εργατικό ατύχημα όταν οφείλεται σε ψυχικό κλονισμό του ατόχου, ο οποίος κλονισμός προήλθε από την εργασία ή με αφορμή την εργασία (Γαλετάκης, 2019).

Από έρευνες που πραγματοποιήθηκαν τα προηγούμενα χρόνια (1997-2017) τόσο σε σχέση με τους βλαπτικούς όσο και με τους ατυχηματικούς παράγοντες στα λατομεία και στα μεταλλεία, παρατηρήθηκε ότι πολύ σημαντικό ρόλο έχει η ηλικία του εργαζομένου, η εμπειρία που κατέχει αλλά και η θέση στο λατομείο ή μεταλλείο στην οποία εργάζεται. Τα παρακάτω διαγράμματα απεικονίζουν τη συχνότητα εμφάνισης ατυχημάτων ανάλογα με την ηλικία, την εμπειρία και τη θέση εργασίας.



*Διάγραμμα 1.1 Συχνότητα εμφάνισης ατυχημάτων ανά ηλικιακή κλάση εργαζομένων για το σύνολο των ατυχημάτων που καταγράφηκαν για τα έτη 1997-2017 (Γρεβενιώτη, 2019).*

Από το Διάγραμμα 1.1 διαπιστώνουμε ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά των ατυχημάτων στην ηλικιακή ομάδα 31-60 ξεπερνά το 80%. Αυτό συμβαίνει διότι τα άτομα που εργάζονται στον χώρο αυτό αποτελούνται από αυτές τις ηλικίες. Παρατηρούμε ότι το ποσοστό ανεβαίνει σταδιακά από τις ηλικίες των 21 ετών και κορυφώνεται στις ηλικίες 31 έως 40 ετών με αυτά των 41 έως 50 ετών να ακολουθούν στο ίδιο περίπου ποσοστό. Τα χαμηλότερα ποσοστά παρατηρούνται στις ηλικίες κάτω των 20 ετών αλλά και σε αυτές των 60 ετών και άνω. Αυτό συμβαίνει λόγω μεγαλύτερης προσήλωσης στην εργασία στις ηλικίες μικρότερες των 20 ετών και λόγω εμπειρίας ή και συνταξιοδότησης στις μεγαλύτερες ηλικίες. Πιο συγκεκριμένα το % στην ηλικιακή ομάδα των 30-40 χρονών αγγίζει το 30% περίπου με την επόμενη ηλικιακή ομάδα να είναι τα 40-50 έτη με ποσοστό περίπου 28,5%. Ακολουθεί η ηλικιακή ομάδα 50-60 με ποσοστό 22% και εκείνη των 20-30 με ποσοστό 15%. Οι υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες παρουσιάζουν ποσοστά <5%.

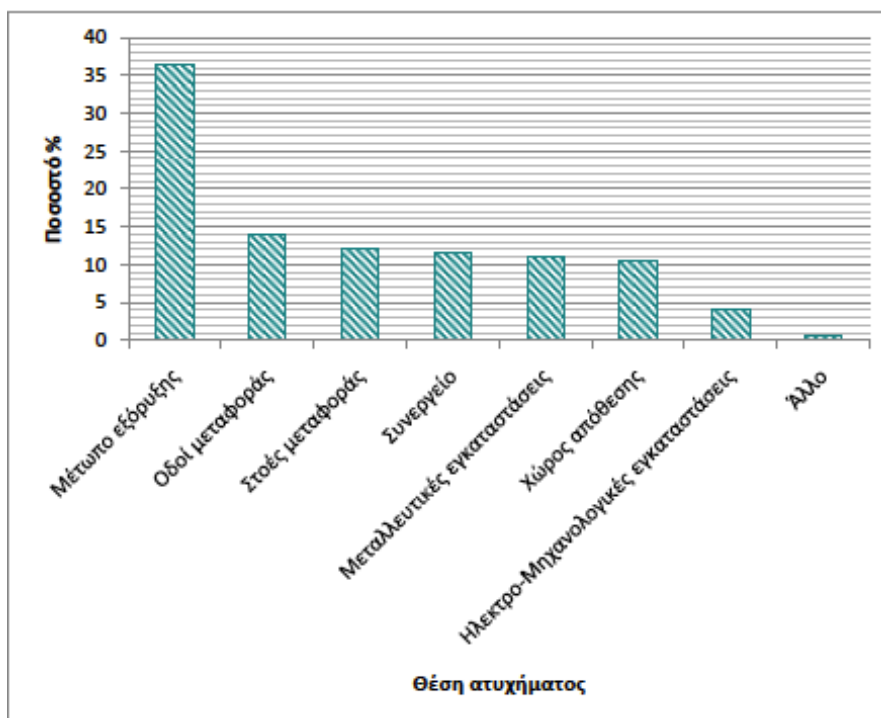


Διάγραμμα 1.2 Συχνότητα ατυχημάτων σε σχέση με την εμπειρία του παθόντος στον χώρο των ορυχείων-λατομείων την περίοδο 1997-2017 (Γρεβενιώτη, 2019).

Από το Διάγραμμα 1.2 παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό ατυχημάτων (62%) παρουσιάζεται στα άτομα με εμπειρία στον λατομικό χώρο, ενώ μόλις το 10% των ατυχημάτων συμβαίνουν σε εργαζόμενους χωρίς εμπειρία στον χώρο αυτό. Αυτό συμβαίνει γιατί ο εργαζόμενος με την πάροδο των χρόνων και με την εμπειρία που αποκτά στη θέση εργασίας του ή γενικότερα στον λατομικό χώρο σε συνδυασμό με την κούραση μειώνουν τα αντανακλαστικά, προκαλώντας ατύχημα. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το υπόλοιπο 28%, προκύπτει από καταγραφές που έγιναν χωρίς να καταγραφεί πλήρως τα στοιχεία του ατυχήματος αλλά και των ατόμων που το προκάλεσαν, δίνοντας έτσι ανακριβή στοιχεία στην εκάστοτε έρευνα του προβλήματος.

Τέλος, στο Διάγραμμα 1.3 παρουσιάζεται το ποσοστό των ατυχημάτων ως προς τη θέση εργασίας για τα έτη 1997-2017. Το μεγαλύτερο ποσοστό, 36.5%, παρουσιάζεται στο μέτωπο της εξόρυξης όπου μπορεί να γίνει λάθος τοποθέτηση των εκρηκτικών (σφάλμα διατρητικού λόγω κακής αρχικής τοποθέτησής του ή σφάλμα κλίσης λόγω κακής κλίσης της διατρητικής στήλης) ή η ανεπαρκής γόμωσή τους δημιουργώντας το φαινόμενο εκτόξευσης λίθων (flyrock). Επίσης, μπορεί κάποιος εργαζόμενος να τραυματιστεί λόγω πτώσης είτε από έλλειψη προσοχής είτε από αστοχία πρανών λόγω λανθασμένων υπολογισμών κατά την κατασκευή τους. Ακολουθούν με ποσοστό 14% τα ατυχήματα που συμβαίνουν κατά τη μεταφορά, ενώ παρόμοια αλλά ακόμη μικρότερα ποσοστά εμφανίζονται στις στοές μεταφοράς, στο συνεργείο, στις

μεταλλευτικές εγκαταστάσεις, στους χώρους απόθεσης και στις ηλεκτρο-μηχανολογικές εγκαταστάσεις.



*Διάγραμμα 1.3 Ποσοστό εμφάνισης ατυχημάτων σε συγκεκριμένες θέσεις εργασίας για τα έτη 1997-2017 (Γρεβενιώτη, 2019).*

Από έρευνες που έγιναν σε λατομεία μαρμάρου στην περιοχή Diyarbakir της Τουρκίας, το 42,9% των ατυχημάτων δημιουργήθηκαν από την αποτυχία (σπάσιμο) συρματόσκοινου, το 17,8% από εκρήξεις, το 3,6% από πτώση από το πρανές. Το 10,7% αυτών των ατυχημάτων κατέληξαν σε θάνατο (Gumus, A., Akkyun, O., 2006).

## 1.2.2 Βλαπτικοί παράγοντες

Οι βλαπτικοί παράγοντες που συναντάμε σε έναν λατομικό χώρο χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τους χημικούς, τους φυσικούς και τους βιολογικούς.

### Χημικοί βλαπτικοί παράγοντες

Το Chemicals Abstract Service (CAS Registry) της American Chemical Society μέχρι το 2024 είχε εντοπίσει 204 εκατομμύρια χημικές ενώσεις και υπολογίζεται ότι περίπου 15.000 νέες χημικές ενώσεις, προστίθενται καθημερινά (CAS, 2024). Η Αμερικανική Εταιρία Κυβερνητικών Υγιεινολόγων Βιομηχανίας (ACGIH) έχει θεσπίσει οριακές Τιμές Έκθεσης για περισσότερες από 700 χημικές ουσίες και φυσικούς βλαπτικούς

παράγοντες. Το Π.Δ307/86, όπως τροποποιήθηκε με το Π.Δ.90/1999 «Καθορισμός οριακών τιμών έκθεσης και ανώτατων οριακών τιμών έκθεσης των εργαζομένων σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά τη διάρκεια της εργασίας τους», θεσπίζει Οριακές Τιμές Έκθεσης για πάνω από 500 χημικές ουσίες (Γαλετάκης, 2019).

Οι χημικές ενώσεις εισάγονται στον άνθρωπο με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

1. Μέσω της κατάποσης
2. Μέσω της εισπνοής
3. Μέσω δερματικής επαφής

Οι χημικές ουσίες κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

- a) Τους σωματιδιακούς ρύπους ή αερολύματα τα οποία είναι οι σκόνες/ίνες, καπνοί και τα νέφη (ομίχλες)
- b) Τους αερόμορφους ρύπους που είναι οι ατμοί και τα αέρια.

### **Φυσικοί βλαπτικοί παράγοντες**

Στην ομάδα των φυσικών βλαπτικών παραγόντων εντάσσονται ο θόρυβος, οι δονήσεις/κραδασμοί, οι χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες, η υγρασία, οι ακτινοβολίες και ο φωτισμός. Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στην υγεία του εργαζομένου. Η έκταση αλλά και το ποσοστό της βλάβης που θα προκληθεί εξαρτάται από τη συγκέντρωση του βλαπτικού παράγοντα επί τον χρόνο έκθεσης. Στη συνέχεια θα αναφερθούν εν συντομία οι παράγοντες αυτοί, ενώ η σκόνη, ο θόρυβος και οι δονήσεις θα αναπτυχθούν στο επόμενο κεφάλαιο αναλυτικότερα.

#### **• Θερμικό εργασιακό περιβάλλον (Μικρόκλιμα)**

Το θερμικό εργασιακό περιβάλλον ή αλλιώς μικρόκλιμα προσδιορίζει τις θερμικές συνθήκες ενός εργασιακού περιβάλλοντος σε σχέση με τη μορφή και το είδος της εργασίας. Οι συνθήκες αυτές προσδιορίζουν τη θερμική κατάσταση του εργαζομένου (θερμική άνεση ή θερμική καταπόνηση). Οι θερμικά επιβαρυνόμενοι χώροι προκαλούν βλάβες στην υγεία (σωματική και ψυχική), με εξάντληση και κόπωση των μηχανισμών θερμορύθμισης του οργανισμού. Λόγω αυτών των καταστάσεων έχουμε πρόκληση επαγγελματικών νοσημάτων, σε συνδυασμό με την αδυναμία του εργαζομένου να αντιδράσει σωστά στα εξωτερικά ερεθίσματα και να εκτελέσει σύνθετες διαδικασίες με αποτέλεσμα να έχουμε πρόκληση εργατικών ατυχημάτων. Η φυσιολογική

θερμοκρασία του ανθρώπινου οργανισμού ορίζεται στους 36.6°C με αποδεκτό διάστημα από τους 36.1°C έως τους 37.3°C. Η θερμοκρασιακή ισορροπία του ανθρώπινου σώματος επιτυγχάνεται μέσω της θερμορύθμισης και είναι αποτέλεσμα των μηχανισμών της θερμογένεσης και της θερμοαποβολής.

Κατά τη θερμογένεση γίνεται παραγωγή θερμότητας από διάφορους βιοχημικούς μηχανισμούς ενώ κατά τη θερμοαποβολή γίνεται ανταλλαγή θερμικής ενέργειας μέσω ακτινοβολίας, αγωγής και μεταφοράς με το περιβάλλον. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι αμφίδρομοι και ο ανθρώπινος οργανισμός αποβάλλει ή προσλαμβάνει ενέργεια από το περιβάλλον. Ο μοναδικός μηχανισμός που λειτουργεί μονόδρομα και αποβάλλει θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα προς το περιβάλλον είναι η εφίδρωση αφού λόγω της εξάτμισης του παραγόμενου ιδρώτα μειώνεται η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος.

- **Φωτισμός**

Τα προηγούμενα χρόνια οι μελέτες που γινόταν για την αποτελεσματικότητα της εργασίας σε σχέση με την όραση του εργαζομένου εστιάζονταν κυρίως σε εκφυλιστικές αλλοιώσεις από την έκθεση σε τοξικές ουσίες (μόλυβδο, αρσενικό, υδράργυρο, κ.λπ.), από φυσικούς παράγοντες, όπως η ακτινοβολία καθώς και σε ξένα σώματα ή διαβρωτικές ουσίες που προκαλούσαν οφθαλμικά τραύματα.

Η μηχανοποίηση και η αυτοματοποίηση των παραγωγικών διαδικασιών μέσω μηχανημάτων συνέβαλλε σημαντικά στη μείωση της συμμετοχής του μυοσκελετικού συστήματος στο εργασιακό φορτίο αλλά απαιτείται αυξημένη απόδοση στις πνευματικές και αισθητήριες λειτουργίες του εργαζομένου. Πρόκειται για διαδικασίες στις οποίες ο εργαζόμενος πρέπει να παρακολουθεί και να κατευθύνει την παραγωγή μέσω οθονών και ηλεκτρονικών υπολογιστών και γενικότερα νέων τεχνολογιών, χρησιμοποιώντας κυρίως τον εγκέφαλό του. Συνεπώς, με την πολύωρη εργασία και παρατήρηση αντικειμένων τα οποία είναι τοποθετημένα σε κοντινές αποστάσεις από τους οφθαλμούς παρατηρείται η καταπόνηση αυτών λόγω της επίπονης και έντονης προσπάθειας στην οποία υποβάλλονται. Επίσης, η νυκτερινή εργασία σε περιβάλλον με τεχνητό φωτισμό που επιβάλλεται λόγω των απαιτήσεων παραγωγής είναι ένα γεγονός που πρέπει να συμπεριληφθεί στους παράγοντες που επιδρούν στην όραση του εργαζομένου.

Επομένως, οι μηχανικοί ασφαλείας σε συνεργασία με τον γιατρό εργασίας θα πρέπει να προσεγγίσουν κατάλληλα τη σχέση «όραση-φωτισμός-εργασία» εκτιμώντας

συνολικά τις παραμέτρους οι οποίες θα συμβάλουν για την οπτική άνεση και υγεία του εργαζομένου.

Οι κίνδυνοι οι οποίοι μπορούν να προκληθούν από τον παράγοντα του φωτισμού είναι δακρύρροια, επιπεφυκίτιδα, διπλωπία, πονοκέφαλοι, υπνηλία, μειωμένη ικανότητα προσαρμογής και σύγκλισης, μειωμένη οπτική οξύτητα, μειωμένη οπτική ευαισθησία στις αντιθέσεις, κ.λπ. (Γαλετάκης, 2019).

- **Ακτινοβολίες**

Οι ακτινοβολίες αποτελούν έναν από τους φυσικούς βλαπτικούς παράγοντες του εργασιακού περιβάλλοντος. Ταξινομούνται από φυσικής αλλά και από παθογενετικής πλευράς σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες και μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες.

Ονομάζονται ιοντίζουσες εκείνες οι ακτινοβολίες, που αποτελούνται από φωτόνια ή σωματίδια και είναι ικανές να προκαλέσουν, κατά τη μεταφορά ενέργειας στην ύλη που διαπερνούν, αμέσως ή εμμέσως τον σχηματισμό ιόντων (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α, 2000).

Στις μέρες μας, η χρήση των ραδιοϊσοτόπων αλλά και γενικότερα των ραδιογόνων μηχανών αυξάνεται συνεχώς και με γρήγορο ρυθμό λόγω της ευρείας χρήσης στη βιομηχανική παραγωγή, στην ιατρική και γενικότερα στον ερευνητικό τομέα. Οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι σωματιδιακές, άλφα, βήτα, πρωτόνια και νετρόνια, καθώς και σωματιδιακές ηλεκτρομαγνητικές, ακτίνες Χ και γ. Οι κίνδυνοι που μπορούν να προκληθούν στον άνθρωπο από τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι (Δρίβας κ.ά., 2005):

- 1) Δερματίτιδες: μια «εφάπαξ δόση» της τάξης των 500-600 RAD, προκαλεί ακτινοδερματίτιδα που χαρακτηρίζεται από ερύθημα το οποίο υποχωρεί μετά από 24-48 ώρες. Μια δόση της τάξης των 2500 RAD, προκαλεί την οξεία νεκροτική ακτινοδερματίτιδα με τοπικά δυσίατα εγκαύματα.
- 2) Παθήσεις των αιμοποιητικών οργάνων: αναιμίες, λευχαιμίες, κ.λπ.
- 3) Παθήσεις του μυελού των οστών (εκφύλιση των νεοσχηματισθέντων κυττάρων).
- 4) Παθήσεις των γεννητικών οργάνων (στείρωση ή βράχυνση της γεννητικής περιόδου, εμμηνόπαυση ανάλογα στους όρχεις ή στις ωοθήκες).
- 5) Παθήσεις των οφθαλμών (αλλοιώσεις του φακού, απώλεια της διαφάνειας - καταρράκτης).

