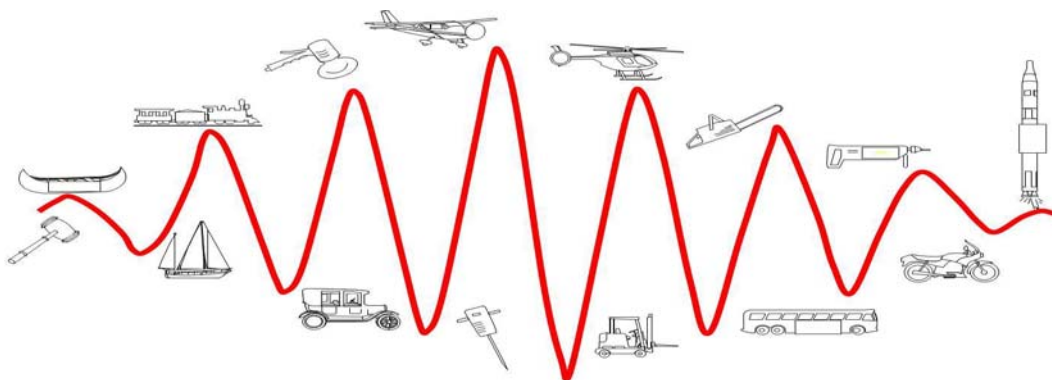




ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μεθοδολογία εκτίμησης του εργασιακού κινδύνου από μηχανικούς κραδασμούς
στα μεταλλευτικά και τεχνικά έργα**



ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΥ ΚΥΡΙΑΚΗ

Εξεταστική Επιτροπή

Αναπληρωτής Καθηγητής Γαλετάκης Μιχάλης (επιβλέπων)

Καθηγητής Αγιουτάντης Ζαχαρίας

Δρ. Παπαδάκης Γεώργιος

Χανιά, 2014

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την ανάπτυξη μεθοδολογίας μέτρησης και εκτίμησης του εργασιακού κινδύνου από μηχανικούς κραδασμούς στα μεταλλευτικά και τεχνικά έργα. Η ανάλυση καλύπτει τόσο τα βασικά μεγέθη που απαιτεί η νομοθεσία όσο και επιπρόσθετα (χρονική και συχνотική ανάλυση) που επιτρέπουν στον τεχνικό ασφαλείας να κατανοεί καλύτερα τους μηχανισμούς των κραδασμών και να προτείνει τα κατάλληλα μέτρα προστασίας.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης καθώς και σε πραγματικό περιβάλλον εργασίας. Για την ανάπτυξη της μεθοδολογίας και τη συλλογή μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το όργανο μέτρησης μηχανικών κραδασμών SVAN-106 με τους αντίστοιχους αισθητήρες για μετρήσεις στον άξονα χειρός-βραχίονα και σε ολόκληρο το σώμα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Αναπληρωτή καθηγητή κ. **Γαλετάκη Μιχάλη**, για την επιλογή του θέματος, για τη βοήθεια και καθοδήγησή που μου παρείχε κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Επίσης τον Καθηγητή κ. **Αγιουτάντη Ζαχαρία** και τον Δρ. κ. **Παπαδάκη Γεώργιο** για το χρόνο τον οποίο διέθεσαν για τις διορθώσεις της παρούσας εργασίας καθώς και για τις συμβουλές, τις πολύτιμες επισημάνσεις τους και τις εύστοχες παρατηρήσεις τους.

Περιεχόμενα

Περίληψη	vi
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - Εισαγωγή	1
1.1 Μηχανικοί κραδασμοί στην εργασία και τα χαρακτηριστικά τους	1
1.2 Η επίδραση των μηχανικών κραδασμών στο ανθρώπινο σώμα	2
1.2.1 Κραδασμοί που επιδρούν σε ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα και οι συνέπειες τους.....	5
1.2.2 Κραδασμοί που επιδρούν στο σύστημα χειρός - βραχίονα (πηχεοκαρπικός άξονας) και οι συνέπειες τους.....	7
1.3 Νομοθεσία.....	9
1.3.1 Οδηγίες Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	13
1.3.2 Νόμοι - Προεδρικά Διατάγματα - Κανονισμοί.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - Μέθοδος εκτίμησης του κινδύνου από την έκθεση των εργαζομένων σε μηχανικούς κραδασμούς	15
2.1 Στάδια της διαδικασίας εκτίμησης του κινδύνου.....	15
2.2 Αξιολόγηση κινδύνου από μηχανικούς κραδασμούς.....	15
2.2.1 Βασικά στοιχεία εκτίμησης κινδύνων	15
2.2.2 Εκτίμηση ημερήσιας έκθεσης σε κραδασμούς	16
2.3 Εξάλειψη ή μείωση έκθεσης από μηχανικούς κραδασμούς	18
2.3.1 Μέτρα προστασίας από μηχανικούς κραδασμούς σε εργασιακό περιβάλλον	20
2.4 Επίβλεψη υγείας εργαζομένων	27
2.4.1 Πότε κρίνεται απαραίτητη η επίβλεψη υγείας.....	28
2.4.2 Τεχνικές επίβλεψης υγείας εργαζομένων	29
2.4.3 Απαραίτητες ενέργειες κατόπιν διάγνωσης δυσμενούς επίπτωσης κραδασμών σε εργαζόμενο	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Μεθοδολογία μέτρησης και αξιολόγησης μηχανικών κραδασμών στον εργασιακό χώρο.....	32

3.1 Παράμετροι μέτρησης.....	32
3.1.1 Μετατόπιση - Ταχύτητα - Επιτάχυνση	32
3.1.2 Συχνότητα και στάθμιση συχνοτήτων	33
3.2 Όργανα και διαδικασία μέτρησης.....	35
3.2.1 Όργανα μέτρησης	35
3.2.2 Διαδικασία μέτρησης.....	37
3.3 Υπολογισμοί βασικών μεγεθών για κραδασμούς	40
3.3.1 Υπολογισμός βασικών μεγεθών για κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα του πηγεοκαρπικού άξονα	40
3.3.2 Υπολογισμός βασικών μεγεθών για κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα.....	41
3.4 Υπολογισμοί και αξιολόγηση μετρήσεων	42
3.4.1 Ανάλυση κραδασμών σε σχέση με το χρόνο μέτρησης.....	42
3.4.2 Ανάλυση κραδασμών ανά συχνότητα.....	43
3.4.3 Υπολογιστικό φύλλο για ανάλυση και αξιολόγηση μηχανικών κραδασμών στην περιοχή των συχνοτήτων.....	48
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Εφαρμογή της μεθοδολογίας μέτρησης - Αξιολόγηση των κραδασμών.....	58
4.1 Εφαρμογή της μεθοδολογίας μέτρησης για έκθεση σε κραδασμούς του συστήματος χειρός - βραχίονα.....	58
4.2 Μετρήσεις για έκθεση σε κραδασμούς σε ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα.....	67
4.2.1 Μετρήσεις κραδασμών σε οδηγό ελαστικοφόρου οχήματος με υδραυλική σφύρα.....	70
4.2.2 Μετρήσεις κραδασμών σε οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα.....	85
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - Συμπεράσματα - Προτάσεις	94
5.1 Συμπεράσματα	94
5.2 Προτάσεις για περαιτέρω μελέτη/έρευνα	97
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	99
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	100
ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ	100
ΔΙΕΘΝΗ ΠΡΟΤΥΠΑ	101

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ	102
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. Περιγραφή λειτουργίας του οργάνου SVAN 106 για τη λήψη των μετρήσεων και του λογισμικού SVANPC++ για την επεξεργασία τους.....	103
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. Τυπικές τιμές έντασης κραδασμών για οχήματα και εργαλεία ...	118
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ. Αρχεία μετρήσεων και διαγράμματα συχνοτικής ανάλυσης σύμφωνα με το πρότυπο ISO 5349	120

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύσσεται μια μεθοδολογία εκτίμησης του εργασιακού κινδύνου από μηχανικούς κραδασμούς οι οποίοι δημιουργούνται κατά τη διάρκεια διαφόρων εργασιών τόσο στα μεταλλευτικά όσο και στα τεχνικά έργα. Περιλαμβάνει τόσο τους κραδασμούς για ολόκληρο το σώμα, όσο και για το σύστημα χειρός-βραχίονα (πηγεοκαρπικός άξονας). Η διάρθρωση της εργασίας έχει ως εξής: Αρχικά γίνεται η περιγραφή των μηχανικών κραδασμών (τρόποι δημιουργίας, φυσικά μεγέθη που μετρώνται), αναφέρονται οι συνέπειες τους στον ανθρώπινο οργανισμό και τα όρια έκθεσης με βάση την ισχύουσα νομοθεσία.

Ακολούθως αναπτύσσεται η μεθοδολογία η οποία θα πρέπει να εφαρμοστεί για την εκτίμηση του κινδύνου λόγω των μηχανικών κραδασμών τονίζοντας τρία βασικά σημεία, αυτά της αξιολόγησης του κινδύνου, της εξάλειψης ή μείωσης της έκθεσης και της επίβλεψης υγείας. Εν συνεχεία παρατίθεται η ανάπτυξη της μεθοδολογίας μέτρησης και αξιολόγησης μηχανικών κραδασμών (χρονική και συχνοτική ανάλυση). Η μεθοδολογία μέτρησης και αξιολόγησης εφαρμόστηκε σε δύο μετρήσεις που πάρθηκαν στο εργαστήριο, για το σύστημα χειρός-βραχίονα και στη συνέχεια σε τέσσερις μετρήσεις που πάρθηκαν σε μηχανοκίνητα οχήματα εν ώρα εργασίας για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα. Τέλος, έγινε αναλυτική παρουσίαση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

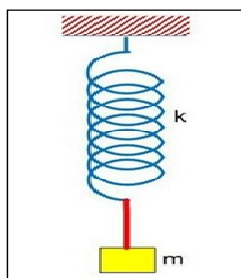
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - Εισαγωγή

1.1 Μηχανικοί κραδασμοί στην εργασία και τα χαρακτηριστικά τους

Οι κραδασμοί που επιδρούν στο ανθρώπινο σώμα κατά την εκτέλεση διαφόρων εργασιών είναι μηχανικές ταλαντώσεις που διαδίδονται μέσω στερεών σωμάτων, με αποτέλεσμα τη μεταφορά μηχανικής ενέργειας από μηχανές ή εργαλεία στον εργαζόμενο.

Οι κραδασμοί που προέρχονται από τον μηχανολογικό εξοπλισμό οφείλονται σε αιτίες όπως είναι οι μη τέλει περιστροφικές (έκκεντρες) και παλινδρομικές κινήσεις κινούμενων μερών και η άσκηση ανομοιομόρφων δυνάμεων που μπορεί να οφείλονται στον μη ενδεδειγμένο τρόπο χρήσης του εξοπλισμού ή και σε κατασκευαστικές του ατέλειες. Παρόλο που η βελτίωση του εξοπλισμού εργασίας σε σχέση με την παραγωγή κραδασμών είναι δυνατή και έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο τα τελευταία χρόνια, η παντελής εξάλειψη του προβλήματος των κραδασμών στον εργασιακό χώρο είναι εξαιρετικά δύσκολη.

Οι μηχανικοί κραδασμοί αποτελούν ένα είδος ταλάντωσης. Στη Φυσική με τον όρο ταλάντωση χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε παλινδρομική περιοδική μεταβολή οποιουδήποτε φυσικού μεγέθους γύρω από μία κεντρική τιμή. Με άλλα λόγια ταλάντωση είναι η αρμονική μεταβολή μεγέθους, γύρω από μία τιμή, η οποία επαναλαμβάνεται. Μια τυπική διάταξη ταλάντωσης που χρησιμοποιείται για την περιγραφή απλών μηχανικών δονήσεων απεικονίζεται στο σχήμα 1.1. Αποτελείται από μια μάζα, m , αναρτημένη σε ένα ελατήριο με σταθερά ελαστικότητας k . Η επίδραση μια δύναμης στη μάζα m την εξαναγκάζει σε παλινδρομική κίνηση γύρω από μια μέση θέση ισορροπίας (Μπουζάκης, 1997).



Σχήμα 1.1: Τυπική διάταξη για την περιγραφή μηχανικών κραδασμών, αποτελούμενη από μάζα m , αναρτημένη σε ελατήριο με σταθερά k (<http://ylikonet.gr>).

Οι μηχανικοί κραδασμοί χαρακτηρίζονται από φυσικά μεγέθη, τα κυριότερα των οποίων είναι (Γαλετάκης, 2007):

- Η περίοδος (T): ονομάζεται το χρονικό διάστημα που χρειάζεται, για να ολοκληρωθεί μία επανάληψη του φαινομένου. Συμβολίζεται με T και μετριέται σε s (δευτερόλεπτα). Εξ ορισμού προκύπτει ότι:

$$T = \frac{\Delta t}{N} \quad (1.1)$$

όπου N είναι ο αριθμός των επαναλήψεων που έγιναν σε χρονικό διάστημα Δt .

- Η συχνότητα (f): ονομάζεται ο αριθμός των επαναλήψεων που έγιναν στη μονάδα του χρόνου, δηλαδή ο αριθμός των επαναλήψεων διά του χρονικού διαστήματος στο οποίο μετρήθηκε. Εξ ορισμού προκύπτει ότι:

$$f = \frac{N}{\Delta t} \quad (1.2)$$

μετριέται σε s^{-1} ή σε Hz.

- Το πλάτος ταλάντωσης (A): Συμβολίζεται με A και μετριέται σε μονάδες μήκους, συνήθως μέτρα. Το πλάτος μιας ταλάντωσης δεν είναι πάντα σταθερό και εξαρτάται, όπως και η φάση, από τον χρόνο.
- Η ταχύτητα (v): Εκφράζει τον ρυθμό μεταβολής της θέσης ενός σώματος, δηλαδή πόσο διάστημα διανύει, στη μονάδα του χρόνου και συνήθως δίνεται σε m/s. Εξ ορισμού προκύπτει ότι:

$$v = \frac{dx}{dt} \quad (1.3)$$

- Η επιτάχυνση (a) : Εκφράζει τον ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας ενός σώματος και συνήθως δίνεται σε m/s^2 . Εξ ορισμού προκύπτει ότι:

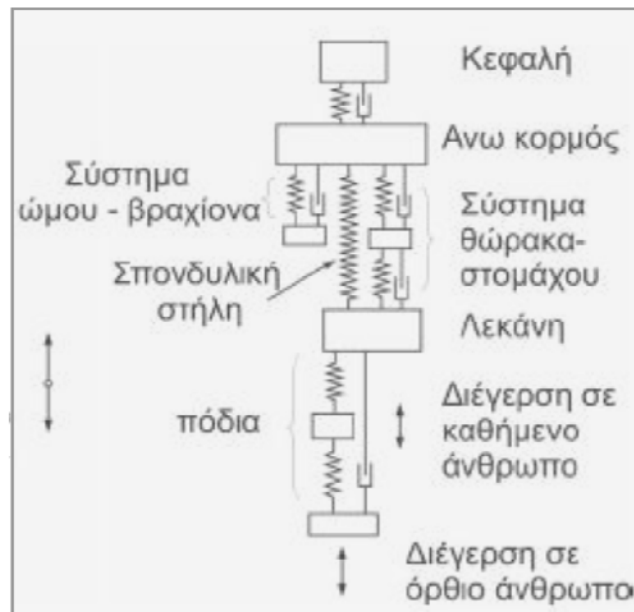
$$a = \frac{dv}{dt} \quad (1.4)$$

1.2 Η επίδραση των μηχανικών κραδασμών στο ανθρώπινο σώμα

Το ανθρώπινο σώμα είναι ένα αρκετά περίπλοκο σύστημα και η αντίδραση του στους μηχανικούς κραδασμούς εξαρτάται τόσο από τα φυσικά χαρακτηριστικά των κραδασμών (κυρίως τη συχνότητα) όσο και από τον τρόπο επιβολής των κραδασμών (επιφάνεια επαφής σώματος-δονούμενου μέρους). Οι βασικοί τρόποι μετάδοσης των μηχανικών κραδασμών στον ανθρώπινο οργανισμό είναι (Γαλετάκης, 2007):

- μέσω της επιφάνειας στηρίξεως του, η οποία διαμορφώνεται ανάλογα με τη στάση που έχει το σώμα (όρθιο, καθιστό, ύπτιο), και
- μέσω των άνω άκρων (πηχεοκαρπικός άξονας).

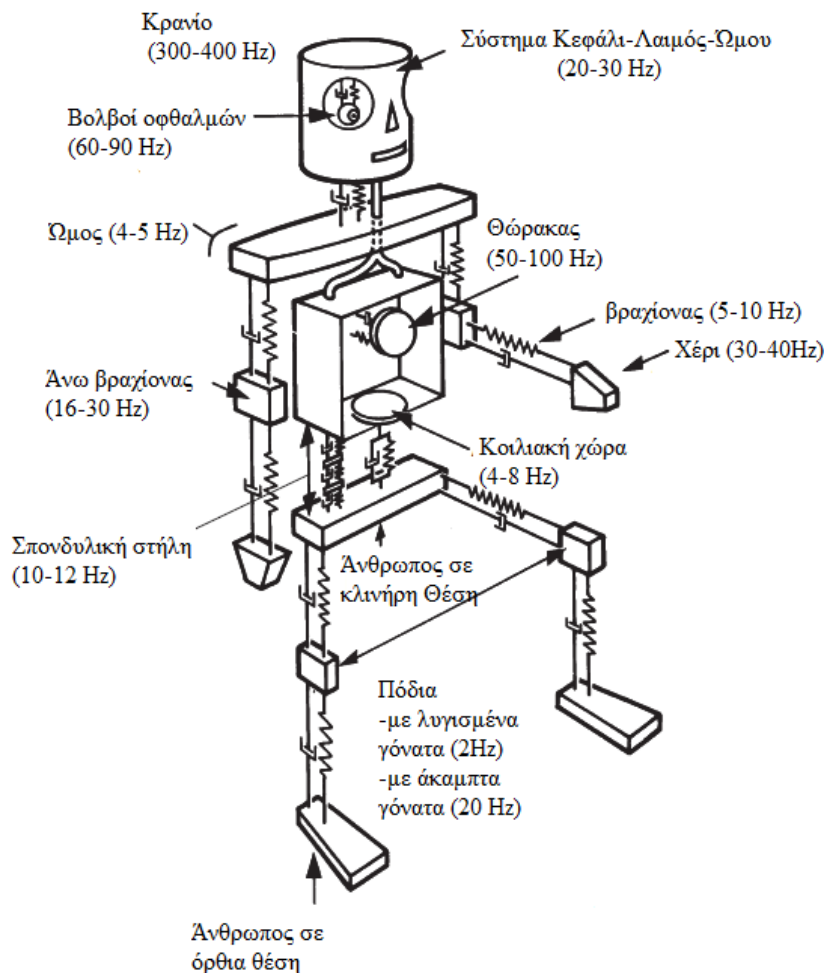
Ανάλογα με τη συχνότητα των μηχανικών κραδασμών οι αντιδράσεις του σώματος και των επιμέρους οργάνων του είναι διαφορετικές. Για συχνότητες κάτω από 2 Hz το ανθρώπινο σώμα αντιδρά σαν μια ομοιογενής μάζα. Το μυϊκό σύστημα αντιδρά με σύσπαση των ινών των μυών του, η οποία αντισταθμίζει τη δύναμη που εφαρμόζεται στο σώμα. Σε αυτές τις συχνότητες τα συμπτώματα είναι ανάλογα με την ενέργεια που δέχεται το σώμα. Στις συχνότητες από 2 έως 80 Hz, το μυϊκό σύστημα δεν μπορεί να ελέγξει τις ταλαντώσεις που υφίστανται τα διάφορα μέρη του σώματος. Κάθε ένα τμήμα του σώματος αντιδρά κατά διαφορετικό τρόπο ανάλογα με την ύλη που αποτελείται, την αδράνεια του, και την ιδιοσυχνότητά του. Στην προκειμένη περίπτωση συμπεριφέρεται σαν ένα σύνολο μικρών σωμάτων, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με ελαστικούς ή/και πλαστικούς συνδέσμους. Σε γενική θεώρηση το ανθρώπινο σώμα μπορεί να προσομοιωθεί σαν ένα σύνολο μαζών, οι οποίες είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους με ελατήρια τα οποία έχουν και στοιχεία απόσβεσης. Ο κορμός αποτελεί μια ομοιογενή μάζα που στηρίζεται στη σπονδυλική στήλη και στη λεκάνη. Τα όργανα που περιλαμβάνονται στη θωρακική χώρα, στην κοιλιακή (συμπεριλαμβανομένων και των μυών), τα άνω άκρα (ωμοπλάτη - βραχίονας), το κεφάλι συμπεριφέρονται σαν αυτόνομα συστήματα. Τυπική θεώρηση του ανθρώπινου σώματος κατά Coergman απεικονίζεται στο σχήμα 1.2 (Μαραγκουδάκης, 2012).



Σχήμα 1.2: Δυναμικό ισοδύναμο μοντέλο του ανθρώπινου σώματος κατά Coerman (Μαραγκουδάκης, 2012).

Οι μηχανικοί κραδασμοί άνω των 80 Hz απορροφώνται εύκολα από το ανθρώπινο σώμα ενώ τα εμφανιζόμενα συμπτώματα παρατηρούνται γύρω από το σημείο που εφαρμόζεται η δύναμη που προκαλεί τους κραδασμούς. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι σε τόσο υψηλές συχνότητες διέγερσης υπάρχει κίνδυνος συντονισμών συγκεκριμένων οργάνων του ανθρώπινου σώματος. Το φαινόμενο αυτό όμως είναι πολύ δύσκολο να διαπιστωθεί αφού η καταγραφή αυτών των συντονισμών είναι ανασφαλής, μια και σε υψηλές συχνότητες οι αποσβέσεις είναι εντονότερες και οι παρατηρήσεις δυσκολότερες (Μαραγκουδάκης, 2012).

Αναλυτικότερα, η συχνότητα διέγερσης λόγω της διαφορετικής ενέργειας συντονισμού διαταράσσει το ανθρώπινο σώμα σε καθιστή θέση όσον αφορά τον κάθετο άξονα στα 4-6 Hz, σε όρθια θέση στα 5-12 Hz, το σύστημα κεφαλής-λαιμού-ώμου στα 20-30 Hz, τους βολβούς των οφθαλμών στα 60-90Hz, το σύστημα σιαγόνα-κρανίου στα 100-200Hz και το κρανίο στα 300-400Hz, το χέρι στα 30-40 Hz (Brauer, 2006), το βραχίονα στα 5-10 Hz, τον άνω βραχίονα στα 16-30 Hz, τον ώμο στα 4-5 Hz, τα πόδια με λυγισμένα γόνατα στα 2 Hz, με άκαμπτα γόνατα στα 20 Hz, την κοιλιακή χώρα στα 4-8 Hz και την σπονδυλική στήλη στα 10-12 Hz (Briel & Kjaer, 1989). Στο σχήμα 1.3 απεικονίζονται σε ένα μηχανικό ανθρώπινο μοντέλο οι συχνότητες διαταραχής για κάθε μέρος του ανθρώπινου σώματος.



Σχήμα 1.3: Απεικόνιση μηχανικού ισοδύναμου του ανθρώπινου σώματος με τις αντίστοιχες βλαβερές συχνότητες για κάθε μέρος του (Bruel & Kjaer, 1989).

1.2.1 Κραδασμοί που επιδρούν σε ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα και οι συνέπειες τους

Οι μηχανικοί κραδασμοί μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα συνήθως από την επιφάνεια στήριξης (τα πόδια, τους γλουτούς, την πλάτη κ.τ.λ.). Οι μηχανικοί κραδασμοί που επιδρούν σε ολόκληρο το σώμα προέρχονται από χρήση μεταφορικών μέσων, ή άλλων μηχανημάτων, όπως τα διατρητικά φορεία (σχήμα 1.4) και γενικά από εργασίες που εκτελούνται σε δονούμενα πατώματα και είναι συνήθως χαμηλής συχνότητας (2- 15Hz).



Σχήμα 1.4: Διατρητικό φορείο (jumbo drill) με δύο διατρητικούς βραχίονες (μπούμες) που χρησιμοποιείται για την διάνοιξη διατρημάτων σε υπόγεια μεταλλευτικά και τεχνικά έργα (www.metal.ntua.gr).

Η ημερήσια έκθεση σε τέτοιου είδους κραδασμούς, επί σειρά ετών μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές σωματικές βλάβες όπως για παράδειγμα η ισχαιμική οσφυαλγία (κάτω από 40 Hz). Η ισχαιμική οσφυαλγία επηρεάζει το κατώτερο τμήμα του νωτιαίου μυαλού. Επίσης μελέτες από Kroemer και Grandjean (1997) δείχνουν ότι δονήσεις μεταξύ 2,5 και 5 Hz επηρεάζουν τους σπονδύλους του αυχένα και η οσφυϊκή περιοχή. Κραδασμοί μεταξύ 4 και 6 Hz επηρεάζουν τους ώμους και το λαιμό, και δονήσεις μεταξύ 20 και 30 Hz δημιουργούν τον ισχυρότερο συντονισμό μεταξύ κεφαλιού και των ώμων των καθήμενων ατόμων. Ασθένειες κινήσεων εμφανίζονται στην περιοχή 0,2-0,7 Hz, με την μεγαλύτερη επίδραση στα 0,3 Hz (Tillman, 2007).

Η έκθεση επίσης μπορεί να επηρεάσει το κυκλοφορικό ή το ουρολογικό σύστημα του εκτεθειμένου εργαζομένου, να προκαλέσει πονοκεφάλους, ναυτία και αϋπνία, διαταραχές του πεπτικού συστήματος, ενώ η μακροχρόνια έκθεση οδηγεί σε βλάβες της σπονδυλικής στήλης, διαταραχές του καρδιακού ρυθμού, καθώς και προβλήματα στην ισορροπία και στις κινήσεις. Επίσης σε εργαζομένους που εκτίθενται σε κραδασμούς όντας σε καθιστή θέση μπορεί να εμφανιστούν φλεβίτιδα και

αιμορροΐδες. Τέλος έχει παρατηρηθεί ότι γυναίκες που εκτίθενται σε κραδασμούς έχουν επιπτώσεις στο αναπαραγωγικό τους σύστημα (Griffin et al. 2007).

1.2.2 Κραδασμοί που επιδρούν στο σύστημα χειρός - βραχίονα (πηγεοκαρπικός άξονας) και οι συνέπειες τους

Οι μηχανικοί κραδασμοί στο σύστημα χειρός-βραχίονα μεταδίδονται μέσω της παλάμης και των δακτύλων. Οι κραδασμοί αυτοί προέρχονται από χρήση ηλεκτροκίνητων ή μηχανοκίνητων εργαλείων, όπως τρυπάνια, αλυσοπρίονα και άλλα κρουστικά ή περιστροφικά εργαλεία και είναι συνήθως υψηλής συχνότητας ($> 15\text{Hz}$). Οι κίνδυνοι από τους κραδασμούς στο σύστημα χειρός-βραχίονα αφορούν εργαζομένους σε πολλούς κλάδους και σε διάφορα επαγγέλματα. Όσο περισσότερους κραδασμούς παράγει ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός και όσο πιο παρατεταμένη και τακτική είναι η χρήση του, τόσο μεγαλύτεροι είναι οι κίνδυνοι. Ωστόσο, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι οι πηγές κινδύνου κραδασμών μπορούν να τεθούν υπό έλεγχο και ότι οι κίνδυνοι μπορούν να μειωθούν μέσω της καλής διαχείρισης. Επίσης, το σχετικό κόστος δεν είναι απαραίτητα υψηλό και μπορεί να αντισταθμιστεί από το όφελος της διατήρησης της καλής υγείας των εργαζομένων. Επιπλέον, τα μέτρα ελέγχου των κραδασμών σε πολλές περιπτώσεις έχουν οδηγήσει σε βελτίωση της αποτελεσματικότητας (YEKA, 2010).



Σχήμα 1.5: Κρουστικό τρυπάνι (<http://www.hiresops.gr>).

Η εκτεταμένη έκθεση σε τέτοιου είδους κραδασμούς προκαλεί διάφορες νευροαγγειακές, οστεοαθριτικές και μυϊκές παθήσεις, η εκδήλωση των οποίων εξαρτάται από τη συχνότητα των κραδασμών (YEKA, 2010).

Οι κραδασμοί συχνότητας 15-50 Hz προσβάλλουν τα οστά και ειδικότερα τις αρθρώσεις των άκρων. Παθολογικές εκδηλώσεις παρουσιάζονται στην κατ' αγκώνα άρθρωση με εκδηλώσεις αρθροπάθειας του αγκώνα και σπανιότερα στην πηγεοκαρπική άρθρωση, όπως είναι η μικροτραυματική ψευδάρθρωση του σκαφοειδούς οσταρίου (νόσος του Kohler) και η άσηπτος νέκρωση του μηνοειδούς οσταρίου γνωστή ως νόσος του Kienbock. Οι νευροαγγειακές εκδηλώσεις παρουσιάζονται μετά τα 50 Hz με κυριότερα προβλήματα το σύνδρομο του καρπιαίου σωλήνα και το φαινόμενο του νεκρού ή λευκού δακτύλου γνωστό ως «σύνδρομο Reynaud's» στο οποίο μετά από έκθεση στο ψύχος τα δάκτυλα των χεριών γίνονται ψυχρά, ωχρά και κυανωτικά με έντονη υπαισθησία όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 1.6. Αν η έκθεση σε κραδασμούς συνεχιστεί και μετά την εκδήλωση των πρώτων συμπτωμάτων, η εμφάνιση της λεύκανσης γίνεται συχνότερη επηρεάζοντας περισσότερα δάκτυλα. Επίσης ο εργαζόμενος που εμφανίζει τη λεύκανση των δακτύλων μπορεί να υποστεί εξασθένηση της αίσθησης της αφής και της επιδεξιότητας του χεριού με αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου ατυχημάτων στην εργασία (YEKA, 2010).



Σχήμα 1.6: Σύνδρομο Reynaud's (Griffin et al., 2007).

Σε συχνότητες μεγαλύτερες των 300 Hz παρουσιάζονται νευροαισθητηριακές διαταραχές που χαρακτηρίζονται από υπαισθησία και ελαφρούς μυϊκούς πόνους (ΥΕΚΑ, 2010).

1.3 Νομοθεσία

Για κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χειρός-βραχίονα (πηχεοκαρπικός άξονας) καθώς και για κραδασμούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα, οι ημερήσιες οριακές τιμές έκθεσης και οι τιμές έκθεσης για την ανάληψη δράσης, καθορίζονται στο Π.Δ 176/2005. Οι τιμές αυτές για κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα άκρας χειρός-βραχίονα, αναγόμενες σε χρονική περίοδο αναφοράς 8 ωρών, είναι:

- η ημερήσια οριακή τιμή έκθεσης 5 m/s^2 και
- η ημερήσια τιμή έκθεσης για την ανάληψη δράσης $2,5 \text{ m/s}^2$.

Οι τιμές για κραδασμούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα, αναγόμενες σε χρονική περίοδο αναφοράς 8 ωρών, είναι:

- η ημερήσια οριακή τιμή έκθεσης $1,15 \text{ m/s}^2$ και
- η ημερήσια τιμή έκθεσης για την ανάληψη δράσης $0,5 \text{ m/s}^2$.

Η έκθεση των εργαζομένων σε κραδασμούς που μεταδίδονται είτε στο σύστημα άκρας χειρός-βραχίονα είτε σε ολόκληρο το σώμα, εκτιμάται ή μετράται βάσει των διατάξεων του παραρτήματος του άρθρου 10 του Π.Δ 176/2005 (μέρη Α και Β) σημείο 1 για την εκτίμηση και σημείο 2 για την μέτρηση). Το επίπεδο έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς μπορεί να εκτιμηθεί με παρατήρηση συγκεκριμένων εργασιακών πρακτικών και με αναφορά σε κατάλληλες πληροφορίες σχετικά με το πιθανό μέγεθος των κραδασμών και τον εξοπλισμό ή το είδος του εξοπλισμού υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες χρήσης, συμπεριλαμβανομένων των πληροφοριών που προέρχονται από τον κατασκευαστή του εξοπλισμού. Η εν λόγω εκτίμηση διαφέρει από τη μέτρηση, η οποία απαιτεί τη χρησιμοποίηση συγκεκριμένων οργάνων μέτρησης και κατάλληλη μεθοδολογία.

Ο εργοδότης πρέπει να έχει στη διάθεσή του μια γραπτή εκτίμηση των κινδύνων και να επισημαίνει τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την αποφυγή ή τη μείωση της έκθεσης και την ατομική προστασία από τους μηχανικούς κραδασμούς οι οποίοι πρέπει να εξαλείφονται στην πηγή προέλευσής τους ή να περιορίζονται στο ελάχιστο.

Η εκτίμηση αυτή μπορεί να περιλαμβάνει αιτιολόγηση εκ μέρους του εργοδότη για το ότι η φύση και η έκταση των κινδύνων που σχετίζονται με μηχανικούς κραδασμούς καθιστούν μη αναγκαία μια περαιτέρω λεπτομερή εκτίμηση των κινδύνων. Η εκτίμηση των κινδύνων επανεξετάζεται και αναθεωρείται τακτικά ιδίως όταν έχουν επέλθει σημαντικές μεταβολές που μπορεί να την καθιστούν ξεπερασμένη ή όταν φαίνεται να το επιβάλλουν τα αποτελέσματα της επίβλεψης της υγείας.

Με βάση την εκτίμηση των κινδύνων που προβλέπεται σε προηγούμενη παράγραφο, εάν η έκθεση υπερβεί τις τιμές για ανάληψη δράσης όπως ορίστηκαν στην παράγραφο 1 του παρόντος, ο εργοδότης καταρτίζει και εφαρμόζει πρόγραμμα το οποίο συνίσταται σε τεχνικά και/ή οργανωτικά μέτρα, με σκοπό την ελαχιστοποίηση της έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς και των συνεπαγομένων κινδύνων, λαμβάνοντας υπόψη ιδίως:

- άλλες μεθόδους εργασίας που συνεπάγονται μικρότερη έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς,
- την επιλογή κατάλληλου εξοπλισμού εργασίας, ο οποίος είναι ορθά σχεδιασμένος από εργονομική άποψη και παράγει, λαμβάνοντας υπόψη την πραγματοποιούμενη εργασία, τους ελάχιστους δυνατούς κραδασμούς,
- την παροχή βοηθητικού εξοπλισμού που περιορίζει τους κινδύνους βλαβών που οφείλονται στους κραδασμούς, όπως π.χ. καθίσματα που μειώνουν αποτελεσματικά τους κραδασμούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα και λαβές που περιορίζουν τους κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα άκρας χειρός - βραχίονα,
- κατάλληλα προγράμματα συντήρησης του εξοπλισμού εργασίας, του χώρου εργασίας και των συστημάτων στο χώρο εργασίας,
- το σχεδιασμό και τη διαμόρφωση των χώρων και θέσεων εργασίας,
- την επαρκή ενημέρωση και την εκπαίδευση ώστε οι εργαζόμενοι να χρησιμοποιούν ορθά και με ασφαλή τρόπο τον εξοπλισμό εργασίας για να περιορίζουν στο ελάχιστο την έκθεσή τους σε μηχανικούς κραδασμούς,
- τον περιορισμό της διάρκειας και της έντασης της έκθεσης,
- την κατάλληλη οργάνωση του ωραρίου εργασίας προβλέποντας επαρκείς περιόδους ανάπαυσης,
- την παροχή στους εκτιθέμενους εργαζόμενους κατάλληλων ενδυμάτων προστασίας από το κρύο και την υγρασία.

Εάν, παρά τα μέτρα που λαμβάνονται, σημειώνονται εκθέσεις άνω των οριακών τιμών έκθεσης ο εργοδότης οφείλει:

- να αναλάβει αμέσως δράση, για να μειώσει την έκθεση κάτω των οριακών τιμών έκθεσης,
- να εντοπίσει τους λόγους που προκάλεσαν την υπέρβαση των οριακών τιμών έκθεσης και
- να προσαρμόσει τα μέτρα προστασίας και πρόληψης προκειμένου να αποφευχθεί τυχόν επανάληψη της υπέρβασης.

Ο εργοδότης διασφαλίζει ότι στους εργαζόμενους οι οποίοι εκτίθενται σε κινδύνους από μηχανικούς κραδασμούς κατά την εργασία ή/και στους εκπροσώπους τους, παρέχεται ενημέρωση και εκπαίδευση σε σχέση με το αποτέλεσμα της εκτίμησης των κινδύνων και ιδίως σχετικά με:

- τα μέτρα που λαμβάνονται κατ' εφαρμογή του παρόντος για την εξάλειψη ή την ελαχιστοποίηση των κινδύνων που προκύπτουν από τους μηχανικούς κραδασμούς,
- τις οριακές τιμές έκθεσης και τις τιμές έκθεσης για την ανάληψη δράσης,
- τα αποτελέσματα της εκτίμησης και της μέτρησης των μηχανικών κραδασμών και τις βλάβες υγείας που είναι δυνατόν να προκληθούν από τον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό εργασίας,
- τη χρησιμότητα και τις μεθόδους εντοπισμού και επισήμανσης των συμπτωμάτων των βλαβών,
- τις συνθήκες υπό τις οποίες οι εργαζόμενοι έχουν δικαίωμα επίβλεψης της υγείας τους,
- ασφαλείς εργασιακές πρακτικές για την ελαχιστοποίηση της έκθεσης στους μηχανικούς κραδασμούς.

Εάν τα αποτελέσματα της εκτίμησης κινδύνου καταδεικνύουν κίνδυνο για την υγεία των εργαζομένων, διενεργείται επίβλεψη της υγείας των εργαζομένων σύμφωνα με τις ισχύουσες σχετικές ρυθμίσεις στην νομοθεσία για την ασφάλεια και υγεία των εργαζομένων. Η επίβλεψη της υγείας αποσκοπεί στην πρόληψη και ταχεία διάγνωση κάθε πάθησης που συνδέεται με την έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς. Τα αποτελέσματα της επίβλεψης της υγείας πρέπει να συνεκτιμώνται κατά την εφαρμογή προληπτικών μέτρων στους συγκεκριμένους χώρους εργασίας.

Η επίβλεψη της υγείας ενδείκνυται όταν: η έκθεση των εργαζομένων σε κραδασμούς

είναι τέτοια, ώστε μια διαγνώσιμη ασθένεια ή δυσμενής επίπτωση επί της υγείας μπορεί να συνδεθεί με την έκθεση αυτή, υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες εργασίας του εργαζομένου, υπάρχει πιθανότητα να εμφανισθεί η εν λόγω ασθένεια ή να επέλθει η δυσμενής επίπτωση και υπάρχουν έγκυρες τεχνικές που επιτρέπουν την διάγνωση της ασθένειας ή των δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία.

Σε κάθε περίπτωση, ο εργαζόμενος που εκτίθεται σε μηχανικούς κραδασμούς υψηλότερους από τις τιμές που καθορίζονται στην παράγραφο 1 του παρόντος ως τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης, έχει το δικαίωμα να τύχει της κατάλληλης επίβλεψης της υγείας.

Όταν, ως αποτέλεσμα της επίβλεψης της υγείας, διαπιστώνεται ότι ένας εργαζόμενος πάσχει από διαγνώσιμη ασθένεια ή έχει υποστεί δυσμενή επίπτωση στην υγεία του η οποία, κατά την εκτίμηση του ιατρού εργασίας ή ειδικού της αρμόδιας Επιθεώρησης Εργασίας ή μεταλλείων, οφείλεται στην έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς κατά την εργασία, πέραν των δράσεων που αναλαμβάνει ο ιατρός εργασίας, ο εργοδότης θα πρέπει: να επανεξετάζει την εκτίμηση των κινδύνων και τα ληπτέα μέτρα που προβλέπονται για την εξάλειψη ή τη μείωση των κινδύνων, να λαμβάνει υπόψη τη γνώμη του ιατρού εργασίας και του τεχνικού ασφάλειας σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 3850/2010 (ΦΕΚ 84/Α/2.6.2010), όπως ισχύει, προκειμένου να εφαρμόσει τα μέτρα τα οποία απαιτούνται για την εξάλειψη ή τη μείωση των κινδύνων, συμπεριλαμβανομένης της περίπτωσης τοποθέτησης του εργαζομένου σε άλλη θέση εργασίας, όπου δεν υπάρχει κίνδυνος περαιτέρω έκθεσής του και να μεριμνά για τη συστηματική επίβλεψη της υγείας και να λαμβάνει μέτρα για την επανεξέταση της κατάστασης της υγείας κάθε άλλου εργαζομένου που έχει υποστεί ανάλογη έκθεση.

Ιδιαίτερα ευαίσθητες ομάδες κινδύνου πρέπει να προστατεύονται από τους κινδύνους που τις αφορούν ειδικότερα. Για το σκοπό αυτό ο εργοδότης προσαρμόζει τα μέτρα που προβλέπονται στο παρόν άρθρο προς τις απαιτήσεις των εργαζομένων που ανήκουν σε ιδιαίτερα ευαίσθητες ομάδες κινδύνου.