- 6) Κακοήθεις όγκοι: στους επαγγελματικά εκτεθειμένους παρατηρήθηκε η ανάπτυξη σαρκωμάτων των οστών, καθώς και καρκίνου των παραρρίνιων κόλπων.

Οι μονάδες μέτρησης για τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι:

- 1) Η απορροφηθείσα δόση (RAD): που αντιστοιχεί στην απορρόφηση 100 erg ιοντίζουσας ακτινοβολίας, ανά γραμμάριο ακτινοβοληθείσας ύλης.
- 2) Η βιολογικώς αποτελεσματική δόση (REM): που εκφράζει το βιολογικό αποτέλεσμα της απορριφθείσας δόσης (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α. Ε., 2000).

### **Βιολογικοί παράγοντες**

Εκτός όμως από τους χημικούς και φυσικούς βλαπτικούς παράγοντες, υπάρχουν και οι βιολογικοί οι οποίοι μπορούν να συμβάλουν αρνητικά στην υγεία του εργαζομένου. Ως βιολογικούς παράγοντες ορίζουμε τους οργανισμούς ή τα οργανικά υλικά τα οποία παράγονται από τους οργανισμούς και δημιουργούν βλάβες στην ανθρώπινη υγεία. Η είσοδός τους στον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: αρχικά μέσω του αναπνευστικού συστήματος (στόμα ή μύτη), έπειτα με επαφή του δέρματος με υγρά τα οποία μπορεί να έχουν μολυνθεί ή έχουν έρθει σε επαφή με μολυσμένα αντικείμενα. Τέτοιοι οργανισμοί μπορεί να είναι παράσιτα, ιοί, βακτήρια. Οι επιβλαβείς αντιδράσεις που παρουσιάζει η ανθρώπινη υγεία από τους βιολογικούς παράγοντες είναι η αλλεργία, η μόλυνση και η δηλητηρίαση.

Στους λατομικούς χώρους για προστασία από την είσοδο οργανισμών από το αναπνευστικό μπορούν να χρησιμοποιηθούν μάσκες με αντικαταστάσιμο φίλτρο (τύπου R100 με αντοχή σε υγρά ή P100 που είναι αδιάβροχη). Όσον αφορά το σώμα του εργαζόμενου, μπορεί να κάνει χρήση ειδικής στολής η οποία καλύπτει όλο ή μεγάλο μέρος του σώματος. Επίσης, σε περίπτωση χρήσης μάσκας ή οποία δεν προστατεύει τα μάτια μπορεί να γίνει χρήση αντίστοιχων προστατευτικών γυαλιών. Τέλος, ο εργαζόμενος οφείλει να ακολουθεί τους κανόνες υγιεινής πλένοντας τα σημεία του σώματός του τα οποία είναι πιο ευάλωτα στο περιβάλλον.

## **Κεφάλαιο 2**

### **Κύριοι βλαπτικοί παράγοντες στα λατομεία**

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στους κύριους βλαπτικούς παράγοντες που απαντώνται σε λατομικούς χώρους και οι οποίοι μπορεί να έχουν σημαντική επίπτωση στην υγεία των εργαζομένων.

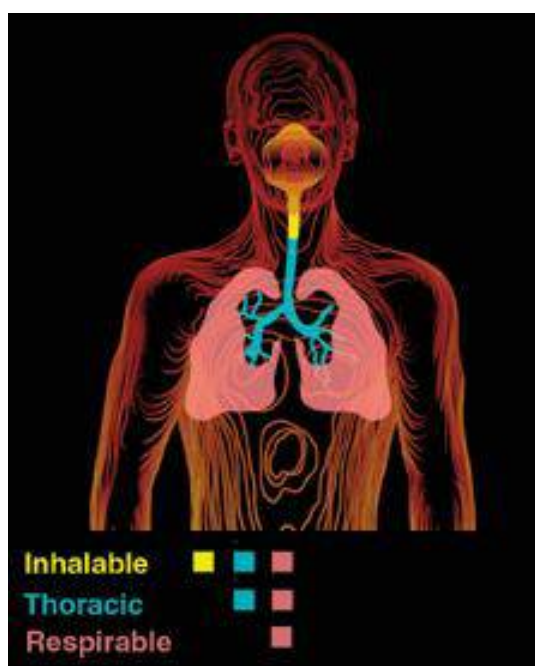
#### **2.1 Σκόνη**

##### **2.1.1 Χαρακτηριστικά σκόνης και μηχανισμοί δημιουργίας της**

Η σκόνη αποτελείται από στερεά σωματίδια, τα οποία λόγω της σχέσης που υπάρχει μεταξύ της διαμέτρου και της πυκνότητάς της μπορούν να αιωρούνται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Η σκόνη δημιουργείται κατά τη μηχανική κατεργασία στερεών σωμάτων ή αποτελεί το τελικό προϊόν της εκφυλιστικής διαδικασίας των υλικών (Γαλετάκης, 2019).

Με τις διαδικασίες της θραύσης είτε με χρήση εκρηκτικής ύλης είτε με χρήση μηχανημάτων θραύσης, μεταφοράς και απόθεσης του υλικού δημιουργείται μεγάλη ποσότητα λεπτομερών σωματιδίων σημαντικό ποσοστό των οποίων αιωρείται στον αέρα (σκόνη). Ο χρόνος ο οποίος χρειάζεται ένα σωματίδιο για να απομακρυνθεί από την ατμόσφαιρα σχετίζεται με τη διάμετρο και την πυκνότητά του. Τα χονδρόκοκκα σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη των 20  $\mu\text{m}$  διατηρούνται στην ατμόσφαιρα μερικές ώρες, ενώ τα σωματίδια διαμέτρου 2-3  $\mu\text{m}$  2-4 ημέρες. Το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα παραμονής (5-10 ημέρες) στην ατμόσφαιρα τον έχουν τα σωματίδια 0,1-1  $\mu\text{m}$ , τα οποία μπορούν να μετακινηθούν έτσι σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις. Ακόμη, η χημική σύσταση του σωματιδίου αλλάζει καθώς αυξάνεται η απόσταση από την πηγή προέλευσης (π.χ. λατομικός χώρος) και εξαρτάται από τη φύση των διαφόρων άλλων ρύπων που βρίσκονται στον αέρα (Department of Environmental Protection, EU, 1999). Το μέγεθός τους (κοκκομετρία) ποικίλλει από μερικές εκατοντάδες  $\mu\text{m}$  μέχρι 0.10  $\mu\text{m}$  και είναι σε άμεση σχέση με τη θέση (ζώνη) εναπόθεσης των σωματιδίων μέσα στο αναπνευστικό σύστημα όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στο Σχήμα 2.1. Στον

ρινοφάρυγγα εναποτίθενται με κατακράτηση από τον αναπνευστικό βλεννογόνο τα σωματίδια διαμέτρου  $> 15$  μέχρι και  $30 \mu\text{m}$  (κίτρινο) καθώς και οι ίνες με διάμετρο  $> 3 \mu\text{m}$ . Στο τραχειοβρογχικό δένδρο εναποτίθενται με καθίζηση τα σωματίδια διαμέτρου  $> 5$  μέχρι και  $15 \mu\text{m}$  (γαλάζιο). Στα κυψελιδικο-τριχοειδικά συμπλέγματα εναποτίθενται με καθίζηση και διάχυση τα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου  $> 0,5$  μέχρι και  $5 \mu\text{m}$  (ροζ), καθώς και οι ίνες διαμέτρου  $< 3 \mu\text{m}$ . Αυτά ονομάζονται στη Βιομηχανική Υγιεινή «αναπνεύσιμο κλάσμα» γιατί επικάθονται στην περιοχή εναλλαγής αερίων (πνευμονικές κυψελίδες) (Γαλετάκης, 2019).



Εικόνα 2.1 Περιοχές κατακράτησης – εναπόθεση σκόνης στο αναπνευστικό σύστημα  
([www.skinc.com](http://www.skinc.com))

Για τον λόγο αυτό, έχουν θεσπιστεί όρια για την προφύλαξη του εργαζομένου, τόσο για το αναπνεύσιμο όσο και για το εισπνεύσιμο κλάσμα. Σύμφωνα με τον ΚΜΛΕ, για αδρανή σκόνη η «οριακή τιμή έκθεσης» είναι:

-για το αναπνεύσιμο κλάσμα αιωρούμενων σωματιδίων:  $5 \text{ mg/m}^3$ .

-για το εισπνεύσιμο κλάσμα αιωρούμενων σωματιδίων:  $10 \text{ mg/m}^3$ .

Οι παραπάνω οριακές τιμές αναφέρονται για σκόνες μη ινογόνες (ή αδρανείς). Όμως υπάρχουν κι αυτές που περιέχουν κρυσταλλικό διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) και μπορούν να προκαλέσουν αντιδραστική ίνωση των πνευμόνων (καταστροφή της

αρχιτεκτονικής των κυψελίδων και ανάπτυξη ινώδους ιστού) ανάλογη με κλινική συμπτωματολογία. Οι συγκεκριμένες ορυκτές σκόνες περιέχουν ποσότητα διοξειδίου του πυριτίου μεγαλύτερη του 1% καθώς και ίνες αμιάντου και ονομάζονται ινογόνες (ή σκληρογόνες). Τις συναντάμε σε ορυχεία αμιάντου, στην παραγωγή αμιαντοτσιμέντου, στην εργασία με θερμομονώσεις, στην επισκευή φρένων και φερμουίτ, στις οικοδομικές εργασίες και γενικά σε εργαζόμενους που ασχολούνται με προϊόντα αμιάντου.

Για σκόνη που περιέχει ελεύθερο κρυσταλλικό διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) η Οριακή Τιμή Έκθεσης  $T$  υπολογίζεται ως εξής:

- για το αναπνεύσιμο κλάσμα της σκόνης:  $T = \frac{10}{X_1+2} \text{ (mg/m}^3\text{)}$

- για το εισπνεύσιμο κλάσμα της σκόνης:  $T = \frac{30}{X_2+3} \text{ (mg/m}^3\text{)}$

όπου:

$X_1$  είναι η περιεκτικότητα (%) του ελεύθερου κρυσταλλικού διοξειδίου του πυριτίου στην ποσότητα του αναπνεύσιμου κλάσματος της σκόνης.

$X_2$  είναι η περιεκτικότητα (%) του ελεύθερου κρυσταλλικού διοξειδίου του πυριτίου στην ποσότητα του εισπνεύσιμου κλάσματος της σκόνης.

Για σκόνη που περιέχει ίνες αμιάντου, κανένας εργαζόμενος δεν πρέπει να εκτίθεται σε ατμόσφαιρα με συγκέντρωση ινών αμιάντου μεγαλύτερη της 0,1 ίνες ανά  $\text{cm}^3$  αέρα ως μέση 8ωρη χρονικά σταθμισμένη έκθεση (ΚΜΛΕ κεφ.4 αρ.22 παρ.1).

### **2.1.2 Επίδραση της σκόνης στην υγεία του ανθρώπου**

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, τα κλάσματα της σκόνης έχουν διάφορα μεγέθη που το καθένα επηρεάζει σε διαφορετικό ποσοστό την υγεία του ανθρώπου. Η βλαπτική επίδραση της σκόνης στον άνθρωπο δεν επέρχεται μόνο από την εισπνοή αλλά και με την εισχώρηση στους οφθαλμούς, τη δερματική επαφή αλλά και την κατάποση. Το πόσο επιβλαβής είναι εξαρτάται κυρίως από τις φυσικές και χημικές ιδιότητες της κάθε σκόνης. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας - Π.Ο.Υ (World Health Organization ή WHO), η σκόνη μπορεί να προκαλέσει τις εξής βλάβες ([www.who.int](http://www.who.int)):

- 1) Βλάβη των πνευμόνων, όπως η πνευμονοκονίαση και ειδικότερα πυριτίαση, αμιάντωση, καθώς και καρκίνο.
- 2) Βλάβη στη μύτη, τον λαιμό και τα μάτια.

- 3) Βλάβη στο δέρμα: Μπορεί να προκαλέσει διάφορα είδη δερματίτιδας, η οποία είναι ευρέως διαδεδομένη και συχνά προκαλεί σοβαρά προβλήματα ή ακόμη και καρκίνο του δέρματος (π.χ. σκόνη τσιμέντου).
- 4) Συστηματική δηλητηρίαση του δέρματος λόγω απορρόφησης: αυτό μπορεί να συμβεί αν υδατοδιαλυτά υλικά διαλύονται στον ιδρώτα και περνάνε μέσω του δέρματος στην κυκλοφορία του αίματος, (π.χ. μόλυβδος).
- 5) Ερεθισμός του γαστρεντερικού σωλήνα μέσω της κατάποσης: αυτό επιτείνεται όταν οι εργαζόμενοι πίνουν ή καπνίζουν σε επιβαρυμένο από σκόνη χώρο εργασίας.
- 6) Ισχαιμικές καρδιακές παθήσεις.
- 7) Ερεθισμός και φλεγμονές των πνευμόνων. Ορισμένες σκόνες μπορεί να προκαλέσουν χρόνια βρογχίτιδα, η οποία μπορεί να οδηγήσει χρόνια σε εμφύσημα (π.χ. ενώσεις χρωμίου και μαγγανίου).
- 8) Αλλεργικές αντιδράσεις, όπως άσθμα ή στο δέρμα, όπως εξανθήματα (π.χ. κοβάλτιο, ο λευκόχρυσος, το χρώμιο, το νικέλιο, κ.λπ.).

### **2.1.3 Επίδραση της σκόνης στο περιβάλλον**

Η σκόνη ανάλογα με τη σύστασή και την κοκκομετρία της μπορεί να επηρεάσει το οικοσύστημα της περιοχής (τόσο τη γεωργία όσο και την πανίδα της περιοχής). Στη γεωργία η σκόνη μπορεί να καλύψει τα φύλλα των δέντρων ή των φυτών κάνοντάς τα να μην αναπτύσσονται σωστά. Ομοίως και για την πανίδα της περιοχής, το νέφος της σκόνης μπορεί να δημιουργήσει αναπνευστικά προβλήματα αφού τα σωματίδια σκόνης εισπνέονται από τα ζώα. Στην περίπτωση του Λατομείου Χορδακίου οι δύο αυτές παράμετροι είναι πολύ σημαντικές αφού στη γύρω περιοχή η κτηνοτροφία αλλά και η γεωργία είναι από τα κύρια επαγγέλματα των περιοίκων.

### **2.1.4 Επίδραση στην ασφάλεια του εργαζομένου και στην παραγωγικότητα**

Σύμφωνα με τον SIMRAC (Safety In Mines Research Advisory Committee) η σκόνη μπορεί να επηρεάσει την ασφάλεια στην εργασία, αφού οδηγεί στη μείωση της ορατότητας στον χώρο εργασίας καθιστώντας τον επισφαλή ενώ ταυτόχρονα επιδρά αρνητικά και στην παραγωγικότητα (SIMRAC, 2003). Αυτό συμβαίνει αφού οι

εργαζόμενοι λόγω της μειωμένης ορατότητας μπορεί να υποπέσουν σε λάθος, να μην παρατηρήσουν κάποια κατάσταση η οποία μπορεί να αποβεί μοιραία (π.χ. όχημα μπορεί να χτυπήσει κάποιον εργαζόμενο αφού ο οδηγός δεν έχει καλή ορατότητα, μπορεί κάποιο μηχάνημα λόγω της μειωμένης ορατότητας να μην παρατηρήσει ότι ο δρόμος μπορεί να είναι ανώμαλος προκαλώντας ατύχημα). Επιπλέον, ορισμένες σκόνης, όπως για παράδειγμα σκόνης από άνθρακα και θειούχες ενώσεις, μπορεί να προκαλέσουν φαινόμενα αυτανάφλεξης (Trade Union Congress, 2001). Η ικανότητα της σκόνης για αυτανάφλεξη εξαρτάται από τρεις κύριες παραμέτρους: την παρουσία της εύφλεκτης σκόνης σε λεπτότατη διαμερισμένη μορφή (π.χ. σκόνη άνθρακα), τη διαθεσιμότητα του οξειδωτικού παράγοντα (οξυγόνο) και την παρουσία της πηγής ανάφλεξης (σπινθήρας) (Liu και Κατσαμπάνης, 1992, Soundararajan et al., 1996).