Υπό δεόντως αιτιολογημένες συνθήκες, μετά από γνωμοδότηση του Συμβουλίου Ασφάλειας και υγείας της Εργασίας (Σ.Υ.Α.Ε.) σύμφωνα με το άρθρο 26 του Ν. 3850/2010 (ΦΕΚ 84/Α/2.6.2010) όπως ισχύει, για δραστηριότητες όπου η έκθεση εργαζομένου σε μηχανικούς κραδασμούς είναι, κατά γενικό κανόνα, κατώτερη από τις τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης που καθορίζονται κατά περίπτωση στην

παράγραφο 1 του παρόντος αλλά κυμαίνεται αισθητά χρονικά και ενδέχεται περιστασιακά να υπερβεί την οριακή τιμή έκθεσης, είναι δυνατόν κατ' εξαίρεση να χορηγηθούν παρεκκλίσεις από αυτήν.

Ωστόσο, η μέση τιμή έκθεσης σε κραδασμούς στο διάστημα 40 ωρών πρέπει να είναι μικρότερη της οριακής τιμής έκθεσης και πρέπει να υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία για το ότι οι κίνδυνοι από το συγκεκριμένο τύπο έκθεσης είναι μικρότεροι από τους κινδύνους που προκύπτουν από έκθεση που αντιστοιχεί στην οριακή τιμή (ΚΜΛΕ, 2011).

1.3.1 Οδηγίες Ευρωπαϊκής Ένωσης

- Οδηγία 2002/44/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Ιουνίου 2002 περί των ελαχίστων προδιαγραφών υγείας και ασφαλείας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (κραδασμοί) (δέκατη έκτη ειδική οδηγία κατά την έννοια του άρθρου 16 παράγραφος 1 της οδηγίας 89/391/ΕΟΚ).
- Οδηγία 89/391/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 12ης Ιουνίου 1989 σχετικά με την εφαρμογή μέτρων για την προώθηση της βελτίωσης της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων κατά την εργασία.
- Οδηγία 2006/42/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 17ης Μαΐου 2006 σχετικά με τα μηχανήματα και την τροποποίηση της οδηγίας 95/16/EK (αναδιατύπωση)
- Οδηγία 98/37/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Ιουνίου 1998 για την προσέγγιση της νομοθεσίας των κρατών μελών σχετικά με τις μηχανές (καταργήθηκε από την οδηγία 2006/42/EK).
- Οδηγία 89/686/ΕΟΚ: Οδηγία του Συμβουλίου της 21ης Δεκεμβρίου 1989 για την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τα μέσα ατομικής προστασίας, όπως τροποποιήθηκε από τις οδηγίες 93/68/ΕΟΚ, 93/95/ΕΟΚ και 96/58/ΕΚ.
- Οδηγία του Συμβουλίου 89/656/ΕΟΚ της 30ής Νοεμβρίου 1989 σχετικά με τις ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας για τη χρήση από τους εργαζομένους εξοπλισμών ατομικής προστασίας κατά την εργασία (τρίτη ειδική οδηγία κατά την έννοια του άρθρου 16 παράγραφος 1 της οδηγίας 89/391/ΕΟΚ).

1.3.2 Νόμοι - Προεδρικά Διατάγματα - Κανονισμοί

- Π.Δ. 176/2005 (Φ.Ε.Κ. 227/Α) «Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (κραδασμοί), συμμόρφωση με την οδηγία 2002/44/ΕΚ».
- Νόμος 3850/2010 «Κύρωση του κώδικα Νόμων για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων» (Φ.Ε.Κ. 84/Α/2010).
- Κανονισμός μεταλλευτικών και λατομικών εργασιών (2011)
Άρθρο 26: «Προστασία των εργαζομένων από τους κραδασμούς».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - Μέθοδος εκτίμησης του κινδύνου από την έκθεση των εργαζομένων σε μηχανικούς κραδασμούς

2.1 Στάδια της διαδικασίας εκτίμησης του κινδύνου

Στο σχήμα 2.1 παρουσιάζονται τα στάδια που πρέπει να ακολουθούνται ώστε να εκτιμηθεί ο κίνδυνος των επιβλαβών μηχανικών κραδασμών.



Σχήμα 2.1: Στάδια διαδικασίας εκτίμησης κινδύνου από κραδασμούς.

2.2 Αξιολόγηση κινδύνου από μηχανικούς κραδασμούς

2.2.1 Βασικά στοιχεία εκτίμησης κινδύνων

Τα βασικά στοιχεία εκτίμησης κινδύνων από μηχανικούς κραδασμούς είναι τα εξής:

(α) Εντοπισμός θέσεων εργασίας που εκτίθενται σε κραδασμούς

Κίνδυνο αντιμετωπίζουν οι εργαζόμενοι οι οποίοι εκτίθενται καθημερινά, για μεγάλα χρονικά διαστήματα και σε μεγάλης έντασης μηχανικούς κραδασμούς. Η έκθεση σε κραδασμούς που επιδρούν σε ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα στους χώρους εργασίας μεταλλευτικών και τεχνικών έργων ως επί το πλείστον προκύπτουν από:

- την οδήγηση μηχανοκίνητων οχημάτων όπως λεωφορείων και φορτηγών αυτοκινήτων, και
- την εργασία σε δονούμενα πατώματα.

Έκθεση σε κραδασμούς, που επιδρούν στο σύστημα χειρός-βραχίονα, στους χώρους εργασίας μεταλλευτικών και τεχνικών έργων προκύπτουν από:

- Τη χρήση ηλεκτροκίνητων ή περιστρεφόμενων φορητών εργαλείων.
- Τη χρήση συσκευών/εργαλείων πεπιεσμένου αέρα.
- Τη χρήση αλυσοπρίονων.
- Τη στήριξη αντικείμενων κατά τη διάρκεια επεξεργασίας τους από κάποιο μηχάνημα (ΥΕΚΑ, 2010).

(β) Διαθέσιμα μέσα ελέγχου κινδύνου

Διαθέσιμα μέσα ελέγχου κινδύνου από μηχανικούς κραδασμούς είναι βιβλιογραφικά στοιχεία έντασης κραδασμών κοινών εργαλείων ή μηχανοκίνητων οχημάτων (Για περισσότερες λεπτομέρειες στο Παράρτημα Β), χρήση κατασκευαστικών δεδομένων που υποχρεούνται οι κατασκευαστές να παρέχουν σύμφωνα με την ευρωπαϊκή οδηγία 2006/42/ ΕΚ για μηχανικό εξοπλισμό και τέλος με χρήση εγκεκριμένου οργάνου μέτρησης.

(γ) Εκτίμηση της έκθεσης των εργαζομένων σε μηχανικούς κραδασμούς.

Για την εκτίμηση της έκθεσης χρησιμοποιούνται τα διαθέσιμα μέσα ελέγχου κινδύνου και συγκρίνονται με την οριακή τιμή έκθεσης και ανάλυσης δράσης που ορίζεται από τη νομοθεσία.

(δ) Καταγραφή εκτίμησης κινδύνου και των μέσων ελέγχου κινδύνου.

2.2.2 Εκτίμηση ημερήσιας έκθεσης σε κραδασμούς

Για να εκτιμηθεί η ημερήσια έκθεση σε κραδασμούς θα πρέπει να ακολουθηθούν τα εξής :

(α) Προσδιορισμός χρόνου έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς

Για να εκτιμηθεί η ημερήσια έκθεση σε κραδασμούς, A(8) ή η δόση VDV (Vibration Dose Value) αρχικά πρέπει να μας είναι γνωστή η συνολική ημερήσια διάρκεια έκθεσης σε κραδασμούς από κάθε όχημα, μηχάνημα, εργαλείο ή διαδικασία που χρησιμοποιείται. Δεν πρέπει να λησμονείται ότι πρέπει να μετρηθεί μόνο ο χρόνος

κατά τον οποίο ο εργαζόμενος εκτίθεται πράγματι σε κραδασμούς. Ο χρόνος κατά τον οποίο ο εργαζόμενος έχει αφήσει το εργαλείο ή το κρατά απλώς, χωρίς να το χρησιμοποιεί, δεν πρέπει να μετρηθεί. Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα στοιχεία του μεγέθους των κραδασμών βασίζονται σε μετρήσεις που γίνονται με το μηχάνημα εν λειτουργία, τότε που προσμετρείται και ο χρόνος έκθεσης του εργαζόμενου στους κραδασμούς.

Οι χειριστές μηχανημάτων ή οχημάτων, όταν ερωτούνται για τη συνήθη ημερήσια διάρκεια έκθεσής τους σε κραδασμούς, συνήθως δηλώνουν μια τιμή που περιλαμβάνει και περιόδους κατά τις οποίες δεν εκτίθενται σε κραδασμούς, π.χ. φόρτωση φορτηγού και χρόνος αναμονής. Ο χρόνος επαφής ή χρόνος λειτουργίας είναι ο χρόνος κατά τον οποίο τα χέρια πράγματι εκτίθενται σε κραδασμούς από το εργαλείο ή το προς κατεργασία κομμάτι. Ο χρόνος λειτουργίας συχνά είναι πολύ μικρότερος από το συνολικό χρόνο ενασχόλησης με την εκτελούμενη εργασία και συνήθως υπερεκτιμάται από τους χειριστές. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του χρόνου αυτού συχνά εξαρτάται από το αν η χρήση του εργαλείου είναι συνεχής ή διαλείπουσα. Όσον αφορά τους κραδασμούς σε ολόκληρο το σώμα η μεγαλύτερη έκθεση παρατηρείται όταν το όχημα κινείται. Ωστόσο, σε κάποιες περιπτώσεις η μεγαλύτερη έκθεση συμβαίνει όταν το όχημα είναι ακίνητο, π.χ. εκσκαφείς σε αναμονή χωματουργικού αυτοκίνητου. Με προσοχή επίσης πρέπει να μελετούνται και οι ακολουθούμενες εργασιακές πρακτικές, π.χ. κάποιοι εργαζόμενοι μπορεί να χειρίζονται μηχανήματα μόνο συγκεκριμένες ώρες της ημέρας. Πρέπει λοιπόν να προσδιορίζονται και οι συνήθειες εργασιακές πρακτικές διότι αποτελούν σημαντικό παράγοντα για τον υπολογισμό της πιθανής έκθεσης του εργαζομένου σε κραδασμούς (Griffin et al 2007).

(β) Υπολογισμός ημερήσιας έκθεσης

Η ημερήσια έκθεση σε κραδασμούς που μεταδίδονται στον άξονα χειρός-βραχίονα, υπολογίζεται βάσει της έντασης των κραδασμών (αποδίδεται από την επιτάχυνση) και του χρόνου έκθεσης. Όπως και η ένταση των κραδασμών, έτσι και η ημερήσια έκθεση σε κραδασμούς έχει ως μονάδα μέτρησης m/s^2 . Για περισσότερες από μία πηγές κραδασμών (για παράδειγμα, επειδή χρησιμοποιεί δύο ή περισσότερα διαφορετικά εργαλεία ή διαδικασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας), τότε υπολογίζονται οι μερικές εκθέσεις σε κραδασμούς με βάση την ένταση και τη διάρκεια καθεμιάς. Οι μερικές τιμές έκθεσης συνδυάζονται για να βρεθεί η συνολική

τιμή της ημερήσιας έκθεσης, $A(8)$, του εργαζομένου. Κάθε μερική έκθεση σε κραδασμούς εκφράζει τη συμβολή μιας συγκεκριμένης πηγής κραδασμών (εργαλείο ή διαδικασία) στη συνολική ημερήσια έκθεση του εργαζομένου. Γνωρίζοντας τις τιμές μερικής έκθεσης, μπορείτε να καθοριστούν προτεραιότητές όπως: τα εργαλεία ή οι διαδικασίες με τις υψηλότερες τιμές μερικής έκθεσης είναι αυτά στα οποία πρέπει να δοθεί προτεραιότητα για την εφαρμογή μέτρων ελέγχου. Η ημερήσια έκθεση σε κραδασμούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα εκτιμάται βάσει ενός εκ των δύο, ή συνδυαστικά και των δύο, ακόλουθων μεγεθών έκθεσης:

- Ημερήσια έκθεση σε κραδασμούς $A(8)$ ή
- Τιμή δόσης κραδασμών VDV.

Και τα δύο μεγέθη είναι συνάρτηση της τιμής κραδασμών, όπως αυτή προέκυψε από μετρήσεις. Το $A(8)$ απαιτεί και χρόνο έκθεσης. Εφόσον οι μετρήσεις της VDV γίνονται για διάστημα μικρότερο του πλήρους ωραρίου εργασίας (και αυτό συμβαίνει συνήθως), θα πρέπει να γίνει αναγωγή του αποτελέσματος των μετρήσεων στο σύνηθες ωράριο εργασίας (Griffin et al., 2007).

2.3 Εξάλειψη ή μείωση έκθεσης από μηχανικούς κραδασμούς

Η ανάπτυξη στρατηγικής μείωσης κινδύνου για κραδασμούς που επιδρούν στο σύστημα χειρός-βραχίονα αλλά και σε ολόκληρο το σώμα απαιτεί τις εξής ενέργειες:

(α) Ενημέρωση και συμμετοχή εργαζομένων

Η επιτυχής διαχείριση κινδύνων βασίζεται στη στήριξη και συμμετοχή των εργαζομένων και ιδίως των εκπροσώπων τους. Οι εκπρόσωποι των εργαζομένων μπορούν να λειτουργήσουν ως αποτελεσματικός διάυλος επικοινωνίας με το εργατικό δυναμικό και να βοηθήσουν τους εργαζομένους να κατανοήσουν και να αξιοποιήσουν τις πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια και την υγεία.

Ορισμένες λύσεις για τον έλεγχο των κραδασμών μπορεί να είναι αρκετά απλές, άλλες όμως συνεπάγονται αλλαγές του τρόπου οργάνωσης της εργασίας. Οι αλλαγές αυτές μπορούν να υλοποιηθούν αποτελεσματικά μόνο μέσω της διαβούλευσης με τους εκπροσώπους των εργαζομένων του χώρου εργασίας (Griffin et al 2007).

(β) Λήψη μέτρων προστασίας από κραδασμούς

Μέσω της εκτίμησης κινδύνων μπορούν να καθοριστούν τα μέτρα προστασίας που κρίνεται απαραίτητο να παρθούν. Κατά την εκτίμηση της έκθεσης σε κραδασμούς, πρέπει να συνεκτιμούνται οι διαδικασίες παραγωγής που τους προκαλούν. Αν γίνει

κατανοητός ο λόγος για τον οποίο οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε κραδασμούς, μπορούν να καθοριστούν οι μέθοδοι περιορισμού ή εξάλειψής τους. Αναλυτικότερα τα μέτρα προστασίας από μηχανικούς κραδασμούς αναπτύσσονται στο ακόλουθο υποκεφάλαιο 2.4.

(γ) Έλεγχος αποτελεσματικότητας μέτρων προστασίας από κραδασμούς

Η διαχείριση της έκθεσης σε κραδασμούς είναι μια συνεχής διαδικασία. Πρέπει να εξασφαλίσετε ότι τα μέτρα προστασίας από κραδασμούς χρησιμοποιούνται και ότι αποδίδουν τα προσδοκώμενα αποτελέσματα. Ως εκ τούτου θα πρέπει:

- να ελέγχεται τακτικά αν οι εργαζόμενοι εξακολουθούν να εφαρμόζουν τα μέτρα προστασίας και το εγκεκριμένο πρόγραμμα εργασιών,
- να ελέγχεται ο εξοπλισμός που προκαλεί κραδασμούς για τυχόν βλάβες ή δυσλειτουργία,
- να παρακολουθούνται τα αποτελέσματα των εξετάσεων επίβλεψης της υγείας των εργαζομένων και να συζητείται με τον ιατρό εργασίας για το αν τα μέτρα προστασίας είναι αποτελεσματικά ή πρέπει να τροποποιηθούν.

(δ) Επανεκτίμηση κινδύνου από κραδασμούς

Η εκτίμηση των κινδύνων από τους κραδασμούς πρέπει να διενεργείται εκ νέου και τα σχετικά μέσα ελέγχου κινδύνου να προσαρμόζονται, όποτε γίνονται αλλαγές στο χώρο εργασίας που μπορεί να επηρεάσουν το επίπεδο έκθεσης, όπως:

- χρήση διαφορετικών μηχανημάτων ή διαδικασιών,
- αλλαγές της διάρθρωσης της εργασίας ή των μεθόδων εργασίας,
- αλλαγές του χρόνου εργασίας με δονούμενο εξοπλισμό,
- καθιέρωση νέων μέτρων προστασίας κραδασμών.

Επανεκτίμηση των κινδύνων απαιτείται επίσης όταν υπάρχουν ενδείξεις (π.χ. από την επίβλεψη της υγείας) ότι οι υφιστάμενοι έλεγχοι δεν είναι αποτελεσματικοί.

Η έκταση της επανεκτίμησης εξαρτάται από τη φύση των αλλαγών και από τον αριθμό των εργαζομένων που επηρεάζονται από αυτές. Η αλλαγή του χρόνου ή της διάρθρωσης της εργασίας μπορεί να καθιστά απαραίτητο τον εκ νέου υπολογισμό της ημερήσιας έκθεσης των επηρεαζόμενων εργαζομένων, αλλά δεν αλλάζει κατ' ανάγκη την ένταση των κραδασμών. Η χρήση νέων μηχανημάτων ή διαδικασιών μπορεί να καθιστά απαραίτητη την πλήρη επανεκτίμηση. Είναι καλό να γίνεται επανεξέταση της

εκτίμησης των κινδύνων ή των πρακτικών εργασίας σε τακτά διαστήματα, ακόμη και αν δεν έχει επέλθει κάποια εμφανής αλλαγή. Μπορεί να έχουν μεσολαβήσει εξελίξεις της τεχνολογίας ή του σχεδιασμού των εργαλείων ή νέοι τρόποι εργασίας στον κλάδο που να επιτρέπουν την περαιτέρω μείωση των κινδύνων.

2.3.1 Μέτρα προστασίας από μηχανικούς κραδασμούς σε εργασιακό περιβάλλον

Για να μπορέσουν να αποφευχθούν οι αρνητικές επιδράσεις των μηχανικών κραδασμών σε εργαζομένους μεταλλευτικών και τεχνικών έργων, κρίνεται απαραίτητη η εξαρχής εργονομική μελέτη για την άμβλυνση μηχανικών κραδασμών καθώς και η λήψη όλων των απαραίτητων μέτρων προστασίας. Ως εκ τούτου κρίνεται απαραίτητη:

(α) Η εργονομική σχεδίαση εξοπλισμού και θέσεων εργασίας

Η εργονομία είναι ένας σημαντικός τομέας μελέτης, ο οποίος κρίνεται απαραίτητος για τη σχεδίαση χώρου ή αντικειμένων που χρησιμοποιούνται από εργαζομένους, αφού εξετάζει το πώς συνδέεται το ανθρώπινο σώμα με το εργασιακό του περιβάλλον. Ως εκ τούτου η εργονομική μελέτη είναι επιτακτική ανάγκη για τον σχεδιασμό του εργασιακού χώρου αλλά και των εργαλείων που χρησιμοποιούνται σε ένα μεταλλευτικό ή τεχνικό έργο. Ο σχεδιασμός του χώρου εργασίας καθώς και του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται θα πρέπει να επιτρέπει στον εργαζόμενο να κινείται άνετα, με ασφάλεια ενώ παράλληλα θα πρέπει να μην απαιτεί την κατανάλωση επιπλέον ενέργειας με την πραγματοποίηση άσκοπων κινήσεων. Όσον αφορά την απόσβεση των μηχανικών κραδασμών σημαντικό ρόλο παίζει ο εργονομικός σχεδιασμός του χώρου αλλά και των θέσεων εργασίας (Λώμη, 2008).

Οι εκτελούμενες εργασίες θα πρέπει να σχεδιάζονται κατά τρόπον ώστε (Griffin et al., 2007):

- η έκθεση σε κραδασμούς σε ολόκληρο το σώμα να περιορίζεται στο ελάχιστο δυνατόν,
- ο χρόνος ημερήσιας έκθεσης σε πολύ υψηλά επίπεδα κραδασμών να είναι ο ελάχιστος δυνατός,
- να αποφεύγεται η έκθεση σε έντονες κρούσεις και

- η στάση του σώματος κατά την εργασία να μην αυξάνει τον κίνδυνο τραυματισμού της σπονδυλικής στήλης.

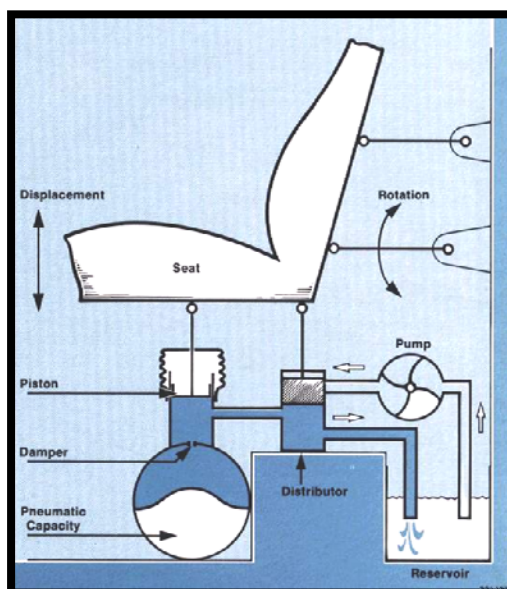
Σε πολλές περιπτώσεις, ο βασικότερος παράγοντας στον οποίο οφείλεται η έκθεση σε κραδασμούς είναι η κίνηση σε ανώμαλο έδαφος. Η έκθεση σε κραδασμούς μπορεί να ελαχιστοποιείται και να ελέγχεται με τους ακόλουθους τρόπους (Griffin et al., 2007):

- ελαχιστοποίηση των διανυόμενων αποστάσεων,
- περιορισμό της ταχύτητας των οχημάτων,
- βελτίωση του οδοστρώματος (απομάκρυνση εμποδίων, εξομάλυνση λακκουβών, ισοπέδωση επιφανειών στις οποίες κινούνται τα οχήματα κλπ.),
- τοποθέτηση κατάλληλου καθίσματος με ανάρτηση, ρυθμισμένου ανάλογα με το βάρος του οδηγού. Η σωστή στάση του σώματος διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην ελαχιστοποίηση του κινδύνου τραυματισμού στη σπονδυλική στήλη κατά την οδήγηση. Η στάση του σώματος μπορεί να βελτιωθεί με:

1. βελτίωση του οπτικού πεδίου του οδηγού από το θάλαμο οδήγησης (για να ελαχιστοποιηθεί η στροφή του κορμού και του αυχένα),
2. αναδιάταξη των μοχλών ελέγχου του μηχανήματος (για να ελαχιστοποιηθεί το κατ' επανάληψη τέντωμα),
3. τοποθέτηση καθίσματος που μπορεί να ρυθμιστεί για όλους τους οδηγούς του οχήματος, σε διαστάσεις κατάλληλες για το διαθέσιμο χώρο εντός του θαλάμου οδήγησης και κατάλληλου για την εκτελούμενη εργασία χρήση ζώνης ασφαλείας προκειμένου το σώμα του οδηγού να διατηρείται στη βέλτιστη δυνατή στάση και να υποστηρίζεται η σπονδυλική στήλη.

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των οχημάτων εργασίας είναι η ικανότητά τους να μεταφέρουν βαριά φορτία. Αυτή η λειτουργία απαιτεί το όχημα να έχει σκληρές αναρτήσεις, οι οποίες δεν είναι αποτελεσματικές στην απόσβεση κραδασμών από «χτυπήματα» που προέρχονται κυρίως από ανωμαλίες των δρόμων μεταφοράς. Σε αυτή την περίπτωση η συνήθης μέθοδος για την προστασία του χειριστή από τις επικίνδυνες δονήσεις που προκαλούνται στο όχημα από το ανώμαλο κατάστρωμα δρόμου, είναι να παρέχει το κάθισμα του χειριστή ένα σύστημα ανάρτησης. Επίσης μια από τις απλούστερες μεθόδους απορρόφησης κραδασμών που

παράγονται στη θέση του χειριστή ενός οχήματος είναι να τοποθετείται ένα μαλακό μαξιλάρι μεταξύ του οδηγού και του καθίσματος. Μια πιο εξελιγμένη μέθοδος είναι να χρησιμοποιείται ένα ελαιο-πνευματικό κάθισμα με αυτόματη διόρθωση θέσης. Η αρχή λειτουργίας μιας τέτοιας θέσης απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα 1.9 (Bruel & Kjaer, 1989).



Σχήμα 2.2: Ελαιο-πνευματικό κάθισμα με αυτόματη διόρθωση θέσης (Bruel & Kjaer, 1989).

Ο προμηθευτής του μηχανήματος θα πρέπει να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τα κατάλληλα καθίσματα για το όχημά του. Τα καθίσματα με ανάρτηση δεν ενδείκνυνται πάντα, ωστόσο οι κατασκευαστές μηχανημάτων πρέπει να τοποθετούν κάθισμα ειδικά σχεδιασμένο ώστε να περιορίζει, όσο είναι εφικτό, τους κραδασμούς που μεταδίδονται στον οδηγό. Όταν υπάρχουν καθίσματα με ανάρτηση, είναι σημαντικό να είναι κατάλληλα για το όχημα. Τα ακατάλληλα καθίσματα με ανάρτηση μπορούν εύκολα να προκαλέσουν μεγαλύτερη έκθεση σε κραδασμούς από ό,τι αν δεν υπήρχε καθόλου ανάρτηση. Όλα τα συστήματα ανάρτησης για καθίσματα ενισχύουν ένα συγκεκριμένο φάσμα συχνοτήτων. Αν οι κυρίαρχες συχνότητες των κραδασμών του οχήματος εμπίπτουν σε αυτό το φάσμα ενίσχυσης, τότε το κάθισμα με ανάρτηση θα εντείνει την έκθεση του οδηγού σε κραδασμούς. Στα πρότυπα ISO EN 7096:2000, ISO EN 5007 και EN 13490:2001 παρατίθενται τα κριτήρια των επιδόσεων για μηχανήματα που χρησιμοποιούνται σε χωματουργικές εργασίες, και βιομηχανικά φορτηγά αντίστοιχα, προκειμένου να διασφαλιστούν οι κατάλληλες επιδόσεις της ανάρτησης του καθίσματος. Επιπλέον, πρέπει να επιλέγεται ένα

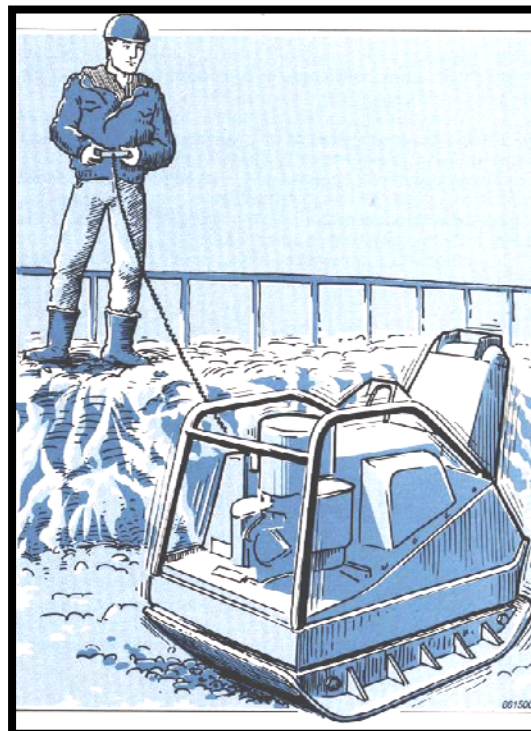
σύστημα ανάρτησης καθίσματος το οποίο, σε κανονικές συνθήκες χρήσης, θα είναι απίθανο να φθάσει στο ανώτερο ή κατώτερο όριό του. Ο τερματισμός στο όριο δημιουργεί κραδασμούς λόγω κρούσης, συνεπώς αυξάνει τον κίνδυνο τραυματισμού της σπονδυλικής στήλης. Η ανάρτηση του καθίσματος πρέπει να είναι άμεσα προσπελάσιμη και να προσαρμόζεται εύκολα στο βάρος και στη σωματική διάπλαση του χειριστή. Ιδιαίτερα σημαντικές είναι οι ρυθμίσεις του ύψους, της απόστασης από τα πηδάκια και της κλίσης της πλάτης του καθίσματος. Τα μαξιλάρια του καθίσματος θα πρέπει να είναι εργονομικά σχεδιασμένα (Griffin et al 2007).

Οι διατάξεις στήριξης του προς κατεργασία κομματιού και άλλα παρεμφερή βοηθήματα με αντικραδασμικές βάσεις στήριξης μπορούν να βοηθήσουν το χειριστή να μην χρειάζεται να κρατά τις δονούμενες επιφάνειες. Οι «αντικραδασμικές» χειρολαβές μπορεί να μειώσουν τους κραδασμούς, αλλά η μη σωστή επιλογή τους μπορεί στην πραγματικότητα να αυξήσει τους κραδασμούς που μεταδίδονται στα χέρια. Για αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητο να χρησιμοποιούνται μόνο χειρολαβές εγκεκριμένες από τον κατασκευαστή του εργαλείου. Ένα περίβλημα από καουτσούκ ή άλλο ελαστικό υλικό γύρω από τις δονούμενες χειρολαβές μπορεί να αυξήσει την άνεση χειρισμού, αλλά είναι απίθανο να μειώσει σημαντικά τους κραδασμούς στις συχνότητες που συμβάλλουν περισσότερο στο φαινόμενο όταν υπολογίζεται η έκθεση. Αν δεν επιλεγούν προσεκτικά, τα ελαστικά υλικά είναι δυνατό να ενισχύσουν τη δόνηση σε ορισμένες συχνότητες και έτσι να αυξήσουν τελικά την έκθεση σε κραδασμούς. Μειώνοντας τις δυνάμεις που ασκούνται μέσω του χεριού, μειώνονται και οι κραδασμοί που μεταδίδονται στο χέρι και το βραχίονα του χρήστη. Ο χρήστης μπορεί να αναγκάζεται να καταβάλλει αυτές τις δυνάμεις για να στηρίξει το εργαλείο ή το προς κατεργασία κομμάτι, για να ελέγχει ή να κατευθύνει το μηχανήμα ή για να επιτύχει ταχύτερο ρυθμό εργασίας. Ωστόσο, οι ασκούμενες δυνάμεις μπορεί να είναι μεγαλύτερες από το αναγκαίο λόγω εσφαλμένης επιλογής εξοπλισμού, κακής συντήρησης, ανεπαρκούς εκπαίδευσης ή κακού σχεδιασμού της θέσης εργασίας (Griffin et al 2007).

(β) Η εφαρμογή μεθόδων απόσβεσης κραδασμών

Η εσωτερική απόσβεση των εργαλείων είναι μια αποτελεσματική μέθοδος με την οποία επιβλαβή επίπεδα μηχανικών κραδασμών μπορεί να ελαχιστοποιηθούν. Είναι η πιο κοινή μέθοδος απόσβεσης κραδασμών που χρησιμοποιείται από τους σχεδιαστές εργαλείων, και επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση μιας διάταξης ελατηρίου στο

εσωτερικό τους. Μια αποτελεσματική και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τη μείωση κραδασμών μεταξύ περιβλήματος εργαλείου και χειρός είναι η τοποθέτηση αντικραδασμικών υλικών στο περίβλημα και στις λαβές του εργαλείου. Υλικά που ενδείκνυται να χρησιμοποιηθούν για αυτό το σκοπό είναι καουτσούκ και βισκοελαστικά (visco-elastic) υλικά τα οποία δημιουργούν χαμηλή συχνότητα συντονισμού. Το κύριο πρόβλημα με αυτή τη μέθοδο της αποσβέσεως είναι ότι το ίδιο το υλικό απόσβεσης έχει την τάση να φθείρεται γρηγορότερα από το εργαλείο. Ως εκ τούτου πρέπει να αντικαθίσταται τακτικά κατά τη διάρκεια του χρόνου ζωής του εργαλείου. Αναμφίβολα η πιο αποτελεσματική, αλλά και πιο ακριβή μέθοδος απόσβεσης είναι ο χειρισμός εργαλείων με τηλεχειρισμό. Τηλεχειριζόμενα εργαλεία είναι συχνά πιο αποτελεσματικά και πιο ακριβή από τα χειροκίνητα εργαλεία. Ωστόσο, τηλεχειριζόμενα εργαλεία είναι συνήθως μεγαλύτερα σε όγκο, έχουν εξειδικευμένες χρήσεις και χαρακτηρίζονται από μια πολυπλοκότητα σε σύγκριση με τα αντίστοιχα χειροκίνητα εργαλεία όπως για παράδειγμα στο παρακάτω σχήμα 2.3 (Bruel & Kjaer, 1989).



Σχήμα 2.3 : Μηχάνημα για συμπίκνωση εδαφών με δόνηση, με έλεγχο εξ αποστάσεως μέσω ενσύρματου τηλεχειριστηρίου (Bruel & Kjaer, 1989).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι είναι αρκετά δύσκολο, και σε μερικές περιπτώσεις αδύνατο, να αμβλυνθούν οι κραδασμοί σε ένα εργαλείο το οποίο έχει ήδη κατασκευαστεί. Ως εκ τούτου, όταν τα νέα εργαλεία χειρός επιλέγονται θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα, ώστε να επιβεβαιώνεται ότι το εργαλείο δεν παράγει βλαβερούς κραδασμούς. Επιπλέον, θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα εργαλεία σε καλή λειτουργική κατάσταση, όχι μόνο εργάζονται πιο αποτελεσματικά, αλλά και παράγουν χαμηλότερα επίπεδα κραδασμών (Bruel & Kjaer et al., 1989).

(γ) Χρήση μέσων ατομικής προστασίας

Ο εξοπλισμός ατομικής προστασίας χρησιμοποιείται ως τελευταία λύση για την προστασία από κινδύνους στην εργασία, και θα πρέπει να γίνεται χρήση του σαν μακροπρόθεσμο μέσο ελέγχου μόνο στις περιπτώσεις όπου έχουν εξαντληθεί όλες οι άλλες επιλογές. Προστατευτικά γάντια με ένδειξη “αντικραδασμικά” θα πρέπει να επισημαίνονται με την ένδειξη CE, που αποδεικνύει ότι έχουν δοκιμαστεί και βρεθεί να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του προτύπου EN ISO 10819:1997 όπως φαίνονται στο σχήμα 2.4.



Σχήμα 2.4 : Αντικραδασμικά γάντια (www.johnart.gr).

Ωστόσο, το πρότυπο αυτό δεν παρέχει λεπτομερή στοιχεία απόδοσης για γάντια. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνεται ξεχωριστή αξιολόγηση της προστασίας που παρέχεται από τα αντικραδασμικά γάντια, όπως απαιτείται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία για τον Εξοπλισμό Ατομικής Προστασίας στην Εργασία του 1992. Τα

αντικραδασμικά γάντια δεν παρέχουν σημαντική μείωση του κινδύνου για συχνότητες κάτω των 150 Hz (9000 περιστροφές το λεπτό). Αυτό σημαίνει ότι στα περισσότερα ηλεκτρικά εργαλεία χειρός η μείωση επιπέδου δόνησης με τη χρήση γαντιών είναι ασήμαντη. Τα αντικραδασμικά γάντια μπορεί να παρέχουν κάποια μείωση στο κίνδυνο κραδασμών για εργαλεία που λειτουργούν σε υψηλές ταχύτητες περιστροφής (ή παράγουν δονήσεις σε υψηλές συχνότητες) και κρατούνται με χαλαρή λαβή. Ωστόσο η μείωση του κινδύνου δεν μπορεί να ποσοτικοποιηθεί εύκολα και έτσι δεν μπορεί κανείς να βασιστεί στα προστατευτικά γάντια για να διασφαλιστεί η προστασία από δονήσεις στο σύστημα άκρων χειρός-βραχίονα. Η μειωμένη θερμοκρασία σώματος αυξάνει τον κίνδυνο για το σύνδρομο του λευκού δακτύλου λόγω μειωμένης κυκλοφορίας του αίματος. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να αποφεύγεται η εργασία σε εξωτερικούς χώρους σε χαμηλές θερμοκρασίες, όταν αυτό είναι εφικτό. Εάν είναι απαραίτητη η εργασία σε εξωτερικό χώρο σε χαμηλές θερμοκρασίες, υπάρχουν κάποια εργαλεία, όπως αλυσοπρίονα, τα οποία διαθέτουν θερμαινόμενες χειρολαβές προκειμένου να κρατούν τα χέρια ζεστά. Η θερμοκρασία σε έναν εσωτερικό χώρο εργασίας πρέπει να παρέχει ικανοποιητική άνεση χωρίς να υπάρχει ανάγκη για ειδικό ρουχισμό και πρέπει φυσιολογικά να είναι τουλάχιστον 16°C. Θα πρέπει να αποφεύγονται μηχανές που ψύχουν τα χέρια π.χ. χαλύβδινα μηχανήματα ή πνευματικά εργαλεία που εξάγουν αέρα πάνω στα χέρια των χειριστών. Θα πρέπει να χορηγούνται ζεστά ρούχα και γάντια εάν υπάρχει αυξημένος κίνδυνος από δονήσεις στο σύστημα άκρας χειρός-βραχίονα εξαιτίας του κρύου. Τα γάντια και ο υπόλοιπος ρουχισμός θα πρέπει να αξιολογείται για καλή εφαρμογή και αποτελεσματικότητα στο να κρατούν το σώμα και τα χέρια ζεστά και στεγνά στο εργασιακό περιβάλλον (Griffin et al., 2007).

(δ) Η συντήρηση εργαλείων και οχημάτων

Η τακτική συντήρηση των εργαλειομηχανών και του λοιπού εξοπλισμού εργασίας συχνά βοηθά στο να διατηρείται η ένταση των κραδασμών στο ελάχιστο αναγκαίο. Έτσι:

- τα κοπτικά εργαλεία πρέπει να είναι πάντα καλά ακονισμένα,
- να υπάρχει σωστή τριβή των λειαντικών τροχών, ακολουθώντας τις οδηγίες του κατασκευαστή,
- να γίνεται λίπανση των κινούμενων κατασκευαστικών μερών σύμφωνα με τις συστάσεις του κατασκευαστή,

- να αντικαθίστανται τα φθαρμένα κατασκευαστικά στοιχεία,
- να ακολουθούνται οι απαραίτητοι έλεγχοι της ζυγοστάθμισης,
- να αντικαθιστώνται οι αντικραδασμικές βάσεις στήριξης και οι χειρολαβές με σύστημα ανάρτησης προτού φθαρούν (έλεγχος φθορών, ρηγμάτωση, διόγκωση, αποσκλήρυνση ή σκλήρυνση των βάσεων στήριξης από καουτσούκ),
- να ελέγχονται και να αντικαθίστανται οι ελαττωματικοί αποσβεστήρες κραδασμών, τα ελαττωματικά έδρανα και οι οδοντωτοί τροχοί,
- να ακονίζεται η οδόντωση των αλυσοπρίονων και να διατηρείται η σωστή τάση της αλυσίδας,
- να ρυθμίζονται σωστά οι κινητήρες.

Η τακτική συντήρηση των οχημάτων, του εξοπλισμού που προσαρμόζεται σε αυτά και των οδοστρωμάτων στα οποία κινούνται θα συμβάλει στη διατήρηση του μεγέθους των κραδασμών και των κρούσεων στα ελάχιστα αναγκαία επίπεδα, επομένως θα πρέπει:

- να γίνεται συντήρηση των οδοστρωμάτων,
- να αντικαθίστανται τα φθαρμένα εξαρτήματα (μεταξύ αυτών και τυχόν ανάρτηση του καθίσματος),
- να ελέγχονται και να αντικαθίστανται τα ελαττωματικά συστήματα απόσβεσης κραδασμών, οι τριβείς και τα γρανάζια,
- να ρυθμίζονται οι κινητήρες,
- να συντηρούνται τα ελαστικά και να έχουν τη σωστή πίεση αέρα για το οδόστρωμα και τις συνθήκες φορτίου,
- να λιπαίνονται όλα τα συστήματα ανάρτησης, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος ανάρτησης του καθίσματος.

2.4 Επίβλεψη υγείας εργαζομένων

Σκοπός της επίβλεψης της υγείας είναι η δημιουργία συστηματικών, τακτικών και κατάλληλων διαδικασιών για τον εντοπισμό προβλημάτων υγείας που σχετίζονται με την εργασία, καθώς και τη λήψη μέτρων με βάση τα αποτελέσματα. Ο πρωταρχικός στόχος είναι η προστασία της υγείας των εργαζομένων (συμπεριλαμβανομένου του εντοπισμού και της προστασίας των ατόμων που διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο),

αλλά και ο έλεγχος της μακροπρόθεσμης αποτελεσματικότητας των μέτρων προστασίας από κραδασμούς.

2.4.1 Πότε κρίνεται απαραίτητη η επίβλεψη υγείας

Η επίβλεψη της υγείας θα πρέπει να καθιερωθεί για τους εργαζομένους που κινδυνεύουν από τραυματισμούς λόγω κραδασμών, εφόσον:

- η έκθεση των εργαζομένων σε κραδασμούς είναι τέτοια που να στοιχειοθετεί σύνδεση μεταξύ έκθεσης και διαγνώσιμης ασθένειας ή δυσμενούς επίπτωσης στην υγεία,
- υπάρχει πιθανότητα να εμφανισθεί η εν λόγω ασθένεια ή να επέλθει η δυσμενής επίπτωση υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες εργασίας του εργαζομένου και
- υπάρχουν έγκυρες τεχνικές διάγνωσης της ασθένειας ή των δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία,
- σε κάθε περίπτωση, δικαίωμα να τύχουν της δέουσας επίβλεψης της υγείας έχουν οι εργαζόμενοι των οποίων η ημερήσια έκθεση σε κραδασμούς υπερβαίνει την ημερήσια τιμή έκθεσης για την ανάληψη δράσης.

Μετά από κάθε σημαντικό εύρημα στο πλαίσιο της επίβλεψης της υγείας λαμβάνοντας υπόψη κάθε ιατρικό απόρρητο, πρέπει να ακολουθούν οι παρακάτω ενέργειες (Griffin et al., 2007):

- Επανεξέταση της εκτίμησης των κινδύνων από τους κραδασμούς που μεταδίδονται είτε στο σύστημα χεριού-βραχίονα, είτε σε ολόκληρο το σώμα.
- Επανεξέταση των μέτρων που προβλέπονται για την εξάλειψη ή τη μείωση των κινδύνων από την έκθεση σε κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χεριού-βραχίονα, ή σε ολόκληρο το σώμα.
- Λαμβάνοντας υπόψη τη γνώμη του ειδικού στον τομέα της επαγγελματικής υγείας ή κάθε άλλου προσώπου με τα κατάλληλα προσόντα ή της αρμόδιας αρχής για τη θέση σε εφαρμογή κάθε μέτρου που κρίνεται αναγκαίο για την εξάλειψη ή μείωση των κινδύνων από την έκθεση σε κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χεριού-βραχίονα, ή σε ολόκληρο το σώμα, συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητας τοποθέτησης του εργαζομένου σε άλλη θέση εργασίας, όπου δεν υπάρχει κίνδυνος έκθεσής του, και

- μέριμνα για τη συνεχή επίβλεψη της υγείας και λήψη μέτρων για την επανεξέταση της κατάστασης της υγείας οποιουδήποτε άλλου εργαζομένου που έχει υποστεί παρόμοια έκθεση. Στις περιπτώσεις αυτές, ο αρμόδιος ιατρός ή ο ειδικός στον τομέα της επαγγελματικής υγείας ή η αρμόδια αρχή μπορεί να προτείνει την υποβολή σε ιατρική εξέταση των ατόμων που υφίστανται έκθεση.

2.4.2 Τεχνικές επίβλεψης υγείας εργαζομένων

Η επίβλεψη της υγείας μπορεί να συνίσταται σε αξιολόγηση του ιστορικού ενός εργαζομένου σε συνδυασμό με φυσική εξέταση από ιατρό ή ειδικό του τομέα της υγείας με τα κατάλληλα προσόντα, κλινικές εξετάσεις, αγγειακός έλεγχος, νευρολογικός έλεγχος, εξετάσεις μυϊκής ισχύος, ακτινολογικές εξετάσεις, και εργαστηριακές εξετάσεις. Η λήψη ιστορικού πρέπει να εστιαστεί στα ακόλουθα (Griffin et al., 2007):

- οικογενειακό ιστορικό,
- κοινωνικό ιστορικό: στο πλαίσιο αυτό, καταγράφονται οι συνήθειες του εργαζομένου όσον αφορά το κάπνισμα και την κατανάλωση οινοπνεύματος,
- εργασιακό ιστορικό: στο πλαίσιο αυτό, καταγράφονται οι προγενέστερες και η παρούσα θέση εργασίας του εργαζομένου με έκθεση σε κραδασμούς στο σύστημα χεριού-βραχίονα, προηγούμενες θέσεις εργασίας με έκθεση σε νευροτοξικούς ή αγγειοτοξικούς παράγοντες και τυχόν εξωεργασιακές δραστηριότητες που συνεπάγονται τη χρήση δονούμενων εργαλείων ή μηχανημάτων καθώς επίσης θέσεων που συνεπάγονταν έκθεση σε κραδασμούς σε ολόκληρο το σώμα στο παρελθόν ή στο παρόν, στάση του σώματος κατά την εργασία, ανυψωτικές εργασίες και λοιπές επιβαρύνσεις της σπονδυλικής στήλης που σχετίζονται με την εργασία και
- ατομικό ιστορικό.

Η φυσική εξέταση πρέπει να περιλαμβάνει ενδελεχή έλεγχο του περιφερικού αγγειακού συστήματος, του νευρολογικού συστήματος και του μυοσκελετικού συστήματος και πρέπει να διενεργείται από ειδικευμένο ιατρό. Ειδικότερα για τις επιπτώσεις των κραδασμών σε ολόκληρο το σώμα συνιστάται εξέταση της λειτουργίας της σπονδυλικής στήλης, δοκιμασία αντοχής της σπονδυλικής στήλης και αξιολόγηση της επίπτωσης του πόνου στην πρόσθια και πλευρική κάμψη και έκταση

καθώς και δοκιμασία ανύψωσης τεντωμένου ποδιού. Εν γένει, οι κλινικές εξετάσεις δεν παρέχουν αξιόπιστες αποδείξεις για τις κακώσεις από κραδασμούς. Ωστόσο, μπορούν να βοηθήσουν τον ιατρό να αποκλείσει την πρόκληση των συμπτωμάτων του συνδρόμου δόνησης χεριού-βραχίονα ή ολόκληρου του σώματος από άλλες αιτίες με παρόμοια συμπτωματολογία ή να παρακολουθήσει την εξέλιξη της κάκωσης. Σχετικά με το περιφερικό αγγειακό σύστημα, οι εξετάσεις για τις επιπτώσεις στο σύστημα χειρός-βραχίονα περιλαμβάνουν τη δοκιμασία Lewis-Prusik, τη δοκιμασία Allen και τη δοκιμασία Adson. Σχετικά με το περιφερικό νευρικό σύστημα, οι εξετάσεις περιλαμβάνουν την αξιολόγηση της επιδεξιότητας των χεριών (π.χ. ικανότητα εργαζομένου να αναγνωρίσει κέρματα και να τα σηκώσει από κάτω), τη δοκιμασία Roos, τη δοκιμασία Phalen και το σημείο Tinel (για συμπίεση καρπιαίου σωλήνα). Ο αγγειακός έλεγχος στο πλαίσιο της διάγνωσης του συνδρόμου κραδασμών χεριού-βραχίονα βασίζεται σε εξετάσεις πρόκλησης ψύχους: εξετάζονται οι αλλαγές του χρώματος των δακτύλων, καταγράφεται ο χρόνος αποκατάστασης της θερμοκρασίας του δέρματος των δακτύλων και μετριέται η συστολική πίεση του αίματος στα δάκτυλα. Χρήσιμες μπορεί να είναι και άλλες μη επεμβατικές διαγνωστικές εξετάσεις, όπως η καταγραφή της ροής και πίεσης του αίματος στο βραχίονα και τα δάκτυλα με Doppler. Ο νευρολογικός έλεγχος στο πλαίσιο της διάγνωσης του συνδρόμου δόνησης χεριού-βραχίονα περιλαμβάνει αρκετές εξετάσεις (Griffin et al., 2007):

- αντίληψης κραδασμών,
- απτική ευαισθησία (αντίληψη χασμάτων, μονόκλινα ινίδια (monofilaments),
- θερμικής αντίληψης,
- ταχύτητα μετάδοσης νευρικών ώσεων στα άνω και κάτω άκρα,
- ηλεκτρομυογράφημα,
- επιδεξιότητα άκρων δακτύλων (δοκιμασία Purdue pegboard).

Ο νευρολογικός έλεγχος στο πλαίσιο της διάγνωσης του συνδρόμου δόνησης σε ολόκληρο το σώμα περιλαμβάνει (Griffin et al., 2007):

- Περιφερειακό νευρολογικό έλεγχο.
- Έλεγχο στα αντανακλαστικά του γονάτου και του αχιλλείου τένοντα και ευαισθησία ποδιού και πέλματος.

Η αξιολόγηση της μυϊκής ισχύος στην άκρα χείρα μπορεί να πραγματοποιηθεί με δυναμόμετρο για τη μέτρηση της δύναμης σύλληψης με την παλάμη και με ένα

μετρητή σύλληψης με τα δάκτυλα (τσιμπίματος) για να μετρηθεί η δύναμη σύλληψης με τα δάκτυλα, ενώ στα κάτω άκρα έχουμε ενδείξεις μυϊκής αδυναμίας κατά την έκταση τετρακέφαλου, και την κάμψη/έκταση μεγάλου δακτύλου/πέλματος. Οι ακτινογραφίες των ώμων, των αγκώνων, των καρπών και των άκρων χειρών για την ακτινολογική διάγνωση κακώσεων των οστών και των αρθρώσεων είναι συνήθως απαραίτητες στις χώρες στις οποίες η προκαλούμενη από κραδασμούς οστεοαρθροπάθεια των άνω άκρων αναγνωρίζεται ως επαγγελματική ασθένεια. Σε μερικές περιπτώσεις απαιτούνται αναλύσεις αίματος και ούρων για να διακριθούν οι κακώσεις λόγω κραδασμών από άλλες αγγειακές ή νευρολογικές διαταραχές καθώς και εξέταση σε σημεία πόνου μη οργανικής αιτιολογίας κατά Waddel (Griffin et al., 2007).

2.4.3 Απαραίτητες ενέργειες κατόπιν διάγνωσης δυσμενούς επίπτωσης κραδασμών σε εργαζόμενο

Εφόσον διαγνωστεί δυσμενής επίπτωση στην υγεία του εργαζομένου από κραδασμούς θα πρέπει:

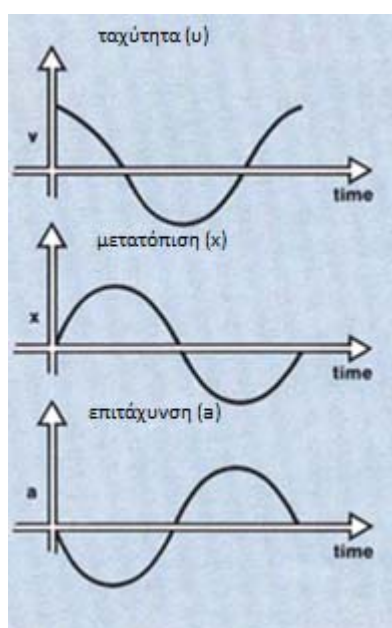
- να ενημερωθεί ο εργαζόμενος για την κατάσταση της υγείας του,
- να ενημερωθεί ο εργοδότης ή ο υπεύθυνος εργασιών ώστε να ακολουθηθούν τα εξής:
 - ανασκόπηση της εκτίμησης κινδύνου για κραδασμούς,
 - ανασκόπηση μέτρων προστασίας,
 - μείωση χρόνου έκθεσης σε κραδασμούς του εργαζομένου ή διακοπή ή αλλαγή θέσης εργασίας,
 - αξιοποίηση των συμβουλών του ιατρού εργασίας και
 - προγραμματισμός ιατρικής παρακολούθησης εργαζομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Μεθοδολογία μέτρησης και αξιολόγησης μηχανικών κραδασμών στον εργασιακό χώρο

3.1 Παράμετροι μέτρησης

3.1.1 Μετατόπιση - Ταχύτητα - Επιτάχυνση

Όταν το ανθρώπινο σώμα έρθει σε επαφή με μια δονούμενη μηχανική συσκευή, αυτή μετατοπίζεται από τη θέση αναφοράς του. Η μετατόπιση είναι, ως εκ τούτου, μία παράμετρος η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει το μέγεθος του μηχανικού κραδασμού. Ωστόσο, οι κραδασμοί μπορούν να περιγραφούν επίσης από την ταχύτητα και την επιτάχυνση. Η σχέση μεταξύ της μετατόπισης, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης για έναν ημιτονοειδή μηχανικό κραδασμό απεικονίζεται στο σχήμα 3.1. Στο σχήμα η χρονική διάρκεια του μηχανικού κραδασμού είναι ίδια είτε χρησιμοποιείται ως παράμετρος η μετατόπιση, η ταχύτητα, ή η επιτάχυνση. Μόνο οι φάσεις των παραμέτρων είναι διαφορετικές (Bruel & Kjaer, 1989).



Σχήμα 3.1: Γραφική απεικόνιση μετατόπισης, ταχύτητας, επιτάχυνσης (Bruel & Kjaer, 1989).

Τα πρότυπα ISO (International Standards Organization) για την ανθρώπινη μέτρηση κραδασμών απαιτούν την επιτάχυνση ως παράμετρο μέτρησης των επιπέδων των κραδασμών. Ας υποθέσουμε ότι μετράται η επιτάχυνση σε μια δονούμενη συσκευή

και ότι οι στιγμιαίες τιμές που μετρώνται σχεδιάζονται στον άξονα του χρόνου για ένα συνολικό χρόνο μέτρησης, T. Μπορούν να οριστούν τα παρακάτω μεγέθη (www.svantek.com):

Η κορυφοτιμή (peak value) η μέγιστη κατά απόλυτη τιμή στιγμιαία επιτάχυνση. Η σχέση η οποία δίνει την κορυφοτιμή είναι η εξής:

$$PEAK = \max|a_w(t)| \quad (3.1)$$

Είναι το μέγεθος που χρησιμοποιείται κυρίως για να εκτιμήσει τις επιπτώσεις στον εργαζόμενο από ισχυρές αλλά πολύ μικρής χρονικής διάρκειας δονήσεις (σοκ).

Η τιμή RMS (Root Mean Square) υπολογίζεται ως η τετραγωνική ρίζα του μέσου όρου των τετραγώνων των στιγμιαίων επιταχύνσεων που μετρούνται εντός χρονικού διαστήματος T. Η σχέση η οποία δίνει την τιμή RMS της επιτάχυνσης είναι :

$$RMS = \left(\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right)^{1/2} \quad (3.2)$$

Ως crest factor ορίζεται ο λόγος της κορυφοτιμής (peak value) προς την τιμή RMS της επιτάχυνσης:

$$CRF = \frac{PEAK}{RMS} \quad (3.3)$$

και χρησιμοποιείται ως δείκτης για τον χαρακτηρισμό των επιβλαβών κραδασμών.

3.1.2 Συχνότητα και στάθμιση συχνотήτων

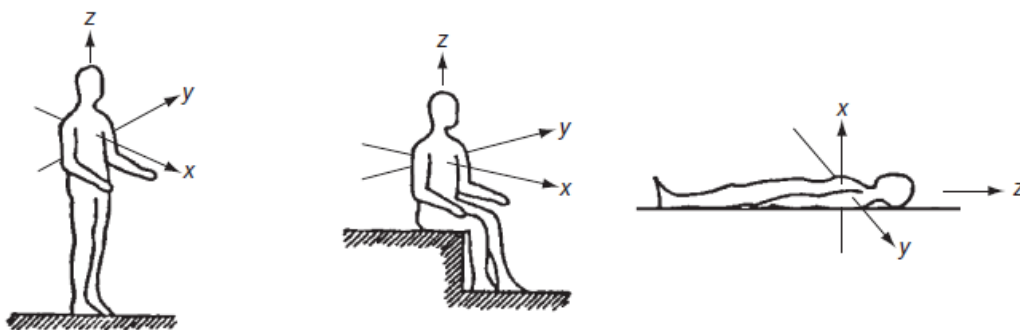
Συχνότητα είναι ο ανά δευτερόλεπτο αριθμός των φορών που το δονούμενο σώμα μετακινείται προς τα εμπρός και προς τα πίσω. Εκφράζεται ως τιμή σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο και η μονάδα μέτρησής της είναι το hertz (συντομογραφικά: Hz). Για τα περιστροφικά εργαλεία, η θεμελιώδης συχνότητα καθορίζεται συνήθως από την ταχύτητα περιστροφής του εργαλείου (που εκφράζεται σε στροφές ανά λεπτό ή rpm διαιρώντας τις στροφές ανά λεπτό με το 60 προκύπτει η συχνότητα σε Hz).

Η στάθμιση κατά συχνότητα που αφορά τους κραδασμούς σε ολόκληρο το σώμα είναι το φίλτρο που εφαρμόζεται στις μετρήσεις κραδασμών προκειμένου να

αναπαραγάγει τη συνάρτηση του κινδύνου τραυματισμού του σώματος από τη συχνότητα. Για τους κραδασμούς σε ολόκληρο το σώμα χρησιμοποιούνται δύο συντελεστές στάθμισης (φίλτρα) (EN ISO 5349-1:2001):

- η στάθμιση W_d για τους κραδασμούς τόσο στον άξονα εμπρός-πίσω (x) όσο και στον άξονα δεξιά-αριστερά (y) και
- η στάθμιση W_k για τον κατακόρυφο άξονα (z).

Όσον αφορά τους κραδασμούς σε ολόκληρο το σώμα, οι σημαντικές συχνότητες θεωρείται ότι είναι όσες κυμαίνονται μεταξύ 0,5 Hz και 80 Hz. Ωστόσο, δεδομένου ότι ο κίνδυνος κακώσεων δεν είναι ο ίδιος σε όλες τις συχνότητες, χρησιμοποιείται η στάθμιση κατά συχνότητα για να εκφράσει την πιθανότητα κακώσεων στις διάφορες συχνότητες. Αυτό έχει ως συνέπεια η σταθμισμένη επιτάχυνση να μειώνεται όταν απομακρύνεται η συχνότητα κραδασμών πάνω από την περιοχή τιμών συχνότητας που θεωρείται επιβλαβής για το ανθρώπινο σώμα (βλέπε σχήμα 1.3). Οι άξονες για μέτρηση σε ολόκληρο το σώμα παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2: Άξονες x , y , z για μέτρηση σε ολόκληρο το σώμα (Griffin et al., 2007).

Για να υπολογίσουμε τους κινδύνους για την υγεία από κραδασμούς σε ολόκληρο το σώμα, εφαρμόζεται ένας ακόμη πολλαπλασιαστής στις σταθμισμένες κατά τη συχνότητα τιμές κραδασμών. Για τους δύο πλευρικούς άξονες (x και y) οι τιμές της επιτάχυνσης πολλαπλασιάζονται με το συντελεστή 1,4, ο οποίος χρησιμοποιείται διότι έχει διαπιστωθεί ότι η βιολογική δράση τους είναι πιο επιβλαβής από ότι στον κατακόρυφο άξονα z , στον οποίο ο συντελεστής είναι 1,0.

Η στάθμιση κατά συχνότητα που αφορά τους κραδασμούς στο σύστημα χειρός βραχίονα είναι η διόρθωση εφαρμοζόμενη στις μετρήσεις κραδασμών (συχνά χρησιμοποιώντας φίλτρο) λαμβάνοντας υπόψη την εικαζόμενη συσχέτιση της

συχνότητας με τον κίνδυνο βλάβης στον οργανισμό. Η στάθμιση Wh (που ορίζεται στο πρότυπο EN ISO 5349-1:2001) χρησιμοποιείται για τους κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χεριού-βραχίονα.

Όσον αφορά τους κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χεριού-βραχίονα, οι συχνότητες που κρίνονται σημαντικές κυμαίνονται μεταξύ περίπου 8 Hz και 1000 Hz. Ωστόσο, επειδή ο κίνδυνος βλάβης του χεριού δεν είναι ο ίδιος σε όλες τις συχνότητες, χρησιμοποιείται η στάθμιση κατά συχνότητα για να αποδοθεί η πιθανότητα βλάβης στις διάφορες συχνότητες. Ως εκ τούτου, η σταθμισμένη επιτάχυνση μειώνεται όταν η συχνότητα αυξάνεται. Για τους κραδασμούς στο σύστημα χεριού-βραχίονα, χρησιμοποιείται μόνο η σταθμισμένη κατά συχνότητα καμπύλη και στους τρεις άξονες όπως εμφανίζονται στο σχήμα 3.3 (Μη δεσμευτικός οδηγός ορθής πρακτικής για την εφαρμογή της οδηγίας 2002/44/EK, 2007).



Σχήμα 3.3: Άξονες μέτρησης των κραδασμών που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός-βραχίονα (Griffin et al., 2007).

3.2 Όργανα και διαδικασία μέτρησης

3.2.1 Όργανα μέτρησης

Ο εξοπλισμός μέτρησης των κραδασμών που μεταδίδονται στο σύστημα χεριού-βραχίονα πρέπει να είναι σύμφωνος με το πρότυπο EN ISO 8041:2005, που αφορά τα όργανα μέτρησης των κραδασμών στο σύστημα χεριού-βραχίονα. Μεγάλη σημασία έχει η προσεκτική επιλογή του μετατροπέα κραδασμών.

Η ακρίβεια της μέτρησης εξαρτάται από την ποιότητα του αισθητήρα δονήσεων και της συσκευής καταγραφής επεξεργασίας που χρησιμοποιείται. Ο αισθητήρας που χρησιμοποιείται σχεδόν παγκοσμίως για μετρήσεις κραδασμών είναι το πιεζοηλεκτρικό επιταχυνσιόμετρο. Παρουσιάζει καλύτερα χαρακτηριστικά και σταθερότητα από οποιοδήποτε άλλο τύπο αισθητήρα δονήσεων και η απόκριση του είναι γραμμική σε όλο το εύρος συχνοτήτων. Καθώς τα επιταχυνσιόμετρα είναι διαθέσιμα σε ένα ευρύ φάσμα μεγεθών και βαρών, είναι δυνατό να βρεθεί το κατάλληλο του οποίου η διάσταση και το βάρος είναι επαρκώς μικρά, έτσι ώστε: (α) η δόνηση που μετράται να μην επηρεάζεται από την παρουσία του, και (β) δεν θα διαταράξει την λαβή εργαλείο-χειριστή όταν χρησιμοποιείται για τη μέτρηση χεριού-βραχίονα. Είναι εξαιρετικά σημαντικό κατά τη μέτρηση ανθρώπινης δόνησης, να μετράται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο ή στην περιοχή μέσω της οποίας η δόνηση μεταδίδεται στο σώμα. (Bruel & Kjaer, 1989).

Όσον αφορά τους κραδασμούς σε ολόκληρο το σώμα, οι κραδασμοί εισέρχονται στο σώμα στο πάτωμα / πόδια, κάθισμα / πλάτη του καθίσματος ή / γλουτούς, επομένως σε αυτά τα σημεία (σημεία διέγερσης) πρέπει να τοποθετείται ο αισθητήρας για τη μέτρηση. Ο εξοπλισμός μέτρησης των κραδασμών σε ολόκληρο το σώμα πρέπει να συμμορφώνεται με τις προδιαγραφές του ISO 8041:2005 σχετικά με τα όργανα μέτρησης των κραδασμών σε ολόκληρο το σώμα. Ο αισθητήρας που χρησιμοποιείται για μέτρηση κραδασμών σε ολόκληρο το σώμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4: Αισθητήρας μέτρησης κραδασμών σε όλο το ανθρώπινο σώμα (λεπτός πλαστικός δίσκος) συνδεδεμένος με τη μονάδα καταγραφής και επεξεργασίας (www.svantek.com).

Όταν ένα δονούμενο αντικείμενο έρχεται σε επαφή με το χέρι του εργαζομένου, τότε οι κραδασμοί μεταδίδονται στο χέρι και το βραχίονα μέσω της παλάμης του χεριού. Συνεπώς το αισθητήριο θα πρέπει, να τοποθετηθεί επί της επιφάνειας επαφής μεταξύ της παλάμης του χεριού και του δονούμενου αντικειμένου. Στο σχήμα 3.5 απεικονίζεται αισθητήρας για μέτρηση κραδασμών στο σύστημα χειρός-βραχίονα συνδεδεμένος με τη μονάδα καταγραφής και επεξεργασίας (www.svante.com).



Σχήμα 3.5 : Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας για μέτρηση κραδασμών στο σύστημα χειρός-βραχίονα συνδεδεμένος με τη μονάδα καταγραφής και επεξεργασίας (www.svante.com).

Στο σχήμα 3.6 απεικονίζεται όργανο καταγραφής και επεξεργασίας των μηχανικών κραδασμών με δυνατότητα καταγραφής RMS σε σχέση με το χρόνο και σε σχέση με τη συχνότητα.



Σχήμα 3.6 : Σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας (www.svante.com).

3.2.2 Διαδικασία μέτρησης

Οι μετρήσεις θα πρέπει να δίνουν τιμές κραδασμών αντιπροσωπευτικές της ατομικής έκθεσης του εργαζομένου κατά το χρόνο εργασίας του. Για να διασφαλιστεί αυτό,

πρέπει να γίνει σωστή επιλογή των συνθηκών λειτουργίας και της διάρκειας των μετρήσεων.

Εφόσον είναι εφικτό, οι μετρήσεις συνιστάται να γίνονται για διάστημα τουλάχιστον 20 λεπτών. Εφόσον είναι αναπόφευκτες μετρήσεις μικρότερης διάρκειας, θα πρέπει να διαρκούν τουλάχιστον τρία λεπτά, και να επαναλαμβάνονται ούτως ώστε η συνολική διάρκεια των μετρήσεων να υπερβαίνει τα 20 λεπτά (EN 14253). Προτιμότερο είναι να γίνονται πιο παρατεταμένες μετρήσεις, διάρκειας δύο ωρών ή και περισσότερο (σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να γίνουν μετρήσεις στη διάρκεια μισής ή ολόκληρης ημέρας εργασίας).

Εφόσον έχουν εντοπιστεί οι θέσεις εργασίας ενός μεταλλευτικού ή τεχνικού έργου που επηρεάζονται από μηχανικούς κραδασμούς, διαχωρίζεται ποιές από αυτές παράγουν μηχανικούς κραδασμούς που επιδρούν σε ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα και ποιές στο σύστημα χειρός-βραχίονα. Ο διαχωρισμός αυτός μας δίνει την δυνατότητα επιλογής του κατάλληλου εξαρτήματος το οποίο θα συνδεθεί με το όργανο καταγραφής και θα τοποθετηθεί στο σημείο επαφής του ανθρώπινου σώματος και των μηχανικών κραδασμών.

Στην περίπτωση που ο εργαζόμενος επηρεάζεται από κραδασμούς που επιδρούν σε ολόκληρο το σώμα, θα πρέπει να διαπιστωθεί εάν δέχεται τους κραδασμούς σε κλινήρη ή όρθια θέση. Όταν ο εργαζόμενος βρίσκεται σε κλινήρη θέση, πρέπει να τοποθετηθεί ο αισθητήρας πάνω στο κάθισμα και στη συνέχεια στην πλάτη του καθίσματος, ενώ όταν βρίσκεται σε όρθια θέση ο αισθητήρας τοποθετείται στο δάπεδο. Στην περίπτωση που ο εργαζόμενος επηρεάζεται από κραδασμούς που επιδρούν στο σύστημα χειρός-βραχίονα, τοποθετούμε τον αισθητήρα στο μέσα μέρος της παλάμης του εργαζομένου.

Για μετρήσεις μηχανικών κραδασμών σε ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα ακολουθούμε την εξής διαδικασία :

- Ενεργοποίηση του οργάνου καταγραφής.
- Βαθμονόμηση του οργάνου.
- Σύνδεση του αισθητήρα με την είσοδο καναλιών για ολόκληρο το σώμα.
- Τοποθέτηση αισθητήρα στο κατάλληλο σημείο διέγερσης.
- Επιλογή μετρούμενων μεγεθών (επιτάχυνση ή άλλα μεγέθη).

- Επιλογή παραμέτρων μέτρησης (χρονική - συχνοτική ανάλυση - καθυστέρηση από την έναρξη της μέτρησης).
- Ρύθμιση εμφάνισης οθόνης κατά τη διάρκεια της μέτρησης (εμφάνιση διαγράμματος - τιμές μετρούμενων μεγεθών).
- Έναρξη μέτρησης.
- Διακοπή ή τερματισμός της μέτρησης.
- Αποθήκευση της μέτρησης.

Για μετρήσεις μηχανικών κραδασμών στο σύστημα χειρός-βραχίονα ακολουθούμε την εξής διαδικασία :

- Ενεργοποίηση του οργάνου καταγραφής.
- Βαθμονόμηση του οργάνου.
- Σύνδεση του αισθητήρα με την είσοδο καναλιών για το σύστημα χειρός-βραχίονα.
- Τοποθέτηση αισθητήρα στο κατάλληλο σημείο διέγερσης.
- Επιλογή μετρούμενων μεγεθών (επιτάχυνση ή άλλα μεγέθη).
- Επιλογή παραμέτρων μέτρησης (χρονική - συχνοτική ανάλυση -καθυστέρηση από την έναρξη της μέτρησης).
- Ρύθμιση εμφάνισης οθόνης κατά τη διάρκεια της μέτρησης (εμφάνιση διαγράμματος - τιμές μετρούμενων μεγεθών).
- Έναρξη μέτρησης.
- Διακοπή ή τερματισμός της μέτρησης.
- Αποθήκευση της μέτρησης.

Το όργανο έχει εργοστασιακή βαθμονόμηση για τις συνήθεις περιβαλλοντικές συνθήκες. Ωστόσο επειδή η ευαισθησία του εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την πίεση του περιβάλλοντος και την υγρασία, πρέπει να γίνει, η βαθμονόμηση του καναλιού μέτρησης.

3.3 Υπολογισμοί βασικών μεγεθών για κραδασμούς

3.3.1 Υπολογισμός βασικών μεγεθών για κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα του πηγεοκαρπικού άξονα

Η ανθρώπινη έκθεση σε κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χεριού-βραχίονα πρέπει να αξιολογείται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο που ορίζεται στο ευρωπαϊκό πρότυπο EN ISO 5349-1:2001. Η ένταση των κραδασμών εκφράζεται με τη σταθμισμένη κατά συχνότητα επιτάχυνση (m/s^2) της επιφάνειας της χειρολαβής του εργαλείου ή του προς κατεργασία κομματιού που έρχεται σε επαφή με το χέρι. Εφόσον έχουν μετρηθεί οι τιμές RMS της επιτάχυνσης $a_{ha,x}$, $a_{ha,y}$, $a_{ha,z}$ στους άξονες x,y,z αντίστοιχα η τελική ισοδύναμη a_{ha} τιμή της επιτάχυνσης ορίζεται ως:

$$a_{ha} = \sqrt{a_{ha,x}^2 + a_{ha,y}^2 + a_{ha,z}^2} \quad (3.4)$$

Ο δείκτης ha στα χρησιμοποιούμενα σύμβολα υποδηλώνει ότι πρόκειται για κραδασμούς που αναφέρονται στο σύστημα του πηγεοκαρπικού άξονα (hand-arm).

Η ημερήσια έκθεση που δέχεται ο εργαζόμενος στο σύστημα χειρός -βραχίονα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$A(8) = a_{ha} \sqrt{\frac{T_E}{T_0}} \quad (3.5)$$

όπου T_E ο χρόνος (σε ώρες) που εκτίθεται ο εργαζόμενος σε κραδασμούς και T_0 το οκτάωρο εργασίας.

Ένας εναλλακτικός τρόπος μέτρησης της έκθεσης ενός εργαζομένου σε κραδασμούς είναι ο υπολογισμός της δόσης των κραδασμών (Vibration Dose Value ή VDV). Η τιμή δόσης κραδασμών VDV αναπτύχθηκε ως ένα μέγεθος που δίνει καλύτερη ένδειξη των κινδύνων από κραδασμούς, συμπεριλαμβανομένων των κρούσεων και ορίζεται ως:

$$VDV = \left(\int_0^T a_w^4(t) dt \right)^{1/4} \quad (3.6)$$

Όπου: T είναι η χρονική διάρκεια έκθεσης του εργαζομένου σε κραδασμούς και $a_w(t)$ είναι η τιμή της σταθμισμένης επιτάχυνσης (ο δείκτης w αναφέρεται στην εκθετική χρονική στάθμιση) κατά την χρονική στιγμή t .

Η μονάδα μέτρησης της τιμής δόσης κραδασμών είναι μέτρα ανά δευτερόλεπτο στην $1,75 (m/s^{1,75})$ και σε αντίθεση με την τιμή RMS της επιτάχυνσης των κραδασμών, η

μετρούμενη VDV είναι σωρευτική τιμή, αυξάνεται δηλαδή με το χρόνο μέτρησης. Ως εκ τούτου, στις μετρήσεις της VDV είναι σημαντικό να γνωρίζουμε το χρονικό διάστημα κατά το οποίο μετρήθηκε η τιμή. Οι επιμέρους τιμές VDV για ένα εργαζόμενο που απασχολείται σε διάφορες θέσεις για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα σε κάθε μια εντός του ωραρίου εργασίας του μπορεί να αθροιστούν και να ελεγχθεί αν ο εργαζόμενος έχει υπερβεί την μέγιστη επιτρεπόμενη δόση.

3.3.2 Υπολογισμός βασικών μεγεθών για κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα

Η έκθεση του ατόμου σε κραδασμούς σε ολόκληρο το σώμα εκτιμάται με τη μέθοδο που ορίζεται στο διεθνές πρότυπο ISO 2631-1:1997. Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό η ενεργός τιμή ή μέση τετραγωνική τιμή (RMS) του μεγέθους των κραδασμών εκφράζεται από τη σταθμισμένη κατά τη συχνότητα επιτάχυνση (m/s^2) στο κάθισμα καθήμενου εργαζομένου ή στα πόδια εργαζομένου σε όρθια θέση. Εφόσον έχουν μετρηθεί οι τιμές RMS της επιτάχυνσης $a_{wb,x}$, $a_{wb,y}$, $a_{wb,z}$ στους άξονες x, y, z αντίστοιχα η τελική ισοδύναμη a_{wb} τιμή της επιτάχυνσης ορίζεται ως:

$$a_{wb} = \max(1,4a_{wb,x}, 1,4a_{wb,y}, a_{wb,z}) \quad (3.7)$$

Ο δείκτης wb στα χρησιμοποιούμενα σύμβολα υποδηλώνει ότι πρόκειται για κραδασμούς που αναφέρονται σε ολόκληρο το σώμα (whole body).

Η ημερήσια έκθεση που δέχεται ο εργαζόμενος σε ολόκληρο το σώμα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$A(8) = a_{wb} \sqrt{\frac{T_E}{T_0}} \quad (3.8)$$

όπου T_E ο χρόνος (σε ώρες) που εκτίθεται ο εργαζόμενος σε κραδασμούς και T_0 το οκτάωρο εργασίας.

3.4 Υπολογισμοί και αξιολόγηση μετρήσεων

3.4.1 Ανάλυση κραδασμών σε σχέση με το χρόνο μέτρησης

Η χρονική ανάλυση των μηχανικών κραδασμών επιτρέπει τον υπολογισμό βασικών μεγεθών όπως ορίζονται από την νομοθεσία, καθώς και άλλων μεγεθών που μας περιγράφουν λεπτομερέστερα την έκθεση και αποτελούν χρήσιμες ενδείξεις για τις επιπτώσεις στον οργανισμό του εργαζομένου.

Τα βασικά μεγέθη, όπως ορίζονται από την νομοθεσία, για το έλεγχο της επίπτωσης των κραδασμών στον εργαζόμενο είναι η ισοδύναμη RMS επιτάχυνση AEQ και η ημερήσια ισοδύναμη έκθεση A(8). Οι τιμές τους υπολογίζονται από τις σχέσεις (3.4), (3.5), (3.7), και (3.8) που έχουν αναφερθεί ανωτέρω.

Επιπρόσθετα υπάρχει δυνατότητα υπολογισμού της τρέχουσας έκθεσης CExp είτε για το σύστημα χειρός - βραχίονα είτε για ολόκληρο το σώμα από τον τύπο:

$$CExp = AEQ \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (3.9)$$

όπου AEQ είναι η ισοδύναμη επιτάχυνση, T είναι η διάρκεια μέτρησης σε ώρες και T_0 είναι το οκτάωρο εργασίας (www.svantek.com).

Επίσης, η MAX (RMS) είναι η υψηλότερη σταθμισμένη τιμή RMS που λαμβάνεται από τους τρεις άξονες και υπολογίζεται ως εξής (www.svantek.com):

- Για ολόκληρο το σώμα,

$$MAX (RMS) = \max\{1.4(RMS)_x, 1.4(RMS)_y, (RMS)_z\} \quad (3.10)$$

- Για το σύστημα χειρός-βραχίονα,

$$MAX (RMS) = \max\{(RMS)_x, (RMS)_y, (RMS)_z\} \quad (3.11)$$

Χρήσιμα συμπεράσματα μας δίνει ο λόγος κορυφοτιμής (crest factor) που δίδεται από τον τύπο (3.3) και το μέγεθος P-P (peak to peak) το οποίο αντιπροσωπεύει το χρονικό διάστημα από μια κορυφή σε μια άλλη στο διάγραμμα επιτάχυνσης - χρόνου και υπολογίζεται ως ακολούθως (www.svantek.com):

$$P-P=\max_T(0,a_w(t))-\min_T(0,a_w(t)) \quad (3.12)$$

όπου $a_w(t)$ είναι η τιμή της επιτάχυνσης του μετρούμενου κραδασμού την χρονική στιγμή t .

3.4.2 Ανάλυση κραδασμών ανά συχνότητα

Κάθε φυσική διαδικασία μπορεί να περιγραφεί είτε στην περιοχή του χρόνου (time domain), είτε στην περιοχή των συχνοτήτων (frequency domain). Σύμφωνα με το θεώρημα του Fourier μια σύνθετη ταλάντωση αναλύεται σε ένα πεπερασμένο ή άπειρο πλήθος απλών αρμονικών ταλαντώσεων και οι συχνότητες των επιμέρους απλών ταλαντώσεων συνθέτουν το φάσμα συχνοτήτων της σύνθετης. Κάθε συνάρτηση χρόνου $h(t)$ μπορεί να μετασχηματισθεί σε συνάρτηση συχνότητας $H(f)$ και αντιστρόφως. Οι μετασχηματισμοί πραγματοποιούνται με βάση τις ακόλουθες εξισώσεις (Ευσταθίου, 2002):

$$H(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t) [\cos(2\pi ft) - i \sin(2\pi ft)] dt \quad (3.13)$$

$$h(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} H(f) [\cos(2\pi ft) + i \sin(2\pi ft)] df \quad (3.14)$$

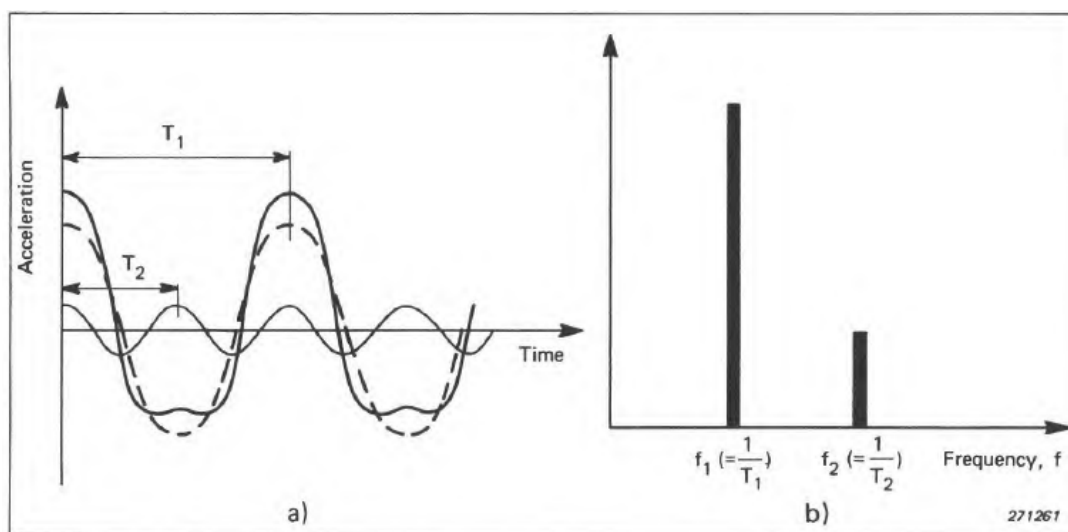
Οι εξισώσεις (3.13) και (3.14) αποδίδουν αντιστοίχως τον ορθό και τον αντίστροφο μετασχηματισμό Fourier (forward και reverse Fourier transform) και οι αντίστοιχες συμβολικές παραστάσεις τους είναι: $H(f) = F\{h(t)\}$ και $h(t) = F^{-1}\{H(f)\}$. Η εισαγωγή της φανταστικής μονάδας $i = \sqrt{-1}$ εξυπηρετεί στην έκφραση διαφοράς φάσης μεταξύ των ημιτονικών (ή συνημιτονικών) συστατικών. Ωστόσο, τα πραγματικά σήματα δεν έχουν καθορισμένη μαθηματική έκφραση. Για να πραγματοποιηθεί λοιπόν ο μετασχηματισμός γίνεται δειγματοληψία τιμών σε ίσα χρονικά διαστήματα (χρονικώς ισοαπέχουσες, $\Delta t = t_{n+1} - t_n$, = σταθερά και $(h(t_0), h(t_1), \dots, h(t_{N-1}))$) και εκτελείται όχι με βάση το ολοκλήρωμα Fourier, αλλά την αριθμητική του έκφραση, που συνιστά τον διακριτό μετασχηματισμό Fourier (discrete Fourier transform) όπως φαίνεται στη παρακάτω σχέση (Ευσταθίου, 2002):

$$H(f) = \sum_{i=0}^{N=1} [\cos(2\pi f t_i) + j \sin(2\pi f t_i)] \Delta t \quad (3.15)$$

Ο υπολογισμός των διακριτών τιμών $H(f)$, που απαρτίζουν το φάσμα συχνοτήτων απαιτεί μεγάλο αριθμό μαθηματικών πράξεων, ο οποίος αυξάνει εκθετικά, όσο

αυξάνει ο αριθμός N . Ο υπολογισμός αυτός πραγματοποιείται αποκλειστικά με υπολογιστές και με τη βοήθεια του αλγορίθμου (ή μιας από τις πολλές ποικιλίες του) των Cooley-Tukey, που είναι γνωστός ως **ταχύς μετασχηματισμός Fourier** (Fast Fourier Transform, FFT), επειδή ελαχιστοποιεί τον αριθμό των απαιτούμενων πράξεων (Ευσταθίου, 2002).