Η χημική σύνθεση της σκόνης, το μέγεθος των σωματιδίων, το σχήμα, η ειδική επιφάνεια και η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι επίσης ορισμένες μεταβλητές που έχουν βασικό ρόλο στη δημιουργία αλλά και στην εξάπλωσή της στον χώρο. Η σκόνη μπορεί επίσης να μειώσει την παραγωγικότητα αφού επικάθεται στα μηχανήματα μειώνοντας τον χρόνο ζωής του εξοπλισμού και αυξάνοντας το κόστος συντήρησής του. Μπορεί επίσης να υποβαθμίσει την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων (Petavratzi et al., 2005).

### **2.1.5 Μέθοδοι για τη μέτρηση της σκόνης**

Για τη μέτρηση της σκόνης στον χώρο εργασίας χρησιμοποιούμε όργανα προσδιορισμού της συγκέντρωσης της σκόνης με κυκλώνα. Το δείγμα του αέρα εισροφάται με τη βοήθεια αντλίας με καθορισμένη παροχή μέσω κεφαλής δειγματοληψίας τύπου αεροκυκλώνας. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται η σκέδαση του φωτός (φαινόμενο Tyndal) προκειμένου να μετρηθεί η συγκέντρωση της σκόνης στο εισερχόμενο ρεύμα του αέρα. Η σκέδαση αυτή προέρχεται από μια πηγή υπέρυθρου φωτός, που προκαλείται από τη διέλευση των αιωρούμενων σωματιδίων στο δείγμα αέρα. Συνήθως γίνεται η μέτρηση των σωματιδίων στη μονάδα όγκου του αέρα.

Οι συσκευές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δειγματοληψία σχεδόν κάθε είδους χημικών παραγόντων με μορφή αιωρούμενων σωματιδίων στερεών ή υγρών στον αέρα των χώρων εργασίας από διαφυγή ή διασπορά κατά την παραγωγική διαδικασία, από συμπύκνωση ατμών ή από άλλες αιτίες (σκόνης, ίνες, καπνοί, κ.ά.).

Με κατάλληλο εξάρτημα το οποίο προστίθεται στην κεφαλή δειγματοληψίας πριν από το φίλτρο, μπορεί να ταξινομηθεί η σκόνη που περιέχεται στο δείγμα αέρα και να προδιαχωρισθούν και αφαιρεθούν από το σύνολο των αιωρούμενων σωματιδίων, εκείνα τα οποία είναι μεγαλύτερα ενός μεγέθους. Άρα τα σωματίδια που αποθέτονται και προσδιορίζονται είναι τα σωματίδια μικρότερου μεγέθους. Ο λόγος που πραγματοποιείται αυτή η διαδικασία είναι ότι τα σωματίδια αυτού του κλάσματος είναι πιο βλαβερά και θεωρείται ότι μπορούν να εισχωρήσουν μέχρι τις κυψελίδες των πνευμόνων των εργαζομένων κατά την εισπνοή τους (παράγ. 2 άρθρο 3 του π.δ. 77/1993).

## **2.2 Θόρυβος**

### **2.2.1 Γενικά στοιχεία για τον θόρυβο**

Την έννοια του θορύβου μπορούμε να τη συναντήσουμε παντού στην καθημερινότητά μας, από τον ήχο μιας εξάτμισης μέχρι και την ανθρώπινη φωνή. Ως θόρυβος στο λατομείο νοείται οποιοσδήποτε ανεπιθύμητος ήχος που προκαλείται από τα οχήματα και τα μηχανήματα που λειτουργούν στον λατομικό χώρο και επηρεάζουν τον ανθρώπινο παράγοντα (Μουζουράκης, 2010).

Ο θόρυβος ανάλογα με τη διακύμανση του επιπέδου της έντασής του χαρακτηρίζεται ως:

- α) Σταθερός, όταν οι μεταβολές του ηχητικού επιπέδου είναι κάτω από 3 dB(A), όπου το A είναι η συχνότητα στάθμισης για το τι θόρυβος περνάει στο ανθρώπινο αυτί.
- β) Κυματοειδής, όταν οι μεταβολές του ηχητικού επιπέδου είναι πάνω από 3 dB(A).
- γ) Μεταβλητός, όταν αποτελεί συνδυασμό των δύο προηγούμενων ειδών θορύβου.
- δ) Εκρηκτικός, όταν αποτελείται από ένα ή περισσότερα κύματα ηχητικής ενέργειας που χαρακτηρίζονται από μια ταχύτατη μεταβολή του επιπέδου της έντασης η οποία συμβαίνει σε λιγότερο από 1s.

Η ηχητική πίεση του θορύβου μετράται σε Pa. Το ανθρώπινο όργανο ακοής αντιλαμβάνεται ήχους από 20μPa (αντιστοιχεί σε 0 dB και ονομάζεται κατώφλι ακοής) μέχρι 100 Pa (αντιστοιχεί σε 140 dB και ονομάζεται στάθμη πόνου). Το εύρος που αντιλαμβάνεται είναι εξαιρετικά μεγάλο αφού ξεπερνά το  $10^6$ . Έτσι, για τη συντομία αριθμών και για να γίνεται πιο εύκολα καταληπτό το μέγεθος της έντασης του ήχου

SPL (Sound Pressure Level) η μονάδα μέτρησης που καθιερώθηκε, το dB, είναι σε λογαριθμική κλίμακα και ορίζεται ως εξής:

$$\text{SPL (dB)} = 10 \log_{10} (P/P_0)^2$$

Όπου:

$P_0$  = στάθμη ακουστικότητας ή κατώφλι ακοής (20  $\mu\text{Pa}$ )

$P$  = η μετρούμενη ηχοστάθμη σε Pa

Για κάθε αύξηση της ηχητικής έντασης κατά 3dB η ενέργεια που δέχεται το αυτί είναι διπλάσια. Για παράδειγμα, απαιτείται αύξηση της έντασης του θορύβου από τα 85dB στα 88 dB και όχι στα 170 dB για να διπλασιαστεί η ηχητική ενέργεια που δέχεται ο εργαζόμενος στον χώρο αυτό.

### **2.2.2 Επιπτώσεις του θορύβου στην υγεία του ανθρώπου**

Οι παθήσεις που προκαλούνται στον εργαζόμενο από την ύπαρξη του θορύβου είναι αρκετές και διακρίνονται στις ακουστικές και στις μη ακουστικές. Η πιο συνήθης ακουστική πάθηση είναι η θορυβογενής βαρηκοΐα. Η πάθηση αυτή θεωρείται από τον Π.Ο.Υ. ως η πιο διαδεδομένη επαγγελματική ασθένεια. Ο λόγος είναι ότι ο εργαζόμενος εκτίθεται σε υψηλά επίπεδα θορύβου για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η πάθηση αυτή μπορεί να επιφέρει στον εργαζόμενο τόσο προσωρινά όσο και μόνιμα προβλήματα στην ακοή του. Στην πρώτη περίπτωση παρατηρείται η ακουστική κόπωση που μπορεί να προκαλέσει σε μικρό ποσοστό προσωρινή κώφωση ή και ζάλη. Στη δεύτερη περίπτωση, που είναι και η πιο σοβαρή, έχουμε επαγγελματική βαρηκοΐα από χρόνιο ακουστικό τραύμα ή θορυβογενή βαρηκοΐα (Μουζουράκης, 2010).

Η επαγγελματική βαρηκοΐα προκαλείται από εκφυλιστικές και ατροφικές μεταβολές στο όργανο του Corti και το ακουστικό νεύρο. Έχει αργή και βαθμιαία ανάπτυξη, που οφείλεται στην ιδιόζουσα μορφή της μείωσης της ακουστικής οξύτητας στο φάσμα των υψηλών συχνοτήτων (3000-6000 Hz) με μια μικρή ακοομετρική πτώση στα 4000 Hz.

Τα τρία στάδια της επαγγελματικής βαρηκοΐας είναι τα εξής:

- Ακοομετρική περίοδος: η βαρηκοΐα ή καλύτερα η μειωμένη ακουστική ικανότητα γίνεται αντιληπτή μόνο με την ακοομετρική εξέταση.
- Περίοδος της εμφάνισης: ο εργαζόμενος αρχίζει να αντιλαμβάνεται μια μείωση της ακοής του και το τονικό ακοογράφημα εμφανίζει μια πτώση 35-40 dB που καλύπτει το φάσμα των 1000-4000 Hz.

- Περίοδος της αναπηρίας ή του μόνιμου ακουστικού τραύματος: το ακοογράφημα εμφανίζει μια πτώση άνω των 30 dB στο φάσμα των 500-1000 Hz και μια πτώση που ξεπερνά τα 70-80 dB στο φάσμα των 1000-4000 Hz. Οι επιπτώσεις αυτής της αναπηρίας δεν αφορούν μόνο την επαγγελματική ζωή, αλλά και την κοινωνική ζωή του εργαζόμενου, γιατί επηρεάζουν την ακουστική ιδιωτικότητα του ατόμου (ΕΛΙΝΥΑΕ, 2007).

Κατά τη μελέτη του θορύβου δεν πρέπει να εκτιμάται μόνο ο θόρυβος αλλά και γενικότερα στοιχεία που συνθέτουν την ηχορύπανση. Όλα τα μέσα τα οποία βοηθούν στον εντοπισμό πηγών θορύβου, επιπέδων έντασης, ανάλυσης του παραγωγικού κύκλου σε συνδυασμό με τη γνώση των ηχητικών χαρακτηριστικών του επαγγελματικού χώρου, αποτελούν απαραίτητες πληροφορίες για τη σωστή πρόληψη αλλά και τη σωστή αντιμετώπιση των κινδύνων από τα ψηλά επίπεδα θορύβου. Όσον αφορά την πρόληψη, χρήζει άμεση διάγνωση μέσω του επαγγελματικού ιστορικού αλλά και της ακοομετρικής εξέτασης που ολοκληρώνει τον ιατρικό κλινικό ωτολογικό έλεγχο.

Ακόμα είναι γνωστό ότι τα άτομα που είναι εκτεθειμένα στον θόρυβο παρουσιάζουν πολύ συχνά παθήσεις μη ακουστικές, όπως η υπέρταση, ταχυκαρδία, διαταραχές στην πέψη, διαταραχές στον ύπνο, πονοκεφάλους, σωματική κόπωση, αφού ο θόρυβος δρα στο κεντρικό νευρικό σύστημα προκαλώντας επιβράδυνση των αντανακλαστικών, αύξηση των λαθών, και αλλοιώσεις στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα.

### **2.2.3 Πρότυπα και μέθοδοι για τη μέτρηση του θορύβου**

Οι μετρήσεις του θορύβου στους χώρους εργασίας πραγματοποιούνται με τα όργανα τα οποία ονομάζονται ολοκληρωτικά ηχόμετρα, τα οποία πρέπει να ακολουθούν το πρότυπο «ΕΛΟΤ 1106» ή το «ISO R-1999». Τα όργανα αυτά με τη βοήθεια ηλεκτρονικών αισθητήρων και κυκλωμάτων, όπως παραδείγματος χάριν το σταθμικό κύκλωμα άλφα (Α), προσομοιώνουν την ευαισθησία της ανθρώπινης ακοής.

Το όργανο χρησιμοποιεί φασματικό αναλυτή που προσδιορίζει το ηχητικό φάσμα, αλλά και τη στάθμη της ηχητικής πίεσης σε διάφορες συχνότητες, ανάλογα με το ζωνικό εύρος που χρησιμοποιεί το όργανο (οκταβικό, τριοκταβικό, κ.λπ.). Το ηχοδοσίμετρο υπολογίζει την ηχητική ενέργεια που δέχεται ο εργαζόμενος στο ωράριο

της βάρδιάς του (8 ώρες), κάνοντας αναγωγή σε εκατοστιαία αναλογία της προκαθορισμένης επιτρεπτής Οριακής Τιμής για την οκτάωρη έκθεση (87 dB(A)).

Για τη μέτρηση του θορύβου ακολουθείται μια μεθοδολογική αρχή που διαμορφώνει έναν χάρτη θορύβου και προσδιορίζει:

- 1) Στιγμιαία A-σταθμισμένης ηχητικής πίεσης
- 2) Ημερήσιας ατομικής ηχοέκθεσης ενός εργαζομένου ( $L_{eq,d}$ )
- 3) Φάσμα συχνοτήτων.

Καταγράφοντας αυτές τις μετρήσεις μπορούν οι άμεσα εμπλεκόμενοι στις διαδικασίες μέτρησης του θορύβου να εντοπίσουν τις θορυβώδεις περιοχές, τις θορυβώδεις θέσεις εργασίας, τις πηγές θορύβου και τις μορφές διάδοσης του θορύβου.

## **2.2.4 Όρια βάσει κανονισμού για τον θόρυβο**

Σύμφωνα με το κεφάλαιο 4 μέρος Β άρθρο 21 του ΚΛΜΕ: Η οριακή τιμή έκθεσης, η ανώτερη τιμή έκθεσης για ανάληψη δράσης και η κατώτερη τιμή έκθεσης για ανάληψη δράσης, όσον αφορά τις ημερήσιες στάθμες έκθεσης σε θόρυβο και τις κορυφοτιμές της ηχητικής πίεσης, καθορίζονται από ειδικότερη δεσμευτική διάταξη και συγκεκριμένα το άρθρο 3 του ΠΔ 149/2006 (ΦΕΚ 139/Α) «Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (θόρυβος) σε εναρμόνιση με την οδηγία 2003/10/ΕΚ» (ΦΕΚ 159/Α/28-07-2006), όπως ισχύει.

Οι τιμές αυτές είναι:

α) οριακή τιμή έκθεσης:  $L_{EX,8h} = 87$  dB(A) και  $P_{peak} = 200$  Pa, αντιστοίχως,

β) ανώτερη τιμή έκθεσης για ανάληψη δράσης:  $L_{EX,8h} = 85$  dB(A) και

$P_{peak} = 140$  Pa, αντιστοίχως,

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

## **2.3 Μηχανικοί κραδασμοί - Δονήσεις**

### **2.3.1 Γενικά στοιχεία για τις δονήσεις**

Οι μηχανικοί κραδασμοί ή αλλιώς δονήσεις είναι οι μηχανικές ταλαντώσεις που μεταφέρονται μέσω των στερεών σωμάτων στον εργαζόμενο. Οι κραδασμοί οφείλονται στη λειτουργία των μηχανημάτων, των οχημάτων αλλά και κάθε είδους εξοπλισμού στην εργασία. Οι κραδασμοί προέρχονται από τις μη τέλει περιστροφικές και παλινδρομικές κινήσεις, άσκηση ανομοιομόρφων δυνάμεων και γενικά σε κατασκευαστικές ατέλειες. Παρόλο που με τα χρόνια υπάρχει συνεχής βελτίωση του εξοπλισμού της εργασίας, η πλήρης εξάλειψη των κραδασμών είναι ακατόρθωτη. Τα μεγέθη τα οποία χαρακτηρίζουν τις δονήσεις μέσω των στερεών σωμάτων είναι: η περίοδος (T), η συχνότητα (Hz), το πλάτος (cm), η ταχύτητα (cm/s) και η επιτάχυνση ( $m/s^2$ ).

Η παρατεταμένη και πολύωρη χρήση των μηχανημάτων που παράγουν κραδασμούς-δονήσεις με άμεση ή έμμεση μετάδοση στον εργαζόμενο, μπορούν να δημιουργήσουν πολλά και σημαντικά προβλήματα υγείας. Τα προβλήματα αυτά εξαρτώνται κυρίως από την ένταση, τη συχνότητα, τη διάρκεια στην οποία εκτίθεται ο εργαζόμενος αλλά και την ευαισθησία που έχει ο καθένας. Πολύ σημαντικός παράγοντας είναι η διαφορετική συχνότητα όπου συντονίζονται διάφορα μέρη του ανθρώπινου σώματος. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα ασχοληθούμε με τον έλεγχο των τιμών που ελήφθησαν σε διάφορα μέρη του λατομικού χώρου αλλά και τα κατάλληλα μέτρα τα οποία μπορούν να ληφθούν σε περίπτωση που μπορεί να έχουμε υπέρβαση των ορίων. Οι κατηγορίες των κραδασμών είναι δύο:

- a) Οι κραδασμοί που επιδρούν σε ολόκληρο το σώμα (Whole Body Vibrations ή WBV)
- b) Οι κραδασμοί που επιδρούν στον άξονα χειρός-βραχίονα (πηχεοκαρπικός άξονας) και αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία ως Hand-Arm Vibrations ή HAV.

### **2.3.2 Επίδραση των δονήσεων στον εργαζόμενο**

Ο τρόπος με τον οποίο επιδρούν οι δονήσεις στον άνθρωπο είναι συνάρτηση πολλών μεταβλητών. Για να γίνει πληρέστερη η εκτίμηση των αποτελεσμάτων των

δονήσεων/κραδασμών στον άνθρωπο πρέπει να εξεταστούν οι τρόποι μεταφοράς σε αυτόν αλλά και το πως αντιδράει ο ανθρώπινος οργανισμός.