Στο σχήμα 3.7 παρατηρείται: (a) διάγραμμα επιτάχυνσης (acceleration) -χρόνου (time) μια σύνθετης ταλάντωσης αποτελούμενης από δυο αρμονικές και (b) τις επικρατούσες συχνότητες σε διάγραμμα επιτάχυνσης- συχνότητας (frequency).



Σχήμα 3.7: Μετασχηματισμός Fourier (Briel & Kjaer, 1989).

Με την παραπάνω διαδικασία το καταγραφικό των μηχανικών κραδασμών έχει τη δυνατότητα να απεικονίζει, μετά από κατάλληλες ρυθμίσεις, τις μετρήσεις τόσο σε σχέση με τον χρόνο όσο και την ανάλυση των συχνοτήτων. Η ανάλυση συχνοτήτων είναι εξίσου σημαντική με τη χρονική ανάλυση των μηχανικών κραδασμών, διότι μπορεί να παρατηρηθεί σε ποιές συχνότητες υπάρχουν επιβλαβείς κραδασμοί και κατά συνέπεια να διαπιστώσουμε ποιά τυχόν προβλήματα μπορούν να προκληθούν στο σώμα του εργαζομένου και ποια είναι τα πλέον κατάλληλα μέτρα προστασίας.

Τα πρότυπα ISO ορίζουν οι μετρήσεις των μηχανικών κραδασμών να αναλύονται σε διαστήματα συχνοτήτων που ονομάζονται οκτάβες, είτε με την μέθοδο 1/1 είτε με την 1/3. Ο χωρισμός των συχνοτήτων σε 1/1 οκτάβες διαιρεί το εύρος της εξεταζόμενης συχνοτικής περιοχής σε διαστήματα, έτσι ώστε το ανώτερο όριο συχνότητας κάθε διαστήματος να είναι διπλάσιο από το κατώτερο. Αν κάθε διάστημα της 1/1 οκτάβας

διαιρεθεί σε τρεις μικρότερες οκτάβες που είναι ίσου πλάτους σε λογαριθμική κλίμακα, τότε προκύπτει ο χωρισμός των συχνοτήτων σε 1/3 οκτάβες. Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τυπικές τιμές σε κλίμακα οκτάβων 1/1 και 1/3.

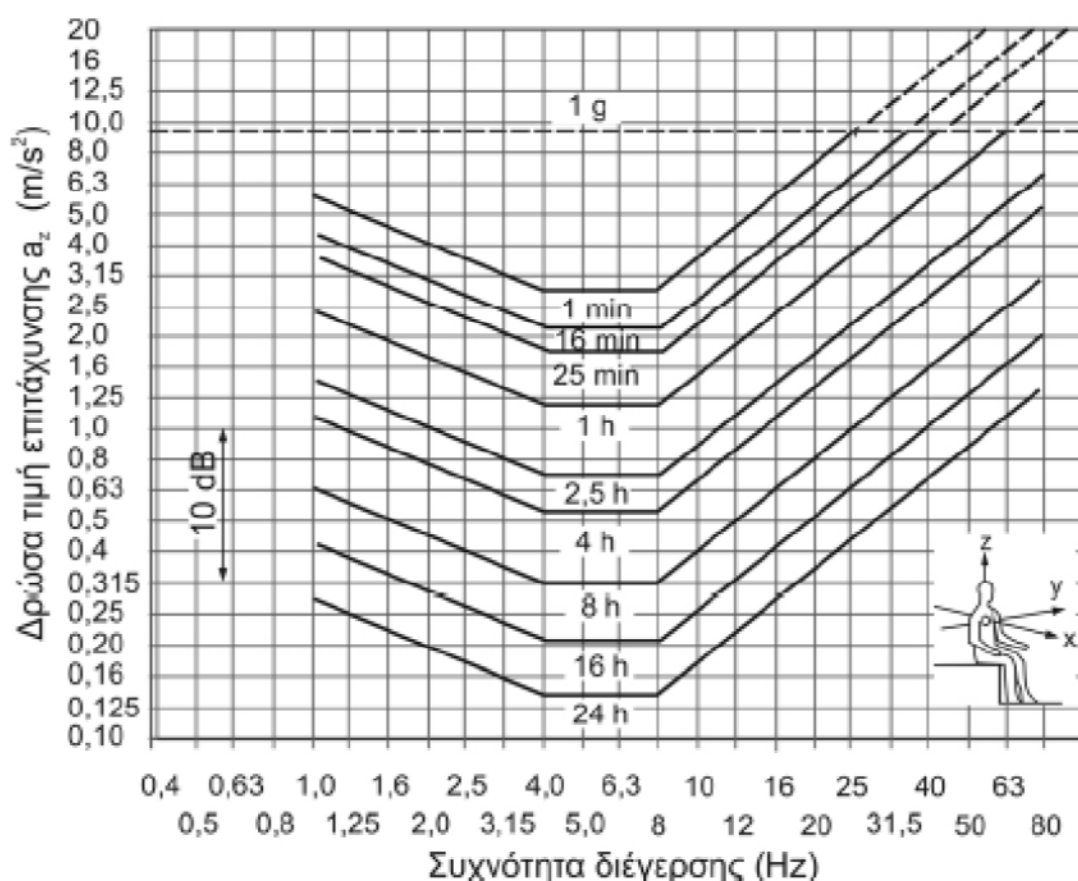
Πίνακας 3.1 : Τιμές συχνοτήτων (Hz) σε κλίμακα οκτάβων 1/1 και 1/3 για τη συχνοτική περιοχή 0,5-16 Hz.

1/1 Οκτάβα	1/3 Οκτάβα
0,5	
	0,63
	0,8
1	
	1,25
	1,6
2,0	
	2,5
	3,15
4,0	
	5,0
	6,3
8,0	
	10
	12
16	

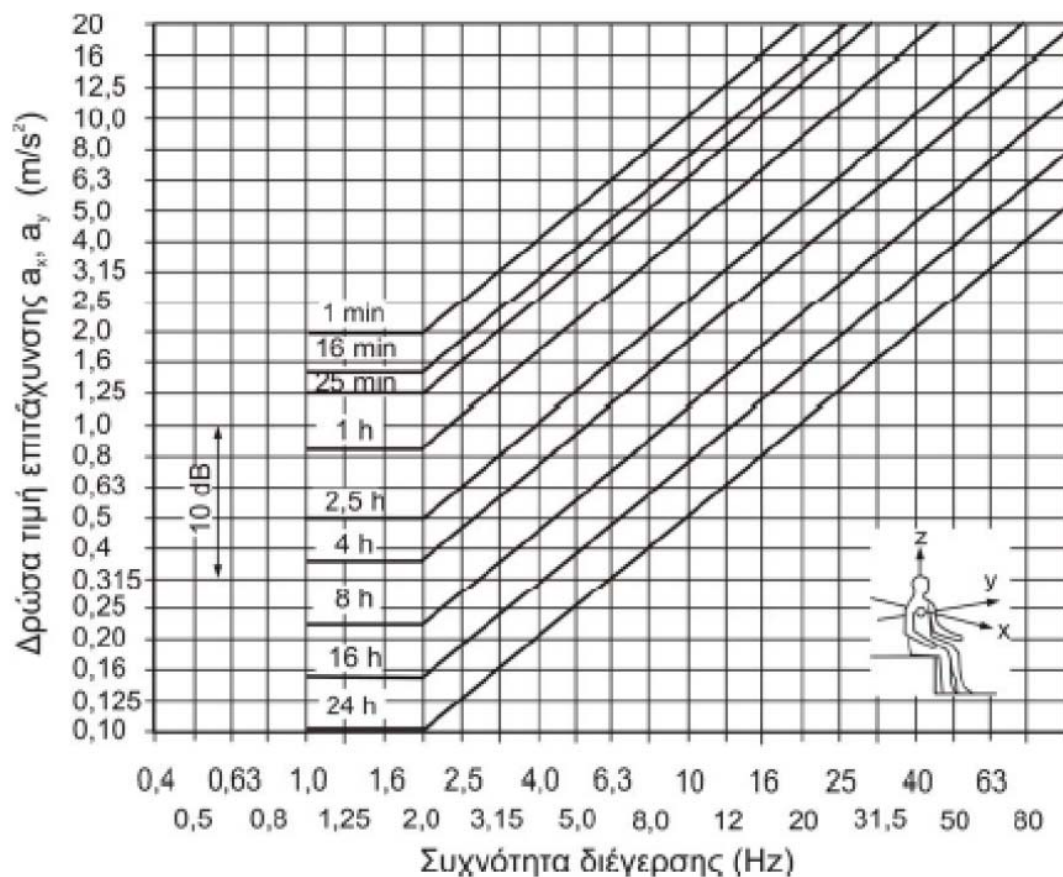
Το πρότυπο ISO 5349 καθορίζει τους μέγιστους χρόνους έκθεσης του ανθρώπινου σώματος σε ταλαντώσεις διαφορετικών χαρακτηριστικών (επιτάχυνση, συχνότητα) με βάση τα παρακάτω κριτήρια (Μαραγκουδάκης, 2012):

- Επίδραση των μηχανικών ταλαντώσεων στο αίσθημα της άνεσης του εργαζομένου.
- Επίδραση των μηχανικών ταλαντώσεων στην αποδοτικότητα του εργαζομένου.
- Επίδραση των μηχανικών ταλαντώσεων στην υγεία του εργαζομένου.

Εν προκειμένω οι χρόνοι αυτοί προσδιορίζονται εύκολα από τα διαγράμματα του κανονισμού ISO 5349 (βλέπε σχήματα 3.8 και 3.9), για διάφορες περιπτώσεις κατευθύνσεων επιταχύνσεων. Οι χρόνοι στα διαγράμματα των σχημάτων αυτών, αναφέρονται στην εκπλήρωση του κριτηρίου «επίδραση στην ανθρώπινη αποδοτικότητα». Για τον προσδιορισμό των αντιστοίχων χρόνων για την εκπλήρωση των υπολοίπων κριτηρίων, οι τιμές της δρώσας τιμής της επιτάχυνσης διπλασιάζονται για το κριτήριο «πρόκληση οποιασδήποτε βλάβης υγείας» (όρια έκθεσης), ενώ για την εκπλήρωση του κριτηρίου «επίδραση επί του ανθρωπίνου αισθήματος της άνεσης», οι τιμές της δρώσας τιμής της επιτάχυνσης πρέπει να διαιρεθούν με το 3,15 (Broch, 1984).



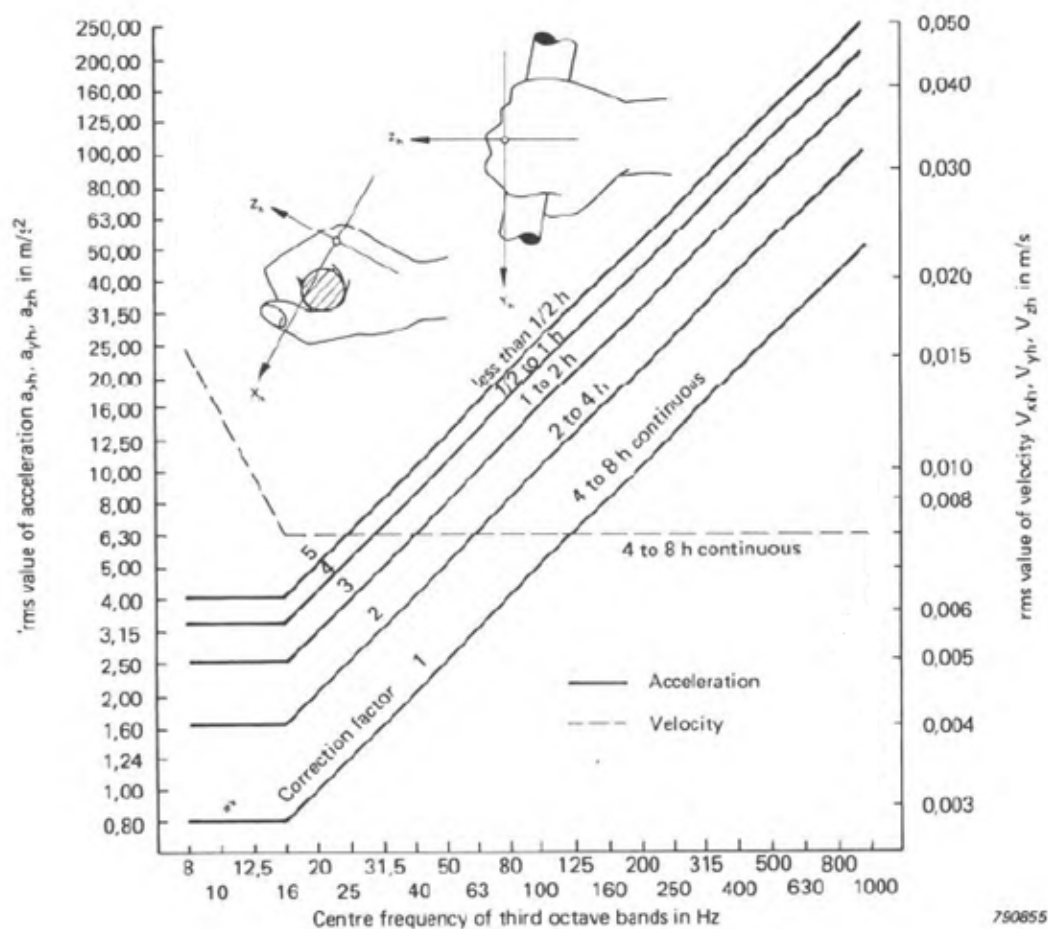
Σχήμα 3.8 : Νομόγραμμα καθορισμού της διάρκειας έκθεσης του εργαζομένου κατά ISO 5349 (εκπλήρωση του κριτηρίου για την αποδοτικότητα του εργαζομένου) σε μηχανικές ταλαντώσεις που δρουν σε όλο το σώμα με βάση την τιμή επιτάχυνσης στην κατακόρυφη διεύθυνση (άξονας z) (Broch, 1984).



Σχήμα 3.9 : Νομόγραμμα καθορισμού της διάρκειας έκθεσης του εργαζομένου κατά ISO 5349 (εκπλήρωση του κριτηρίου για την αποδοτικότητα του εργαζομένου) σε μηχανικές ταλαντώσεις που δρουν σε όλο το σώμα με βάση την τιμή επιτάχυνσης στις οριζόντιες διευθύνσεις (άξονες x, y) (Broch, 1984).

Στον οριζόντιο άξονα των παραπάνω σχημάτων 3.8 και 3.9 καθώς επίσης και του παρακάτω σχήματος 3.10 απεικονίζονται οι συχνότητες με βάση την ανάλυση σε οκτάβες 1/3 και στον κάθετο άξονα η δρώσα τιμή επιτάχυνσης.

Το ISO 5349 επιτρέπει επίσης μέσω του νομογράμματος του σχήματος 3.10 που έχει θεσπίσει, την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον χρόνο έκθεσης και τον κίνδυνο βλάβης που μπορούν να προκαλέσουν οι μηχανικοί κραδασμοί στο σύστημα χειρός-βραχίονα.



Σχήμα 3.10: Νομόγραμμα καθορισμού της διάρκειας έκθεσης του εργαζομένου κατά ISO 5349 σε μηχανικές ταλαντώσεις που δρουν στο σύστημα χειρός-βραχίονα (Broch, 1984).

3.4.3 Υπολογιστικό φύλλο για ανάλυση και αξιολόγηση μηχανικών κραδασμών στην περιοχή των συχνοτήτων

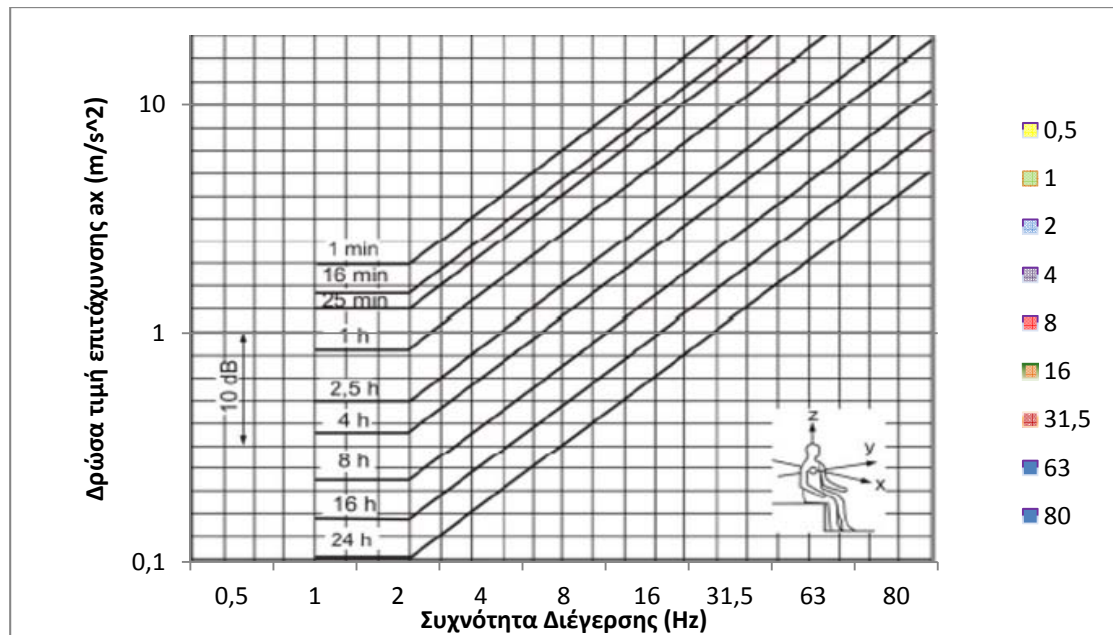
Για την ανάλυση και αξιολόγηση συχνοτήτων των μηχανικών κραδασμών δημιουργήθηκε υπολογιστικό φύλλο excel με βάση τα κριτήρια του ISO 5349 και τα νομογράμματα αυτού, όπου ορίζουν τον μέγιστο χρόνο παραμονής του εργαζομένου στη θέση εργασίας που πραγματοποιήθηκε η μέτρηση. Ο χρήστης μπορεί να εισάγει τις μετρούμενες τιμές RMS της επιτάχυνσης ανά συχνότητα στον πίνακα που έχει δημιουργηθεί (για άξονες x, y, z) και στη συνέχεια να αξιολογήσει, βάσει των νομογραμμάτων που δημιουργούνται αυτόματα, το χρονικό περιθώριο που μπορεί να συνεχίσει να εκτίθεται ο εργαζόμενος για το εκάστοτε κριτήριο αν αφορά την έκθεση σε ολόκληρο το σώμα ή όσον αφορά την έκθεση του πηγεοκαρπικού συστήματος.

Για την έκθεση σε κραδασμούς σε ολόκληρο το σώμα και το κριτήριο που αφορά την επιρροή της αποδοτικότητας του εργαζομένου δημιουργήθηκε υπολογιστικό φύλλο στο οποίο ο χρήστης εισάγει τις μετρούμενες τιμές επιτάχυνσης για τον άξονα x στην στήλη a_x , για τον άξονα y στη στήλη a_y και για τον άξονα z στη στήλη a_z όπως φαίνεται στον πίνακα 3.2.

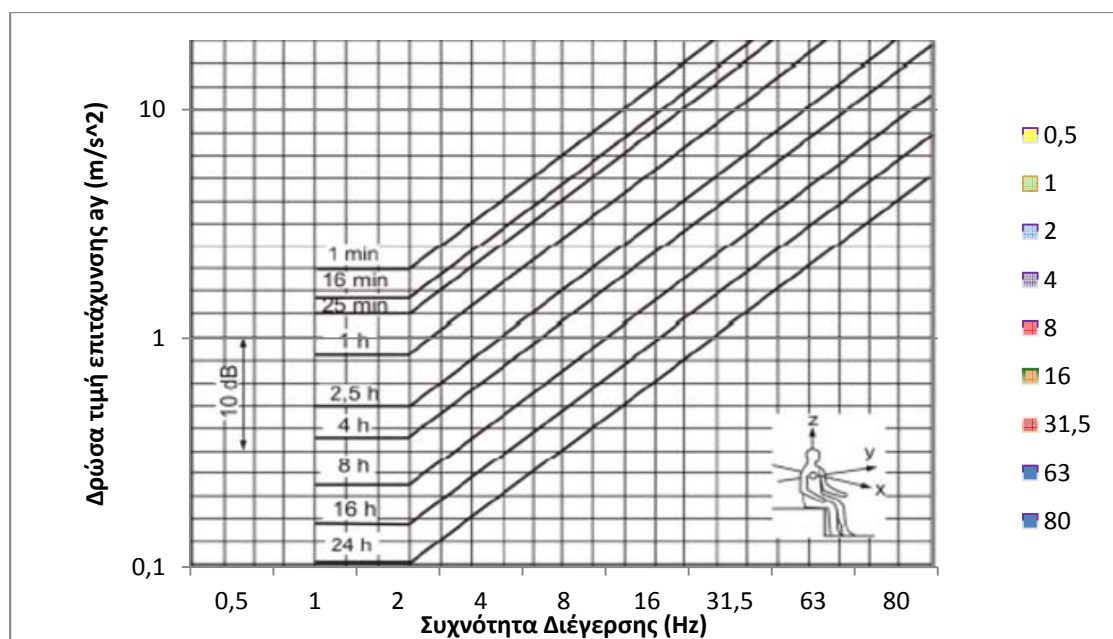
Πίνακας 3.2 : Τμήμα του υπολογιστικού φύλλου που περιλαμβάνει τον πίνακα εισαγωγής μετρούμενων τιμών επιτάχυνσης για το κριτήριο που αφορά την επιρροή της αποδοτικότητας του εργαζομένου.

Συχνότητα(Hz)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z(m/s^2)$
0,5			
1			
2			
4			
8			
16			
31,5			
63			
80			

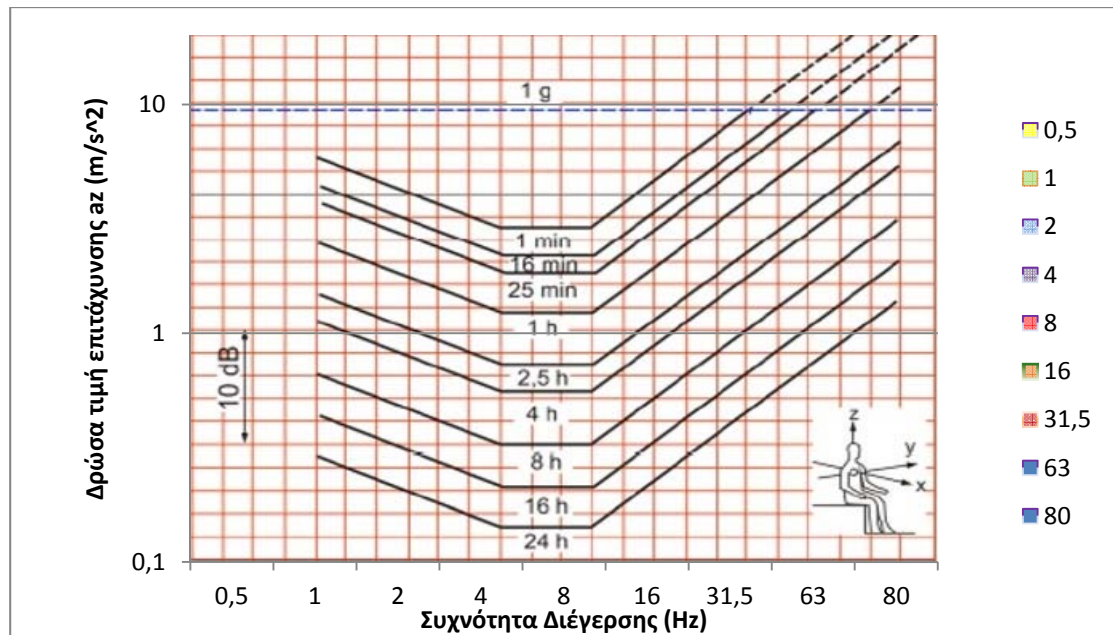
Εφόσον εισαχθούν τα κατάλληλα δεδομένα στον πίνακα 3.2 εμφανίζονται τα παρακάτω νομογράμματα αξιολόγησης που ορίζει το ISO 5349 στα σχήματα 3.11, 3.12, 3.13, για άξονες x, y και z αντίστοιχα όσον αφορά το μέγιστο χρόνο παραμονής του εργαζομένου, στη θέση εργασίας που πάρθηκαν οι μετρήσεις, που εισήχθηκαν για το κριτήριο για την επιρροή της αποδοτικότητας του εργαζομένου. Οι στήλες που δημιουργούνται επιτρέπουν στο χρήστη να καθορίσει, εκτός από τον μέγιστο χρόνο παραμονής, την ή τις συχνότητες που δημιουργούν επιπτώσεις στην αποδοτικότητα του εργαζομένου. Στο δεξί κομμάτι των παρακάτω σχημάτων 3.11, 3.12, 3.13, εμφανίζεται το υπόμνημα των στηλών των συχνοτήτων και τα αντίστοιχα χρώματα τα οποία εμφανίζονται.



Σχήμα 3.11 : Νομόγραμμα αξιολόγησης του μέγιστου χρόνου παραμονής του εργαζομένου για το κριτήριο επιρροής της αποδοτικότητας για τον άξονα x σύμφωνα με το ISO 5349.



Σχήμα 3.12 : Νομόγραμμα αξιολόγησης του μέγιστου χρόνου παραμονής του εργαζομένου για το κριτήριο επιρροής της αποδοτικότητας για τον άξονα y σύμφωνα με το ISO 5349.



Σχήμα 3.13 : Νομόγραμμα αξιολόγησης του μέγιστου χρόνου παραμονής του εργαζομένου για το κριτήριο επιρροής της αποδοτικότητας για τον άξονα z σύμφωνα με το ISO 5349.

Ομοίως για τα κριτήρια που αφορούν την επιρροή της άνεσης του εργαζομένου και την επιρροή της υγείας εμφανίζονται οι πίνακες εισαγωγής των μετρούμενων τιμών επιτάχυνσης και των αντίστοιχων επεξεργασμένων τιμών στους πίνακες 3.3 και 3.4.

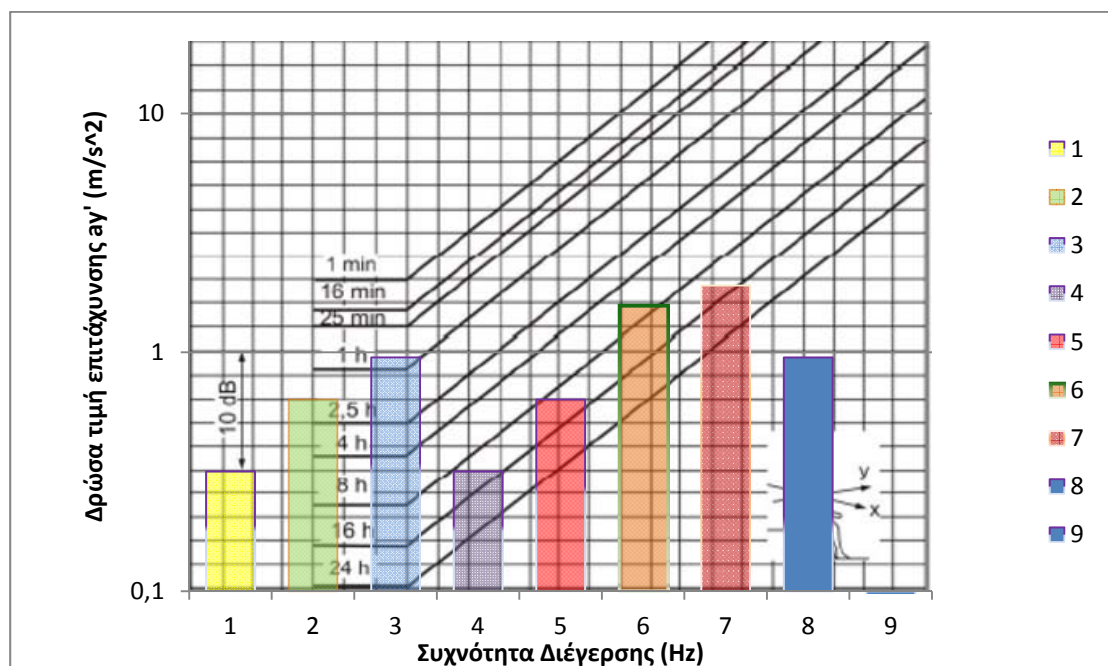
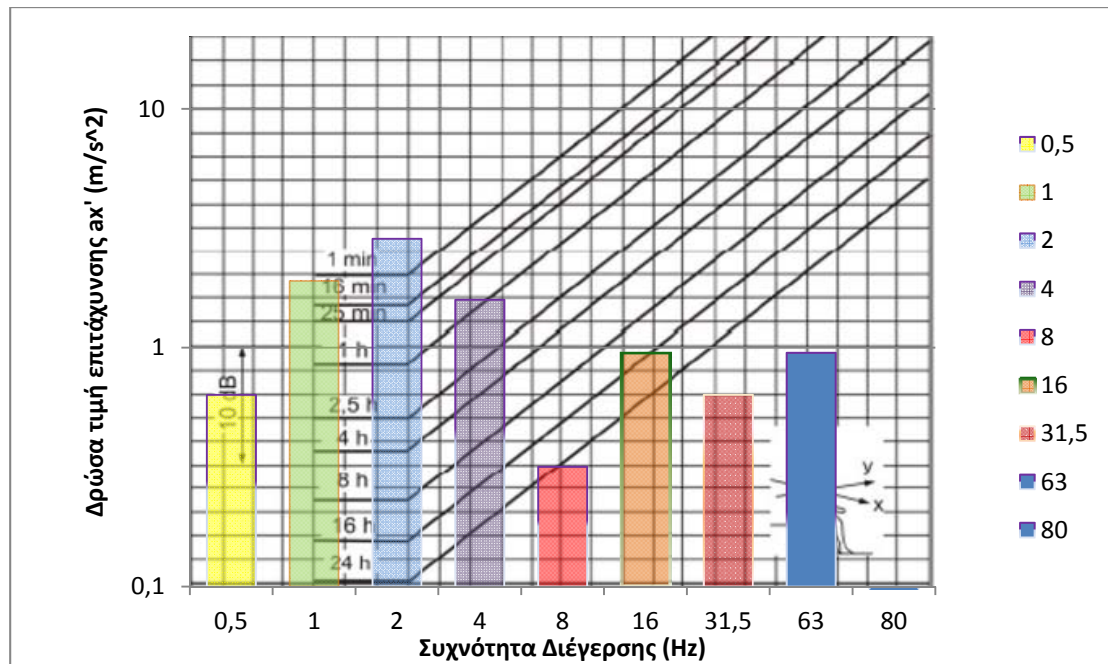
Πίνακας 3.3: Πίνακας εισαγωγής μετρούμενων τιμών επιτάχυνσης και επεξεργασμένων τιμών ($a_x' = a_x / 3,15$, $a_y' = a_y / 3,15$, $a_z' = a_z / 3,15$) για το κριτήριο που αφορά την επιρροή της άνεσης του εργαζομένου.

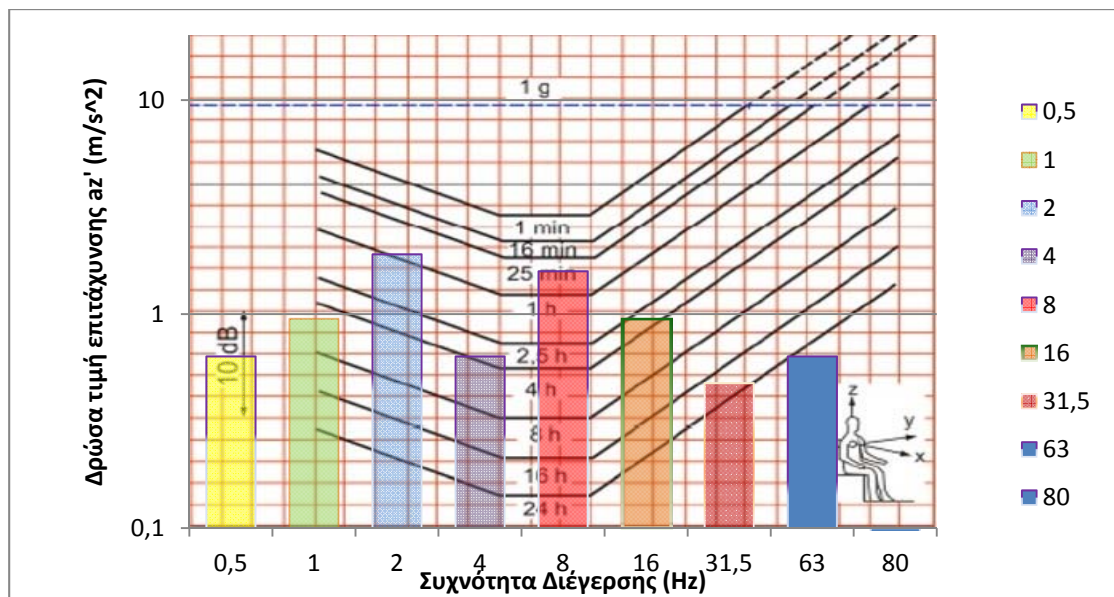
Συχνότητα(Hz)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z(m/s^2)$	$a_x' (m/s^2)$	$a_y'(m/s^2)$	$a_z'(m/s^2)$
0,5	2,00	1,00	2,00	0,63	0,31	0,63
1	6,00	2,00	3,00	1,90	0,63	0,95
2	9,00	3,00	6,00	2,85	0,95	1,90
4	5,00	1,00	2,00	1,58	0,31	0,63
8	1,00	2,00	5,00	0,31	0,63	1,58
16	3,00	5,00	3,00	0,95	1,58	0,95
31,5	2,00	6,00	1,50	0,63	1,90	0,47
63	3,00	3,00	2,00	0,95	0,95	0,63
80	0,1	0,10	0,10	0,03	0,03	0,03

Πίνακας 3.4 : Πίνακας εισαγωγής μετρούμενων τιμών επιτάχυνσης και επεξεργασμένων τιμών ($a_x' = a_x \cdot 2$, $a_y' = a_y \cdot 2$, $a_z' = a_z \cdot 2$) για το κριτήριο που αφορά την επιρροή της υγείας του εργαζομένου.

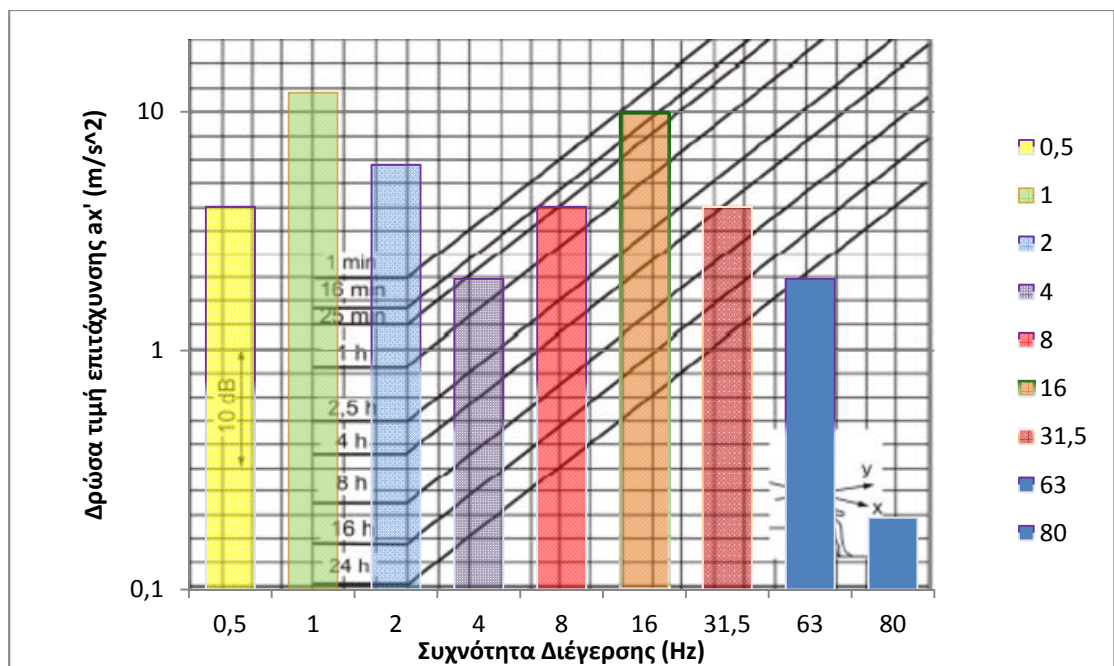
Συχνότητα(Hz)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z(m/s^2)$	$a_x' (m/s^2)$	$a_y'(m/s^2)$	$a_z'(m/s^2)$
0,5	2,00	1,00	0,30	4,00	2,00	0,60
1	6,00	5,00	6,00	12,00	10,00	12,00
2	3,00	3,00	3,00	6,00	6,00	6,00
4	1,00	2,00	2,00	2,00	4,00	4,00
8	2,00	1,00	5,00	4,00	2,00	10,00
16	5,00	6,00	1,00	10,00	12,00	2,00
31,5	2,00	3,20	4,00	4,00	6,40	8,00
63	1,00	6,00	5,00	2,00	12,00	10,00
80	0,1	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20

Εφόσον εισαχθούν τα κατάλληλα δεδομένα στους παραπάνω πίνακες των σχημάτων 3.3, 3.4 εμφανίζονται τα παρακάτω νομογράμματα αξιολόγησης σύμφωνα με τις επεξεργασμένες τιμές που ορίζει το ISO 5349 στα σχήματα 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19 για άξονες x, y και z αντίστοιχα. Στο δεξί κομμάτι των παρακάτω σχημάτων 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, εμφανίζεται το υπόμνημα των στηλών των συχνοτήτων και τα αντίστοιχα χρώματα τα οποία εμφανίζονται.