Όπως προαναφέρθηκε, η μεταφορά των δονήσεων στον εργαζόμενο γίνεται μέσω του άξονα χειρός-βραχίονα (HAV) όταν γίνεται χρήση κρουστικών ή περιστρεφόμενων εργαλείων (π.χ. διατρητικό, σφύρα) αλλά και ολόκληρου του άξονα του σώματος (WBV) όταν βρίσκεται σε μέσο το οποίο κινείται (π.χ. χωματουργικό, σφύρα). Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το σώμα του ανθρώπου αντιδρά σε συχνότητες είτε υψηλές είτε χαμηλές, σε διαφορετικό βαθμό όμως. Στις δονήσεις χαμηλών συχνοτήτων (1-2 Hz) το σώμα αντιδρά σαν ομοιογενής μάζα σε αντίθεση με τις υψηλές συχνότητες (20 Hz) που αντιδρά σαν σύνθετο σύστημα αποτελούμενο από διαφορετικά μέρη.

Οι δονήσεις επηρεάζουν την υγεία του ατόμου αφού μπορεί να προκαλέσουν ναυτία, υπέρταση, ταχυπαλμία, δύσπνοια, σοβαρές βλάβες στον σκελετό, κυρίως στη σπονδυλική στήλη και γενικότερα δυσφορία. Οι δονήσεις των 10-50 Hz καταπονούν κυρίως οστά και αρθρώσεις της σπονδυλικής στήλης και των άκρων, δημιουργώντας εκφύλιση του σκελετού από μικροτραυματισμούς των οστών. Οι δονήσεις σε συχνότητες άνω των 50 Hz που προκαλούνται από κρουστικά και περιστροφικά μηχανήματα προκαλούν αρκετές νευροαγγειακές εκδηλώσεις. Χαρακτηριστικό είναι το φαινόμενο Raynaud ή σύμπτωμα του λευκού δακτύλου. Εκτός όμως από τη σωματική υγεία, σημαντικό ρόλο λαμβάνει και η ψυχολογική υγεία του ατόμου αφού επηρεάζεται η ψυχική ευεξία, μειώνοντας τα αντανεκλαστικά του εργαζόμενου σε εξωτερικούς παράγοντες και κατά συνέπεια αυξάνοντας τις πιθανότητες ατυχήματος (Γαλετάκης, 2019).

### **2.3.3 Όρια επιταχύνσεων για τις δονήσεις με βάση τον ΚΜΛΕ**

Βάσει του Κανονισμού Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΚΜΛΕ) έχουν τεθεί όρια τα οποία δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν οι εργαζόμενοι στην εργασία τους. Για κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα άξονα χειρός-βραχίονα (πηχεοκαρπικός άξονας) καθώς και για κραδασμούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα, οι ημερήσιες οριακές τιμές έκθεσης (επιταχύνσεις που επιβάλλουν οι δονήσεις) και οι τιμές έκθεσης για την ανάληψη δράσης, καθορίζονται στο Π.Δ 176/2005: «Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (κραδασμοί), σε συμμόρφωση με την οδηγία 2002/44/ΕΚ (ΦΕΚ 227/Α/14-09-2005)». Οι τιμές αυτές είναι:

**Για κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα άκρας χειρός-βραχίονα:**

α) η ημερήσια οριακή τιμή έκθεσης, η οποία ανάγεται σε περίοδο αναφοράς 8 ωρών, καθορίζεται σε  $5 \text{ m/s}^2$ .

β) η ημερήσια τιμή έκθεσης για την ανάληψη δράσης, η οποία ανάγεται σε περίοδο αναφοράς 8 ωρών, καθορίζεται σε  $2,5 \text{ m/s}^2$ .

**Για κραδασμούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα:**

α) η ημερήσια οριακή τιμή έκθεσης, η οποία ανάγεται σε περίοδο αναφοράς 8 ωρών, καθορίζεται σε  $1,15 \text{ m/s}^2$ .

β) η ημερήσια τιμή έκθεσης για την ανάληψη δράσης, η οποία ανάγεται σε περίοδο αναφοράς 8 ωρών, καθορίζεται σε  $0,5 \text{ m/s}^2$ .

## Κεφάλαιο 3

### Περιγραφή λατομικού χώρου και μεθοδολογία των μετρήσεων

Το Λατομείο Χορδακίου (ΛΑΧΟΡ) είναι μια μικτή επιχείρηση στην οποία μετέχουν οι εταιρείες ΦΙΝΟΜΠΕΤΟΝ Α.Ε., ΤΟΜΕΣ Α.Ε. και η πρώην κοινότητα Χορδακίου που μετέπειτα εντάχθηκε στον δήμο Ακρωτηρίου και στη συνέχεια σήμερα στον δήμο Χανίων. Ο λατομικός χώρος όπου και ελήφθησαν οι μετρήσεις βρίσκεται στη θέση Καψαλάκια Ακρωτηρίου εντός της ομώνυμης λατομικής περιοχής και περίπου 2km από το παλιό λατομείο. Το κυρίως λατομείο εγκαταστάθηκε περίπου στο κέντρο της λατομικής περιοχής σε 4 επίπεδα, με υψόμετρα 260-265-274-285 m αντίστοιχα. Άποψη του λατομικού χώρου, όπου φαίνονται τα μέτωπα παραγωγής, δίνεται στην Εικόνα 3.1.



*Εικόνα 3.1 Λατομείο Χορδακίου (βορειοανατολική πλευρά).*

Για να πραγματοποιηθεί η πρόσβαση στον σημερινό χώρο του λατομείου (ανατολικά του παλαιού λατομείου) χρειάστηκε να εξορυχθούν 1.500.000 τόνοι βράχου για τη δημιουργία δρόμου προσπέλασης, εσωτερικής οδοποιίας, διαμόρφωσης του χώρου αλλά και εγκατάστασης μηχανημάτων. Το λατομείο με τις τεχνικές δυνατότητες που

διαθέτει, παρέχει ένα μεγάλο κοκκομετρικό εύρος αδρανών υλικών που ανταποκρίνεται πλήρως στις ζητούμενες προδιαγραφές των οικοδομικών έργων, όπως σκυροδέματα, κονιάματα, οδοστρώσεις-ασφαλτικά. Οι δυνατότητες παραγωγής του λατομείου ικανοποιούν πλήρως τις απαιτήσεις του Νέου Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος 1997 και των Π.Τ.Π. 0-150, 0-155 (υποβάσεις, βάσεις) και Π.Τ.Π. Α-265 (ασφαλτικό σκυρόδεμα).

Η αποκατάσταση του λατομικού χώρου προβλέπει την δενδροφύτευση των βαθμίδων (Εικόνα 3.2) μετά το πέρας της εκμετάλλευσης. Το απαιτούμενο νερό άρδευσης για τις ανάγκες των φυτεμένων δέντρων προέρχεται από γεωτρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί.



*Εικόνα 3.2 Δενδροφύτευση σε βαθμίδα του λατομείου*

Το λατομείο Χορδακίου απασχολεί σε μόνιμη βάση 22 εργαζόμενους. Η παραγωγική λειτουργία του λατομείου γίνεται από Δευτέρα έως Παρασκευή, ενώ το Σάββατο γίνονται επισκευές και συντηρήσεις στον κινητό και στον σταθερό εξοπλισμό.

Η παραγωγή του λατομείου καθορίζεται ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες της αγοράς, δηλαδή με τη ζήτηση που υπάρχει για το κάθε υλικό. Στις σημερινές συνθήκες η παραγωγή κυμαίνεται περίπου στους 3.000 t/day ή 66.000 t/month.

### **3.1 Περιγραφή των θέσεων που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις**

#### **3.1.1 Γραφεία**

Οι πρώτες μετρήσεις που ελήφθησαν στον λατομικό χώρο έγιναν στα γραφεία της εταιρίας ΛΑΧΟΡ Α.Ε. όπου στεγάζεται το λογιστήριο και το γραφείο του επιβλέποντος μηχανικού. Σε αυτήν την τοποθεσία ελήφθησαν οι μετρήσεις για τη σκόνη (με και χωρίς την χρήση του κυκλώνα, ο οποίος θα αναλυθεί στο υποκεφάλαιο 3.2) αλλά και για τον θόρυβο που δέχονται οι εργαζόμενοι στον χώρο αυτό.

#### **3.1.2 Συνεργείο μηχανημάτων - οχημάτων**

Είναι ο χώρος επισκευής των οχημάτων του λατομείου. Στον χώρο αυτόν έγιναν μετρήσεις για τη σκόνη και τον θόρυβο που δέχονται οι εργαζόμενοι κατά την επισκευή των οχημάτων. Κατά την επισκευή των οχημάτων αλλά και των μηχανημάτων σκόνη η οποία έχει επικαθήσει σε αυτά απελευθερώνεται και ο εργαζόμενος εκτίθεται σε αυτή. Επίσης κατά τη λειτουργία των μηχανημάτων οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε δονήσεις και θόρυβο.

#### **3.1.3 Μέτωπο παραγωγής**

Οι μετρήσεις που ελήφθησαν πραγματοποιήθηκαν κυρίως στον χώρο όπου λειτουργεί ο κινητός εξοπλισμός, όπως η υδραυλική σφύρα, το διατρητικό φορείο και τα χωματουργικά αυτοκίνητα τα οποία μεταφέρουν το θρυμματισμένο υλικό στον θραυστήρα για δευτερογενή θραύση. Οι μετρήσεις έγιναν κατά τη λειτουργία του διατρητικού Tamrock CHA 1100, το οποίο λειτουργεί με τη μηχανή της Caterpillar 3306 TA. Τα διατρητικά στελέχη που έχει το μηχάνημα είναι επτά συνολικά των 3660 mm φτάνοντας έτσι σε συνολικό βάθος διάτρησης τα 25,6 m. Το διατρητικό αυτό επίσης έχει την δυνατότητα να κατακρατήσει τις σκόνες που βγαίνουν στην επιφάνεια

κατά τη διάτρηση (έως και το 95%) και να τις μεταφέρει στο πίσω μέρος του οχήματος με την χρήση σωλήνα όπου και τις συγκεντρώνει. Οι μετρήσεις και για τους τρεις βλαπτικούς παράγοντες έγιναν με τον χειριστή μέσα στην καμπίνα και με κλειστή την πόρτα. Το μηχάνημα έχει επίσης ειδικά διαμορφωμένο χειριστήριο και κάθισμα για τον χειριστή έτσι ώστε να απορροφά κραδασμούς αλλά και να απομονώνει το θόρυβο τόσο από τη μηχανή όσο και από τα διατρητικά στελέχη.



*Εικόνα 3.3 Διατρητικό μηχάνημα Tamrock CHA 1100.*



*Εικόνα 3.4 Διαδικασία διάτρησης με Tamrock CHA 1100.*

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η γόμωση και έπειτα η έκρηξη. Μετά το πέρας της έκρηξης το πέτρωμα φορτώνεται με τη χρήση ελαστικοφόρου φορτωτή στα χωματουργικά (Dumper) τα οποία το μεταφέρουν στον χώρο θραύσης και λειοτρίβησης. Σε περίπτωση που κατά την έκρηξη υπάρξει πέτρωμα το οποίο μπορεί να μην σπάσει σε μικρότερα κομμάτια, το λατομείο διαθέτει και σφύρα η οποία το κατακερματίζει σε μικρότερα κομμάτια. Όπως και το διατρητικό μηχάνημα, έτσι και οι τσάπες, οι σφύρες και τα χωματουργικά διαθέτουν ειδικά καθίσματα για την απορρόφηση των κραδασμών που θα δεχτεί το σώμα του ανθρώπου, αλλά και κατάλληλα διαμορφωμένη καμπίνα έτσι ώστε να αποσβένει τον θόρυβο αλλά και τη σκόνη.

### **3.1.2 Θάλαμος ελέγχου του συγκροτήματος θραύσης-λειοτρίβησης**

Το εξορυγμένο υλικό μεταφέρεται με τη χρήση των χωματουργικών στον θραυστήρα, ώστε να γίνει επιμέρους θραύση του. Οι θραυστήρες που χρησιμοποιεί η εταιρία είναι κρούσης τύπου NORDPACTOR NP της εταιρίας NORDBERG.

Η «τροφή» όπως αποκαλείται το υλικό που εισέρχεται στον θραυστήρα, εισέρχεται μέσω ενός ανοίγματος που υπάρχει στην τροφοδοσία και αποβάλλεται από το πίσω

άκρο του θραυστήρα (Εικόνα 3.5). Ο τροχός περιστροφής του θραυστήρα (R) λειτουργεί μέσω ηλεκτρικού μοτέρ (M) ή μέσω πετρελαιοκίνητης μηχανής με τη βοήθεια τροχαλιών ιμάντων κίνησης (B). Το υλικό σπάζεται από τα σφυριά (H) και τις λεπίδες σύνθλιψης (BP1, BP2) και τα πλευρικά στρώματα του θραυστήρα (SL). Το σύστημα ελατηρίου τεντώματος (TSS) αποσύρει τη δεύτερη λεπίδα σύνθλιψης (BP2) σε περίπτωση που υπάρξει υπερφόρτωση του υλικού ή υλικού που δεν μπορεί να σπάσει (εικόνα 3.6). Μόλις γίνει ο καθαρισμός του θραυστήρα από το υλικό η λεπίδα σύνθλιψης επιστρέφει αυτόματα στην αρχική της θέση.

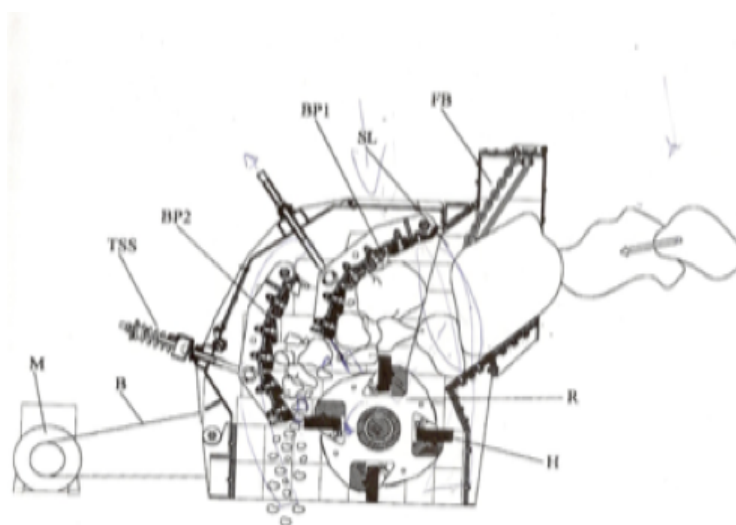


*Εικόνα 3.5 Ο θραυστήρας από την εξωτερική πλευρά.*

Το προϊόν που βγάζει ο θραυστήρας μετράται σε μετρικούς τόνους ανά ώρα (MTPH) ή σε βραχείς τόνους ανά ώρα (STPH). Σε γενικές γραμμές, το μέγιστο μέγεθος τροφής αγγίζει περίπου το 80% του ανοίγματος τροφοδοσίας, αν και αυτό εξαρτάται πολλές φορές από τον τύπο του εξορυσσόμενου πετρώματος που θα θραυστεί.

Όπως προαναφέρθηκε, την περιστροφική κίνηση του θραυστήρα την δίνει ένα ηλεκτρικό ή πετρελαιοκίνητο μοτέρ. Τα λατομεία Χορδακίου χρησιμοποιούν έναν ηλεκτροκινητήρα ο οποίος αποδίδει 37 kW στις 1500 rpm (στροφές ανά λεπτό). Στο υβριδικό σύστημα ισχύος, εκτός από τον ηλεκτροκινητήρα υπάρχουν και αντίστοιχες αντλίες, όπως και διανομέας έτσι ώστε η κινητική ενέργεια που δέχεται από τον ηλεκτροκινητήρα να καταλήξει στα κοπτικά άκρα. Επίσης, σημαντική για τέτοιου είδους μηχανήματα είναι η ψύξη της μονάδας. Για την ψύξη υπάρχει μια δεξαμενή με

ψυκτικό υγρό αλλά χρησιμοποιείται και ο αέρας του περιβάλλοντος για ακόμα καλύτερα αποτελέσματα. Όλες οι ενδείξεις που αφορούν τη μονάδα ισχύος μπορούν να ελεγχτούν από τον υπεύθυνο στον πύργο ελέγχου. Ο εργαζόμενος στον πύργο ελέγχου έχει ειδικό κάθισμα το οποίο τον βοηθά να μην δέχεται τις δονήσεις από τον θραυστήρα αλλά μέσω του παραθύρου θα επιβλέπει τι γίνεται σε αυτόν. Στον χώρο υπάρχει air-condition έτσι ώστε να μην χρειάζεται να έχει την πόρτα ανοιχτή και να δέχεται τη σκόνη και τον θόρυβο.



*Εικόνα 3.6 Ο θραυστήρας NORDPACTOR NP.*

Αμέσως μετά τη θραύση στον θραυστήρα και αφού το υλικό έχει σπάσει σε ακόμη μικρότερα κομμάτια, περνά από κόσκινα διαφόρων μεγεθών έτσι ώστε να διαχωριστεί σε κλάσματα. Η μεταφορά του υλικού γίνεται μέσω ταινιών απ' όπου ρίχνεται στο πρώτο κόσκινο, το οποίο μέσω δόνησης και των σιτών που έχει μέσα επιτρέπει ή εμποδίζει το υλικό να περάσει. Το μέγεθος των οπών των κοσκίων είναι καθορισμένο ανάλογα με τις απαιτήσεις που υπάρχουν. Το υλικό το οποίο δεν περνάει από το κόσκινο, ανακυκλώνεται μέσω ταινίας και ξαναπερνά ή κατευθύνεται σε σιλό προς διανομή. Τα δονητικά κόσκινα που χρησιμοποιούνται βοηθούν σε αρκετά μεγάλο βαθμό το υλικό να διαχωριστεί σε ακόμη μικρότερα κομμάτια. Ένα μέρος από τη διαδικασία της θραύσης - λειοτριβήσης παρουσιάζεται στην εικόνα 3.7, όπου παρατηρούνται δύο από τα κόσκινα και ο ταινιόδρομος που μεταφέρει το υλικό.