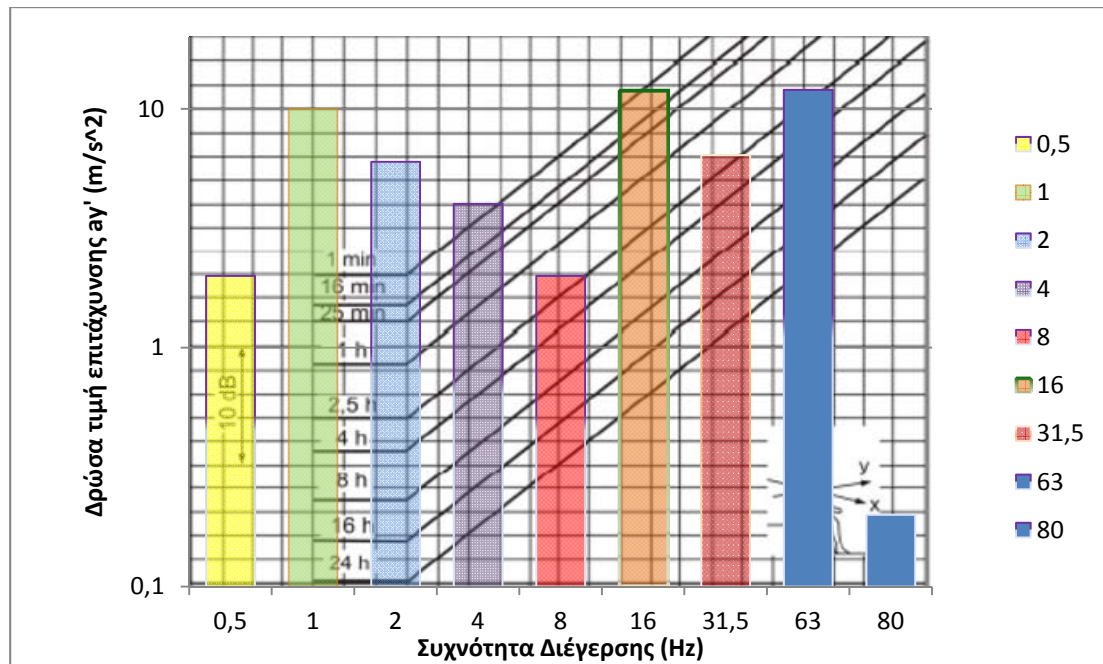




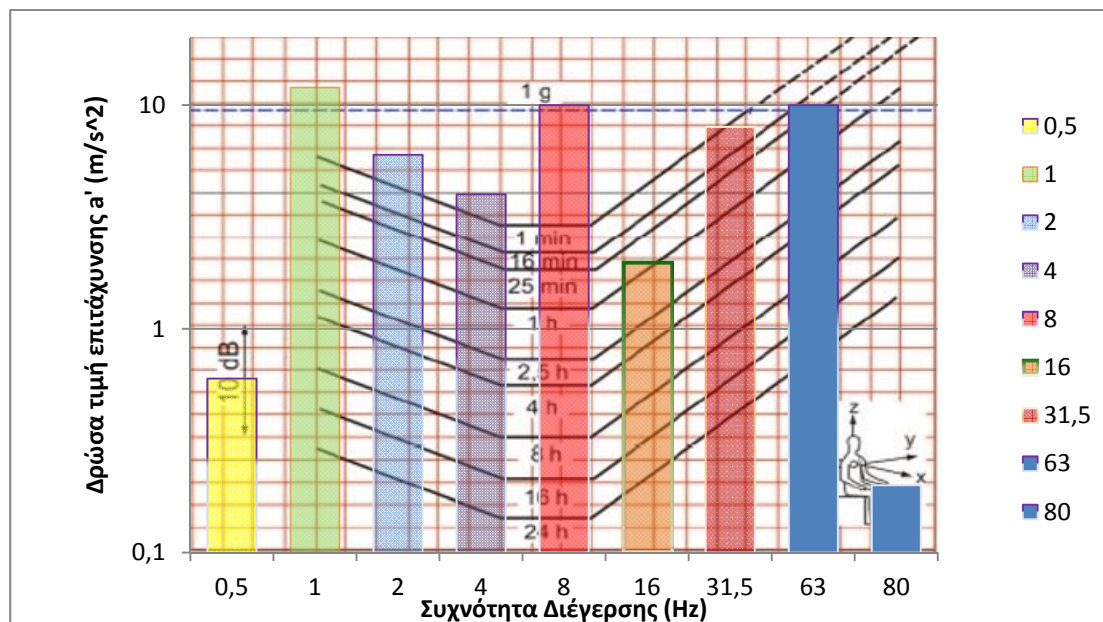
Σχήμα 3.16 : Νομόγραμμα αξιολόγησης του μέγιστου χρόνου παραμονής του εργαζομένου για το κριτήριο επιρροής της άνεσης για τον άξονα z σύμφωνα με το ISO 5349.



Σχήμα 3.17 : Νομόγραμμα αξιολόγησης του μέγιστου χρόνου παραμονής του εργαζομένου για το κριτήριο επιρροής της υγείας για τον άξονα x σύμφωνα με το ISO 5349.



Σχήμα 3.18 : Νομόγραμμα αξιολόγησης του μέγιστου χρόνου παραμονής του εργαζομένου για το κριτήριο επιρροής της υγείας για τον άξονα y σύμφωνα με το ISO 5349.



Σχήμα 3.19 : Νομόγραμμα αξιολόγησης του μέγιστου χρόνου παραμονής του εργαζομένου για το κριτήριο επιρροής της υγείας για τον άξονα z σύμφωνα με το ISO 5349.

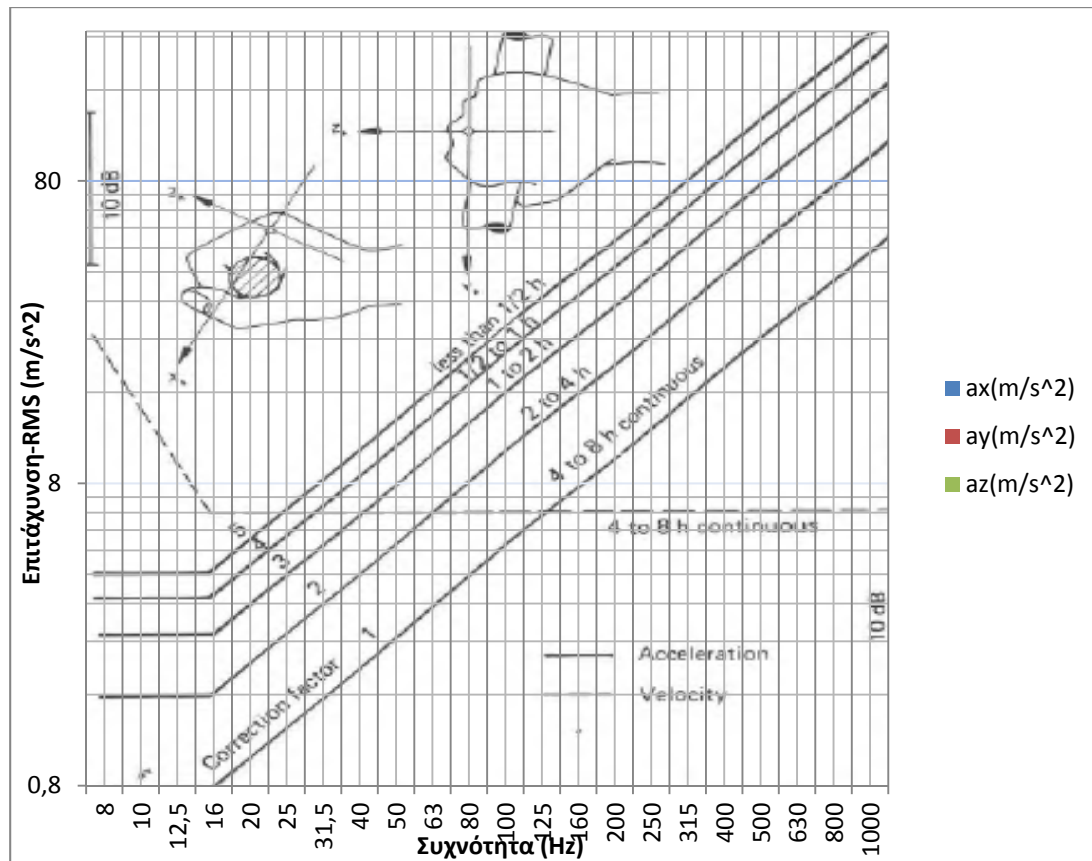
Για την έκθεση σε κραδασμούς του πηχεοκαρπικού συστήματος όσον αφορά την πρόκληση βλάβης στην υγείας του εργαζομένου δημιουργήθηκε αντίστοιχο υπολογιστικό φύλλο το οποίο περιέχει πίνακα εισαγωγής δεδομένων (τιμών μετρούμενης επιτάχυνσης) και νομόγραμμα αξιολόγησης για το μέγιστο χρόνο

παραμονής του εργαζομένου στη συγκεκριμένη εργασία για τους άξονες x, y, και z φαίνονται στον πίνακα 3.5 και στο σχήμα 3.20.

Πίνακας 3.5 : Πίνακας εισαγωγής των τιμών της μετρούμενης επιτάχυνσης για άξονες x, y, z όσον αφορά την πρόκληση βλάβης στην υγεία του εργαζομένου στο πηγεοκαρπικό σύστημα.

Συχνότητα (Hz)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z(m/s^2)$
8			
10			
12,5			
16			
20			
25			
31,5			
40			
50			
63			
80			
100			
125			
160			
200			
250			
315			
400			
500			
630			
800			
1000			

Μετά την εισαγωγή των τιμών της μετρούμενης επιτάχυνσης εμφανίζεται νομόγραμμα αξιολόγησης του μέγιστου χρόνου παραμονής του εργαζομένου στη συγκεκριμένη θέση εργασίας όπως φαίνεται στον σχήμα 3.20.



Σχήμα 3.20 : Νομόγραμμα αξιολόγησης του μέγιστου χρόνου παραμονής του εργαζομένου όσον αφορά την πρόκληση βλάβης στην υγεία του εργαζομένου στο πηγεοκαρπικό σύστημα σύμφωνα με το ISO 5349.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Εφαρμογή της μεθοδολογίας μέτρησης - Αξιολόγηση των κραδασμών

4.1 Εφαρμογή της μεθοδολογίας μέτρησης για έκθεση σε κραδασμούς του συστήματος χειρός - βραχίονα

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας μέτρησης για το σύστημα χειρός - βραχίονα πραγματοποιήθηκε αρχικά στο εργαστήριο σε εργασίες διάτρησης δειγμάτων ασβεστόλιθου. Το όργανο καταγραφής και επεξεργασίας που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Svan106 της εταιρίας Svantek, που διαθέτει τον αισθητήρα SV 105 όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1. Το όργανο έχει ρυθμιστεί καταλλήλως ώστε να καταγράφει τις τιμές RMS της επιτάχυνσης στην περιοχή του χρόνου αλλά και στην περιοχή των συχνοτήτων. Αναλυτικά, οι ρυθμίσεις του οργάνου καταγραφής και επεξεργασίας για τη μέτρηση περιγράφονται στο παράρτημα Α.



Σχήμα 4.1 : Όργανο καταγραφής και επεξεργασίας Svan106 και αισθητήρας SV 105.

Ο χειριστής χρησιμοποίησε κρουστικό δράπανο (bosch GSB 13 RE professional) που απεικονίζεται στο σχήμα 4.2, και πραγματοποίησε μικρής διαμέτρου διατρήματα σε δοκίμια:

- α) ψαμμιτικού ασβεστόλιθου (Σταυρού Χανίων),
- β) μικριτικού ασβεστόλιθου (αλφόπετρα).



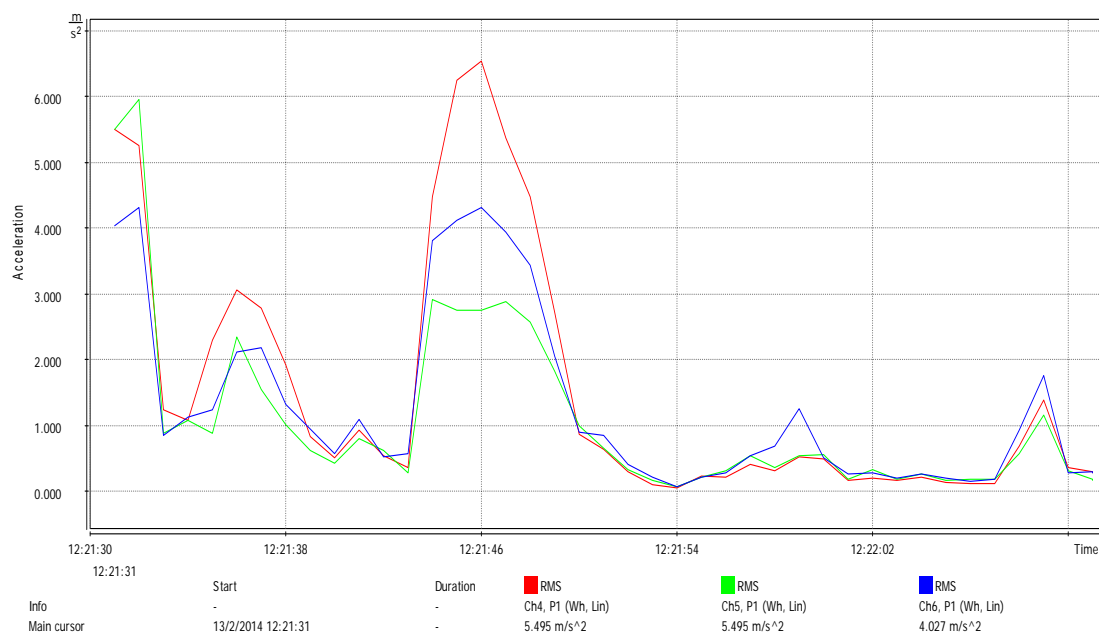
Σχήμα 4.2 : Κρουστικό δρέπανο (www.bosch-professional.com)

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή η τιμή μέτρησης (ισοδύναμη RMS) υπολογισμένη κατά EN 60745 με κρουστικό τρύπημα σε μπετόν είναι 26 m/s^2 (ανασφάλεια 3 m/s^2). Πίνακας μετρήσεων σύμφωνα με τον χρόνο μέτρησης για το δοκίμιο ψαμμιτικού ασβεστόλιθου (α) παρουσιάζονται στον πίνακα 4.1 όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y, z αντίστοιχα:

Πίνακας 4.1: Απόσπασμα των μετρήσεων των συνιστωσών της επιτάχυνσης σε σχέση με το χρόνο μέτρησης σε δοκίμιο ψαμμιτικού ασβεστόλιθου, όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα.

Χρόνος (s)	$a_x \text{ (m/s}^2\text{)}$	$a_y \text{ (m/s}^2\text{)}$	$a_z \text{ (m/s}^2\text{)}$
1	5,495	5,495	4,027
2	5,248	5,956	4,315
3	1,230	0,881	0,841
4	1,071	1,071	1,122
5	2,290	0,881	1,230
6	3,054	2,344	2,113
...
41	0,295	0,186	0,298

Αναλυτικά οι μετρήσεις κραδασμών σε σχέση με το χρόνο μέτρησης σε δοκίμιο ψαμμιτικού ασβεστόλιθου βρίσκονται στο παράρτημα Γ και αναπαριστώνται στο παρακάτω διάγραμμα επιτάχυνσης-χρόνου του σχήματος 4.3 με την κόκκινη καμπύλη για τις τιμές του άξονα x, την πράσινη για τον y και μπλε για τον z.



Σχήμα 4.3 : Διάγραμμα επιτάχυνσης-χρόνου για το δοκίμιο ψαμμιτικού ασβεστόλιθου (α). Με την κόκκινη καμπύλη δίνονται οι τιμές της επιτάχυνσης κατά τον άξονα x, με την πράσινη κατά τον y και με την μπλε κατά τον z.

Στο παραπάνω σχήμα 4.3 παρατηρείται ότι η πρώτη επαφή του κρουστικού δράπανου εν λειτουργία με το δοκίμιο ψαμμιτικού ασβεστόλιθου δημιουργεί υψηλές στιγμιαίες επιταχύνσεις (μέχρι να δημιουργηθεί η οπή) κυρίως στους πλευρικούς άξονες x και y, ενώ στη συνέχεια κατά τη δημιουργία της οπής έχουμε πτώση και σχετική εξομάλυνση των τιμών και στους τρεις άξονες με υψηλότερες στιγμιαίες τιμές αυτές του άξονα x. Τέλος, κατά την έξοδο του κρουστικού από την οπή που έχει δημιουργηθεί παρατηρούνται οι μεγαλύτερες τιμές με PEAK 6,531 m/s² στον άξονα x και πτώση και εξομάλυνση των τιμών εφόσον το κρουστικό δράπανο δεν έρχεται σε επαφή με το υλικό αλλά μόνο περιστρέφεται. Καθοριστικό ρόλο στις έντονες διακυμάνσεις των στιγμιαίων τιμών της επιτάχυνσης παίζει το μεγάλο πορώδες το οποίο παρουσιάζει το δοκίμιο. Οι υψηλές τιμές που δημιουργούνται σε έναν από τους δυο πλευρικούς άξονες (άξονας x) και όχι και στους δύο μπορεί να οφείλονται στην ύπαρξη εκκεντρότητας στην περιστροφή ή λόγω της γωνίας εισόδου του κρουστικού στο δοκίμιο για τη δημιουργία οπής.

Για την επεξεργασία των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Svanpc++ της εταιρίας Svantek και το πρότυπο υπολογιστικό φύλλο που δημιουργήσαμε σύμφωνα με το ISO 5349.

Για την αξιολόγηση των παραπάνω μετρήσεων έγιναν τα παρακάτω :

- Υπολογισμός της μέσης τετραγωνικής τιμής της επιτάχυνσης για άξονες x, y, z από τον τύπο:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{n}(a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + \dots + a_n^2)} \quad (4.1)$$

όπου a_1 η τιμή RMS για το πρώτο δευτερόλεπτο μέτρησης και a_n για το τελευταίο.

Η μέση RMS για τον άξονα x αντιστοιχεί στην τιμή 2,476 m/s², για τον y 1,751 m/s² και για τον z 1,866 m/s².

- Υπολογισμός ισοδύναμης τιμής RMS σύμφωνα με τον τύπο (3.4) που αντιστοιχεί στην τιμή 3,560 m/s². Παρατηρείται πως η ισοδύναμη τιμή που υπολογίσαμε είναι χαμηλότερη από τα βιβλιογραφικά δεδομένα που δίνονται για κρουστικά δράπανα γεγονός που οφείλεται στο υλικό του δοκιμίου.
- Υπολογισμός ημερήσιας έκθεσης σε κραδασμούς από τον τύπο (3.5) για διάφορους χρόνους έκθεσης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2 : Ημερήσια ισοδύναμη έκθεση A(8) σε κραδασμούς για διάφορους χρόνους έκθεσης του εργαζομένου που χρησιμοποιεί κρουστικό δράπανο σε ψαμμιτικό ασβεστόλιθο.

Ημερήσια ισοδύναμη έκθεση A(8) (m/s ²)	Χρόνος έκθεσης (min)
1,258	60
2,517	240
2,814	300
3,560	480

Παρατηρείται πως δεν ξεπερνιέται η οριακή τιμή της ημερήσιας έκθεσης που ανέρχεται στα 5 m/s² όμως στα 240 λεπτά (τέσσερις ώρες) ξεπερνάτε η οριακή τιμή ανάληψης δράσης που ανέρχεται στα 2,5 m/s². Επομένως μετά τις τέσσερις ώρες εργασίας για τον εργαζόμενο θα πρέπει να ληφθούν ατομικά μέτρα προστασίας και να παρακολουθείται από τον ιατρό εργασίας.

- Υπολογισμός τρέχουσας έκθεσης σύμφωνα με τον τύπο (3.9) που αντιστοιχεί στην τιμή 0,209 m/s² (για χρόνο μέτρησης 0,277 ώρες ή 15 λεπτά περίπου).

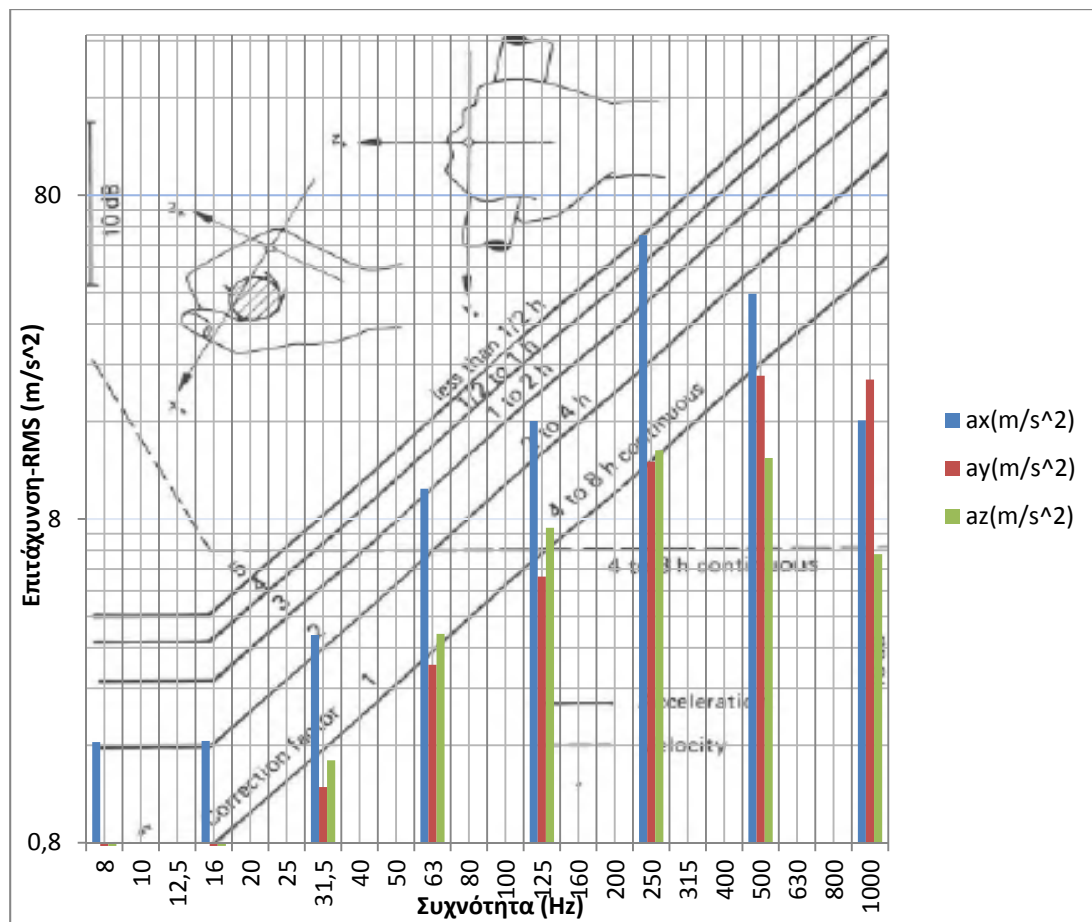
Οι μετρήσεις της φασματικής ανάλυσης των συχνοτήτων των μηχανικών κραδασμών κατά τη διάτρηση σε ψαμμιτικό ασβεστόλιθο παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα

4.3 όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα. Οι RMS τιμές της μετρηθείσας επιτάχυνσης για κάθε άξονα αναλύθηκαν για το φάσμα 0-2000 Hz με μεθοδολογία των οκταβών 1/1.

Πίνακας 4.3 : Φασματική ανάλυση των κραδασμών (επιτάχυνση) σε οκτάβες 1/1 κατά τη διάτρηση ψαμμιτικού ασβεστολίθου στο εργαστήριο με κρουστικό δράπανο, όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα.

Συχνότητα (Hz)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
0,5	0,587	0,290	0,198
1	1,637	0,354	0,100
2	3,300	0,421	0,214
4	1,886	0,442	0,284
8	1,637	0,473	0,464
16	1,650	0,746	0,782
31,5	3,503	1,189	1,438
63	9,920	2,835	3,531
125	16,051	5,310	7,514
250	60,187	12,026	13,038
500	39,673	22,156	15,638
1000	37,196	32,569	12,341
2000	16,120	21,571	6,227

Για την αξιολόγηση των μετρήσεων σύμφωνα στο φάσμα των συχνοτήτων έγινε χρήση του νομογράμματος κατά ISO 5349, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.4.



Σχήμα 4.4 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 στο φάσμα των συχνοτήτων σε ψαμμιτικό ασβεστόλιθο.

Στο σχήμα 4.4 παρατηρείται πως οι συχνότητες που θέτουν τον χρονικό περιορισμό είναι αυτές του άξονα x και η συχνότητα που μας ορίζει τη μέγιστη χρονική διάρκεια που μπορεί να εκτίθεται ο εργαζόμενος στους μηχανικούς αυτούς κραδασμούς είναι τα 250Hz. Άρα όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα ο μέγιστος χρόνος παραμονής του εργαζομένου στη συγκεκριμένη θέση εργασίας είναι έως μία ώρα.

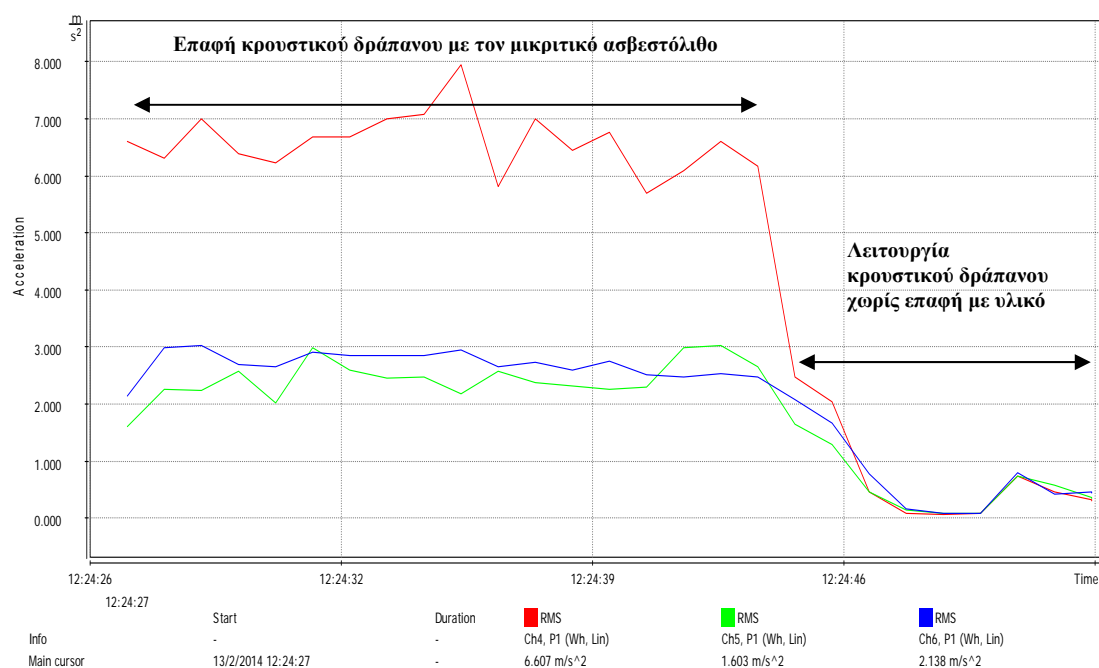
Επομένως, αξιολογώντας τα αποτελέσματα της χρονικής αλλά και της συχνοτικής ανάλυσης και λαμβάνοντας υπόψη μας το αυστηρότερο κριτήριο συμπεραίνουμε πως ο εργαζόμενος μπορεί να εκτεθεί συνολικά μία ώρα.

Ο πίνακας μετρήσεων σύμφωνα με τον χρόνο μέτρησης για το δοκίμιο μικριτικού ασβεστόλιθου (β) παρουσιάζονται στον πίνακα 4.4 όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y, z αντίστοιχα:

Πίνακας 4.4 : Απόσπασμα των μετρήσεων των συνιστωσών της επιτάχυνσης σε σχέση με το χρόνο μέτρησης σε δοκίμιο μικριτικού ασβεστόλιθου, όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα.

Χρόνος (s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
1	6,606	1,603	2,137
2	6,309	2,264	2,985
3	6,998	2,238	3,019
4	6,382	2,570	2,691
5	6,237	2,018	2,660
...
37	2,907	3,129	2,241

Αναλυτικά οι μετρήσεις κραδασμών σε σχέση με το χρόνο μέτρησης σε δοκίμιο ασβεστολίθου βρίσκονται στο παράρτημα Γ και αναπαριστώνται στο διάγραμμα επιτάχυνσης-χρόνου του σχήματος 4.5 με την κόκκινη καμπύλη για τις τιμές του άξονα x, την πράσινη για τον y και μπλε για τον z.



Σχήμα 4.5 : Διάγραμμα επιτάχυνσης-χρόνου για το δοκίμιο μικριτικού ασβεστόλιθου (β). Με την κόκκινη καμπύλη δίνονται οι τιμές της επιτάχυνσης κατά τον άξονα x, με την πράσινη κατά τον y και με την μπλε κατά τον z.

Στο σχήμα 4.5 παρατηρείται ότι από την πρώτη επαφή του κρουστικού δράπανου μέχρι και την έξοδο του από την οπή που δημιουργήσαμε οι στιγμιαίες τιμές της επιτάχυνσης σε όλους τους άξονες δεν έχουν μεγάλες διακυμάνσεις γεγονός που οφείλεται στο ότι το δοκίμιο αποτελείται από συμπαγές υλικό. Επίσης, πρέπει να επισημάνουμε ότι οι τιμές του πλευρικού άξονα x παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές με διαφορά από τις τιμές των άλλων δυο αξόνων, τεσσάρων με πέντε μονάδων περίπου, γεγονός που μας δείχνει την ύπαρξη εκκεντρότητας στην περιστροφή ή λόγω της γωνίας εισόδου του κρουστικού στο δοκίμιο για τη δημιουργία οπής. Τέλος, στο δευτερόλεπτο που έχουμε απότομη πτώση των τιμών της επιτάχυνσης και στην συνέχεια εξομάλυνση αυτών, το κρουστικό δράπανο είναι σε λειτουργία αλλά δεν έρχεται σε επαφή με το υλικό του δοκιμίου.

Για την επεξεργασία των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Svanpre++ και το πρότυπο υπολογιστικό φύλλο που δημιουργήσαμε σύμφωνα με το ISO 5349.

- Η μέση RMS για τον άξονα x αντιστοιχεί στην τιμή $2,453 \text{ m/s}^2$, για τον y $2,061 \text{ m/s}^2$ και για τον z $2,287 \text{ m/s}^2$.
- Υπολογισμός ισοδύναμης τιμής RMS σύμφωνα με τον τύπο (3.4) που αντιστοιχεί στην τιμή $6,242 \text{ m/s}^2$. Παρατηρούμε ότι η ισοδύναμη τιμή RMS είναι εντός των ορίων που τίθενται από τη βιβλιογραφία όπως φαίνονται στο παράρτημα αλλά αποκλίνει από την τιμή εκπομπής κραδασμών που δίνονται για το κρουστικό δράπανο για διάτρηση σε σκυρόδεμα. Η απόκλιση είναι πιθανόν να οφείλεται και στα διαφορετικά φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών.
- Υπολογισμός ημερήσιας έκθεσης σε κραδασμούς από τον τύπο (3.5) για διάφορους χρόνους έκθεσης παρουσιάζονται στον πίνακα 4.5.

Πίνακας 4.5 : Ημερήσια έκθεση σε κραδασμούς για διάφορους χρόνους έκθεσης του εργαζομένου που χρησιμοποιεί κρουστικό δράπανο σε δοκίμιο μικριτικού ασβεστόλιθου.

Ημερήσια Έκθεση (m/s^2)	Χρόνος έκθεσης (min)
2,510	78
4,935	300
5,033	312

Παρατηρείται πως ο εργαζόμενος ξεπερνά την οριακή τιμή ανάληψης δράσης που ανέρχεται στα $2,5 \text{ m/s}^2$ στα 78 λεπτά (1 ώρα και 20 λεπτά περίπου) και την τιμή ημερήσιας έκθεσης που ανέρχεται στα 5 m/s^2 από τα 312 λεπτά (5 ώρες και 10 λεπτά περίπου) έκθεσης και πάνω. Επομένως από τα 78 λεπτά πρέπει να ληφθούν μέτρα προστασίας και ιατρική παρακολούθηση και να μην ξεπερνά το χρονικό διάστημα των 312 λεπτών έκθεσης ημερησίως.

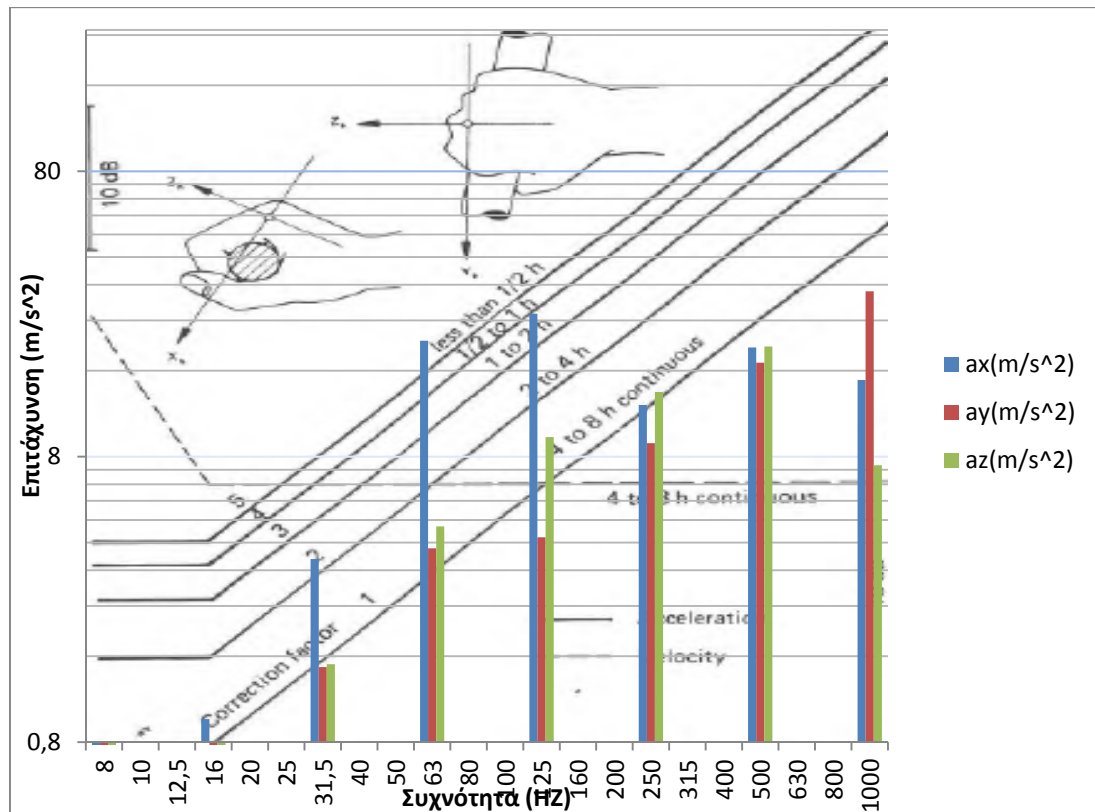
- Υπολογισμός τρέχουσας έκθεσης σύμφωνα με τον τύπο (3.9) που αντιστοιχεί στην τιμή $0,220 \text{ m/s}^2$ (για χρόνο μέτρησης 0,01 ώρες ή 0,6 λεπτά).

Αναλυτικός πίνακας μετρήσεων σύμφωνα με το φάσμα συχνοτήτων για τον ασβεστόλιθο (β) παρουσιάζονται στο πίνακα 4.6 όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y, z αντίστοιχα:

Πίνακας 4.6 : Μετρήσεις κραδασμών σε σχέση με το φάσμα συχνοτήτων σε δοκίμιο μικριτικού ασβεστόλιθου όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα.

Συχνότητα (Hz)	$a_x \text{ (m/s}^2\text{)}$	$a_y \text{ (m/s}^2\text{)}$	$a_z \text{ (m/s}^2\text{)}$
0,5	0,664	0,21	0,486
1	0,152	0,091	0,103
2	0,033	0,037	0,087
4	0,083	0,08	0,204
8	0,108	0,167	0,32
16	0,963	0,423	0,284
31,5	3,503	1,464	1,5
63	20,37	3,819	4,555
125	25,351	4,173	9,365
250	12,134	8,913	13,474
500	19,297	17,061	19,454
1000	14,842	30,374	7,464
2000	6,375	15,118	2,858

Για να αξιολογηθούν οι μετρήσεις σύμφωνα στο φάσμα των συχνοτήτων θα γίνει χρήση του νομογράμματος που δίδεται στο ISO 5349 όπως φαίνεται στο σχήμα 4.5.



Σχήμα 4.5 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 στο φάσμα των συχνοτήτων σε δοκίμιο μικροϊκτικού ασβεστόλιθου.

Στο σχήμα 4.5 παρατηρείται ότι οι τιμές των επιταχύνσεων που θέτουν τον χρονικό περιορισμό είναι αυτές του άξονα x και τα 250Hz. Η μέγιστη χρονική διάρκεια που μπορεί να παραμείνει ο εργαζόμενος είναι λιγότερο από μισή ώρα.

Επομένως, αξιολογώντας τα αποτελέσματα της χρονικής αλλά και της συχνοτικής ανάλυσης και λαμβάνοντας υπόψη μας το αυστηρότερο κριτήριο συμπεραίνουμε πως ο εργαζόμενος μπορεί να εκτεθεί στους συγκεκριμένους κραδασμούς συνολικά λιγότερο από μισή ώρα.

4.2 Μετρήσεις για έκθεση σε κραδασμούς σε ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας μέτρησης για ολόκληρο το σώμα πραγματοποιήθηκε με το όργανο καταγραφής και επεξεργασίας Svan106 και τον αισθητήρα SV 38V της εταιρίας Svantek που απεικονίζονται στο σχήμα 4.6. Το όργανο έχει ρυθμιστεί καταλλήλως ώστε να καταγράφει τιμές RMS στην περιοχή του χρόνου αλλά και στην

περιοχή των συχνοτήτων. Αναλυτικά, οι ρυθμίσεις του οργάνου καταγραφής και επεξεργασίας για τη μέτρηση περιγράφεται στο παράρτημα Α.



Σχήμα 4.6 : Όργανο καταγραφής και επεξεργασίας Svan106 και τον αισθητήρα SV 38V.

Οι μετρήσεις κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα πραγματοποιήθηκαν σε οδηγό ελαστιχοφόρου εκσκαφέα εξοπλισμένου με υδραυλική σφύρα κάτω από 25 τόνους (τύπου MH6 της O&K, έτος κατασκευής 1987) όπως φαίνεται στο σχήμα 4.7 και σε οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου κάδου (τσάπα) κάτω από 25 τόνους (1704LC της ATLAS, έτος κατασκευής 1987) όπως φαίνεται στο σχήμα 4.8.



Σχήμα 4.7 : Ελαστιχοφόρος εκσκαφέας εξοπλισμένος με υδραυλική σφύρα.



Σχήμα 4.8 : Ερπυστριοφόρος εκσκαφέας με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα).

4.2.1 Μετρήσεις κραδασμών σε οδηγό ελαστικοφόρου οχήματος με υδραυλική σφύρα

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας μέτρησης σε οδηγό ελαστικοφόρου οχήματος με υδραυλική σφύρα έγινε υπό τις εξής συνθήκες:

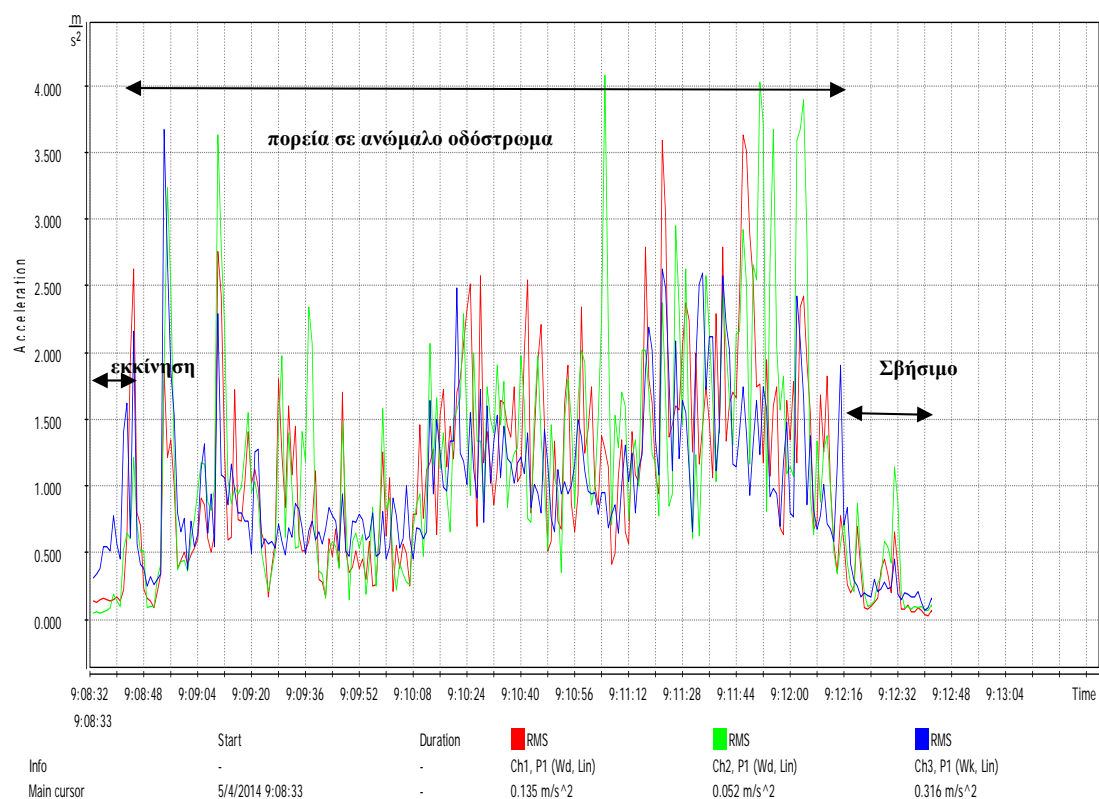
(α) σε πορεία του οχήματος σε ανώμαλο οδόστρωμα χωρίς τη λειτουργία σφύρας.

Τυπικό απόσπασμα των μετρήσεων για τον χρόνο μέτρησης που επιλέχθηκε παρουσιάζονται στον πίνακα 4.7 (a_x , a_y , a_z είναι οι μετρούμενες RMS τιμές της επιτάχυνσης για τους άξονες x, y και z αντίστοιχα).

Πίνακας 4.7 : Απόσπασμα των μετρήσεων των συνιστωσών της επιτάχυνσης σε σχέση με το χρόνο μέτρησης για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα για πορεία ελαστικοφόρου εκσκαφέα εξοπλισμένου με υδραυλική σφύρα σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα.