*Εικόνα 3.7 Κόσκινα και ταινιόδρομοι.*

Τα Λατομεία Χορδακίου χρησιμοποιούν τρία διαφορετικά κόσκινα, επίσης της εταιρίας NORDBERG, τα οποία είναι το ELLIVAR 13-16-20, το CVB 20-60 και το CVB 15-40. Και τα τρία κόσκινα αποτελούνται από τις βάσεις τους που τα κρατάνε σταθερά στο έδαφος, τους απορροφητές κραδασμών που απορροφούν τους κραδασμούς που προκαλούνται από το μηχάνημα (είναι ελαστικά παρεμβύσματα), τα ελατήρια τα οποία μεταδίδουν την κίνηση, τον ιμάντα που παράγει την κίνηση μέσω ηλεκτροκινητήρα. Μεταξύ των δύο τύπου κοσκίων (ellivar και cvb) υπάρχουν κάποιες διαφορές τόσο στον σχεδιασμό όσο και στον τρόπο λειτουργίας τους. Η μεταφορά του από το ένα κόσκινο στο άλλο γίνεται με τη χρήση ταινιοδρόμων, οι οποίοι ρυθμίζονται ηλεκτρονικά πλήρως από τον υπεύθυνο στον πύργο ελέγχου. Ακόμα, λόγω καθημερινής χρήσης των μηχανήματων αυτών ενδέχεται αρκετές φορές να υπάρξει κάποια βλάβη ή φραγή λόγω υπερβολικής σκόνης, τόσο στον μηχανισμό κίνησης όσο και στα ίδια τα κόσκινα. Για την επίλυση των προβλημάτων αυτών σπεύδουν άτομα από το συνεργείο του λατομείου σε συνεννόηση με τον υπεύθυνο στον πύργο ελέγχου. Τα άτομα αυτά χρησιμοποιούν ειδικές μάσκες αλλά και προστατευτικά γυαλιά για να περιορίσουν την εισπνοή της σκόνης που υπάρχει στα κόσκινα αλλά και στους ταινιοδρόμους. Κατά την επισκευή κάποιου τμήματος των κοσκίων-ταινιοδρόμων ο

υπεύθυνος του πύργου ελέγχου απενεργοποιεί όλα τα μηχανήματα για να μην υπάρξει κάποιο δυστύχημα.

### **3.1.4 Χώροι απόθεσης υλικού**

Μετά το πέρας της λειοτρίβησης το παραγόμενο υλικό αφού που δεν θα φορτωθεί σε φορτηγά οχήματα για να παραδοθεί σε πελάτες, τοποθετείται στον χώρο του λατομείου ο οποίος θεωρείται ως «αποθήκη» για τυχόν μελλοντική ζήτηση. Από τους χώρους αυτούς, με τη χρήση φορτωτών, γίνεται στη συνέχεια φόρτωση του υλικού για παράδοση τόσο σε εταιρίες, όσο και σε ιδιώτες. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων των βλαπτικών παραγόντων στον χώρο αυτό έγιναν μετρήσεις κατά τη λειτουργία της φόρτωσης. Ο εργαζόμενος βρισκόταν μέσα στην καμπίνα του φορτωτή με κλειστή την πόρτα.



*Εικόνα 3.8 Χώρος απόθεσης του υλικού.*

### **3.1.5 Χώρος διέλευσης οχημάτων**

Η διέλευση των οχημάτων τόσο του λατομείου όσο και των φορτηγών οχημάτων που έρχονται για την παραλαβή υλικού γίνεται από την κεντρική είσοδο του λατομείου. Στον υπόλοιπο λατομικό χώρο έχουν ανοιχτεί δίοδοι για την καλύτερη μετακίνηση του

προσωπικού αλλά και τη γρηγορότερη κίνηση των μηχανημάτων. Τέλος, κατά την έξοδό τους τα χωματουργικά οχήματα ζυγίζονται σε ζυγαριά η οποία βρίσκεται στην πύλη από τη μεριά της εξόδου έτσι ώστε να γίνει η σωστή κοστολόγηση του υλικού. Στον χώρο αυτόν έγιναν μετρήσεις για τον βλαπτικούς παράγοντες της σκόνης και του θορύβου που δέχεται ο εργαζόμενος. Οι μετρήσεις έγιναν μέσα στον χώρο με ανοιχτό το παράθυρο.



*Εικόνα 3.9 Χώρος διέλευσης και ζύγισης των οχημάτων που μεταφέρουν τα αδρανή υλικά του λατομείου.*

### **3.2 Όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τη λήψη των μετρήσεων**

Για τις μετρήσεις της σκόνης χρησιμοποιήθηκε η συσκευή TSI 8520 DustTrak Airborne Particle Monitor (Εικόνα 3.10). Η αρχή λειτουργίας του οργάνου βασίζεται στη σκέδαση του φωτός και γίνεται προσδιορισμός της συγκέντρωσης των σωματιδίων ανά κοκκομετρικό κλάσμα σκόνης. Για να έχουμε μια πιο αντιπροσωπευτική μέτρηση της σκόνης στο οκτάωρο χρειάστηκε να γίνει καταγραφή τριών κύκλων σε όλες τις θέσεις καταγραφής του λατομείου (γραφείο, συνεργείο, φορτωτής πλατείας, πύλη, πύργος ελέγχου, χωματουργικό, διατρητικό, σφύρα). Επίσης, στον κάθε κύκλο έγινε

λήψη μετρήσεων με και χωρίς κυκλώνα, ο οποίος διαχωρίζει το αναπνεύσιμο κλάσμα της σκόνης (PM4.0).

Και στα τρία στάδια των μετρήσεων έγινε καταγραφή μέσω του οργάνου της μέγιστης τιμής, της ελάχιστης τιμής, αλλά και του μέσου όρου συγκέντρωσης σκόνης σε  $\text{mg}/\text{m}^3$  σε κάθε θέση εργασίας. Η μέτρηση ξεκίνησε πατώντας το πλήκτρο sample όπου για περίοδο 10 λεπτών λάμβανε τη συγκέντρωση της σκόνης, και με την πάροδο των 10 λεπτών ξαναπατώντας το sample σταματούσε η μέτρηση. Επίσης, με τη χρήση του πλήκτρου statistics υπάρχει η δυνατότητα να εμφανιστεί η τελευταία καταγραφή του μέγιστου, ελάχιστου και μέσου όρου ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).



*Εικόνα 3.10 Η συσκευή TSI 8520 DustTrak.*

Για τις μετρήσεις των δονήσεων χρησιμοποιήθηκε το όργανο SVANTEK 106 (Εικόνα 3.11) το οποίο κατέγραψε τις επιταχύνσεις τις οποίες δέχεται ο εργαζόμενος σε ολόκληρο το σώμα (Whole Body Vibration/WBV) και τις επιταχύνσεις που δέχεται μέσω του πηγεοκαρπικού άξονα (Hand Arm Vibration/HAV). Οι μετρήσεις αυτές λαμβάνονται μέσω έξι καναλιών από τα οποία τα 1-3 χρησιμοποιούνται για την καταγραφή των επιταχύνσεων που δέχεται το σώμα (WBV) ενώ τα κανάλια 4-6 για την καταγραφή των επιταχύνσεων που μεταφέρονται στον εργαζόμενο μέσω του πηγεοκαρπικού άξονα (HAV). Τα αποτελέσματα συλλέγονται μέσω USB στον υπολογιστή προκειμένου να γίνει η επεξεργασία τους.

Το όργανο έχει τη δυνατότητα να μετρήσει α) την κορυφοτιμή (Peak ή P), β) τη μέση τετραγωνική τιμή (RMS), γ) τη δόση κραδασμού (VDV) και την τρέχουσα έκθεση, δ) τη μέγιστη (Max RMS), ε) την Ισοδύναμη έκθεση (AEQ), στ) τον συνολικό χρόνο

εργασίας για να μην υπερβεί η οριακή τιμή για την ημερήσια έκθεση, ζ) τον χρόνο εργασίας που απομένει για να μην υπερβεί η οριακή τιμή για την ημερήσια έκθεση, η) τον συνολικό χρόνο εργασίας για να μην υπερβεί η τιμή ανάληψης δράσης για την ημερήσια έκθεση και θ) τέλος τον χρόνο εργασίας που απομένει για να μην υπερβεί την τιμή ανάληψης δράσης για την ημερήσια έκθεση.



*Εικόνα 3.11 Η συσκευή SVANTEK 106 (καταγραφικό και αισθητήρες) για τη μέτρηση των μηχανικών κραδασμών που δέχεται ο εργαζόμενος.*

Για τη μέτρηση του θορύβου χρησιμοποιήθηκε το όργανο SVANTEK 971 (Εικόνα 3.12) που είναι ένα ηχόμετρο σχεδιασμένο για χρήση σε βιομηχανικό περιβάλλον. Έχει τη δυνατότητα μέτρησης, υπολογισμού και αποθήκευσης μιας σειράς παραμέτρων που σχετίζονται με τον εργασιακό θόρυβο. Οι επιλογές που διαθέτει για τη στάθμιση της συχνότητας είναι η A, B, C, Z και χαμηλή συχνότητα (Low Frequency, LF). Για τη μέτρηση του εργασιακού θορύβου χρησιμοποιούνται οι σταθμίσεις A και C. Η A στάθμιση χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να δούμε τι θόρυβος φτάνει στο ανθρώπινο αυτί. Η C στάθμιση είναι χρήσιμη για την καταγραφή των ηχητικών εκπομπών των μηχανημάτων, καθώς και για τη μέτρηση της κορυφοτιμής της ηχητικής πίεσης. Οι άλλες σταθμίσεις χρησιμοποιούνται για τον περιβαλλοντικό θόρυβο και για άλλες ειδικές περιπτώσεις.



*Εικόνα 3.12 Ηχόμετρο SVANTEK 971.*

## **Κεφάλαιο 4**

### **Επεξεργασία μετρήσεων και παρουσίαση αποτελεσμάτων**

#### **4.1 Επεξεργασία μετρήσεων σκόνης**

Για τη συγκέντρωση της σκόνης χρησιμοποιήθηκε το όργανο TSI 8520 DustTrak το οποίο μας δίνει απευθείας τη συγκέντρωση σε  $\text{mg/m}^3$ . Για το χρονικό διάστημα της μέτρησης, το όργανο δίνει την ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, τη μέγιστη τιμή, καθώς και τον μέσο όρο της συγκέντρωσης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους πίνακες 4.1 έως 4.7.

#### **4.2 Επεξεργασία μετρήσεων θορύβου**

Για τη μέτρηση της έντασης του θορύβου χρησιμοποιήθηκε το όργανο και SVANTEK 971, τα οποία μετράνε τον σταθμισμένο θόρυβο και τον θόρυβο σε οκτάβες με κλίμακα 1/1 δίνοντας απευθείας την ισοδύναμη ηχοστάθμη ( $L_{eq}$ ), την κορυφοτιμή της ηχητικής πίεσης ( $P_{max}$ ) αλλά και ο υπολογισμός της δόσης  $D$  (%) που δέχεται ο εργαζόμενος. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 4.8.

Για όλες τις μετρήσεις που ελήφθησαν, χρειάστηκε να γίνουν ορισμένες μετατροπές μέσω τύπων έτσι ώστε να μπορεί να γίνει αντιληπτό τι τιμές δέχονται οι εργαζόμενοι στο οκτάωρο αφού δεν γινόταν να γίνουν μετρήσεις οκταώρου.

#### **4.3 Επεξεργασία μετρήσεων δονήσεων**

Με το όργανο SVANTEK 106 καταγράφονται ανά δευτερόλεπτο οι επιταχύνσεις σε τρεις άξονες, είτε πρόκειται για μετρήσεις κραδασμών μεταδιδόμενων μέσω του πηγεοκαρπικού άξονα (HAV) είτε πρόκειται για μετρήσεις κραδασμών μεταδιδόμενων μέσω ολόκληρου του σώματος (WBV). Επομένως οι μετρήσεις θα πρέπει να επεξεργαστούν ώστε να υπολογιστούν οι ισοδύναμες επιταχύνσεις οκταώρου.

Η επεξεργασία των μετρήσεων για τον υπολογισμό της ημερήσιας έκθεσης σε κραδασμούς μεταδιδόμενους μέσω του πηγεοκαρπικού άξονα (HAV) γίνεται χρησιμοποιώντας τις σχέσεις 4.1 έως 4.3:

A) Αρχικά γίνεται υπολογισμός της συνολικής στιγμιαίας επιτάχυνσης  $\alpha_{hav,i}$  μέσω των επιμέρους συνιστωσών στους τρεις άξονες χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο:

$$\alpha_{hav,i} = \sqrt{a_{x,i}^2 + a_{y,i}^2 + a_{z,i}^2} \quad (4.1)$$

B) Στη συνέχεια υπολογίζεται η συνολική ή μέση τετραγωνική τιμή (RMS)  $\alpha_{hav}$ , συνολική RMS για τις μετρήσεις  $n$  που πραγματοποιήθηκαν με τον τύπο:

$$\alpha_{hav} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_{hav,i}^2} \quad (4.2)$$

Γ) Τέλος υπολογίζεται η ισοδύναμη τιμή του οκτάωρου  $A(8)$  όπου  $T$  ο χρόνος εργασίας και  $T_0$  ο συνολικός χρόνος εργασίας οκτάωρο:

$$A(8) = \alpha_{hav} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (4.3)$$

Η επεξεργασία των μετρήσεων για τον υπολογισμό της ημερήσιας έκθεσης σε κραδασμούς μεταδιδόμενους μέσω ολόκληρου του σώματος (Whole Body Vibrations ή WBV) γίνεται χρησιμοποιώντας τις σχέσεις 4.4 έως 4.7:

A) Αρχικά υπολογίζεται η δρώσα επιτάχυνση  $\alpha_{WBV,i}$  για κάθε χρονική στιγμή και από τις τρεις συνιστώσες  $a_{x,i}$ ,  $a_{y,i}$ ,  $a_{z,i}$  σύμφωνα με τη σχέση 4.4:

$$\alpha_{WBV,i} = \max\{1.4\alpha_{xi}, 1.4\alpha_{yi}, \alpha_{zi}\} \quad (4.4)$$

B) Υπολογίζεται η συνολική RMS για τις  $n$  μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν και βρίσκουμε τρεις συνιστώσες  $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$  με τον τύπο 4.5:

$$\alpha_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{x,i}^2} \quad (4.5)$$

Γ) Υπολογίζεται η συνολική δρώσα RMS  $\alpha_{WBV}$  για τις  $n$  μετρήσεις με τον τύπο 4.6:

$$\alpha_{WBV} = \max[1.4\alpha_x, 1.4\alpha_y, \alpha_z] \quad (4.6)$$

Δ) Τέλος υπολογίζεται η ισοδύναμη τιμή του οκταώρου  $A(8)$ , όπου  $T$  ο χρόνος εργασίας και  $T_0$  ο συνολικός χρόνος εργασίας βάση του τύπου (4.7):

$$A(8) = \alpha_{WBV} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (4.7)$$

Τα αποτελέσματα μετά την επεξεργασία των μετρήσεων με τις παραπάνω σχέσεις φαίνονται στους πίνακες 4.8 έως 4.12.

## 4.4 Παρουσίαση αποτελεσμάτων – Σύγκριση με νομοθεσία

### 4.4.1 Αποτελέσματα μετρήσεων σκόνης και σχολιασμός

Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης της σκόνης σε  $\text{mg}/\text{m}^3$  ελήφθησαν μέσω της συσκευής TSI 8520 DustTrak, όπου πραγματοποιήθηκαν κυκλικά τρεις φορές μέσα στο οκτάωρο για αντιπροσωπευτικότερα αποτελέσματα. Στο πλαίσιο αυτής την διπλωματικής εργασίας μετρήθηκε το ποσό σκόνης που δέχεται ο εργαζόμενος, της οποίας η διάμετρος είναι μικρότερη ή ίση με  $10\mu\text{m}$  (PM10). Οι οριακές τιμές (μέση χρονικά σταθμισμένη τιμή 8ωρου) για σκόνη αδρανή, ή απλώς ενοχλητική η «οριακή τιμή έκθεσης» είναι: για το αναπνεύσιμο κλάσμα αιωρούμενων σωματιδίων  $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ , για το εισπνεύσιμο κλάσμα αιωρούμενων σωματιδίων  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.1) παρατηρούμε τις θέσεις και τις μετρήσεις που λήφθηκαν και ότι σε όλες τις θέσεις οι μέσες τιμές μέτρησης είναι εντός των ορίων. Στην 1<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> μέτρηση στο χωματουργικό οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται αυξημένες.