Χρόνος (s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
1	0,134	0,051	0,316
2	0,133	0,053	0,346
3	0,146	0,048	0,380
4	0,156	0,057	0,549
...
250	0,069	0,104	0,164

Αναλυτικά οι μετρήσεις κραδασμών σε σχέση με το χρόνο μέτρησης βρίσκονται στο παράρτημα Γ και αναπαριστώνται στο διάγραμμα επιτάχυνσης-χρόνου του σχήματος 4.9. Με την κόκκινη καμπύλη αναπαρίστανται οι τιμές του άξονα x, με την πράσινη του y και με την μπλε του z.



Σχήμα 4.9 : Διάγραμμα επιτάχυνσης-χρόνου μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα για πορεία ελαστικοφόρου εκσκαφέα εξοπλισμένου με υδραυλική σφύρα σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας. Με την κόκκινη καμπύλη αναπαρίστανται οι τιμές του άξονα x, με την πράσινη του y και με την μπλε του z.

Στο σχήμα 4.9 παρατηρείται ότι υπάρχουν έντονες διακυμάνσεις και στους τρεις άξονες κατά την κίνηση του οχήματος σε ανώμαλο οδόστρωμα. Στα τελευταία δευτερόλεπτα της μέτρησης το όχημα έχει σταματήσει την κίνηση (από τον χρόνο 9:12:07 και μετά), άρα οι διακυμάνσεις που εμφανίζονται δημιουργούνται από κραδασμούς που δημιουργεί ο κινητήρας του οχήματος. Οι υψηλότερες στιγμιαίες επιταχύνσεις εμφανίζονται στον άξονα y όπου και εμφανίζεται και η υψηλότερη στιγμιαία τιμή επιτάχυνσης $4,074 \text{ m/s}^2$.

Για την επεξεργασία των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Svanpc++ και το πρότυπο υπολογιστικό φύλλο που δημιουργήσαμε σύμφωνα με το ISO 5349.

Για την αξιολόγηση των παραπάνω μετρήσεων υπολογίστηκαν τα παρακάτω:

- Η μέση RMS από τον τύπο (4.1) για τον άξονα x, που αντιστοιχεί στην τιμή $1,295 \text{ m/s}^2$, για τον y σε $1,425 \text{ m/s}^2$ και για τον z σε $1,138 \text{ m/s}^2$.

- Υπολογισμός ισοδύναμης τιμής RMS σύμφωνα με τον τύπο (3.7) που αντιστοιχεί στην τιμή $1,995 \text{ m/s}^2$.
- Υπολογισμός ημερήσιας έκθεσης σε κραδασμούς από τον τύπο (3.8) για διάφορους χρόνους έκθεσης του εργαζομένου παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 4.8:

Πίνακας 4.8 : Ημερήσια έκθεση σε κραδασμούς για διαφόρους χρόνους έκθεσης για οδηγό ελαστιχοφόρου οχήματος κατά την πορεία του οχήματος.

Ημερήσια Έκθεση (m/s^2)	Χρόνος Έκθεσης (min)
0,503	30,6
0,997	120
1,158	162
1,577	300

Παρατηρείται ότι από στα 30,6 λεπτά (περίπου μισή ώρα) πορείας του συγκεκριμένου τύπου μηχανήματος και πάνω ο χειριστής ξεπερνά την οριακή τιμή ανάληψης δράσης ($0,5 \text{ m/s}^2$) και την οριακή τιμή ημερήσιας έκθεσης ($1,15 \text{ m/s}^2$) στα 162 λεπτά (περίπου 2 ώρες και 40 λεπτά).

- Υπολογισμός τρέχουσας έκθεσης σύμφωνα με τον τύπο (3.9) που αντιστοιχεί στην τιμή $0,185 \text{ m/s}^2$ (για χρόνο μέτρησης 0,069 ώρες ή 4,14 λεπτά).

Η φασματική ανάλυση των μετρήσεων των κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά οκτάβες 1/1 σύμφωνα με το ISO 5349 δίνονται στον πίνακα 4.9 όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα:

Πίνακας 4.9 : Φασματική ανάλυση των μετρήσεων των κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά οκτάβες 1/1 σύμφωνα με το ISO 5349 για πορεία του ελαστικοφόρου εκσκαφέα σε ανώμαλο έδαφος όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα.

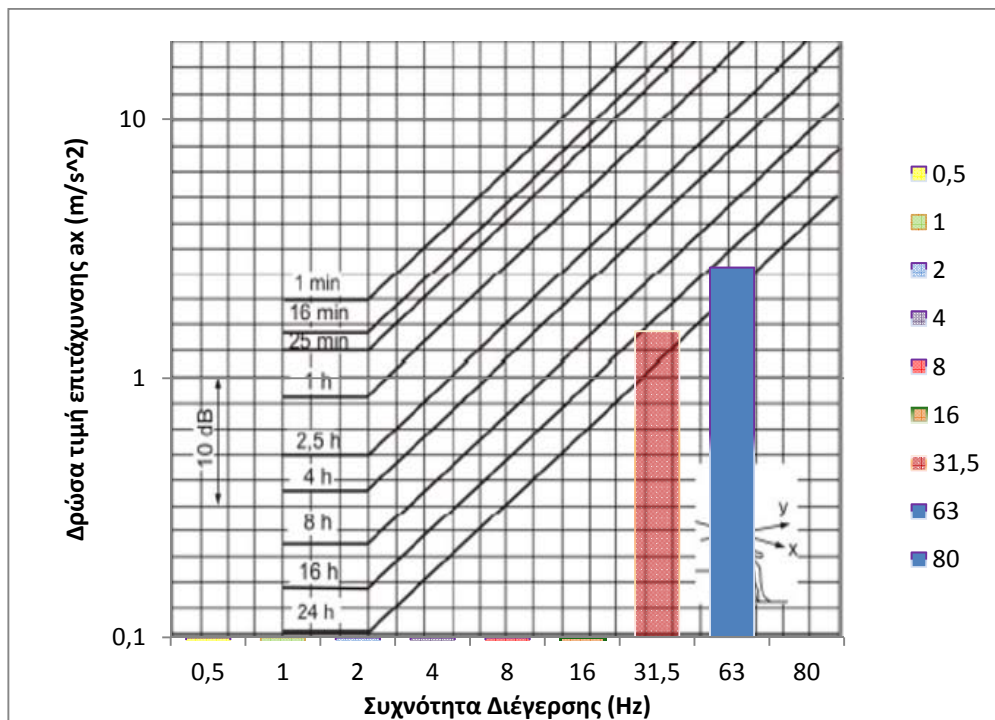
Συχνότητα (Hz)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
0,5	0.021	0.033	0.006
1	0.010	0.009	0.009
2	0.007	0.006	0.005
4	0.005	0.006	0.013
8	0.071	0.055	0.022
16	0.028	0.042	0.280
31,5	1.519	0.701	0.499
63	2.673	0.514	0.327
125	0.327	0.634	0.212
250	0.062	0.078	0.057
500	0.044	0.046	0.044
1000	0.034	0.035	0.034
2000	0.024	0.026	0.024

Στα σχήματα 4.11 έως 4.18 γίνεται αξιολόγηση της επίδρασης της συχνότητας των δονήσεων σύμφωνα με το πρότυπο ISO 5349 σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια:

- "επίδραση επί της ανθρώπινης αποδοτικότητας" στο σχήμα 4.10 για τον άξονα x, 4.11 για τον άξονα y, 4.12 για τον άξονα z,
- "επίδραση επί του ανθρωπίνου αισθήματος της άνεσης" στο σχήμα 4.13 για τον άξονα x, 4.14 για τον άξονα y, 4.15 για τον άξονα z και
- "πρόκληση οποιασδήποτε βλάβης υγείας" στο σχήμα 4.16 για τον άξονα x, 4.17 για τον άξονα y, 4.18 για τον άξονα z.

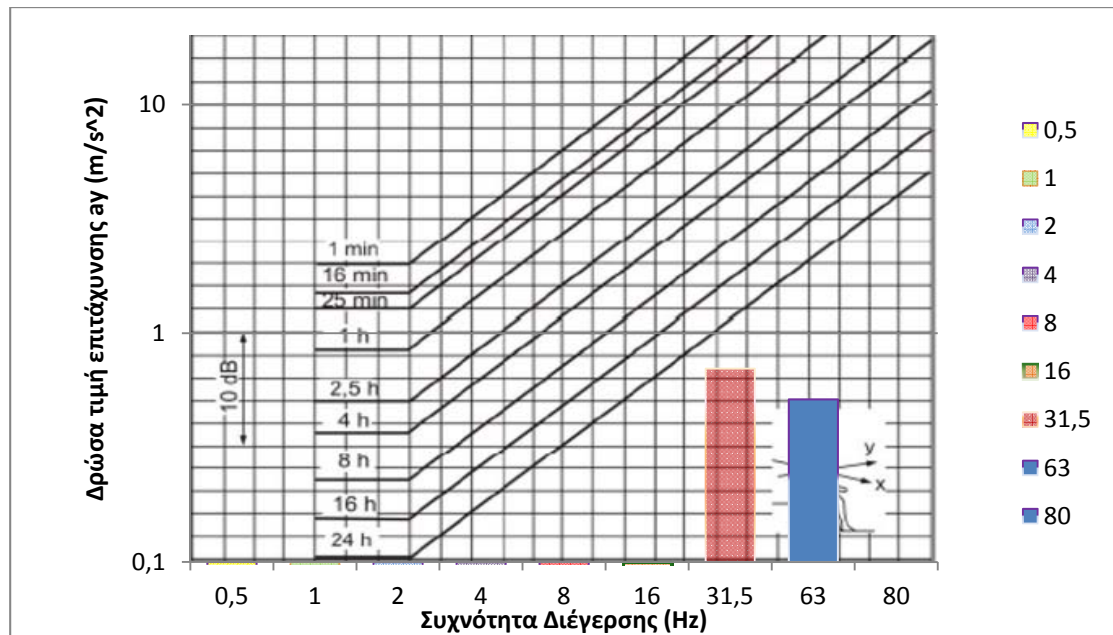
Στο σχήμα 4.10 παρατηρείται πως οι συχνότητες που θέτουν τα χρονικά όρια όσον αφορά τον άξονα x για το κριτήριο της αποδοτικότητας είναι οι συχνότητες που αντιστοιχούν στην φασματική κλίμακα των 31,5Hz (31,5Hz και 63Hz). Οι συχνότητες αυτές δεν δημιουργούνται από την κίνηση σε ανώμαλο οδόστρωμα αλλά από την λειτουργία του κινητήρα, γεγονός που μπορεί να μας οδηγήσει στο

συμπέρασμα ότι δεν έχει συντηρηθεί σωστά η βάση του κινητήρα που αποσβένει τους κραδασμούς.

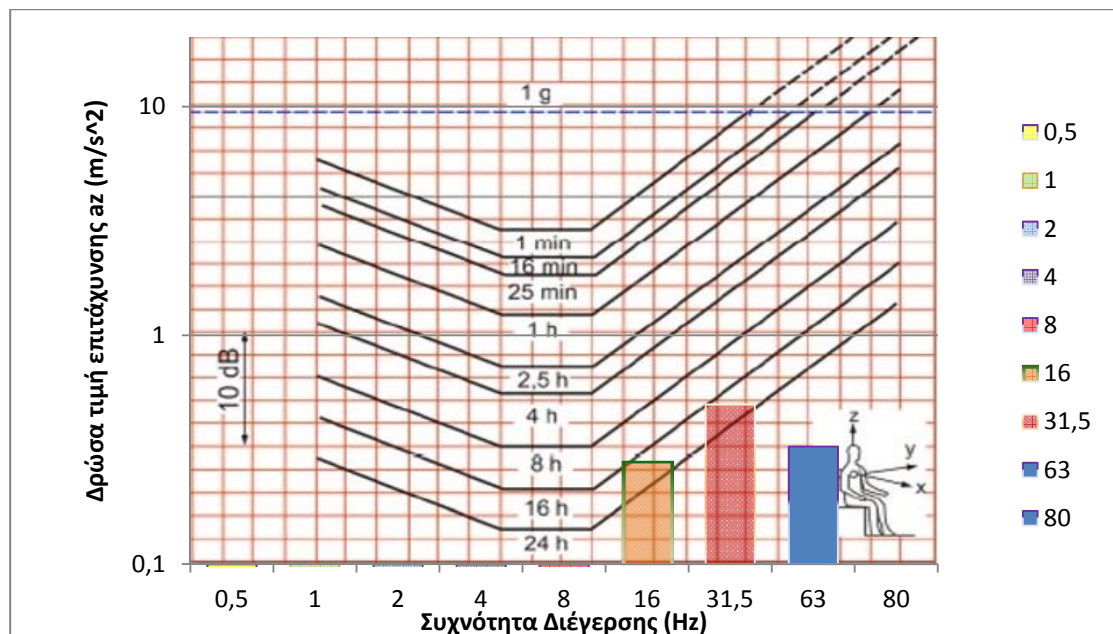


Σχήμα 4.10 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί της ανθρώπινης αποδοτικότητας" για τον άξονα x για πορεία ελαστικοφόρου οχήματος σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

Στο σχήμα 4.11 παρατηρείται ότι οι συχνότητες που εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές επιτάχυνσης όσον αφορά τον άξονα y για το κριτήριο της αποδοτικότητας είναι οι συχνότητες που αντιστοιχούν στη φασματική κλίμακα της οκτάβας 31,5Hz (31,5Hz και 63Hz) όπως και στον άξονα x, χωρίς όμως να επηρεάζουν την αποδοτικότητα.



Σχήμα 4.11: Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί της ανθρώπινης αποδοτικότητας" για τον άξονα y για πορεία ελαστικοφόρου οχήματος σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

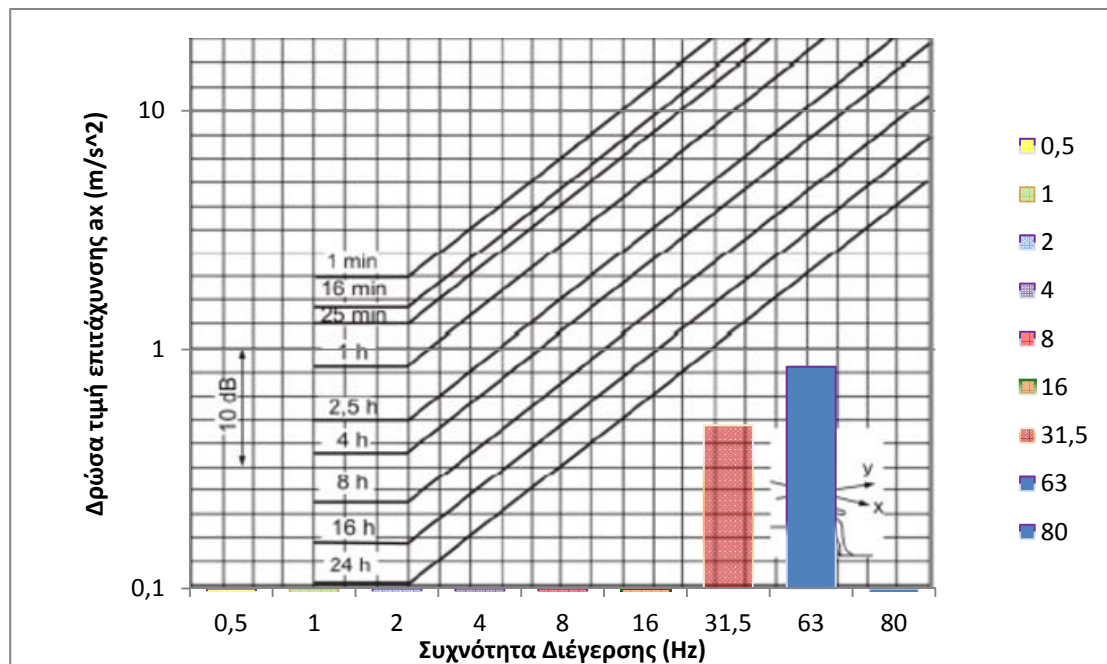


Σχήμα 4.12 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί της ανθρώπινης αποδοτικότητας" για τον άξονα z για πορεία ελαστικοφόρου οχήματος σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

Στο σχήμα 4.12 παρατηρείται ότι οι συχνότητες που εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές επιτάχυνσης και επηρεάζουν την αποδοτικότητα του εργαζομένου όσον αφορά τον άξονα z είναι οι συχνότητες που αντιστοιχούν στην φασματική κλίμακα της οκτάβας

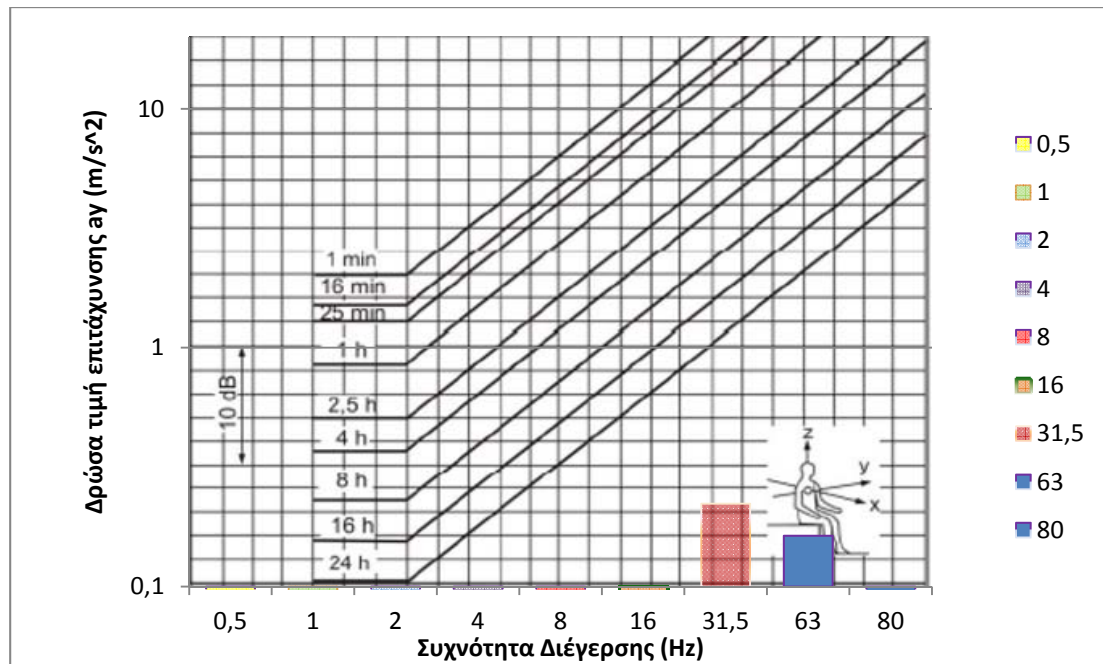
31,5Hz (16Hz και 31,5Hz) και θέτουν χρονικό περιορισμό παραμονής ώστε να μην επηρεαστεί η αποδοτικότητα, οκτώ ώρες (480 λεπτά).

Στο σχήμα 4.13 οι συχνότητες που εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές επιτάχυνσης για τον άξονα x είναι αυτές της φασματικής κλίμακας των 31,5Hz (31,5Hz και 63Hz) που όμως δεν επηρεάζουν την άνεση του εργαζομένου.

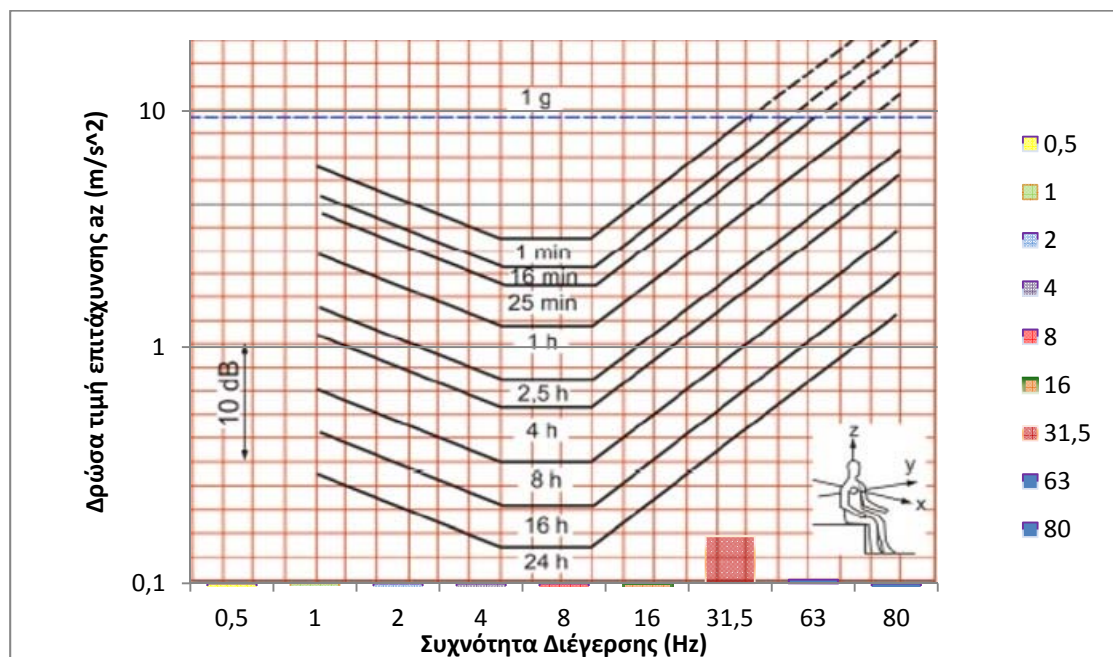


Σχήμα 4.13 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί του ανθρώπινου αισθήματος της άνεσης" για τον άξονα x για πορεία ελαστικοφόρου οχήματος σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

Στο σχήμα 4.14 οι συχνότητες που εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές επιτάχυνσης για τον άξονα y είναι αυτές της φασματικής κλίμακας των 31,5Hz (31,5Hz και 63Hz) που όμως δεν επηρεάζουν την άνεση του εργαζομένου.

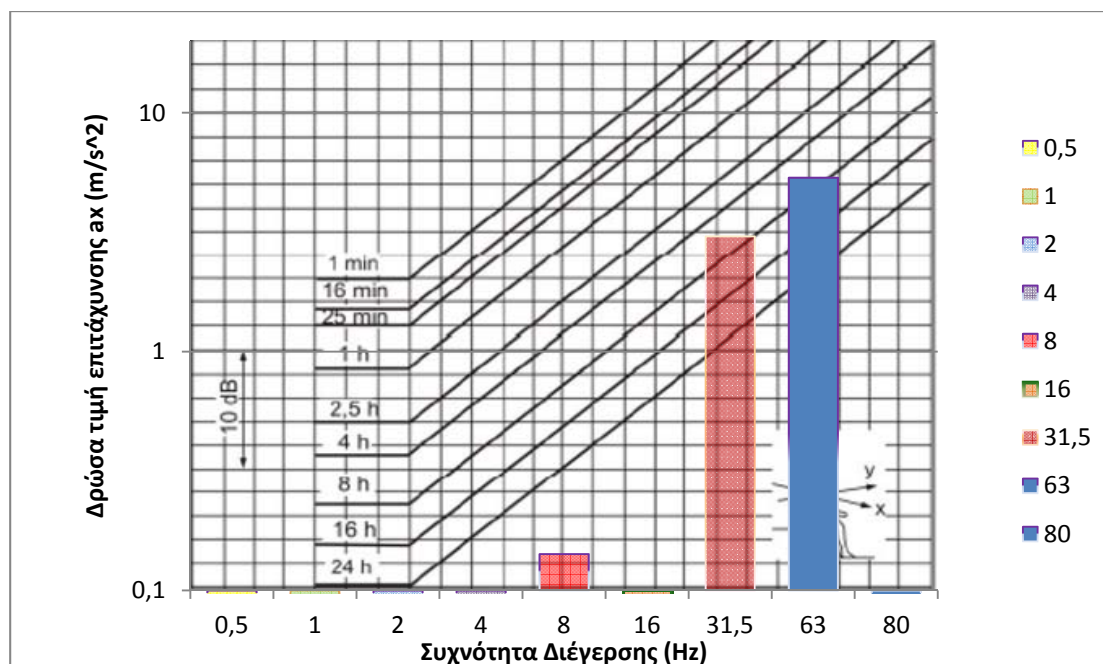


Σχήμα 4.14 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί του ανθρωπίνου αισθήματος της άνεσης" για τον άξονα y για πορεία ελαστικοφόρου οχήματος σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.



Σχήμα 4.15 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί του ανθρωπίνου αισθήματος της άνεσης" για τον άξονα z για πορεία ελαστικοφόρου οχήματος σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

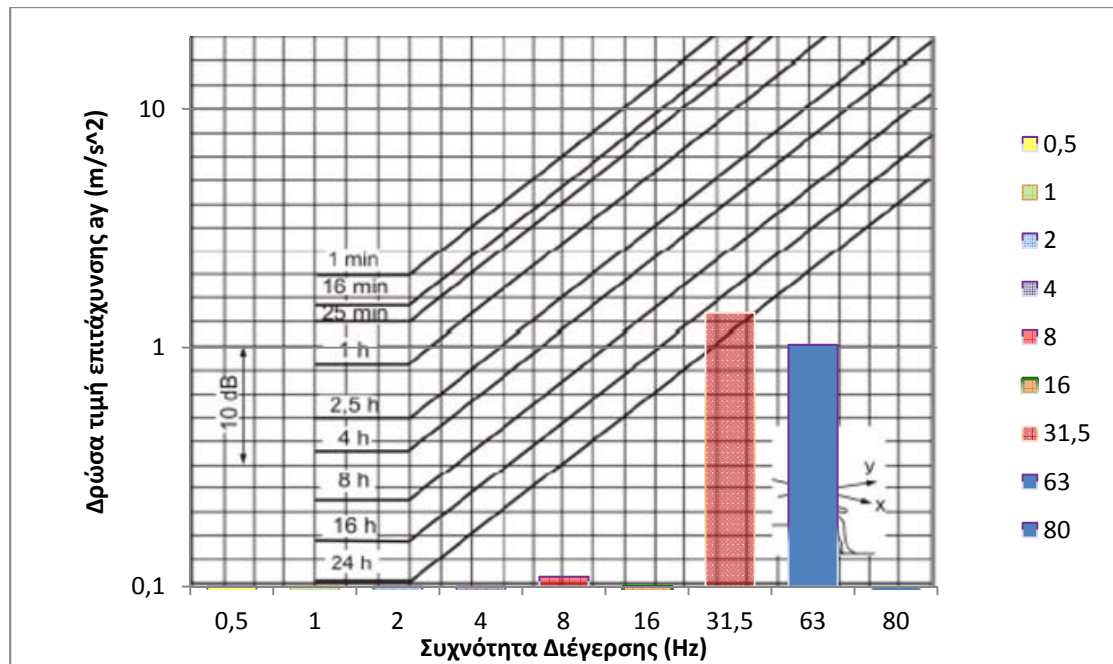
Στο σχήμα 4.15 η συχνότητα που εμφανίζει τις υψηλότερες τιμές επιτάχυνσης για τον άξονα z είναι των 31,5Hz που όμως δεν επηρεάζουν την άνεση του εργαζομένου.



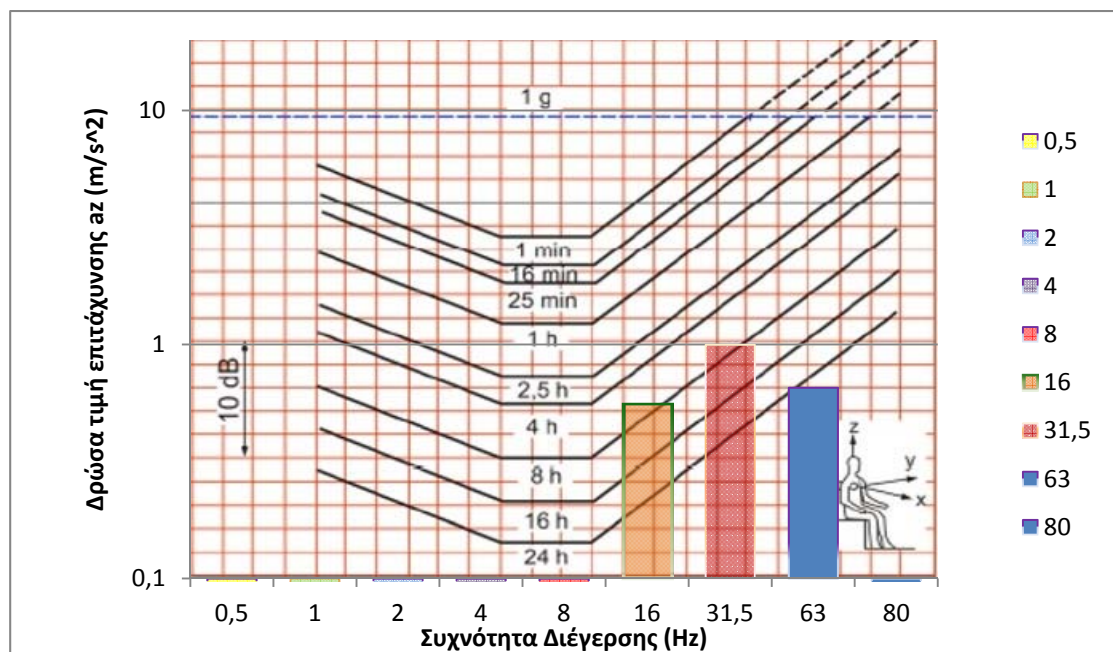
Σχήμα 4.16 : Νομόγραμμα για το κριτήριο "Πρόκληση οποιασδήποτε βλάβης υγείας" για τον άξονα x για πορεία ελαστικοφόρου οχήματος σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

Στο σχήμα 4.16 παρατηρείται πως οι συχνότητες που εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές επιτάχυνσης όσον αφορά τον άξονα x και δρουν βλαβερά για την υγεία του εργαζομένου είναι οι 31,5 και 63Hz. Όπως προαναφέρθηκε οι συχνότητες αυτές, της φασματικής κλίμακας των 31,5Hz (31,5Hz και 63Hz) δεν δημιουργούνται από την κίνηση σε ανώμαλο οδόστρωμα αλλά από την λειτουργία του κινητήρα, γεγονός που δείχνει ότι δεν έχει συντηρηθεί σωστά η βάση του κινητήρα που αποσβένει τους κραδασμούς. Επίσης λόγω παλαιότητας του οχήματος και φθοράς των μηχανικών του μερών (για παράδειγμα τα γρανάζια) ή λόγω μη σωστής λίπανσης ή μη σωστής λειτουργίας του συστήματος ανάρτησης του καθίσματος επιτείνεται η επίδραση των κραδασμών που προκαλούνται από τον κινητήρα του οχήματος. Ο χρονικός περιορισμός που τίθεται όσον αφορά τον άξονα x είναι αυτός των οκτώ ωρών (480 λεπτά).

Στο σχήμα 4.17 παρατηρείται πως οι συχνότητες που εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές επιτάχυνσης όσον αφορά τον άξονα y και δρουν βλαβερά για την υγεία του εργαζομένου είναι των 31,5Hz και θέτουν χρονικό περιορισμό 24 ωρών.



Σχήμα 4.17 : Νομόγραμμα για το κριτήριο "Πρόκληση οποιασδήποτε βλάβης υγείας" για τον άξονα y για πορεία ελαστικοφόρου οχήματος σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.



Σχήμα 4.18 : Νομόγραμμα για το κριτήριο "Πρόκληση οποιασδήποτε βλάβης υγείας" για τον άξονα z για πορεία ελαστικοφόρου οχήματος σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

Στο σχήμα 4.18 παρατηρείται ότι ο περιορισμός όσον αφορά το κριτήριο της υγείας τίθεται από τις αυξημένες τιμές των συχνοτήτων αυτές της φασματικής κλίμακας των 31,5Hz (31,5Hz και 16Hz) που δεν οφείλονται στην κίνηση του οχήματος σε ανώμαλο οδόστρωμα και ανέρχεται στις τέσσερις ώρες εργασίας (240 λεπτά).

Συμπερασματικά, στα σχήματα. 4.16, 4.17, 4.18 παρατηρείται πως η μέγιστη χρονική διάρκεια που μπορεί να εκτεθεί ο εργαζόμενος είναι 4 ώρες (240 λεπτά). Επομένως, αξιολογώντας τα αποτελέσματα της χρονικής αλλά και της συχνοτικής ανάλυσης και λαμβάνοντας υπόψη μας το αυστηρότερο κριτήριο συμπεραίνουμε πως ο μέγιστος χρόνος έκθεσης είναι εκείνος που προσδιορίστηκε με βάση την συνολική RMS τιμή της επιτάχυνσης δηλαδή 162 λεπτά ή 2 ώρες και 40 λεπτά.

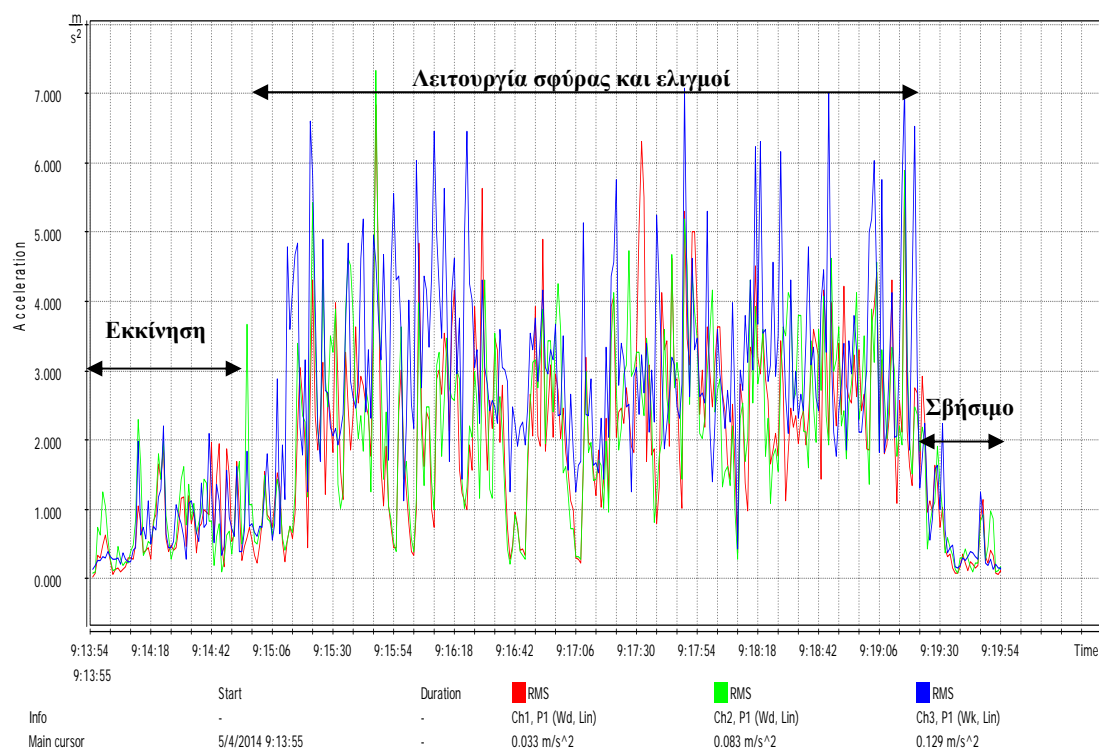
(β) με λειτουργία σφύρας

Απόσπασμα από τις μετρήσεις παρουσιάζονται στον πίνακα 4.10, όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τούς άξονες y, z αντίστοιχα:

Πίνακας 4.10 : Απόσπασμα των μετρήσεων των συνιστωσών της επιτάχυνσης σε σχέση με το χρόνο μέτρησης για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη λειτουργία της σφύρας του ελαστικοφόρου εκσκαφέα, όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τούς άξονες y, z αντίστοιχα.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
1	0,033	0,083	0,128
2	0,073	0,108	0,184
3	0,342	0,732	0,263
...
360	0,120	0,165	0,154

Αναλυτικά οι μετρήσεις κραδασμών σε σχέση με το χρόνο μέτρησης βρίσκονται στο παράρτημα Γ και στο διάγραμμα επιτάχυνσης - χρόνου που φαίνεται στο σχήμα 4.19 με την κόκκινη καμπύλη για τις τιμές του άξονα x, την πράσινη για τον y και μπλε για τον z.



Σχήμα 4.19 : Διάγραμμα επιτάχυνσης-χρόνου μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα σε σχέση με το χρόνο μέτρησης για πορεία ελαστικοφόρου οχήματος σε ανώμαλο έδαφος με τη χρήση σφύρας. Με την κόκκινη καμπύλη για τις τιμές του άξονα x, την πράσινη για τον y και μπλε για τον z.

Στο σχήμα 4.19 παρατηρείται ότι από το πρώτο δευτερόλεπτο οι στιγμιαίες τιμές προσεγγίζουν περίπου τα 2 m/s^2 και οφείλονται στην λειτουργία του κινητήρα (εκκίνηση). Οι σχετικά υψηλές τιμές σχετίζονται με την ελαττωματική λειτουργία της ανάρτησης του καθίσματος και συστημάτων απόσβεσης. Στη συνέχεια οι τιμές αυξάνονται αισθητά εφόσον υπάρχει κίνηση του οχήματος αλλά και λειτουργία της υδραυλικής σφύρας (θραύση ασβεστολιθικών πετρωμάτων). Ο άξονας που εμφανίζει ως επί το πλείστον καθ' όλη τη διάρκεια της μέτρησης υψηλότερες τιμές είναι ο z. Ωστόσο τη μεγαλύτερη στιγμιαία τιμή $7,328 \text{ m/s}^2$ την παρουσιάζει ο άξονας y πιθανόν λόγω κάποιου απότομου ελιγμού του οχήματος. Οι μετρούμενες τιμές της επιτάχυνσης μειώνονται στα τελευταία λεπτά της μέτρησης όπου ο χειριστής σβήνει την μηχανή.

Η αξιολόγηση των μετρήσεων έγινε όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και για τις δυο περιπτώσεις συνοπτικά στον πίνακα 4.11.

Πίνακας 4.11 : Αξιολόγηση μετρήσεων των μηχανικών κραδασμών κατά την πορεία και την λειτουργία της υδραυλικής σφύρας ελαστιχοφόρου εκσκαφέα.

Τύπος οχήματος	Μορφή εργασίας	Μετρηθείσα μέση RMS επιτάχυνση m/s ²			Χρόνος μέτρησης (min)	Ισοδύναμη RMS m/s ²	Χρόνος έκθεσης (min)	Ημερήσια έκθεση m/s ²	Τρέχουσα έκθεση m/s ²
		a _x	a _y	a _z					
Ελαστιχοφόρος εκσκαφέας εξοπλισμένος με υδραυλική σφύρα	Πορεία οχήματος σε ανώμαλο δρόμο	1,295	1,425	1,138	4,14	1,995	30,6	0,503	0,185
							120	0,997	
							162	1,158	
							300	1,577	
	Θραύση ασβεστολιθικών πετρωμάτων με τη χρήση υδραυλικής σφύρας και απαραίτητοι ελιγμοί	2,300	2,333	2,962	6	3,266	6	0,365	0,365
							18	0,632	
							60	1,154	
							300	2,582	

Από τον πίνακα 4.11 για ελαστιχοφόρο εκσκαφέα εξοπλισμένος με υδραυλική σφύρα και εν λειτουργία αυτής παρατηρείται ότι μετά από μια ώρα συνεχούς λειτουργίας της σφύρας ο χειριστής ξεπερνά την οριακή τιμή ημερήσιας έκθεσης ($1,15 \text{ m/s}^2$), γεγονός που είναι πολύ πιθανόν να συμβεί. Αντίθετα, η υπέρβαση των 162 λεπτών (2 ώρες και 40 λεπτών περίπου) πορείας σε ανώμαλο δρόμο κατά τη διάρκεια 8ωρου εργασίας θεωρείται σπάνια, αφού οι μετακινήσεις και οι ελιγμοί για τα μηχανήματα αυτά είναι περιορισμένη.

Η φασματική ανάλυση των μετρήσεων των κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά οκτάβες 1/1 σύμφωνα με το ISO 5349 δίνονται στον πίνακα 4.12, όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τούς άξονες y, z αντίστοιχα.

Πίνακας 4.12 : Μετρήσεις κραδασμών σε σχέση με το φάσμα συχνοτήτων για λειτουργία υδραυλικής σφύρας όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τούς άξονες y, z αντίστοιχα.

Συχνότητα (Hz)	$a_x (\text{m/s}^2)$	$a_y (\text{m/s}^2)$	$a_z (\text{m/s}^2)$
0,5	0,013	0,041	0,009
1	0,031	0,002	0,011
2	0,051	0,057	0,017
4	0,022	0,014	0,027
8	0,017	0,019	0,031
16	0,046	0,030	0,125
31,5	0,290	1,197	0,177
63	0,206	0,825	0,126
125	0,183	0,364	0,052
250	0,122	0,106	0,053
500	0,044	0,047	0,042
1000	0,033	0,036	0,033
2000	0,024	0,026	0,023

Κάνοντας χρήση του Svanpc++ και του υπολογιστικού φύλλου που έχουμε δημιουργήσει προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον

πίνακα 4.13. Αναλυτικά τα διαγράμματα της συχνοτικής ανάλυσης παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ.