Υπολογίστηκε επίσης και ο βαθμός επιβάρυνσης (severity) λόγω της σκόνης για τους εργαζόμενους του λατομείου. Ως βαθμός επιβάρυνσης ορίζεται ο λόγος της μέσης τιμής της συγκέντρωσης της σκόνης στην οποία εκτίθεται ο εργαζόμενος προς τη οριακή τιμή ( $5 \text{ mg}/\text{m}^3$  για τα PM10). Για παράδειγμα ο βαθμός επιβάρυνσης λόγω της σκόνης για τους εργαζόμενους στα γραφεία είναι:

- Βαθμός επιβάρυνσης  $= \frac{0.34}{5} = 0,068$  (4.8)

Πίνακας 4.1 Μετρήσεις σκόνης.

Θέση μετρήσεων	Ειδικότητα	PM 10 (mg/m³)													
		1 <sup>η</sup> μέτρηση			2 <sup>η</sup> μέτρηση			3 <sup>η</sup> μέτρηση			Μέση ημερήσια			Βαθμός επιβάρυνσης (Severity ratio) σύμφωνα με το όριο του ΚΜΛΕ (5mg/m³)	
		Χρόνος: 10:00-12:00			Χρόνος: 12:00-14:00			Χρόνος: 14:00-16:00							
min	max	avg	min	max	avg	min	max	avg	min	max	avg	min	max	avg	avg
Γραφείο	Λογιστής	0,35	0,39	0,36	0,36	0,46	0,38	0,21	0,48	0,29	0,35	0,48	0,34	0,068	
Συνεργείο	Συντηρητής	0,02	0,13	0,03	0,02	0,54	0,06	0,01	0,12	0,04	0,01	0,54	0,04	0,008	
Φορτωτής πλατείας	Χειριστής	0,01	3,15	0,33	0,01	6,60	0,96	0,01	4,93	0,94	0,01	6,60	0,74	0,148	
Πλάστιγγα/πύλη	Ελεγκτής	0,04	0,50	0,10	0,04	0,64	0,34	0,40	0,59	0,49	0,04	0,49	0,31	0,062	
Πύργος ελέγχου	Χειριστής	0,16	0,39	0,22	0,07	0,27	0,12	0,33	1,55	0,44	0,33	1,55	0,26	0,052	
Χωματουργικό/Dumper	Χειριστής	0,04	35,80	2,03	0,05	8,43	1,21	0,03	26,10	3,70	0,03	35,80	2,31	0,462	
Διατηρητικό	Χειριστής	0,12	1,48	0,63	0,09	4,85	0,99	0,06	2,94	0,35	0,06	4,85	0,65	0,13	

#### 4.4.2 Αποτελέσματα μετρήσεων θορύβου και σχολιασμός

Οι μετρήσεις θορύβου είχαν διάρκεια δέκα λεπτών εκάστη και μετρήθηκαν η μέγιστη ηχητική πίεση ( $P_{\max}$ ) με την στάθμιση C και η ισοδύναμη στάθμη θορύβου ( $L_{eq}$ ) με την στάθμιση A, που δέχονται οι εργαζόμενοι. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με το ηχόμετρο: SVANTEK 971. Οι μετρήσεις αυτές φαίνονται στον πίνακα 4.4. Αναλυτικότερα, παρουσιάζεται η θέση εργασίας, ο χρόνος μέτρησης, η ειδικότητα του εργαζομένου, η ισοδύναμη ηχοστάθμη  $L_{eq}$  και η μέγιστη ηχητική πίεση  $P_{\max}$ . Επιπλέον υπολογίστηκε η δόση που θορύβου (Dose %) που λαμβάνει ο εργαζόμενος το δωρο ως ποσοστό την μέγιστης επιτρεπόμενης.

Πίνακας 4.2 Μετρήσεις θορύβου.

Θέση	Ωρα έναρξης	Ωρα λήξης	Ειδικότητα εργαζομένου	$L_{EX}$ (dBA)	$P_{peak}$ (dBC)	Dose %
Συνεργείο	11:35	11:45	Συντηρητής	69,1	97,2	1,6
Γραφείο	11:45	11:55	Λογιστές	58,1	89,2	0,1
Φορτωτής Πλατείας	12:10	12:20	Φορτωτής	74,7	112,3	5,9
Πύλη/Πλάστιγγα	12:30	12:40	Ελεγκτής	73,9	104,9	4,9
Πύργος ελέγχου	12:51	13:01	Ελεγκτής	76,8	105,0	9,5
Χωματοργικό/ Dumper	13:11	13:21	Χειριστής	83,6	113,2	45,7
Διατρητικό	13:24	13:34	Χειριστής	78,8	109,0	15,1
Δευτερογενής θραύση/σφύρα	14:18	14:28	Χειριστής	81,2	113,8	26,3

Οι οριακές τιμές έκθεσης στο οκτάωρο βάση της νομοθεσίας (Κ.Μ.Λ.Ε.) είναι:  $L_{EX}$ , 8h = 87 dB(A) και μέγιστη κορυφοτιμή  $P_{peak} = 200$  Pa, αντιστοίχως. Παρατηρούμε ότι καμία τιμή τόσο στη μέγιστη ηχητική πίεση ( $P_{peak}$ ), όσο και της ισοδύναμης στάθμης θορύβου ( $L_{EX}$ ) δεν υπερβαίνουν τις τιμές των ορίων.

#### 4.4.3 Αποτελέσματα μετρήσεων κραδασμών και σχολιασμός

Οι παρακάτω μετρήσεις έγιναν για περίπου δέκα λεπτά και ελήφθησαν μετρήσεις με τη συσκευή SVANTEK 106 τόσο για τον πηγεοκαρπικό άξονα με τον αισθητήρα που τοποθετείται στο χέρι του εργαζόμενου όσο και για ολόκληρο το σώμα με τον

αισθητήρα όπου καθόταν απάνω ο εργαζόμενος. Οι μετρήσεις μας δείχνουν την επιτάχυνση σε  $m/s^2$  που δέχεται ο εργαζόμενος και έγιναν για τις θέσεις του χειριστή του εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου (τσάπας) και του διατρητικού του χωματουργικού (dumper). Οι μετρήσεις περιλάμβαναν τις δονήσεις στον πηγεοκαρπικό άξονα (HAV) και σε ολόκληρο το σώμα (WBV). Στη συνέχεια έγιναν οι κατάλληλοι υπολογισμοί, έτσι ώστε να βρεθεί ο βαθμός της καταπόνησης που δέχεται ο εργαζόμενος στο οκτάωρο.

Οι μετρήσεις (επιταχύνσεις,  $m/s^2$ ) που ελήφθησαν για τις δονήσεις καταγράφηκαν από το όργανο SVANTEK 106 και μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή μεταφέρθηκαν σε υπολογιστικό φύλλο Excel. Έτσι με τους κατάλληλους υπολογισμούς (κεφ. 4.3) υπολογίστηκαν οι ισοδύναμες τιμές που δέχονται οι εργαζόμενοι για τις θέσεις εργασίας τους και υπολογίστηκε στη συνέχεια ο βαθμός της καταπόνησής τους. Τυπικά αποσπάσματα των μετρήσεων που ελήφθησαν δίνονται στους Πίνακες 4.3 και 4.4. Τέλος, στον Πίνακα 4.5 δίνονται οι ισοδύναμες τιμές οκταώρου  $A(8)$  που υπολογίστηκαν από τις σχέσεις 4.1 έως 4.7 όπου ο χρόνος εργασίας του εργαζομένου (T) θεωρήθηκαν οι 6,5 ώρες. Τα όρια βάσει του κανονισμού μεταλλευτικών και λατομικών εργασιών (ΚΜΛΕ) για την ισοδύναμη τιμή οκταώρου  $A(8)$  για τον πηγεοκαρπικό άξονα είναι  $ELV = 5 m/s^2$ , ενώ για ολόκληρο το σώμα είναι  $ELV = 1,15 m/s^2$ . Οι τιμές είναι εντός των ορίων εκτός από τις τιμές του χειριστή εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου και του χειριστή του διατρητικού για τους κραδασμούς για ολόκληρο το σώμα όπου έχουμε υπέρβαση. Ενδεικτικό απόσπασμα των τιμών που ελήφθησαν από το όργανο παρατίθενται στα Παραρτήματα.

*Πίνακας 4.3 Απόσπασμα μετρήσεων της επιτάχυνσης (στους άξονες x,y,z) λόγω μηχανικών κραδασμών στον πηγεοκαρπικό άξονα του χειριστή του εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου (τσάπα).*

		x	y	z
No.	Ημερομηνία/Ωρα	ahw [m/s <sup>2</sup> ]	ahw [m/s <sup>2</sup> ]	ahw [m/s <sup>2</sup> ]
1	18/5/2021 14:30:43	0,0569	0,0331	0,0237
2	18/5/2021 14:30:44	0,1479	0,3758	0,2818
3	18/5/2021 14:30:45	0,0977	0,2138	0,1718
4	18/5/2021 14:30:46	0,1698	0,3673	0,2371
5	18/5/2021 14:30:47	0,0427	0,0966	0,0525
6	18/5/2021 14:30:48	0,0309	0,0490	0,0263
7	18/5/2021 14:30:49	0,0313	0,0363	0,0232
8	18/5/2021 14:30:50	0,0437	0,0282	0,0188
9	18/5/2021 14:30:51	0,0767	0,0923	0,0468
10	18/5/2021 14:30:52	0,0324	0,0389	0,0260

*Πίνακας 4.4 Ισοδύναμη τιμή του οκταώρου στις θέσεις λήψεως των μετρήσεων.*

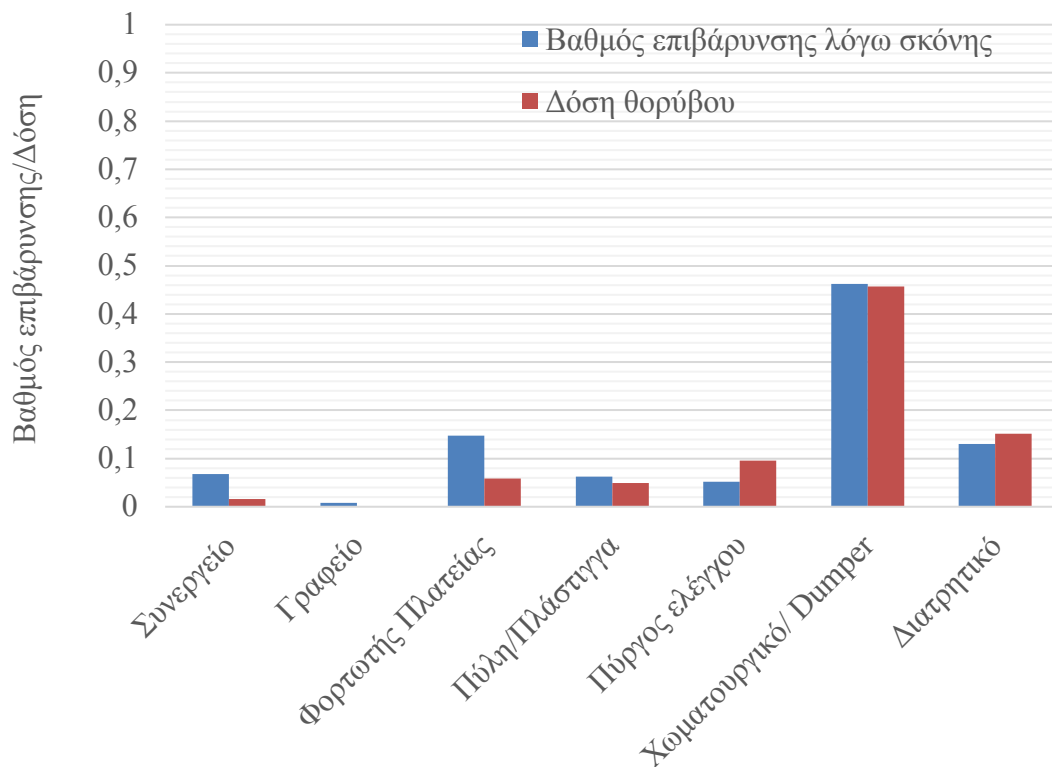
Θέση - Εργαζόμενος	Ισοδύναμη τιμή του οκταώρου (A8), m/s <sup>2</sup>
Χειριστής εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου – δονήσεις πηγεοκαρπικού άξονα (HAV)	1,37
Χειριστής εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου – δονήσεις ολόκληρου σώματος (WBV)	3,15
Χειριστής διατρητικού – δονήσεις πηγεοκαρπικού άξονα (HAV)	0,64
Χειριστής διατρητικού - δονήσεις ολόκληρου σώματος (WBV)	1,20
Χειριστής χωματουργικού – δονήσεις ολόκληρου σώματος (WBV)	0,36

#### 4.4.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα βλαπτικών παραγόντων

Πίνακας 4.5 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μετρήσεων βλαπτικών παραγόντων.

Θέση	Σκόνη (mg/m <sup>3</sup> ) Όριο ΚΜΛΕ για average = 5mg/m <sup>3</sup>				Θόρυβος (dB) Όριο ΚΜΛΕ για L <sub>EX</sub> = 87dBA και P <sub>peak</sub> =140dBC			Δονήσεις, ισοδύναμη τιμή του οκταώρου A(8), (m/s <sup>2</sup> ) Όριο ΚΜΛΕ για HAV = 5m/s <sup>2</sup> και WBV=1,15m/s <sup>2</sup>	
	min	max	Average	Severity ratio	L <sub>EX</sub> , dBA	P <sub>peak</sub> , dBC	Dose (%)	HAV	WBV
Γραφείο	0,35	0,48	0,34	0,068	58,10	89,20	1,6	ΔΜ*	ΔΜ
Συνεργείο	0,01	0,54	0,04	0,008	69,10	97,20	0,1	ΔΜ	ΔΜ
Φορτωτής πλατείας	0,01	6,60	0,74	0,148	74,70	112,30	5,9	ΔΜ	ΔΜ
Πλάστιγγα/πύλη	0,04	0,49	0,31	0,062	73,90	104,90	4,9	ΔΜ	ΔΜ
Πύργος ελέγχου	0,33	1,55	0,26	0,052	76,80	105,00	9,5	ΔΜ	ΔΜ
Χωματουργικό/Dumper	0,03	<b>35,80</b>	2,31	0,462	83,60	113,20	45,7	ΔΜ	0,36
Διατηρητικό	0,06	4,85	0,65	0,130	78,80	109,00	15,1	0,64	<b>1,20</b>
Δευτερογενής θραύση/σφύρα	ΔΜ	ΔΜ	ΔΜ	ΔΜ	81,20	113,80	26,3	1,37	<b>3,15</b>

\*ΔΜ=Δεν μετρήθηκε λόγω μη αναγκαιότητας ή λόγω ειδικών συνθηκών.



Εικόνα 4.1. Βαθμός επιβάρυνσης εργαζομένου λόγω έκθεσης σε σκόνη και θόρυβο στις θέσεις εργασίας που μελετήθηκαν (Η τιμή 1 αντιπροσωπεύει τη μέγιστη επιτρεπόμενη με βάση τον ΚΜΛΕ).

Στον παραπάνω πίνακα 4.6 δίνονται τα συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων των βλαπτικών παραγόντων που μελετήθηκαν. Αναφέρονται οι μέσες ημερήσιες τιμές σκόνης, οι τιμές της ισοδύναμης στάθμης θορύβου  $L_{EX}$ , της μέγιστης ηχητικής πίεσης  $P_{peak}$  και τέλος οι μετρήσεις δονήσεων στον πηγεοκαρπικό άξονα (HAV) και ολόκληρο το σώμα (WBV). Παρατηρείται ότι έχουμε υπέρβαση των ισοδύναμων τιμών οκταώρου  $A(8)$  για τις δονήσεις σε ολόκληρο το σώμα για τους χειριστές του διατρητικού μηχανήματος αλλά και του χειριστή της σφύρας. Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι τιμές αυτές έχουν υπολογιστεί με χρονική διάρκεια εργασίας τις 6,5 ώρες ( $T=6,5$  h) το οκτάωρο ( $T_0=8$  h). Αυτό αποτελεί το δυσμενέστερο σενάριο και επιπλέον θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι εργασίες αυτές δεν πραγματοποιούνται σε καθημερινή βάση.

#### 4.4.5 Σύγκριση με μετρήσεις από αντίστοιχες μελέτες σε άλλες χώρες - μέτρα αντιμετώπισης

Η σύγκριση των μετρήσεων συγκέντρωσης σκόνης, επιπέδων θορύβου και κραδασμών της εργασίας αυτής με αντίστοιχες μελέτες σε άλλες χώρες παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την κατανόηση των συνθηκών εργασίας σε λατομεία διεθνώς.