Πίνακας 4.13 : Συγκεντρωτικός πίνακας συχνοτικής ανάλυσης για τον ελαστικοφόρο εκσκαφέα κατά τη λειτουργία της υδραυλικής σφύρας.

Κριτήριο	Μέγιστος χρόνος παραμονής (min) εργαζομένου με βάση τις τιμές της επιτάχυνσης στους άξονες x, y, z		Συχνότητες που επέβαλαν τον περιορισμό (Hz)
Αποδοτικότητα	x	1440 (24h)	-
	y	1440 (24h)	-
	z	1440 (24h)	-
Άνεση	x	1440 (24h)	-
	y	1440 (24h)	-
	z	1440 (24h)	-
Υγεία	x	1440 (24h)	-
	y	480 (8h)	31,5
	z	960 (16h)	16

Σύμφωνα με τον συγκεντρωτικό πίνακα 4.13 παρατηρείται πως οι επικρατούσες συχνότητες είναι αυτές της φασματικής κλίμακας των 31,5 Hz (16Hz και 31,5Hz). Η μέγιστη χρονική διάρκεια που μπορεί να παραμείνει ο εργαζόμενος είναι 8 ώρες για να μην επηρεαστεί η υγεία του. Όσον αφορά την αποδοτικότητα και την άνεση δεν επηρεάζονται εντός 24ώρου. Ωστόσο, πρέπει να επισημανθεί ότι δεν εμφανίζονται υψηλές τιμές σε χαμηλές συχνότητες όπως θα ήταν αναμενόμενο (λόγω της πορείας σε ανώμαλο οδόστρωμα), γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι αποσβένονται επιτυχώς από το σύστημα ανάρτησης (αμορτισέρ).

Επομένως, αξιολογώντας τα αποτελέσματα της χρονικής αλλά και της συχνοτικής ανάλυσης και λαμβάνοντας υπόψη μας το αυστηρότερο κριτήριο συμπεραίνεται ότι ο

εργαζόμενος μπορεί να εκτεθεί συνολικά λιγότερο από 60 λεπτά (1 ώρα) για να μην επηρεαστεί η υγεία του.

4.2.2 Μετρήσεις κραδασμών σε οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας μέτρησης των μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το σώμα για τον οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) έγινε υπό τις εξής συνθήκες:

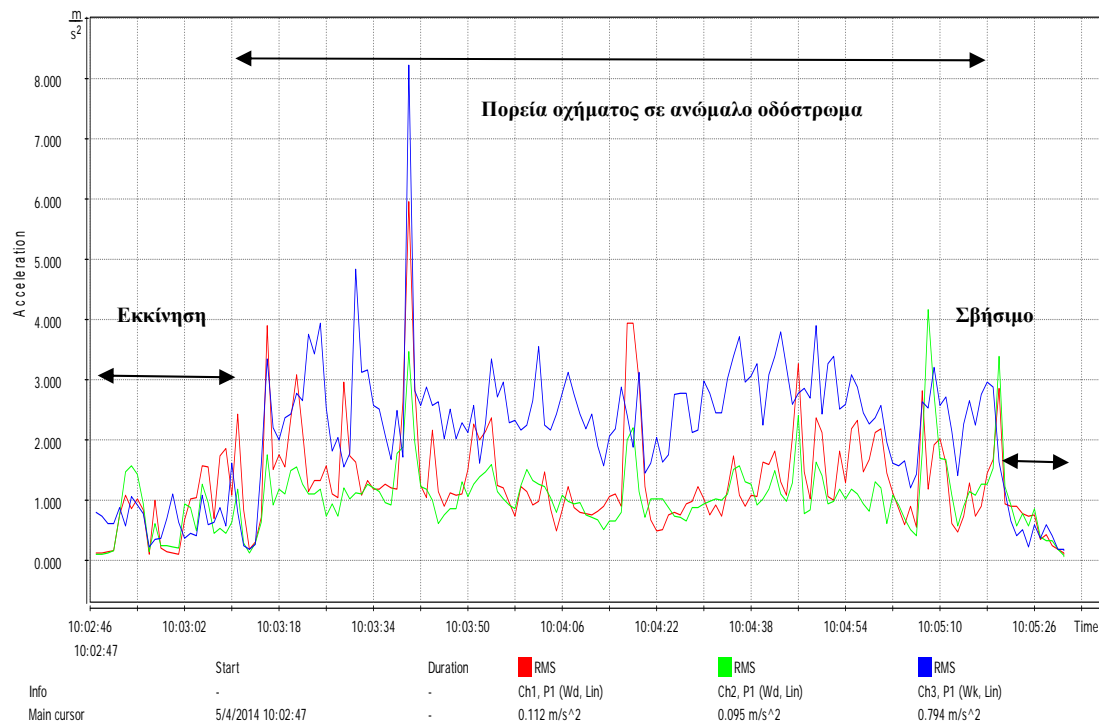
(α) σε πορεία του οχήματος σε ανώμαλο οδόστρωμα .

Ο πίνακας μετρήσεων σύμφωνα με τον χρόνο μέτρησης παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα 4.14 όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα:

Πίνακας 4.14 : Απόσπασμα των μετρήσεων των συνιστωσών της επιτάχυνσης σε σχέση με το χρόνο μέτρησης για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα για λειτουργία ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα, όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
1	0,112	0,095	0,794
2	0,118	0,103	0,724
3	0,138	0,130	0,602
4	0,153	0,160	0,609
...
165	0.116	0.087	0.190

Αναλυτικά οι μετρήσεις κραδασμών σε σχέση με το χρόνο μέτρησης βρίσκονται στο παράρτημα Γ και αναπαριστώνται στο διάγραμμα επιτάχυνσης-χρόνου του σχήματος 4.20 (κόκκινη καμπύλη για τις τιμές του άξονα x, πράσινη για τον y και μπλε για τον z).



Σχήμα 4.20 : Διάγραμμα επιτάχυνσης - χρόνου για κραδασμούς που επιδρούν σε οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα (κόκκινη καμπύλη για τις τιμές του άξονα x, πράσινη για τον y και μπλε για τον z).

Στο σχήμα 4.20 παρατηρείται ότι οι τιμές στο μεγαλύτερο διάστημα της μέτρησης είναι ομαλές χωρίς έντονες διακυμάνσεις. Τις υψηλότερες τιμές επιταχύνσεων τις συγκεντρώνει ο άξονας z με υψηλότερη στιγμιαία τιμή ίση με $8,222 \text{ m/s}^2$ που οφείλεται σε απότομη υπερπήδηση εμποδίου.

Αναλυτικός πίνακας μετρήσεων κραδασμών σύμφωνα με το φάσμα συχνοτήτων για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 4.15 όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα:

Πίνακας 4.15 : Μετρήσεις κραδασμών σε σχέση με το φάσμα συχνοτήτων για ερπυστριοφόρο εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα.

Συχνότητα (Hz)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
0,5	4,173	9,716	1,409
1	0,609	0,856	0,475
2	0,197	0,26	0,035
4	0,019	0,046	0,018
8	0,252	0,201	0,178
16	0,284	0,243	1,329
31,5	1,138	0,969	0,108
63	0,504	0,285	0,094
125	0,073	0,056	0,024
250	0,051	0,057	0,053
500	0,044	0,047	0,046
1000	0,035	0,037	0,036
2000	0,025	0,027	0,027

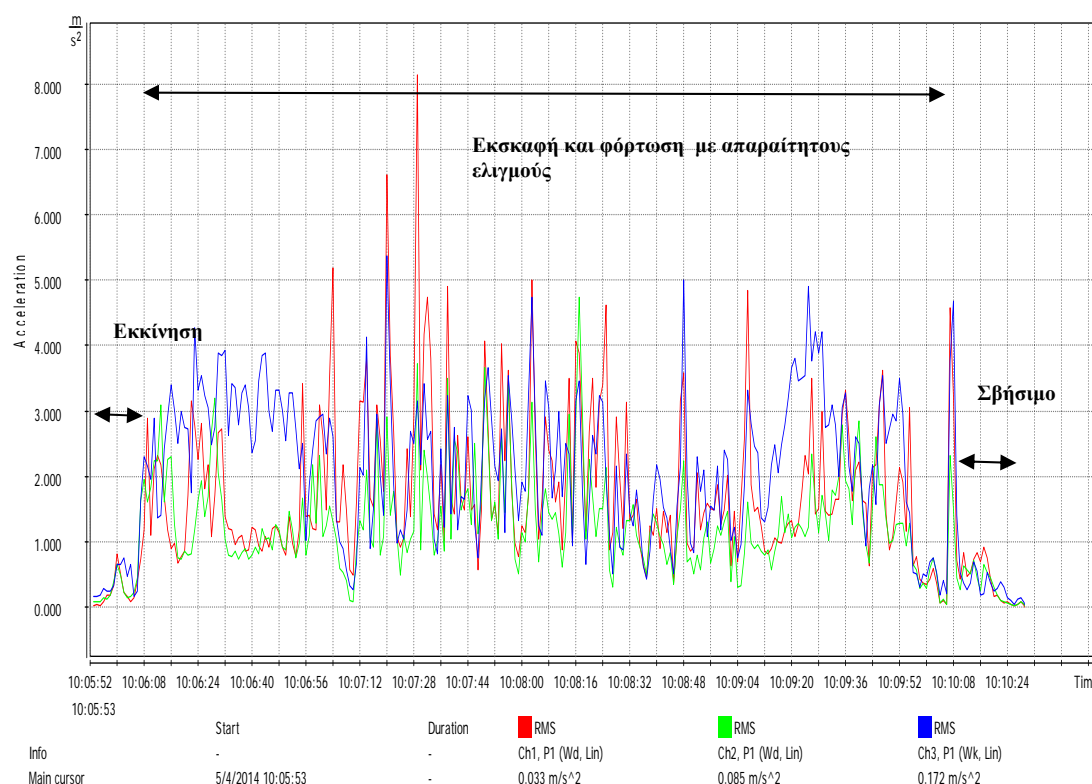
(β) Εκσκαφή υλικών και περιορισμένη μετακίνηση (πορεία) που απαιτείται.

Απόσπασμα των μετρήσεων σύμφωνα με τον χρόνο μέτρησης παρουσιάζονται στον πίνακα 4.16 όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα:

Πίνακας 4.16 : Απόσπασμα των μετρήσεων των συνιστωσών της επιτάχυνσης σε σχέση με το χρόνο μέτρησης για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά την διάρκεια εργασιών εκσκαφής που περιελάμβαναν και κίνηση του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) σε ανώμαλο οδόστρωμα όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
1	0,033	0,085	0,171
2	0,034	0,093	0,173
...
277	0,031	0,050	0,056

Αναλυτικά οι μετρήσεις κραδασμών σε σχέση με το χρόνο μέτρησης βρίσκονται στο παράρτημα Γ και αναπαριστώνται στο διάγραμμα επιτάχυνσης-χρόνου του σχήματος 4.21 (με την κόκκινη καμπύλη οι τιμές του άξονα x, την πράσινη για τον y και η μπλε για τον z).



Σχήμα 4.21 : Διάγραμμα επιτάχυνσης - χρόνου για κραδασμούς που επιδρούν σε οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα). Ο εκσκαφέας κινείται σε ανώμαλο οδόστρωμα και πραγματοποιεί εκσκαφή υλικών και φόρτωση.

Στο σχήμα 4.21 παρατηρούνται έντονες διακυμάνσεις των τιμών και στους τρεις άξονες καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου μέτρησης εκτός από τα πρώτα και τα τελευταία δευτερόλεπτα που το όχημα είναι ακινητοποιημένο, γεγονός που οφείλεται στην κίνηση και ταυτόχρονη εκσκαφή και φόρτωση ασβεστολιθικών υλικών. Την υψηλότερη στιγμιαία επιτάχυνση εμφανίζεται στον άξονα x με τιμή 8,128 m/s² και οφείλεται σε κάποιο απότομο ελιγμό.

Η φασματική ανάλυση των μετρήσεων των κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά οκτάβες 1/1 σύμφωνα με το ISO 5349 δίνονται στον πίνακα 4.17.

Πίνακας 4.17 : Φασματική ανάλυση των μετρήσεων των κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά οκτάβες 1/1 σύμφωνα με το ISO 5349 για κατά την λειτουργία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) (εκσκαφή και πορεία) όπου a_x είναι η μετρούμενη RMS για τον άξονα του x και a_y , a_z οι μετρούμενες RMS για τους άξονες y και z αντίστοιχα.

Συχνότητα (Hz)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
0,5	0,009	0,003	0,007
1	0,011	0,019	0,01
2	0,024	0,025	0,012
4	0,038	0,034	0,04
8	0,022	0,023	0,038
16	0,035	0,086	0,041
31,5	0,335	0,965	0,323
63	0,344	0,117	0,045
125	0,081	0,052	0,044
250	0,084	0,088	0,053
500	0,045	0,045	0,042
1000	0,034	0,036	0,033
2000	0,025	0,026	0,023

Η χρονική ανάλυση για τον ερπυστριοφόρο εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) παρουσιάζεται στον πίνακα 4.18, η συχνοτική ανάλυση για τον ερπυστριοφόρο εκσκαφέα χωρίς τη χρήση τσάπας και κινούμενος σε ανώμαλο οδόστρωμα στον πίνακα 4.19 και με τη χρήση τσάπας στον πίνακα 4.20. Αναλυτικά τα διαγράμματα συχνοτικής ανάλυσης κραδασμών βρίσκονται στο Παράρτημα Γ.

Πίνακας 4.18 : Χρονική ανάλυση για την έκθεση σε κραδασμούς λόγω της χρήσης ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα).

Τύπος οχήματος	Μορφή εργασίας	Μετρηθείσα μέση RMS επιτάχυνση m/s^2			Χρόνος μέτρησης (min)	Ισοδύναμη RMS m/s^2	Χρόνος έκθεσης (min)	Ημερήσια έκθεση m/s^2	Τρέχουσα έκθεση m/s^2
		x	y	z					
Ερπυστριοφόρος εκσκαφέας ανεστραμμένου πτύου τύπου ATLAS	Πορεία σε ανώμαλο οδόστρωμα	1,535	1,192	2,375	2,7	2,375	21,6	0,503	0,365
							90	1,028	
							114	1,157	
							300	1,877	
	Εκσκαφή υλικών και απαιτούμενοι ελιγμοί - πορεία	2,038	1,436	2,338	4,56	2,853	15	0,504	0,27
							72	1,105	
							78	1,150	
							300	2,250	

Από τον πίνακα 4.18 για ερπυστριοφόρο εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) σε κίνηση σε ανώμαλο οδόστρωμα παρατηρείται ότι μετά από 21,6 λεπτά (20 λεπτά περίπου) συνεχούς πορείας ο χειριστής ξεπερνά την οριακή τιμή ανάληψης δράσης ($0,5 \text{ m/s}^2$) και στα 114 λεπτά (1 ώρα και 55 λεπτά περίπου) την οριακή τιμή ημερήσιας έκθεσης ($1,15 \text{ m/s}^2$) γεγονός πολύ πιθανό σε ένα οκτάωρο εργασίας. Όσον αφορά για τις μετρήσεις για ερπυστριοφόρο εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) με τη λειτουργία τσάπας ο χειριστής ξεπερνά την οριακή τιμή ανάληψης δράσης ($0,5 \text{ m/s}^2$) στις $0,25 \text{ m/s}^2$ και στα 78 λεπτά (1 ώρα και 20 λεπτά περίπου) ώρες την οριακή τιμή ημερήσιας έκθεσης ($1,15 \text{ m/s}^2$) γεγονός πολύ πιθανό σε ένα οκτάωρο εργασίας.

Πίνακας 4.19 : Συγκεντρωτικός πίνακας συχνοτικής ανάλυσης για την έκθεση σε κραδάσμούς λόγω της χρήσης ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα χωρίς τη χρήση τσάπας.

Κριτήριο	Μέγιστος χρόνος παραμονής (min) εργαζομένου με βάση τις τιμές της επιτάχυνσης στους άξονες x, y, z		Συχνότητες που επέβαλαν τον περιορισμό (Hz)
Αποδοτικότητα	x	150 (2,5h)	1
	y	60 (1h)	1
	z	60 (1h)	16
Άνεση	x	960 (16h)	1
	y	480 (8h)	1
	z	240 (4h)	16
Υγεία	x	60 (1h)	1
	y	16	1
	z	16	16

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.19 παρατηρείται ότι οι επικρατούσες συχνότητες είναι αυτές των 1Hz (η εμφάνιση του 1Hz είναι αναμενόμενη λόγω κίνησης του οχήματος) και 16Hz (ανήκει στη φάσματική κλίμακα των 31,5Hz που οφείλεται στην λειτουργία

του κινητήρα). Ωστόσο, δεν είναι οι μόνες συχνότητες που εμφανίζονται με υψηλές τιμές (εμφανίζονται αυξημένες τιμές στα 0,5Hz, 1Hz, 2Hz, 8Hz, 16Hz, 31,5Hz, 63Hz) απλά αυτές θέτουν τους περιορισμούς. Η εμφάνιση αυξημένων τιμών σε διάφορες συχνότητες ερμηνεύεται από το γεγονός ότι οι ερπύστριες δεν έχουν σύστημα ανάρτησης, ώστε να αποσβένονται οι κραδασμοί κατά την πορεία σε ανώμαλο οδόστρωμα.

Όσον αφορά το κριτήριο της αποδοτικότητας του εργαζομένου τον χρονικό περιορισμό θέτει η συχνότητα των 16Hz που πιθανότητα οφείλεται στην φθαρμένη ανάρτηση του οχήματος ή την αναποτελεσματικότητα της ανάρτησης του καθίσματος, και έχει μέγιστη χρονική διάρκεια μιας ώρας. Για το κριτήριο της άνεσης τον περιορισμό επίσης θέτουν τα 16Hz και είναι οι τέσσερις ώρες. Τέλος, όσον αφορά το κριτήριο της υγείας, ο εργαζόμενος μπορεί να παραμείνει στη συγκεκριμένη θέση εργασίας με τη συγκεκριμένη λειτουργία 16 λεπτά και ο περιορισμός τίθεται από τα 1 και 16Hz.

Επομένως, αξιολογώντας τα αποτελέσματα της χρονικής αλλά και της συχνοτικής ανάλυσης για τον ερπυστριοφόρο εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) χωρίς τη χρήση τσάπας και λαμβάνοντας υπόψη μας το αυστηρότερο κριτήριο συμπεραίνουμε πως ο εργαζόμενος μπορεί να εκτεθεί συνολικά 16 λεπτά.

Πίνακας 4.20 : Συγκεντρωτικός πίνακας συχνοτικής ανάλυσης για ερπυστριοφόρο εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) με τη χρήση τσάπας.

Κριτήριο	Μέγιστος χρόνος παραμονής (min) εργαζομένου με βάση τις τιμές της επιτάχυνσης στους άξονες x, y, z		Συχνότητες που επέβαλαν τον περιορισμό (Hz)
Αποδοτικότητα	x	1440 (24h)	-
	y	1440 (24h)	-
	z	1440 (24h)	-
Άνεση	x	1440(24h)	-
	y	1440 (24h)	-
	z	1440 (24h)	-
Υγεία	x	1440 (24h)	-
	y	960 (16h)	31,5
	z	480 (8h)	31.5

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.20 παρατηρείται ότι η επικρατούσα συχνότητα είναι αυτή των 31,5Hz και προκύπτει από τη λειτουργία του κινητήρα. Οφείλουμε να αναφέρουμε πως και κατά την πορεία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα σε ανώμαλο οδόστρωμα εμφανίστηκαν υψηλές τιμές στα 31,5Hz, όμως δεν ήταν η συχνότητα που έθεσε τον περιορισμό (τον περιορισμό έθεσαν τα 1Hz και 16Hz). Όσον αφορά το κριτήριο της αποδοτικότητας και της άνεσης του εργαζομένου δεν τίθεται χρονικός περιορισμός. Τον χρονικό περιορισμό όσον αφορά την υγεία του εργαζομένου θέτει η συχνότητα των 31,5Hz (στον άξονα z) και είναι οκτώ ώρες (480 λεπτά).

Επομένως, αξιολογώντας τα αποτελέσματα της χρονικής αλλά και της συχνοτικής ανάλυσης για τον ερπυστριοφόρο εκσκαφέα χωρίς τη χρήση τσάπας και λαμβάνοντας υπόψη μας το αυστηρότερο κριτήριο συμπεραίνουμε πως ο εργαζόμενος μπορεί να εκτεθεί συνολικά 78 λεπτά (1 ώρα και 20 λεπτά περίπου).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - Συμπεράσματα - Προτάσεις

5.1 Συμπεράσματα

Ο έλεγχος των μηχανικών κραδασμών τόσο εκείνων που επηρεάζουν τον πηγεοκαρπικό άξονα του εργαζομένου όσο και εκείνων που επιδρούν σε ολόκληρο το σώμα του είναι σημαντικός αφού η υπερβολική έκθεση μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα υγείας. Η ύπαρξη αξιόπιστων μετρήσεων για τους μηχανικούς κραδασμούς είναι ιδιαίτερα σημαντική αφού η επίπτωση τους στην υγεία των εργαζομένων είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών τους (κυρίως της επιτάχυνσης και της συχνότητας) και του χρόνου έκθεσης του εργαζόμενου.

Η εκτίμηση των χαρακτηριστικών των μηχανικών κραδασμών με απευθείας μέτρηση τους με κατάλληλα όργανα αποτελεί την πιο αξιόπιστη μέθοδο εφόσον τα σχετικά στοιχεία των κατασκευαστών του εξοπλισμού και τα υπάρχοντα βιβλιογραφικά δεδομένα δίνουν ενδεικτικές τιμές και αναφέρονται σε συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίες του εξοπλισμού. Συνεπώς δεν μπορούν να καλύψουν όλο το φάσμα των εργασιών που μπορεί να εκτελέσει ένα εργαλείο χειρός ή ένα όχημα, ούτε και να λάβουν υπόψη τους τις ιδιαίτερες συνθήκες λειτουργίας του.

Στην παρούσα εργασία για την εκτίμηση των παραμέτρων των μηχανικών δονήσεων (ισοδύναμη συνολική RMS επιτάχυνση και επιταχύνσεις ανά οκτάβα) που απαιτούνται με βάση τη νομοθεσία και το πρότυπο ISO 5349 χρησιμοποιήθηκε τόσο υπάρχον εμπορικό λογισμικό (SVAN PC++) όσο και λογιστικό φύλλο Excel που δημιουργήθηκε για την εκτίμηση της επίδρασης των συχνοτήτων.

Από τις μετρήσεις που λήφθηκαν στο εργαστήριο κατά τη χρήση κρουστικού δρόπανου (μηχανικοί κραδασμοί που διαδίδονται μέσω του πηγεοκαρπικού άξονα) και από τις μετρήσεις των μηχανικών κραδασμών που επιδρούν σε ολόκληρο το σώμα σε χειριστές μηχανημάτων (υδραυλική σφύρα και εκσκαφέας ανεστραμμένου πτύου) προέκυψαν τα παρακάτω:

- Ο υπολογισμός μόνο της ισοδύναμης RMS επιτάχυνσης του 8ωρου $A(8)$, που προβλέπεται από τη νομοθεσία για την εκτίμηση έκθεσης του εργαζομένου, δεν αποτελεί πάντα ασφαλές κριτήριο για τον καθορισμό του

μέγιστου επιτρεπόμενου χρόνου έκθεσης του εργαζομένου αφού δεν λαμβάνει υπόψη τις συχνότητες των μηχανικών κραδασμών.

- Η αξιολόγηση των μετρήσεων με βάση το πρότυπο ISO 5349 που χρησιμοποιεί και τη συχνотική ανάλυση των μηχανικών κραδασμών οδήγησε σε αρκετές περιπτώσεις καθορισμό μικρότερου επιτρεπόμενου χρόνου έκθεσης και εντοπισμό των κύριων πηγών παραγωγής των δονήσεων.
- Η μελέτη της χρονικής εξέλιξης των κραδασμών μέσω της συνεχούς καταγραφής των συνιστωσών των επιταχύνσεων αποκάλυψε σε ποια στάδια κάθε μιας από τις φάσεις λειτουργίας των εργαλείων ή των οχημάτων εμφανίζονται οι υψηλές τιμές των επιταχύνσεων.

Αναλυτικότερα:

Από τις μετρήσεις που λήφθηκαν στο εργαστήριο κατά τη χρήση κρουστικού δρόπανου (μηχανικοί κραδασμοί που διαδίδονται μέσω του πηγεοκαρπικού άξονα) παρατηρήθηκε ότι:

- Κατά την δημιουργία διατρήματος σε ψαμμιτικό ασβεστόλιθο δεν ξεπερνάται η οριακή τιμή της ημερήσιας έκθεσης παρά μόνο η οριακή τιμή ανάληψης δράσης στα 240 λεπτά (4ώρες) ενώ κατά την δημιουργία διατρήματος σε μικριτικό ασβεστόλιθο ξεπερνάται η οριακή τιμή ανάληψης δράσης στα 78 λεπτά (1 ώρα και 20 λεπτά περίπου) και η οριακή τιμή ημερήσιας έκθεσης στα 312 λεπτά (5 ώρες και 10 λεπτά περίπου).
- Στη ανάλυση των μετρήσεων στο φάσμα των συχνοτήτων σύμφωνα με το πρότυπο ISO 5349 κατά τη διάτρηση σε ψαμμιτικό ασβεστόλιθο ο μέγιστος χρόνος έκθεσης του εργαζομένου είναι 60 λεπτά, ενώ κατά τη διάτρηση σε μικριτικό ασβεστόλιθο ο μέγιστος χρόνος έκθεσης είναι 30 λεπτά.
- Κατά τη διάτρηση σε ψαμμιτικό ασβεστόλιθο υπάρχουν έντονες διακυμάνσεις των στιγμιαίων τιμών της επιτάχυνσης λόγω του μεγάλου πορώδους του υλικού, ενώ στον μικριτικό ασβεστόλιθο οι στιγμιαίες τιμές είναι πιο ομαλές επειδή το υλικό είναι πιο ομοιόμορφο και συμπαγές. Επίσης κατά την λειτουργία του κρουστικού δρόπανου χωρίς φορτίο μετρήθηκαν τιμές που κυμαίνονται στο $0,5 \text{ m/s}^2$. Γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο εργαζόμενος δέχεται κραδασμούς κατά τη λειτουργία του κρουστικού δρόπανου ακόμα και χωρίς φορτίο.

Από τις μετρήσεις κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα που πραγματοποιήθηκαν:

α) Σε οδηγό ελαστικοφόρου εκσκαφέα εξοπλισμένου με υδραυλική σφύρα παρατηρήθηκε ότι:

- Σε πορεία του οχήματος σε ανώμαλο οδόστρωμα ξεπερνάται η οριακή τιμή ανάληψης δράσης στα 30 λεπτά έκθεσης και η οριακή τιμή ημερήσιας έκθεσης στα 162 λεπτά έκθεσης (2 ώρες και 40 λεπτά περίπου). Η εκτίμηση του μέγιστου χρόνου έκθεσης με βάση την ανάλυση των συχνοτήτων για το κριτήριο της επιρροής της υγείας του εργαζομένου (ISO 5349) έδωσε 4 ώρες εργασίας.
- Κατά λειτουργία υδραυλικής σφύρας υπολογίστηκε ότι μετά από μια ώρα συνεχούς λειτουργία της ο χειριστής ξεπερνά την οριακή τιμή ημερήσιας έκθεσης. Οι επικρατούσες συχνότητες μηχανικών κραδασμών είναι εντός των περιοχών των οκτάβων 16 και 31,5Hz. Με βάση το ISO 5349 δεν προκύπτει δυσμενέστερο όριο έκθεσης.

β) Σε οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου κάδου (τσάπα):

- Κατά την κίνηση σε ανώμαλο οδόστρωμα παρατηρήθηκε ότι μετά από περίπου 20 λεπτά συνεχούς πορείας ο χειριστής ξεπερνά την οριακή τιμή ανάληψης δράσης και στα 114 λεπτά (1 ώρα και 55 λεπτά περίπου) την οριακή τιμή ημερήσιας έκθεσης. Η εκτίμηση του μέγιστου χρόνου έκθεσης με βάση την ανάλυση των συχνοτήτων για το κριτήριο της επιρροής της υγείας του εργαζομένου (ISO 5349) έδειξε ότι εργαζόμενος μπορεί να εκτεθεί στη συγκεκριμένη θέση εργασίας με τη συγκεκριμένη λειτουργία έως 16 λεπτά (πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα).
- Κατά τη λειτουργία τσάπας υπολογίστηκε ότι ο χειριστής ξεπερνά την οριακή τιμή ανάληψης δράσης στα 15 λεπτά και στα 78 λεπτά (1 ώρα και 20 λεπτά περίπου) την οριακή τιμή ημερήσιας έκθεσης. Η εκτίμηση του μέγιστου χρόνου έκθεσης με βάση την ανάλυση των συχνοτήτων για το κριτήριο της επιρροής της υγείας του εργαζομένου (ISO 5349) έδειξε ότι εργαζόμενος μπορεί να εκτεθεί έως οκτώ ώρες. Επομένως ο δυσμενέστερος περιορισμός τίθεται από την οριακή τιμή ημερήσιας έκθεσης.

Οι δυο εκσκαφείς (ελαστικοφόρος και ερπυστριοφόρος) σε όλες τις λειτουργίες εμφανίζουν συχνότητες που ανήκουν στη φασματική κλίμακα των 31,5 Hz γεγονός

που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι προκαλούνται από τη λειτουργία του κινητήρα και από αναποτελεσματική λειτουργία των συστημάτων απόσβεσης κραδασμών (βάσης στήριξης κινητήρα, γραναζιών, καθίσματος).

Στον ελαστιχοφόρο εκσκαφέα κατά την πορεία του σε ανώμαλο οδόστρωμα δεν καταγράφηκαν χαμηλές συχνότητες (1-2 Hz) γεγονός δείχνει ότι οι κραδασμοί αποσβένονται επιτυχώς από το σύστημα ανάρτησης που διαθέτει. Αντίθετα στον ερπυστριοφόρο που κινήθηκε στο ίδιο ανώμαλο οδόστρωμα καταγράφηκαν σημαντικές τιμές επιτάχυνσης κραδασμών χαμηλών συχνοτήτων λόγω ανεπαρκούς ανάρτησης.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, κρίνεται απαραίτητο στις μετρήσεις μηχανικών κραδασμών στην εργασία να μην περιοριζόμαστε μόνο στον υπολογισμό της ισοδύναμης RMS επιτάχυνσης του θωρου αλλά οι μετρήσεις να περιλαμβάνουν συνεχή καταγραφή και συχνοτική ανάλυση.

5.2 Προτάσεις για περεταίρω μελέτη/έρευνα

Για την καλύτερη και εκτενέστερη διερεύνηση της επίδρασης των μηχανικών κραδασμών στην υγεία των εργαζομένων προτείνεται για περεταίρω έρευνα:

- Επέκταση των μετρήσεων σε μεγαλύτερο αριθμό μηχανημάτων που προκαλούν κραδασμούς και για διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Για τις δονήσεις που επιδρούν στον πηγεοκαρπικό άξονα εκτός από κρουστικά δράπανα να μετρηθούν και σε άλλα εργαλεία χειρός που χρησιμοποιούνται σε μεταλλευτικά και τεχνικά έργα όπως είναι οι αερόσφυρες, οι τροχοί λείανσης, τα κοπτικά κ.α. Για τις δονήσεις που επιδρούν σε ολόκληρο το σώμα εκτός από ελαστιχοφόρο εκσκαφέα εξοπλισμένο με υδραυλική σφύρα και τον ερπυστριοφόρο εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο, να μετρηθούν και σε προωθητές γαιών, χωματουργικά αυτοκίνητα, ισοπεδωτές, εκσκαφείς μετωπικού πτύου κ.α.
- Συσχέτιση των κατασκευαστικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών των μηχανημάτων (παλαιότητα, πρόγραμμα συντήρησης κ.α.) με τους μετρούμενους κραδασμούς.
- Εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία των εργαζομένων από δονήσεις υψηλής έντασης πολύ μικρής χρονικής διάρκειας (<100ms), γνωστών ως σοκ, με χρήση

πολύ μικρού χρόνου δειγματοληψίας-στάθμισης και υπολογισμό του λόγου κορυφοτιμής (crest factor).

- Μελέτη στο κατά πόσο η χρονική εξέλιξη των κραδασμών μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη οργάνωση της εκτελούμενης εργασίας (διερεύνηση της δυνατότητας μείωσης του χρόνου έκθεσης του εργαζομένου ή εναλλαγή εργαζομένων κατά τα δυσμενή χρονικά διαστήματα) έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις των μηχανικών κραδασμών.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γαλετάκης Μ., (2007), «Υγιεινή και ασφάλεια σε Μεταλλευτικά και Υπόγεια Έργα», Σημειώσεις του μαθήματος, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, σελ. 128.
- Ευσταθίου Η. Κ., (2002), «Χημική Οργανολογία-Μικρουπολογιστές», Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, σελ.270.
- Λώμη Κ., (2008), «Πρόληψη μυοσκελετικών παθήσεων - Γενικές αρχές εργονομικού σχεδιασμού», Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας, Αθήνα, σελ.43.
- Μαραγκουδάκης Σ., (2012), «Επίδραση ταλαντώσεων στο ανθρώπινο σώμα», Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκη, σελ.83.
- Μπουζάκης Κ., (1997), «Ταλαντώσεις και δυναμική μηχανών», Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ.484.
- Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικής Ασφάλειας, (2010), «Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή οδηγίας 2002/44/EK», Αθήνα, σελ.112.
- Υπουργείο Κοινωνικών Ασφαλίσεων, (2010), «Κραδασμοί», Λευκωσία, Κύπρος, σελ.8.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bruel, P. and Kjaer, V., (1989), «Human Vibration (BR 0456-12)», Naerum, Denmark, pp. 32.
- Broch J. T., (1984), «Mechanical Vibration and Shock Measurements», published by Bruel, P. and Kjaer, V , Naerum, Denmark, pp. 370.
- Cherilyn Tillman, (2007), «Principles of occupational health and hygiene», Published by Allen & Unwin, Australia, ISBN: 9781741750584, pp. 473.
- Griffin M. J., Howarth H.V.C., Fischer S., Kaulbars K.U., Donati P.M. and Bereton K.P.F., (2007), «Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή οδηγίας 2002/44/EK», Υπηρεσία Επίσημων εκδόσεων των Ευρωπαϊκών κοινοτήτων, Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Λουξεμβούργο.
- Brauer L., (2006), «Safety and Health for engineers», Tolono, Illinois, published by John Willey & sons, 2nd Edition, pp. 756.

ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

- EN ISO 5349-1:2001, Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης, (2001), Mechanical vibration — Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration — Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace (Μηχανικοί κραδασμοί – Μέτρηση και αξιολόγηση της ανθρώπινης έκθεσης σε κραδασμούς μεταδιδόμενους στο χέρι – Μέρος 2: Πρακτική καθοδήγηση για μέτρηση στο χώρο εργασίας).
- EN ISO 10819:1997, Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης, (1997), Mechanical vibration and shock — Hand-arm vibration — Method for the measurement

and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand (Μηχανικοί κραδασμοί και κρούση – Κραδασμοί μεταδιδόμενοι στο σύστημα χεριού-βραχίονα – Μέθοδος μέτρησης και αξιολόγησης της μετάδοσης των κραδασμών από γάντια στην παλάμη του χεριού).

- EN 13490:2001, European Committee for Standardization, (2001), Mechanical vibration - Industrial trucks - Laboratory evaluation and specification of operator seat vibration.

ΔΙΕΘΝΗ ΠΡΟΤΥΠΑ

- ISO 8041:2005, Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης, (2005), Human response to vibration — measuring instrumentation (Αντίδραση του ανθρώπου στους κραδασμούς – όργανα μέτρησης).
- ISO 2631-1:1997, International Organization for Standardization, (1997), Guide to the evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and shock.
- EN ISO 7096:2000, International Organization for Standardization, (2000), Earth moving machinery - laboratory evaluation of operator seat vibration.
- ISO 5007:2003, International Organization for Standardization, (2003), Agricultural wheeled tractors -- Operator's seat — Laboratory measurement of transmitted vibration.
- ISO 8041:2005, International Organization for Standardization (2005) Human response to vibration — measuring instrumentation.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- [http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/CFFB3277FFFE0274C22570B50051FAB3/\\$file/Vibrations.pdf](http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/CFFB3277FFFE0274C22570B50051FAB3/$file/Vibrations.pdf)
- [http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/CFFB3277FFFE0274C22570B50051FAB3/\\$file/Vibrations.pdf](http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/CFFB3277FFFE0274C22570B50051FAB3/$file/Vibrations.pdf)
- <http://www.svantek.com>
- <http://www.bksv.com>
- <http://www.humanvibration.com>
- <http://www.bosch-professional.com/gr/el/gsb-13-re-9787-ocs-p/>
- http://www.metal.ntua.gr/uploads/2552/simioseis_min_exploI.pdf
- <http://www.hiresshops.gr>
- <http://www.johnart.gr>
- <http://ylikonet.gr>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. Περιγραφή λειτουργίας του οργάνου SVAN 106 για τη λήψη των μετρήσεων και του λογισμικού SVANPC++ για την επεξεργασία τους.

A1. Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου μέτρησης μηχανικών κραδασμών SVAN106

Τα βασικά χαρακτηριστικά του οργάνου είναι τα εξής:

- Μετρήσεις κραδασμών του ανθρώπινου σώματος (πληρούν το πρότυπο ISO 8041:2005),
- ISO 2631-1,2 & 5 (συμπεριλαμβανομένης της VDV και MTVV) και ISO 5349
- Έξι κανάλια για την επιτάχυνση (IEPE τύπου) και δύο κανάλια για τις μετρήσεις ισχύος
- Μετρήσεις για ολόκληρο το σώμα:
 - κάθισμα-επιταχυνσιόμετρο SV 38
- Μετρήσεις για το σύστημα χεριού-βραχίονα:
 - SV 50 τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο με το σύνολο των προσαρμογέων
 - SA 55 προσαρμογέας με τριαξονικό μηχανικό φίλτρο
 - SV 105 ολοκληρωμένος τριαξονικός προσαρμογέας - επιταχυνσιόμετρο όπου συμπεριλαμβάνει λαβή αισθητήρα δύναμης
- πεδίο του χρόνου εγγραφής σήματος (ISO 2631-5)
- Προηγμένος καταγραφέας δεδομένων, συμπεριλαμβανομένης φασματικής ανάλυσης
- Προγραμματισμένος χρόνος ολοκλήρωσης έως 24 ώρες

A2. Βασικές λειτουργίες του οργάνου

Τα πλήκτρα από τα οποία αποτελείται η πρόσοψη του οργάνου είναι τα ακόλουθα που παρουσιάζονται στο σχήμα A.1 :

- <ENTER>, (<Menu>), [<Save>],
- <ESC>, (<Cal.>), [<S/P>],
- <Shift> ,
- <Alt> ,
- <▲> ,
- <◀> ,
- <▶> ,
- <▼> ,
- <Start/Stop>.

Σχήμα Α.1 : Πλήκτρα πρόσοψης του οργάνου SVAN-106

Αναλυτικότερα καθένα από τα παραπάνω πλήκτρα έχουν τις εξής χρήσεις :

- <Shift> Η δεύτερη λειτουργία ενός μπουτόν (γραμμένο με κόκκινο χρώμα το πάτημα ενός κουμπιού) μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν έχει επιλεγεί η εντολή <Shift> . Το κουμπί αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους:
 - ως Shift στο πληκτρολόγιο (π.χ. ενώ πληκτρολογείτε το όνομα του αρχείου) όσο και στο δεύτερο πάτημα ενός κουμπιού όπου πρέπει να πιεστεί παράλληλα
 - Η επιλογή <Shift> αν πατηθεί σε συνδιασμό με το <Alt> επιτρέπει στο χρήστη να εισάγει δείκτες σχετικά με τις επιφάνειες κατά τη διάρκεια της μέτρησης
- <Alt> Επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει το τρίτο κουμπί λειτουργίας στην περίπτωση επιλογής του [<Save>] και [<Pause>] . Για να επιλεγεί την τρίτη λειτουργία, ο χρήστης πρέπει να πατήσει το <Alt> και το δεύτερο κουμπί ταυτόχρονα.
 - Η επιλογή <Alt> εάν επιλεγεί μαζί με το <Shift> επιτρέπει στο χρήστη να εισάγει δείκτες σχετικά με τις επιφάνειες κατά τη διάρκεια της μέτρησης
 - Η ταυτόχρονη πίεση των <Alt> και <Start/Stop> ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί το όργανο.
- <Start/Stop> Επιτρέπει στο χρήστη να ξεκινήσει τη διαδικασία μέτρησης, όταν το όργανο δεν έχει ξεκινήσει τη μέτρηση ή να το σταματήσει όταν το

όργανο βρίσκεται στην πορεία της μέτρησης. Είναι επίσης δυνατό να καταρτιστεί μια τέτοια λειτουργία αυτού του κουμπιού, στην οποία προκειμένου να αρχίσει ή να σταματήσει τις μετρήσεις ο χρήστης πρέπει να πατήσει ταυτόχρονα την επιλογή <Shift> .