- Συγκέντρωση σκόνης (PM10). Οι Singh και Pal (2010), σε λατομεία της Ινδίας, αναφέρουν συγκεντρώσεις PM10 που κυμαίνονταν μεταξύ 5,3 και 10,5 mg/m<sup>3</sup>, με ορισμένες μετρήσεις να υπερβαίνουν τα τοπικά επιτρεπτά όρια. Οι Yarahmadi et al. (2013) ανέφεραν ότι σε λατομεία της Τουρκίας, οι συγκεντρώσεις σκόνης κυμαίνονταν από 1,2 έως 7,8 mg/m<sup>3</sup>, με ορισμένες θέσεις εργασίας να παρουσιάζουν υπερβάσεις των ορίων ασφαλείας. Οι Bada et al. (2013), οι Organiscak and Page (2005), Sairanen and Selonon (2018), ανέφεραν ότι σε λατομεία στην Νιγηρία, στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και στην Φιλανδία οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων των σωματιδίων κυμαίνονται στα 60-70 µg/m<sup>3</sup>. Ο Abu-Allaban et al. (2006) αναφέρει ότι σε λατομείο ασβεστόλιθου στην Ιορδανία οι συγκεντρώσεις σκόνης κυμαινόταν από 0,6 έως 1 mg/m<sup>3</sup>.
- Επίπεδα θορύβου. Οι McBride et al. (2011) διαπίστωσαν ότι οι εργαζόμενοι σε λατομεία στην Αυστραλία εκτίθενται σε επίπεδα θορύβου μεταξύ 80 και 105 dBA, με μέσες τιμές γύρω στα 90 dBA, υπερβαίνοντας τα επιτρεπτά όρια. Οι Ayodeji και Olusegun (2014) σε μελέτη τους για λατομεία στη Νιγηρία ανέφεραν ότι τα επίπεδα θορύβου σε λατομεία κυμαίνονταν από 70 έως 115 dBA, με πολλές μετρήσεις να υπερβαίνουν τα όρια ασφαλείας.
- Κραδασμοί (HAV και WBV). Οι Bylund και Järnholm (2014) σε μελέτη τους που αναφέρεται σε λατομεία στη Σουηδία ανέφεραν ότι οι χειριστές μηχανημάτων σε λατομεία εκτίθενται σε δονήσεις χεριού-βραχίονα (HAV) με επιταχύνσεις από 1,0 έως 2,5 m/s<sup>2</sup>, με ορισμένες μετρήσεις να υπερβαίνουν τα όρια ασφαλείας. Οι Anttonen et al. (2009) διαπίστωσαν ότι οι δονήσεις ολόκληρου του σώματος (WBV) σε χειριστές μηχανημάτων σε λατομεία της Φιλανδίας κυμαίνονταν από 0,5 έως 1,8 m/s<sup>2</sup>, με ορισμένες υπερβάσεις των ορίων.

Σε σχέση με τις συγκεντρώσεις της σκόνης που μετρήθηκαν στην εργασία αυτή φαίνεται ότι σε ορισμένες θέσεις εργασίας οι στιγμιαίες τιμές είναι υψηλότερες από αυτές που αναφέρονται σε διεθνείς μελέτες, αλλά οι μέσες τιμές είναι σημαντικά χαμηλότερες και όπως ήδη αναφέρθηκε δεν υπερβαίνουν τα εθνικά όρια (ΚΜΛΕ), ενώ και ο βαθμός επιβάρυνσης (severity ratio) είναι σχετικά χαμηλός. Τα υφιστάμενα μέτρα αντιμετώπισης του βλαπτικού παράγοντα της σκόνης (διαβροχή υλικών και δρόμων μεταφοράς, μονωμένες καμπίνες οχημάτων με σύστημα κλιματισμού και φίλτρων καθαρισμού) προτείνεται να συνεχίσουν να εφαρμόζονται και να ελέγχονται σε τακτά διαστήματα για την αποτελεσματικότητά τους.

Όσον αφορά τον θόρυβο, τα επίπεδα θορύβου που μετρήθηκαν είναι χαμηλότερα σε σύγκριση με άλλες χώρες και μικρότερα από τα εθνικά όρια (ΚΜΛΕ), ενώ και ο βαθμός επιβάρυνσης (severity ratio) είναι χαμηλός. Η συνεχής παρακολούθηση και η χρήση μέσων ατομικής προστασίας παραμένουν σημαντικά μέτρα που πρέπει να εξακολουθούν να εφαρμόζονται.

Σε σχέση με τους μηχανικούς κραδασμούς, οι μετρήσεις των επιταχύνσεων σε κάποιες θέσεις εργασίας υπερβαίνουν τις αναφερόμενες από άλλους ερευνητές υποδεικνύοντας την ανάγκη για βελτίωση των συνθηκών εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, για τους κραδασμούς για ολόκληρο το σώμα παρατηρείται ότι η ισοδύναμη τιμή του οκταώρου για τον χειριστή της σφύρας ( $3,27 \text{ m/s}^2$ ) και για τον χειριστή του διατρητικού ( $1,24 \text{ m/s}^2$ ), υπερβαίνει τα όρια της νομοθεσίας ( $1,15 \text{ m/s}^2$ ). Προτείνεται να αντιμετωπιστεί με μεγαλύτερης διάρκειας διαλείμματα για τον εργαζόμενο και με αλλαγή καθίσματος χειριστή, επιλέγοντας νέο με ειδική ανάρτηση για απόσβεση των κραδασμών ή επιδιορθώνοντας το υφιστάμενο αν ο μηχανισμός απόσβεσης του έχει χάσει την αποτελεσματικότητά του.

Σε σχέση με την εκπαίδευση εργαζομένων, είναι σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το προσωπικό του λατομείου μπορεί με την καθοδήγηση τόσο του επιβλέποντος μηχανικού, του μηχανικού ασφαλείας όσο και με την βοήθεια ειδικών, που μπορούν να προσφέρουν στους εργαζόμενους ειδικά εκπαιδευτικά σεμινάρια, να κατανοήσει καλύτερα τους κινδύνους για την υγεία του και να εφαρμόσει πρακτικές εργασίας που μειώνουν σημαντικά τις επιπτώσεις τους.

# Κεφάλαιο 5

## Συμπεράσματα-Προτάσεις

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η επιβάρυνση των εργαζομένων σε λατομείο αδρανών υλικών λόγω της σκόνης, του θορύβου και των μηχανικών κραδασμών. Τα κύρια συμπεράσματα ανά βλαπτικό παράγοντα και θέση εργασίας συνοψίζονται ως εξής:

- Σκόνη (PM10). Σε θέσεις όπως τα γραφεία, η πλάστιγγα ζύγισης και ο πύργος ελέγχου του συστήματος θραύσης ταξινόμησης, οι μετρήσεις σκόνης είναι εντός ασφαλών ορίων. Στο συνεργείο μηχανημάτων και στην καμπίνα του φορτωτή της πλατείας του λατομείου, οι τιμές σκόνης είναι αυξημένες, αλλά παραμένουν κάτω από το όριο ( $5 \text{ mg/m}^3$ ) που ορίζεται από τον ΚΜΛΕ. Σε θέσεις εργασίας όπως ο χειριστής Dumper και τα διατρητικά, καταγράφηκαν στιγμιαίες υπερβάσεις (συγκέντρωση που φτάνει έως και τα  $35,80 \text{ mg/m}^3$ ), αλλά οι μέσες τιμές είναι κατώτερες από τα επιτρεπτά όρια των  $5 \text{ mg/m}^3$ . Τη μεγαλύτερη επιβάρυνση λόγω σκόνης με βάση τον δείκτη επίπτωσης την έχει ο χειριστής του χωματουργικού αυτοκινήτου (0,462) ακολουθούμενος από τον χειριστή του φορτωτή (0,148) και τον χειριστή του διατρητικού (0,130). Προτείνεται εντατικότερη και συχνότερη διαβροχή υλικού, ειδικά τη θερινή περίοδο και έλεγχος του συστήματος κατακράτησης σκόνης και εξαερισμού των καμπινών των χειριστών. Η χρήση масκών υψηλής προστασίας (τύπου FFP3) από τους εργαζόμενους προτείνεται μόνο ως συμπληρωματικό μέτρο και μόνο για περιορισμένο χρονικό διάστημα σε ειδικές περιπτώσεις.
- Θόρυβος. Σε γραφεία και πύλη/πλάστιγγα, οι μετρήσεις της ημερήσιας ισοδύναμης στάθμης θωρου  $L_{EX}$  είναι σημαντικά χαμηλότερες από το όριο των 87 dBA. Στις θέσεις των χειριστών διατρητικών, του χωματουργικού αυτοκινήτου και στη δευτερογενή θραύση, τα επίπεδα φτάνουν τα 81-84 dBA αλλά εξακολουθούν να είναι μικρότερες του ορίου των 87 dBA. Οι κορυφοτιμές ηχητικής πίεσης  $P_{Peak}$  σε όλες τις θέσεις που μετρήθηκαν ήταν κατώτερες του ορίου των 140 dBC. Η δόση θορύβου είναι επίσης σε όλες τις θέσεις εργασίας σε αποδεκτά επίπεδα ( $<100\%$ ). Την υψηλότερη επιβάρυνση λόγω θορύβου την έχει ο χειριστής του χωματουργικού (45,7%) ακολουθούμενος από τον χειριστή της σφύρας (26,3%) και τον χειριστή του διατρητικού (15,1%).

- Μηχανικοί κραδασμοί. Για τους κραδασμούς για ολόκληρο το σώμα παρατηρείται ότι η ισοδύναμη τιμή του οκταώρου για τον χειριστή της σφύρας ( $3,27 \text{ m/s}^2$ ) και για τον χειριστή του διατρητικού ( $1,24 \text{ m/s}^2$ ), υπερβαίνει τα όρια της νομοθεσίας ( $1,15 \text{ m/s}^2$ ). Προτείνεται να αντιμετωπιστεί με μεγαλύτερης διάρκειας διαλείμματα για τον εργαζόμενο και με αλλαγή καθίσματος χειριστή, επιλέγοντας νέο με ειδική ανάρτηση για απόσβεση των κραδασμών ή επιδιορθώνοντας το υφιστάμενο αν ο μηχανισμός απόσβεσης του έχει χάσει την αποτελεσματικότητά του.

# Βιβλιογραφία

## Διεθνής

- Abu-Allaban M., Hamasha S., Gertler A., *Road dust resuspension in the vicinity of limestone quarries in Jordan*, J. Air Waste Manag. Assoc., 56 (2006), pp. 1440-1444.
- Anttonen, H., Ranta, R., & Halonen, J. (2009). *Whole-body vibration levels in Finnish quarries: An assessment study*. Ergonomics, 52(9), 1157-1164.
- Ayodeji, O. S., & Olusegun, O. (2014). *Evaluation of noise levels in Nigerian stone quarries*. Journal of Acoustics and Noise Control, 5(3), 101-115.
- Birch, W., Datson, H., & Lowndes, I. (2008). *Reducing the environmental effects of aggregate quarrying: Dust, noise & vibration*. Sustainable aggregates, University of Leeds and University of Nottingham.
- Bylund, J., & Järvholm, B. (2014). *Hand-arm vibration exposure among quarry workers in Sweden*. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 40(6), 559-565.
- Gumus, A., & Akkyun, O. (2006). An investigation on industrial accidents in marble quarrying. In *Mersem 2006 The 5th Marble and Natural Stone Symposium of Turkey, May* (pp. 2-3).
- Liu, Q., Katsabanis, P.D. (1992). *Hazard evaluation of sulphide dust explosions*. Journal of Hazardous Materials 33, 35–49.
- McBride, D. I., Firth, H. M., & Herbison, G. P. (2011). *Occupational noise exposure in Australian quarries: A case-control study*. Occupational Medicine, 61(1), 35-41.
- Materu, S. F., Sway, G. G., & Mussa, B. S. (2023). *Workplace concentrations of particulate matter and noise levels among stone quarry and soil brick-making workers in Tanzania*. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 20(12), 563-573.
- Myshchenko, I., Pawlaczyk-Luszczynska, M., Dudarewicz, A., & Bortkiewicz, A. (2024). *Health Risks Due to Co-Exposure to Noise and Respirable Crystalline Silica Among Workers in the Open-Pit Mining Industry - Results of a Preliminary Study*. Toxics, 12(11), 781.

- Singh, G., & Pal, A. K. (2010). *Study of dust exposure in Indian quarries*. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 7(4), 213-221.
- Yarahmadi, R., Nassiri, P., & Monazzam, M. R. (2013). *Assessment of dust concentration in Turkish quarries*. International Journal of Environmental Health, 12(5), 345-353.

### **Ελληνική**

- Γαλετάκης (2019) «Υγιεινή και Ασφάλεια σε Μεταλλευτικά και Υπόγεια Έργα» Μέρος Α και Β – Σημειώσεις, Μηχανικών Ορυκτών Πόρων Πολυτεχνείο Κρήτης.
- Γαλετάκης (2018) «Υγιεινή & Ασφάλεια σε Μεταλλευτικά & Υπόγεια Έργα» Εργαστηριακές ασκήσεις, Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης.
- Γρεβενιώτη Μαρία, «Στατιστική ανάλυση ατυχημάτων και διαχρονική εξέλιξη των δεικτών εργασιακής ασφάλειας για την ελληνική μεταλλευτική βιομηχανία», Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2019.
- Κέντρο υγιεινής και ασφάλειας της εργασίας (ΚΥΑΕ). Μέθοδοι δειγματοληψίας και προσδιορισμού χημικών παραγόντων στο εργασιακό περιβάλλον, Υπουργείο εργασίας και κοινωνικών ασφαλίσεων, Γενική διεύθυνση συνθηκών και υγιεινής της εργασίας, Αθήνα 2001.
- Κιρκινέζος Νικόλαος, «Εκτίμηση των εκπομπών αερομεταφερόμενων σωματιδιακών ρύπων από συγκρότημα παραγωγής αδρανών υλικών και σκυροδέματος», Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2014.
- Μουζουράκης Ελευθέριος, «Μεθοδολογία μέτρησης-εκτίμησης βλαπτικών παραγόντων για την υγιεινή των εργαζομένων σε χωματουργικές και οικοδομικές εργασίες», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2010.
- Παρασχάκη Ελένη, «Εναπόθεση σωματιδίων σε πνευμονικές ροές: Η επίδραση της συγκράτησης της αναπνοής», Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2019.

### **Νομοθεσία**

- Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΚΜΛΕ), ΥΑ2223 ΦΕΚ122714/06/11 (2011).

### *Διαδικτυακές πηγές*

- [http://www.moa.gov.cy/moa/crosscompliance/crosscompl.nsf/dmlforms\\_gr/EDD7FA5F1F8E0562C2257F71003DCF73/\\$file/26%20Vibrations.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/crosscompliance/crosscompl.nsf/dmlforms_gr/EDD7FA5F1F8E0562C2257F71003DCF73/$file/26%20Vibrations.pdf)
- <https://www.oryktosploutos.net/2013/11/uepg/>
- <http://www.latomet.gr/>
- <https://elinyae.gr/lexeis-kleidia/biologikoi-paragontes>
- [https://www.oshc.org.hk/oshc\\_data/files/HotTopic/CB959E.pdf](https://www.oshc.org.hk/oshc_data/files/HotTopic/CB959E.pdf)
- <https://www.sepe.gov.gr/asfaleia-kai-ygeia/nomothesia-asfaleia-kai-ygeia/fysikoi-chimikoi-kai-viologikoi-paragontes/nomothetimata-gia-chimikous-paragontes/>
- <https://slideplayer.gr/slide/3715536/>
- <https://envirotecmagazine.com/2019/10/31/managing-dust-risks-at-quarries/>
- [https://www.huffingtonpost.gr/christos-kavalopoulos/-\\_379\\_b\\_6806766.html](https://www.huffingtonpost.gr/christos-kavalopoulos/-_379_b_6806766.html)
- <https://envirotecmagazine.com/2019/10/31/managing-dust-risks-at-quarries/>
- <https://www.minex.org.nz/assets/Uploads/Managing-worker-exposure-to-dust-in-mines-and-quarriesweb.pdf>
- <https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/BiomparagXromaton%20teliko%20teliko.qxt.1191575074605.pdf>
- [https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/METHODOLOGIKOS\\_Bedition.1185525283850.pdf](https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/METHODOLOGIKOS_Bedition.1185525283850.pdf)
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2093791121000159?via%3Dihub>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753513000672?via%3Dihub#b0055>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935123028918?via%3Dihub#bib2>

## Παράρτημα: Αρχείο μετρήσεων

Δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν κατά τη λήψη μετρήσεων:

Πίνακας Π.1 1<sup>η</sup> μέτρηση σκόνης.

1 <sup>η</sup> μέτρηση				PM10 (mg/m <sup>3</sup> )		
Θέση εργασίας	Ωρα έναρξης	Ωρα λήξης	Ειδικότητα	min	max	avg
Γραφείο	10:06	10:11	Λογιστής	0,35	0,39	0,36
Συνεργείο	10:17	10:22	Συντηρητής	0,02	0,13	0,03
Φορτωτής πλατείας	10:30	10:35	Χειριστής	0,01	3,15	0,33
Πλάστιγγα/πύλη	10:50	10:55	Ελεγκτής	0,04	0,50	0,10
Πύργος ελέγχου	11:05	11:10	Χειριστής	0,16	0,39	0,22
Χωματουργικό/Dumper	11:21	11:27	Χειριστής	0,04	35,80	2,03
Διατρητικό	11:41	11:46	Χειριστής	0,12	1,48	0,63

Πίνακας Π.2 2<sup>η</sup> μέτρηση σκόνης.

2 <sup>η</sup> μέτρηση				PM10 (mg/m <sup>3</sup> )		
Θέση	Ωρα έναρξης	Ωρα λήξης	Ειδικότητα	min	max	avg
Γραφείο	12:00	12:05	Λογιστής	0,36	0,46	0,38
Συνεργείο	12:20	12:25	Συντηρητής	0,02	0,54	0,06
Φορτωτής πλατείας	12:55	13:00	Χειριστής	0,01	6,60	0,96
Πλάστιγγα/πύλη	12:40	12:45	Ελεγκτής	0,04	0,64	0,34
Πύργος ελέγχου	13:04	13:09	Χειριστής	0,07	0,27	0,12
Χωματουργικό/Dumper	13:30	13:35	Χειριστής	0,05	8,43	1,21
Διατρητικό	13:50	13:55	Χειριστής	0,09	4,85	0,99

Πίνακας Π.3 3<sup>η</sup> μέτρηση σκόνης.

3 <sup>η</sup> μέτρηση				PM10 (mg/m <sup>3</sup> )		
Θέση	Ωρα έναρξης	Ωρα λήξης	Ειδικότητα	min	max	avg
Γραφείο	14:45	14:50	Λογιστής	0,21	0,48	0,29
Συνεργείο	14:55	15:00	Συντηρητής	0,01	0,12	0,04
Φορτωτής πλατείας	15:05	15:10	Χειριστής	0,01	4,93	0,94
Πλάστιγγα/πύλη	15:20	15:25	Ελεγκτής	0,40	0,59	0,49
Πύργος ελέγχου	15:35	15:40	Χειριστής	0,33	1,55	0,44
Χωματοργικό/Dumper	15:45	15:50	Χειριστής	0,03	26,10	3,70
Διατρητικό	14:55	16:00	Χειριστής	0,06	2,94	0,35

Πίνακας Π.4 Καταγραφές κραδασμών του χειριστή εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου στον πηγεοκαρπικό άξονα. Μετρήσεις της επιτάχυνσης σε σχέση με τον χρόνο σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση υδραυλικής σφύρας.

		x	y	z
No.	Date & time	Ahw [m/s <sup>2</sup> ]	ahw [m/s <sup>2</sup> ]	ahw [m/s <sup>2</sup> ]
1	18/5/2021 14:30:43	0,0569	0,0331	0,0237
2	18/5/2021 14:30:44	0,1479	0,3758	0,2818
3	18/5/2021 14:30:45	0,0977	0,2138	0,1718
4	18/5/2021 14:30:46	0,1698	0,3673	0,2371
5	18/5/2021 14:30:47	0,0427	0,0966	0,0525
6	18/5/2021 14:30:48	0,0309	0,0490	0,0263
7	18/5/2021 14:30:49	0,0313	0,0363	0,0232
8	18/5/2021 14:30:50	0,0437	0,0282	0,0188
9	18/5/2021 14:30:51	0,0767	0,0923	0,0468
10	18/5/2021 14:30:52	0,0324	0,0389	0,0260
11	18/5/2021 14:30:53	0,0372	0,1175	0,0525
12	18/5/2021 14:30:54	0,1549	0,1905	0,1122
13	18/5/2021 14:30:55	0,2399	0,3631	0,1567
14	18/5/2021 14:30:56	0,2344	0,3428	0,0700
15	18/5/2021 14:30:57	0,1303	0,1718	0,1365

16	18/5/2021 14:30:58	0,4732	0,5012	0,3758
17	18/5/2021 14:30:59	0,4732	0,6166	0,4519
18	18/5/2021 14:31:00	0,6026	0,8222	0,8913
19	18/5/2021 14:31:01	0,8610	0,9120	1,0351
20	18/5/2021 14:31:02	0,4677	0,6310	0,9226
21	18/5/2021 14:31:03	0,6237	1,2589	0,9226
22	18/5/2021 14:31:04	0,3758	1,0116	0,7943
23	18/5/2021 14:31:05	0,2344	0,4677	0,5188
24	18/5/2021 14:31:06	0,3126	0,7328	0,5559
25	18/5/2021 14:31:07	0,7586	1,9953	0,8511
26	18/5/2021 14:31:08	0,2138	0,2089	0,2884
27	18/5/2021 14:31:09	0,2917	0,2265	0,3467
28	18/5/2021 14:31:10	0,5129	1,2883	0,5433
29	18/5/2021 14:31:11	0,3846	0,5370	0,6166
30	18/5/2021 14:31:12	0,1718	0,1820	0,2163
31	18/5/2021 14:31:13	0,3802	0,9550	0,8035
32	18/5/2021 14:31:14	3,5075	4,3652	5,3703
33	18/5/2021 14:31:15	1,6982	2,6002	1,5136
34	18/5/2021 14:31:16	0,6457	1,0233	0,5821
35	18/5/2021 14:31:17	0,2265	0,3428	0,2985
36	18/5/2021 14:31:18	0,1365	0,2455	0,1679
37	18/5/2021 14:31:19	0,2265	0,4074	0,1462
38	18/5/2021 14:31:20	0,1175	0,2138	0,1429
39	18/5/2021 14:31:21	0,0700	0,1245	0,0944
40	18/5/2021 14:31:22	0,0933	0,2692	0,2018
41	18/5/2021 14:31:23	0,1603	0,3273	0,3350
42	18/5/2021 14:31:24	0,1175	0,2371	0,2344
43	18/5/2021 14:31:25	0,0575	0,1245	0,1288
44	18/5/2021 14:31:26	0,1303	0,3631	0,2884
45	18/5/2021 14:31:27	0,4571	0,6531	0,3350
46	18/5/2021 14:31:28	0,3236	0,4074	0,3890
47	18/5/2021 14:31:29	0,3890	0,8610	0,7943
48	18/5/2021 14:31:30	0,3548	0,7244	0,6026
49	18/5/2021 14:31:31	0,4121	1,0471	0,7413
50	18/5/2021 14:31:32	0,2291	0,6166	0,4898

51	18/5/2021 14:31:33	0,2371	0,7413	0,4074
52	18/5/2021 14:31:34	1,1092	2,4266	1,3964
53	18/5/2021 14:31:35	0,3428	1,3335	1,0593
54	18/5/2021 14:31:36	0,3846	1,1482	1,0351
55	18/5/2021 14:31:37	0,2541	0,8222	0,6310
56	18/5/2021 14:31:38	0,3273	0,5188	0,4121
57	18/5/2021 14:31:39	0,4467	0,5370	0,3020
58	18/5/2021 14:31:40	0,2018	0,2371	0,2692
59	18/5/2021 14:31:41	0,5495	0,6761	0,6166
60	18/5/2021 14:31:42	0,5070	1,1220	1,0965
61	18/5/2021 14:31:43	0,2818	0,7852	0,7079
62	18/5/2021 14:31:44	0,2917	0,5957	0,5689
63	18/5/2021 14:31:45	0,2630	0,5821	0,6457
64	18/5/2021 14:31:46	0,3802	0,5821	0,8318
65	18/5/2021 14:31:47	0,2018	0,4217	0,3673
66	18/5/2021 14:31:48	0,1738	0,7079	0,4898
67	18/5/2021 14:31:49	0,1641	0,4467	0,2541
68	18/5/2021 14:31:50	0,0933	0,1479	0,1084
69	18/5/2021 14:31:51	0,1479	0,2692	0,2512
70	18/5/2021 14:31:52	0,5012	0,7079	0,8128
71	18/5/2021 14:31:53	1,7783	1,9275	1,6788
72	18/5/2021 14:31:54	0,9661	0,9333	0,7499
73	18/5/2021 14:31:55	1,2023	1,2735	1,0593
74	18/5/2021 14:31:56	2,4547	1,6406	1,3335
75	18/5/2021 14:31:57	0,8414	1,3335	1,0233
76	18/5/2021 14:31:58	0,8710	1,8621	1,1350
77	18/5/2021 14:31:59	0,5957	1,4125	1,3335
78	18/5/2021 14:32:00	1,6218	2,4547	1,3646
79	18/5/2021 14:32:01	0,9772	1,1220	1,0116
80	18/5/2021 14:32:02	0,6237	1,1614	1,0715
81	18/5/2021 14:32:03	1,1220	1,0351	1,3646
82	18/5/2021 14:32:04	0,3508	1,0116	0,7413
83	18/5/2021 14:32:05	0,1122	0,2600	0,2089
84	18/5/2021 14:32:06	0,0989	0,3846	0,2541
85	18/5/2021 14:32:07	0,0624	0,1318	0,1622

86	18/5/2021 14:32:08	0,2512	0,3936	0,3199
87	18/5/2021 14:32:09	1,1614	0,9333	0,9886
88	18/5/2021 14:32:10	1,1220	1,8197	1,2882
89	18/5/2021 14:32:11	1,3804	2,2131	1,0116
90	18/5/2021 14:32:12	0,5754	0,8222	0,8035
91	18/5/2021 14:32:13	0,3428	0,8414	0,4955
92	18/5/2021 14:32:14	0,5433	0,6095	0,3311
93	18/5/2021 14:32:15	0,3673	0,7762	0,4571
94	18/5/2021 14:32:16	0,4624	0,8222	1,0000
95	18/5/2021 14:32:17	0,3388	0,7328	0,6607
96	18/5/2021 14:32:18	0,7161	2,1135	1,7783
97	18/5/2021 14:32:19	1,5849	1,7579	1,3183
98	18/5/2021 14:32:20	0,5888	1,4962	1,1220
99	18/5/2021 14:32:21	0,4217	1,0715	0,8810
100	18/5/2021 14:32:22	0,1884	0,2065	0,2786

*Πίνακας Π.5 Καταγραφές επιταχύνσεων στον πηγεοκαρπικό άξονα του χειριστή πάνω σε διατηρητικό όχημα. Μετρήσεις της επιτάχυνσης σε σχέση με τον χρόνο.*

		x	y	z
No.	Date & time	ahw [m/s <sup>2</sup> ]	ahw [m/s <sup>2</sup> ]	ahw [m/s <sup>2</sup> ]
1	18/5/2021 13:43:13	0,2630	0,1698	0,3055
2	18/5/2021 13:43:14	0,1995	0,1380	0,2754
3	18/5/2021 13:43:15	0,1514	0,1349	0,1641
4	18/5/2021 13:43:16	0,1047	0,1122	0,1084
5	18/5/2021 13:43:17	0,0841	0,1023	0,1122
6	18/5/2021 13:43:18	0,0661	0,0841	0,0804
7	18/5/2021 13:43:19	0,0473	0,0525	0,0550
8	18/5/2021 13:43:20	0,0437	0,0495	0,0653
9	18/5/2021 13:43:21	0,0501	0,0668	0,0490
10	18/5/2021 13:43:22	0,0422	0,0700	0,0385
11	18/5/2021 13:43:23	0,0495	0,0733	0,0343
12	18/5/2021 13:43:24	0,0624	0,0966	0,0351

13	18/5/2021 13:43:25	0,0624	0,1072	0,0240
14	18/5/2021 13:43:26	0,0610	0,0955	0,0394
15	18/5/2021 13:43:27	0,0403	0,0881	0,0462
16	18/5/2021 13:43:28	0,0569	0,0785	0,0479
17	18/5/2021 13:43:29	0,1216	0,1175	0,0653
18	18/5/2021 13:43:30	0,2291	0,3467	0,3199
19	18/5/2021 13:43:31	0,0646	0,0684	0,0447
20	18/5/2021 13:43:32	0,1047	0,1245	0,0741
21	18/5/2021 13:43:33	0,1175	0,1334	0,0871
22	18/5/2021 13:43:34	0,1122	0,1738	0,1396
23	18/5/2021 13:43:35	0,1148	0,1479	0,0871
24	18/5/2021 13:43:36	0,1413	0,1641	0,0977
25	18/5/2021 13:43:37	0,1758	0,1396	0,0794
26	18/5/2021 13:43:38	0,0989	0,0977	0,0537
27	18/5/2021 13:43:39	0,1549	0,1862	0,0881
28	18/5/2021 13:43:40	0,1514	0,1585	0,3311
29	18/5/2021 13:43:41	0,1549	0,1862	0,1950
30	18/5/2021 13:43:42	0,1012	0,1274	0,0841
31	18/5/2021 13:43:43	0,1365	0,2630	0,1799
32	18/5/2021 13:43:44	0,6918	0,4519	0,3388
33	18/5/2021 13:43:45	0,7079	0,8222	0,4732
34	18/5/2021 13:43:46	0,3311	1,1614	0,6026
35	18/5/2021 13:43:47	0,2163	0,5495	0,3802
36	18/5/2021 13:43:48	0,2818	0,5559	0,4467
37	18/5/2021 13:43:49	0,2265	0,4074	0,3199
38	18/5/2021 13:43:50	0,8414	1,7783	0,6683
39	18/5/2021 13:43:51	0,3890	0,3548	0,2188
40	18/5/2021 13:43:52	0,4121	1,2162	0,7586
41	18/5/2021 13:43:53	0,5433	0,7762	0,5957
42	18/5/2021 13:43:54	0,6998	1,1092	0,6457
43	18/5/2021 13:43:55	0,6998	1,1482	0,7079
44	18/5/2021 13:43:56	0,5689	0,9661	0,6683
45	18/5/2021 13:43:57	0,6310	1,1749	0,6166
46	18/5/2021 13:43:58	0,4266	1,6596	0,7079
47	18/5/2021 13:43:59	0,2113	0,3236	0,2630

48	18/5/2021 13:44:00	0,3890	0,8222	0,8610
49	18/5/2021 13:44:01	0,2985	0,6095	0,4898
50	18/5/2021 13:44:02	0,2917	0,7674	0,5888
51	18/5/2021 13:44:03	0,3090	0,8035	0,5957
52	18/5/2021 13:44:04	0,2786	0,6839	0,4074
53	18/5/2021 13:44:05	0,2512	0,6026	0,4074
54	18/5/2021 13:44:06	0,1972	0,5370	0,3673
55	18/5/2021 13:44:07	0,1862	0,5433	0,3428
56	18/5/2021 13:44:08	0,1862	0,5957	0,3548
57	18/5/2021 13:44:09	0,2188	0,6531	0,4169
58	18/5/2021 13:44:10	0,1778	0,6026	0,3890
59	18/5/2021 13:44:11	0,1995	0,6310	0,4121
60	18/5/2021 13:44:12	0,1202	0,4732	0,2512
61	18/5/2021 13:44:13	0,1462	0,5433	0,3311
62	18/5/2021 13:44:14	0,1462	0,5821	0,3199
63	18/5/2021 13:44:15	0,1288	0,5623	0,2951
64	18/5/2021 13:44:16	0,1514	0,6310	0,3388
65	18/5/2021 13:44:17	0,1496	0,6761	0,3548
66	18/5/2021 13:44:18	0,1622	0,6683	0,3589
67	18/5/2021 13:44:19	0,1738	0,7161	0,3890
68	18/5/2021 13:44:20	0,1641	0,7079	0,3548
69	18/5/2021 13:44:21	0,1660	0,7244	0,3890
70	18/5/2021 13:44:22	0,1462	0,6457	0,3273
71	18/5/2021 13:44:23	0,1698	0,7244	0,3758
72	18/5/2021 13:44:24	0,1884	0,7943	0,4074
73	18/5/2021 13:44:25	0,1778	0,7244	0,3802
74	18/5/2021 13:44:26	0,1698	0,7079	0,3715
75	18/5/2021 13:44:27	0,1799	0,7499	0,3936
76	18/5/2021 13:44:28	0,2018	0,7762	0,4027
77	18/5/2021 13:44:29	0,1862	0,6531	0,3936
78	18/5/2021 13:44:30	0,1928	0,6310	0,4074
79	18/5/2021 13:44:31	0,2138	0,5754	0,3846
80	18/5/2021 13:44:32	0,2138	0,6998	0,4217
81	18/5/2021 13:44:33	0,2371	0,8414	0,3802
82	18/5/2021 13:44:34	0,2344	1,0593	0,3715

83	18/5/2021 13:44:35	0,2265	1,0351	0,3126
84	18/5/2021 13:44:36	0,2018	0,9016	0,3631
85	18/5/2021 13:44:37	0,2018	0,7161	0,4315
86	18/5/2021 13:44:38	0,2042	0,7674	0,4074
87	18/5/2021 13:44:39	0,2630	0,8318	0,4571
88	18/5/2021 13:44:40	0,3802	1,0351	0,6607
89	18/5/2021 13:44:41	0,4842	1,3646	0,7762
90	18/5/2021 13:44:42	0,5821	1,6406	0,9333
91	18/5/2021 13:44:43	0,4467	1,2735	0,8035
92	18/5/2021 13:44:44	0,3715	0,8511	0,5559
93	18/5/2021 13:44:45	0,3802	0,4898	0,3758
94	18/5/2021 13:44:46	0,3236	0,4027	0,2239
95	18/5/2021 13:44:47	0,1799	0,1349	0,0891
96	18/5/2021 13:44:48	0,2163	0,1216	0,0653
97	18/5/2021 13:44:49	0,2089	0,1479	0,0582
98	18/5/2021 13:44:50	0,1445	0,0891	0,0891
99	18/5/2021 13:44:51	0,1288	0,1122	0,0841
100	18/5/2021 13:44:52	0,1148	0,0582	0,0631