- <ENTER> Επιτρέπει στο χρήστη να εισέλθει στην επιλεγμένη λειτουργία ή για να επιβεβαιώσετε τις επιλογές ελέγχου.
- (<Menu>) Αυτό το κουμπί (πατημένο μαζί με το <Shift>) επιτρέπει στο χρήστη την εισαγωγή του στην κύρια λίστα , που περιέχει έξι λίστες: Function, Measurement, Display, File, Instrument και Auxiliary Setup. Κάθε ένα από τα παραπάνω αποτελείται από στοιχεία τα υπο-πίνακες, και παράθυρα. Η διπλή πίεση του <Menu> επιτρέπει στο χρήστη να εισέλθει στη λίστα που περιέχουν τα οκτώ τελευταία ανοιχτά παράθυρα του μενού.
- [<Save>] Αυτό το κουμπί (πατημένο μαζί με το <Alt>) επιτρέπει στο χρήστη να αποθηκεύει τα αποτελέσματα των μετρήσεων ως αρχείο στη μνήμη του εσωτερικού μέσου ή στην κάρτα αποθήκευσης.
- <ESC> Αυτό το κουμπί κλείνει τις λίστες ελέγχου, υπο-καταλόγους ή τα παράθυρα. Δρα σε αντίθεση με την <ENTER>. Όταν το παράθυρο είναι κλειστό, πατώντας το <ESC> , οι τυχόν αλλαγές σε αυτό αγνοούνται σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις.
- ([Cal].) Αυτό το κουμπί (πατημένο μαζί με το <Shift>) επιτρέπει στο χρήστη να εισέλθει στην υπο-λίστα και να διαλέξει μια από τις διαθέσιμες επιλογές.
- [<S/P>] Επιτρέπει στο χρήστη να μεταβεί στο παράθυρο του Διαχειριστή εγκατάστασης ή να σπάσει τη διαδικασία μέτρησης προσωρινά.

A3. Αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας μέτρησης και ρύθμισης του SVAN 106

Για μετρήσεις μηχανικών κραδασμών σε ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα ακολουθούμε την εξής διαδικασία :

- Ενεργοποίηση του οργάνου πατώντας ταυτόχρονα τα κουμπιά <Alt> και <Start/Stop>.
- Σύνδεση του αισθητήρα SV 38V με την είσοδο καναλιών 1-3 που βρίσκεται στο πάνω κάλυμμα του οργάνου
- Τοποθέτηση αισθητήρα στο κατάλληλο σημείο
- Επιλογή Menu→ Measurement→ Channels setup→ Enable channels 1-3→ ESC→ Save (Yes)→ HVA/WBV Dosimeter→ 1-3 Dosimeter WBV→ ESC
- Ρύθμιση της επιθυμητής λειτουργίας μέτρησης επιλέγοντας Function→ Measurement Function → 1/1 octave (για μετρήσεις επιτάχυνσης και ανά συχνότητα) → ESC (για επιστροφή στο Menu) → οθόνη μετρήσεων(VEC 1-3 επιτάχυνση, VEC 1-3 άλλα μεγέθη)
- Για να ορίζουμε τα μεγέθη που θέλουμε να μετρήσουμε και τους τύπους αρχείων που θέλουμε να εμφανιστούν για κάθε μέτρηση επιλέγουμε Data logging→ logger results→ channels 1-3 → (επιλέγω με alt και βελάκι) όλα τα μεγέθη σε log και plot και στη συνέχεια για το κομμάτι ων συχνοτήτων επιλέγουμε για όλα τα κανάλια → RMS .
- Για την μέτρηση και του διανύσματος (vector) Data logging→ vector→ (alt και βελάκι) επιλογή
- Για να εμφανίζεται αυτόματα το όνομα (που θα επιλέξουμε) του αρχείου πριν την αποθήκευση των δεδομένων μας επιλέγουμε Data logging→ logger setup→ logger name (ελεύθερη επιλογή).
- Πιέζουμε το Start/Stop για να ξεκινήσει η μέτρηση
- Πιέζουμε το ίδιο κουμπί για διακοπή ή τερματισμό της μέτρησης
- Αποθηκεύουμε τη μέτρηση πιέζοντας ταυτόχρονα Save και Alt

Για μετρήσεις μηχανικών κραδασμών στο σύστημα χειρός-βραχίονα ακολουθούμε την εξής διαδικασία :

- Ενεργοποίηση του οργάνου πατώντας ταυτόχρονα τα κουμπιά <Alt> και <Start/Stop>.
- Σύνδεση του αισθητήρα SV 105 με την είσοδο καναλιών 4-6 που βρίσκεται στο πάνω κάλυμμα του οργάνου
- Τοποθέτηση αισθητήρα στο κατάλληλο σημείο
- Επιλογή Menu→ Measurement→ Channels setup→ Enable channels 4-6→ ESC→ Save (Yes)→ HVA/WBV Dosimeter→ 4-6 Dosimeter HAV→ ESC
- Ρύθμιση της επιθυμητής λειτουργίας μέτρησης επιλέγοντας Function→ Measurement Function → octave 1/1→ ESC (για επιστροφή στο Menu)→ οθόνη μετρήσεων(VEC 4-6 επιτάχυνση, VEC 4-6 άλλα μεγέθη)
- Για την μέτρηση και του διανύσματος (vector) Data logging→ vector→ (alt και βελάκι) επιλογή
- Για να εμφανίζεται αυτόματα το όνομα (που θα επιλέξουμε) του αρχείου πριν την αποθήκευση των δεδομένων μας επιλέγουμε Data logging→ logger setup→ logger name (ελεύθερη επιλογή).
- Πιέζουμε το Start/Stop για να ξεκινήσει η μέτρηση
- Πιέζουμε το ίδιο κουμπί για διακοπή ή τερματισμό της μέτρησης
- Αποθηκεύουμε τη μέτρηση πιέζοντας ταυτόχρονα Save και Alt

Το όργανο έχει εργοστασιακή βαθμονόμηση για τις συνήθεις περιβαλλοντικές συνθήκες. Επειδή η ευαισθησία του εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την πίεση του περιβάλλοντος και την υγρασία, πρέπει να γίνει, η βαθμονόμηση του καναλιού μετρήσεως. Για να επιλέξει ο χρήστης μια λειτουργία βαθμονόμησης πρέπει να εισαγάγει calibration και στη συνέχεια <ENTER> .Ο κατάλογος calibration (βαθμονόμησης) αποτελείται από έξι θέσεις: κανάλι 1, 2, ... Κανάλι 6, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να εκτελέσει τη βαθμονόμηση του κάθε καναλιού της μονάδας. Το εκάστοτε κανάλι (channel) αποτελείται από τρεις θέσεις: Calibr. By sensitivity, Calibr. By measurement, τα οποία χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση της βαθμονόμησης και calibration history που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των παραμέτρων προηγούμενων μετρήσεων. Στην επιλογή Calibr. By sensitivity, το επιταχυνσιόμετρο μπορεί να ξεκινήσει τη λειτουργία του με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Επιλέγοντας το είδος της βαθμονόμησης (επισημάνετε το Calibr. By sensitivity) από τη επιλογή calibration και πιέζοντας το <ENTER> .

2. Ρυθμίζοντας την ευαισθησία του επιταχυνσιόμετρου.(πατώντας τα βέλη στην πρόσοψη του οργάνου σε συνδιασμό με την επιλογή <shift>)

Ο συντελεστής βαθμονόμησης καθορίζεται, πατώντας τα βέλη στην πρόσοψη του οργάνου σε σχέση με την τιμή $10,0 \text{ mV} / \text{ms}^{-2}$. Για υψηλότερη τιμή από $10,0 \text{ mV} / \text{ms}^{-2}$ ο συντελεστής βαθμονόμησης είναι αρνητικός.

Η επιλογή_Calibr. By measurement δηλαδή βαθμονόμηση στη μέτρηση μπορεί να διεξαχθεί με τους ακόλουθους τρόπους:

1. Επιλέγοντας τη επιλογή Calibr. By measurement .
2. Επιλέγοντας filter: με αισθητήρα για ολόκληρο το σώμα ή για αισθητήρα χεριού-βραχίονα.
3. Επιλέγοντας το calibrator signal level.
4. Συνδέοντας το βαθμονομητή κραδασμών (επιταχυνσιόμετρο του οργάνου).
5. Ενεργοποιώντας το βαθμονομητή και περιμένοντας περίπου 30 δευτερόλεπτα πριν από την έναρξη των μετρήσεων βαθμονόμησης.
6. Ξεκινώντας τη μέτρηση βαθμονόμησης πατώντας το <Start/Stop> .

Η επιλογή measurement περιέχει τα στοιχεία, τα οποία επιτρέπουν σε ένα πρόγραμμα τη μέτρηση παραμέτρων για όλα τα κανάλια και προφίλ. Ο κατάλογος measurement εμφανίζεται μετά το πάτημα του <Menu> και στη συνέχεια επιλέγοντας από τη λίστα. Κάθε παράμετρος της λίστας μέτρησης μπορεί να αλλάξει μόνο όταν το όργανο δεν εκτελέσει μια μέτρηση. Οι παράμετροι εμφανίζονται με διαφορετικό χρώμα και οποιαδήποτε κίνηση είναι αδύνατη. Όταν αναβοσβήνει το εικονίδιο "Play" υποδηλώνει ότι το όργανο εκτελεί τις μετρήσεις.

Στις λειτουργίες δόνησης οι παράμετροι μπορούν να παρουσιαστούν σε λογάριθμο (ντεσιμπέλ) ή Γραμμική ταχύτητα (m / s^2) . Εξαρτάται από την τιμή της κλίμακας θέσης (διαδρομή: Menu / Display / Results Scale), π.χ. η τιμή $10 \text{ m} / \text{s}^2$.

Για την επιλογή των παραμέτρων μέτρησης (General settings) επιλέγουμε την υπολίστα General settings από τη λίστα measurement στη συνέχεια πατώντας το <ENTER> . Οι Γενικές Ρυθμίσεις (general settings) αποτελούνται από τις επόμενες παραμέτρους:

- την καθυστέρηση από την έναρξη των μετρήσεων (Start Delay)
- η περίοδος ολοκλήρωσης(Integration Period),
- η επανάληψη των κύκλων μέτρησης (Repetition Cycles) και
- ο τύπος του ανιχνευτή RMS (RMS Integration).

Η καθυστέρηση έναρξης (start delay) ορίζει την χρονική καθυστέρηση από την επιλογή <Start/Stop> που πιέζουμε για την έναρξη των μετρήσεων (τα ψηφιακά φίλτρα του μέσου αναλύουν συνεχώς το σήμα εισόδου, ακόμη και όταν οι μετρήσεις έχουν σταματήσει). Αυτή η περίοδος καθυστέρησης μπορεί να ρυθμιστεί από 0 δευτερόλεπτο έως 60 δευτερόλεπτα (με 1 δευτερόλεπτο βήμα μέσω των κουμπιών της πρόσοψης και με βήμα 10 δευτερόλεπτων με την επιλογή κουμπιών της πρόσοψης πιέζοντας μαζί με το <Shift> . Το κουμπί <ENTER> πρέπει να πιεστεί για την επιβεβαίωση, η οποία κλείνει ταυτόχρονα το παράθυρο general settings. Η ελάχιστη περίοδος καθυστέρησης είναι ίση με 0 δευτερόλεπτα. Στη λειτουργία βαθμονόμησης, το διάστημα καθυστέρησης είναι ίση με 5 δευτερόλεπτα.

Η περίοδος ολοκλήρωσης (Integration Period) ορίζει την περίοδο κατά την οποία το σήμα γίνεται κατά μέσο όρο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Η απαιτούμενη τιμή αυτής της παραμέτρου μπορεί να ρυθμιστεί μέσω των κουμπιών της πρόσοψης και επιβεβαιώνεται πιέζοντας το κουμπί <ENTER>.

Η προθεσμία ολοκλήρωσης (περίοδος ολοκλήρωσης) μπορεί να ρυθμιστεί (πατώντας τα βέλη στην πρόσοψη σε συνδυασμό με το κουμπί <Shift>. Από 1 s έως 59 s (με 1 δευτερόλεπτο ή 10 δευτερόλεπτα βήμα) ή από 1 h έως 24 h (με βήμα 1 ώρα ή 10 ώρες). Επιπλέον, οι προκαθορισμένες περίοδοι είναι : 1 m, 5 m, 15 m, 1h, 8h, και 24h.

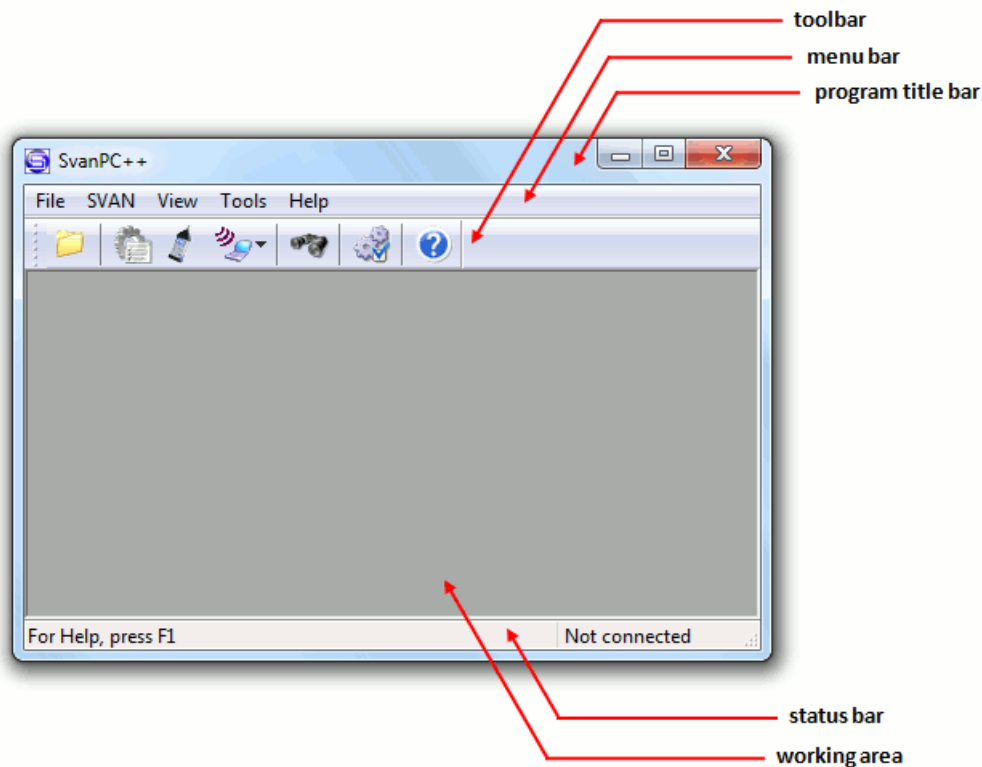
Οι κύκλοι επανάληψης (repetition cycles) ορίζουν τον αριθμό των κύκλων (με τη διάρκεια της περιόδου μέτρησης που ορίζονται στο Integration Period), η οποία πρέπει να εκτελείται από το όργανο. Η απαιτούμενη παράμετρος μπορεί να ρυθμιστεί μέσω των κουμπιών στην πρόσοψη του οργάνου (με βήμα ίσο με 1), ή μέσω της επιλογής των αντίστοιχων κουμπιών μαζί με το <Shift> (με βήμα ίσο με το 20). Η επιλεγμένη τιμή είναι αποδεκτή από το πάτημα του <ENTER> , το οποίο κλείνει το

παράθυρο general settings. Η Inf τιμή υποδηλώνει την άπειρη επανάληψη των μετρήσεων (μέχρι το πάτημα του <Start/Stop> ή μετά την παραλαβή στον κωδικό του τηλεχειριστηρίου). Οι κύκλοι επανάληψης τιμές είναι εντός των ορίων [1, 1000].

A4. Σύντομη περιγραφή λογισμικού SVANPC++

Βασικές λειτουργίες που εκτελεί:

- Λήψη των δεδομένων των μετρήσεων σε PC
- Επεξεργασία δεδομένων
- Παρουσίαση αποτελεσμάτων: κειμένου, πίνακα και γραφική μορφή
- Διαχείριση των αρχείων μέτρησης



Σχήμα A.2 : Αρχική οθόνη του λογισμικού SVANPC++

Όταν SvanPC ++ ξεκινήσει για πρώτη φορά , θα δείτε ένα παράθυρο όπως στο παραπάνω σχήμα A.2. Τα επιμέρους στοιχεία που απεικονίζονται στο παραπάνω σχήμα A.2 είναι τα εξής :

- (program title bar) - Η γραμμή τίτλου βρίσκεται στο πάνω μέρος του παραθύρου . Περιέχει το όνομα της εφαρμογής και μπορεί να περιέχει το όνομα του ενεργού εγγράφου . Η γραμμή τίτλου περιέχει και άλλα στοιχεία .
- (menu bar) - Η γραμμή μενού εμφανίζεται σε όλη την κορυφή του παραθύρου της εφαρμογής , ακριβώς κάτω από τη γραμμή τίτλου του προγράμματος. Παρέχει πρόσβαση σε πολλά μενού που χρησιμοποιούνται σε SvanPC ++ (File , Svan , View , ...) .
- (toolbar)- Η γραμμή εργαλείων εμφανίζεται σε όλη την κορυφή του παραθύρου της εφαρμογής , κάτω από τη γραμμή μενού . Η γραμμή εργαλείων παρέχει γρήγορη πρόσβαση με το ποντίκι σε πολλά εργαλεία που χρησιμοποιούνται σε SvanPC ++ .
- (working area) Περιοχή εργασίας - Αυτό είναι το κύριο μέρος του παραθύρου του προγράμματος . Μπορεί να περιέχει υπο - παράθυρα σε σχέση με το άνοιγμα αρχείων. Κάθε ένα από τα υπο - παράθυρα περιέχει τη δική του γραμμή τίτλου της και χώρο εργασίας .

Υπάρχουν έξι μενού σε SvanPC ++, όπως περιγράφεται παρακάτω:

- Αρχείο -Το μενού περιλαμβάνει εργασίες σχετικά με τα αρχεία του δίσκου. Θα επιτρέπει σε κάποιον να ανοίξει, κοντά και να αποθηκεύσετε αρχεία. Επίσης περιέχει εντολές που σχετίζονται με την εκτύπωση και την εντολή Exit.
- Επεξεργασία-Το μενού περιλαμβάνει βασικές εντολές επεξεργασίας.
- SVAN -Αυτό το μενού περιλαμβάνει τις εντολές που σχετίζονται με την επικοινωνία με Svantek μέσα.

Το SvanPC ++ δίνει τη δυνατότητα να απεικονίσει τα δεδομένα που έχουν ληφθεί από μια συσκευή Svan ή να αποθηκεύονται σε αρχείο τύπου SVN ή WAV. Μπορεί να επιλεγεί μεταξύ των διαφόρων τύπων, προκειμένου να βρεθεί η βέλτιστη μορφή για την ανάγνωση και την ανάλυση των δεδομένων.

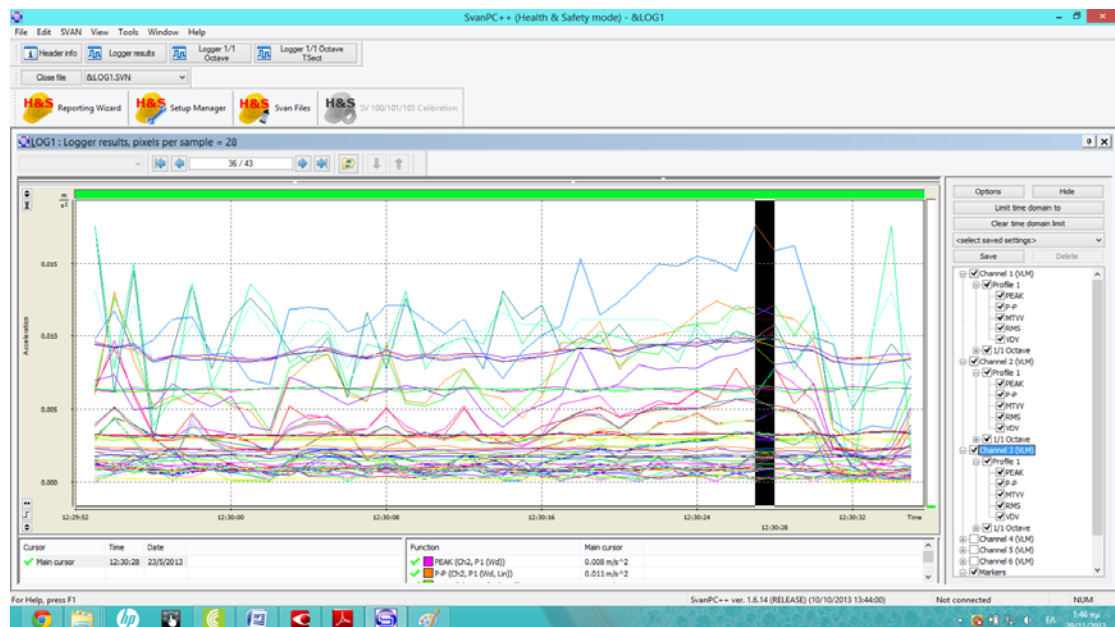
Το SvanPC ++ παρέχει τέσσερις τρόπους απεικόνισης δεδομένων:

- Προβολή πίνακα,
- Προβολή plot,
- Προβολή Spectrogram,
- Προβολή κειμένου.

Η διαθεσιμότητα των επιλογών εξαρτάται από τη μορφή των ενεργών στοιχείων. Για παράδειγμα, Header πληροφορίες μπορούν να προβληθούν μόνο σε πίνακα ή σε μορφή κειμένου, ενώ τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο πεδίο του χρόνου μπορούν να προβληθούν σε έναν πίνακα ή σε plot. Αν μια φόρμα είναι διαθέσιμη για το τρέχον ενεργό block δεδομένων, το εικονίδιο του είναι ζωγραφισμένο σε χρώματα αποχρώσεις του γκρι.

A5. Περιγραφή λειτουργίας SVANPC++

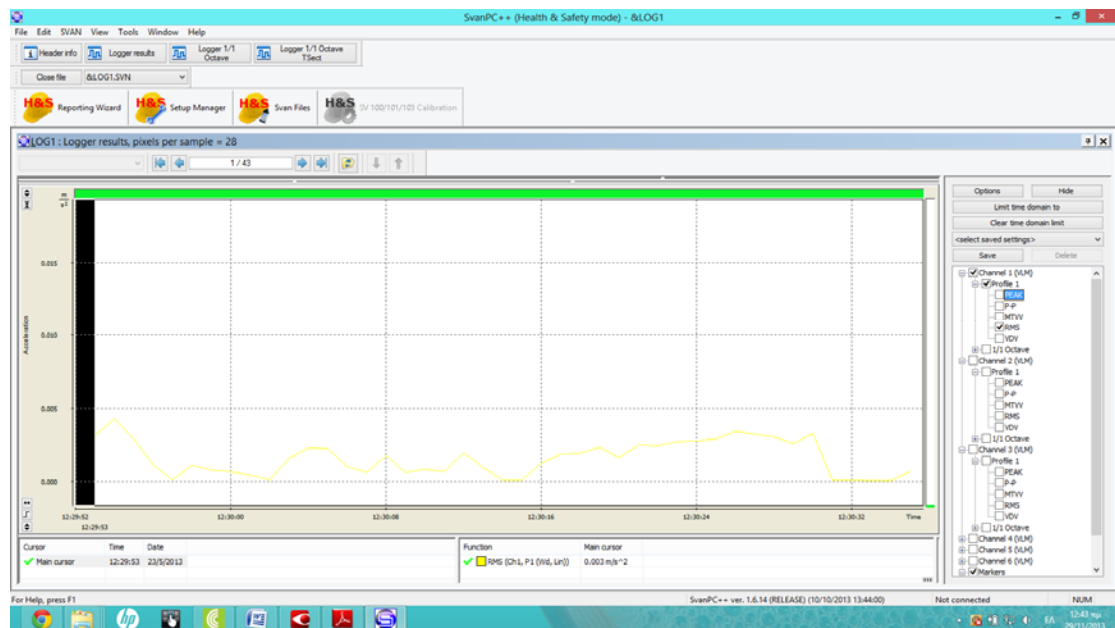
Εισάγοντας τις μετρήσεις των κραδασμών στο λογισμικό SVANPC++ εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή η εικόνα που φαίνεται στο σχήμα A.3.



Σχήμα A.3 : Διάγραμμα επιτάχυνσης-χρόνου

Στο σχήμα A.3 εμφανίζεται διάγραμμα επιτάχυνσης-χρόνου, όπου στον κατακόρυφο άξονα παρατηρείται η επιτάχυνση που μετράται σε m/s^2 και στον οριζόντιο ο χρόνος με ακρίβεια second. Στο δεξί μέρος της οθόνης ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το είδος ή τα είδη της κυματομορφής που θέλει να εμφανίζονται στο διάγραμμα (peak, p-p, MTVV, RMS, VDV), από ποιά ή ποιά κανάλια και από ποιά ή ποιά προφίλ.

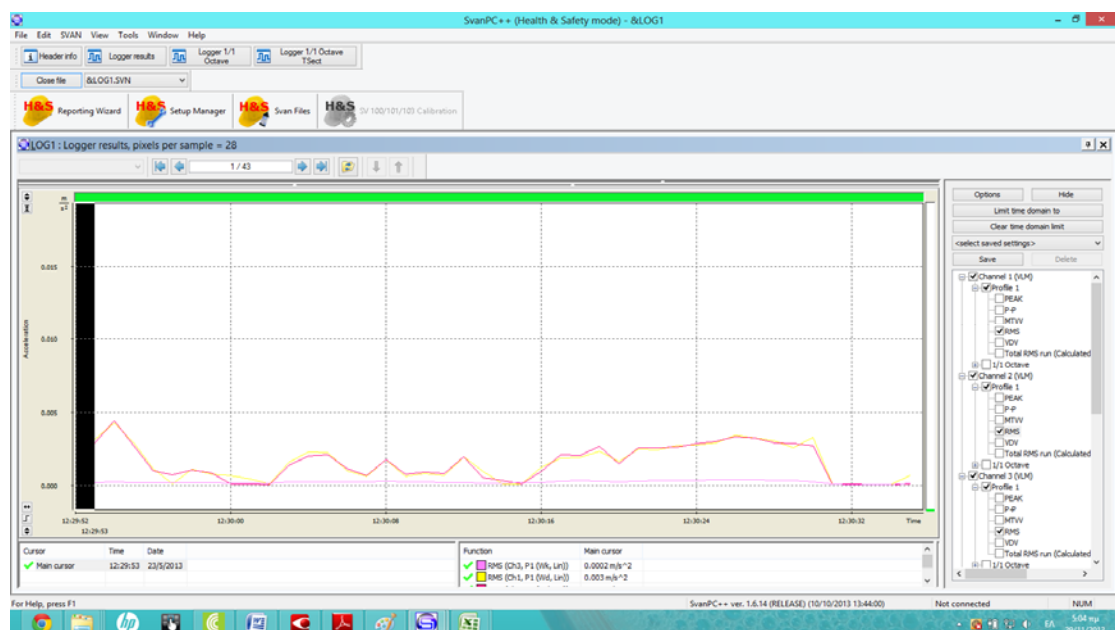
Στο σχήμα A.4 παρατηρείται η κυματομορφή RMS που αντιστοιχεί στο κανάλι 1(άξονας X), προφίλ 1 και εμφανίζεται με κίτρινο χρώμα στο διάγραμμα.



Σχήμα Α.4 : Κυματομορφή RMS για το κανάλι 1.

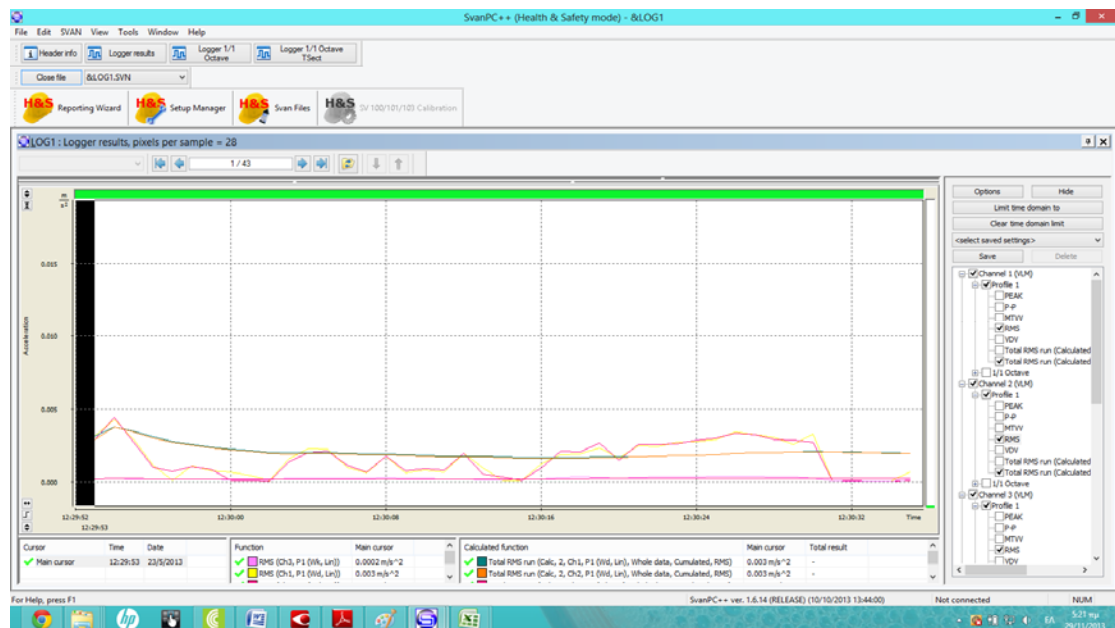
Στο κάτω μέρος της οθόνης εμφανίζεται η τιμή RMS ίση με $0,003 \text{ m/s}^2$ για το χρονικό διάστημα από 12:29:52 μέχρι 12:29:53. Ομοίως επιλέγοντας κάποιο άλλο χρονικό διάστημα εμφανίζεται η ανάλογη τιμή RMS.

Επιλέγοντας με τον ίδιο τρόπο τα κανάλια 2 (άξονας y) και 3 (άξονας z) εμφανίζεται η κυματομορφή του RMS τους, με χρώμα κόκκινο και μωβ αντίστοιχα όπως φαίνεται στο σχήμα Α.5.



Σχήμα Α.6 : Κυματομορφή RMS για τα κανάλια 2 και 3 .

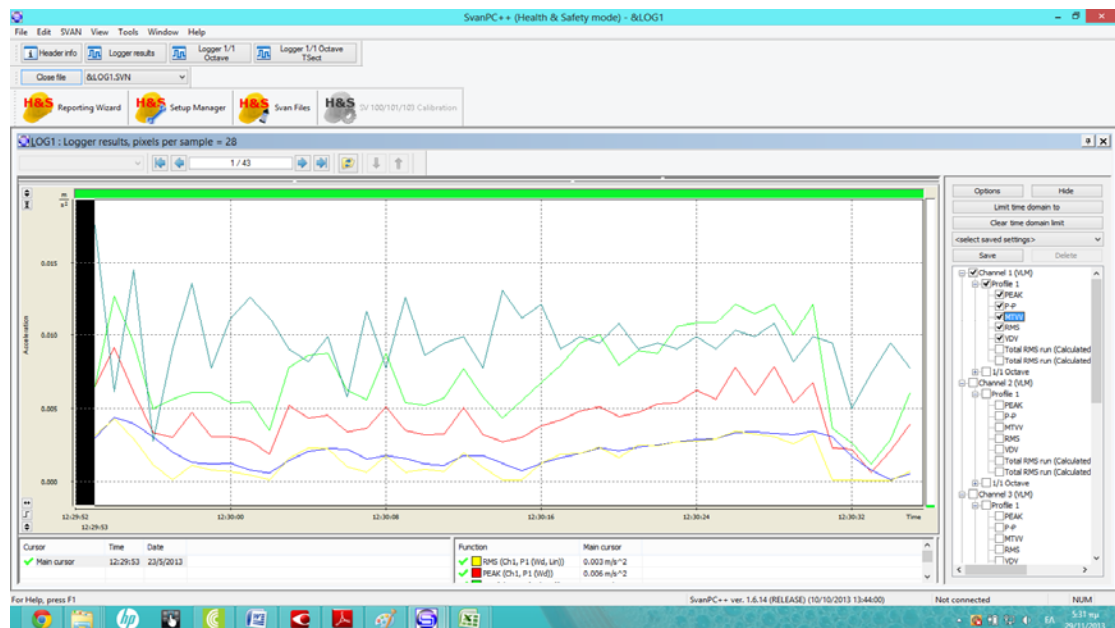
Για να υπολογιστεί τα total RMS για το κάθε κανάλι επιλέγουμε tools , στη συνέχεια calculator και τέλος total RMS/LEQ. Επιλέγουμε τα κανάλια που θέλουμε να γίνει ο υπολογισμός και πατάμε calculate. Στο κάτω μέρος της οθόνης, εκεί που πριν εμφανιζόταν το RMS τώρα εμφανίζεται και το total RMS για κάθε κανάλι ξεχωριστά όπως φαίνεται στο σχήμα Α.7.



Σχήμα Α.7 : Απεικόνιση του total RMS για το κανάλι 1, 2, 3.

Το Total RMS για το κανάλι 1 είναι $0,003 \text{ m/s}^2$, για το κανάλι 2 είναι $0,003 \text{ m/s}^2$ και τέλος για το κανάλι 3 $0,0002 \text{ m/s}^2$.

Εκτός από την επιλογή της μέσης τετραγωνικής ταχύτητας μπορεί να επιλεγεί να εμφανίζεται στο διάγραμμα το peak, το p-p , το MTVV και το VDV. Στο σχήμα Α.8 έχουν επιλεγεί όλα τα παραπάνω για το κανάλι 1.

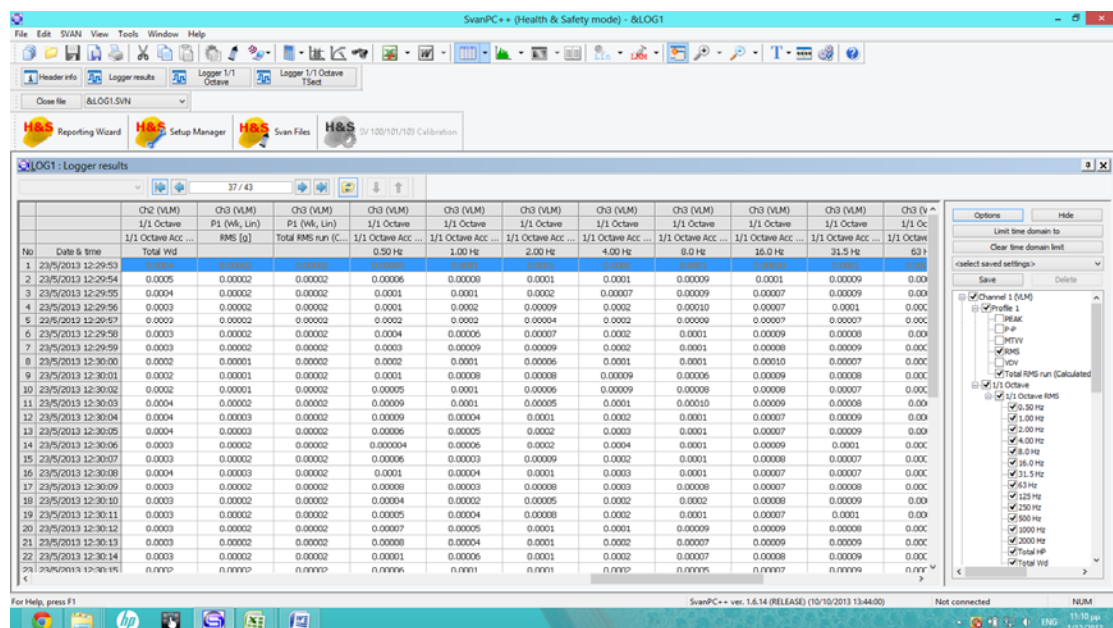


Σχήμα Α.8 : Γραφική απεικόνιση RMS, το peak, το p-p , το MTVV και το VDV.

Παρατηρείται πως εμφανίζει με διαφορετικό χρώμα την κάθε κυματομορφή ανάλογα με το ποιο μέγεθος αντιπροσωπεύει. Επίσης εμφανίζει την τιμή του αντίστοιχου μεγέθους(με το αντίστοιχο χρώμα) στο κάτω μέρος της οθόνης. Ενδεικτικά για το χρονικό διάστημα από 12:29:52 μέχρι 12:29:53 η τιμή peak ίση με $0,006 \text{ m/s}^2$, p-p ίση με $0,006 \text{ m/s}^2$, MTVV ίση με $0,003 \text{ m/s}^2$, και η VDV ίση με 0.016 m/s^2 .

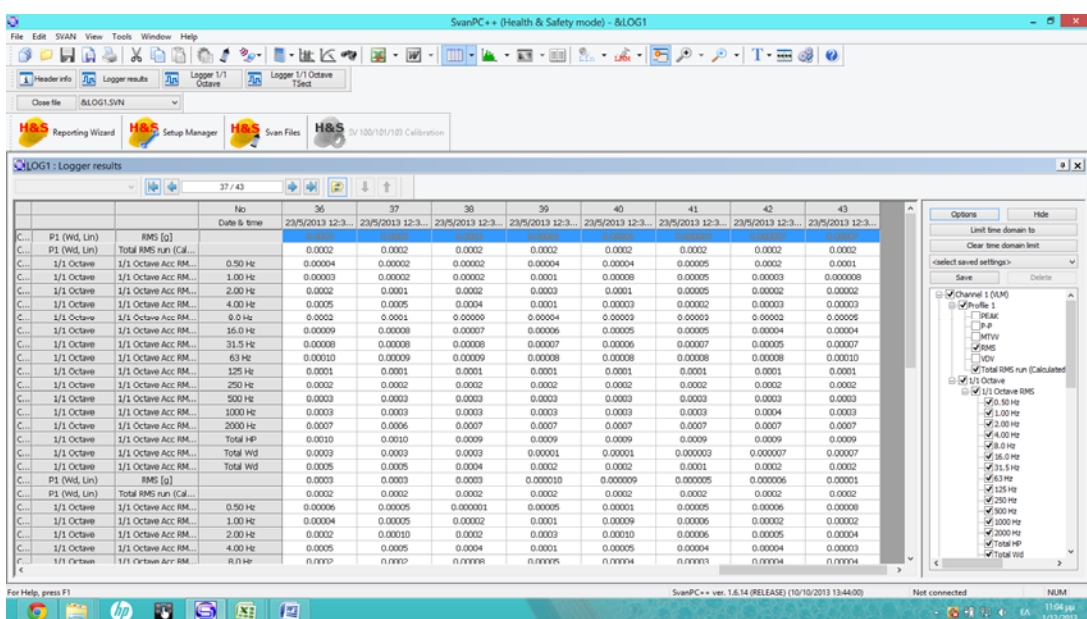
Για τον υπολογισμό άλλων μεγεθών όπως MAX RMS, MAX(MTVV), VDV, Current exposure, Daily exposure και Vector επιλέγουμε tools, στη συνέχεια Dose measurements και αφού επιλέξουμε τα μεγέθη που θέλουμε να υπολογιστούν επιλέγουμε calculate. Τα αποτελέσματα των μεγεθών που έχουμε επιλέξει εμφανίζονται στο κάτω μέρος της οθόνης.

Οι τιμές μέτρησης μπορούν να εμφανιστούν και σε μορφή πίνακα, επιλέγοντας table από το toolbar και στη συνέχεια normal view όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα Α.9.



Σχήμα Α.9 : Πίνακας αποτελεσμάτων με το λογισμικό svanPC++

Στο δεξί μέρος της οθόνης παρατηρούνται τα μεγέθη που περιλαμβάνονται στον πίνακα καθώς και εκείνα που υπάρχει η δυνατότητα να επιλέξουμε, ώστε να προστεθούν. Επίσης χρησιμοποιώντας την επιλογή tools και στη συνέχεια calculator προστίθενται στον πίνακα των μετρήσεων τα total RMS για κάθε κανάλι ανά δευτερόλεπτο μέτρησης. Για διαφορετικό τρόπο παρουσίασης των μετρήσεων υπάρχει διαθέσιμη επιλογή μέσω του table και στη συνέχεια transposed view όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στο παρακάτω A.10.



Σχήμα A.10 : Πίνακας αποτελεσμάτων με το λογισμικό svanPC++

Στη συνέχεια για να επεξεργαστούμε τα δεδομένα μας τα μεταφέρουμε σε φύλλο Excel, μαρκάροντας όλες τις τιμές και επιλέγοντας την επιλογή από το toolbar send to MS excel. Τα δεδομένα εμφανίζονται σε φύλλο excel όπως στο σχήμα A.11.

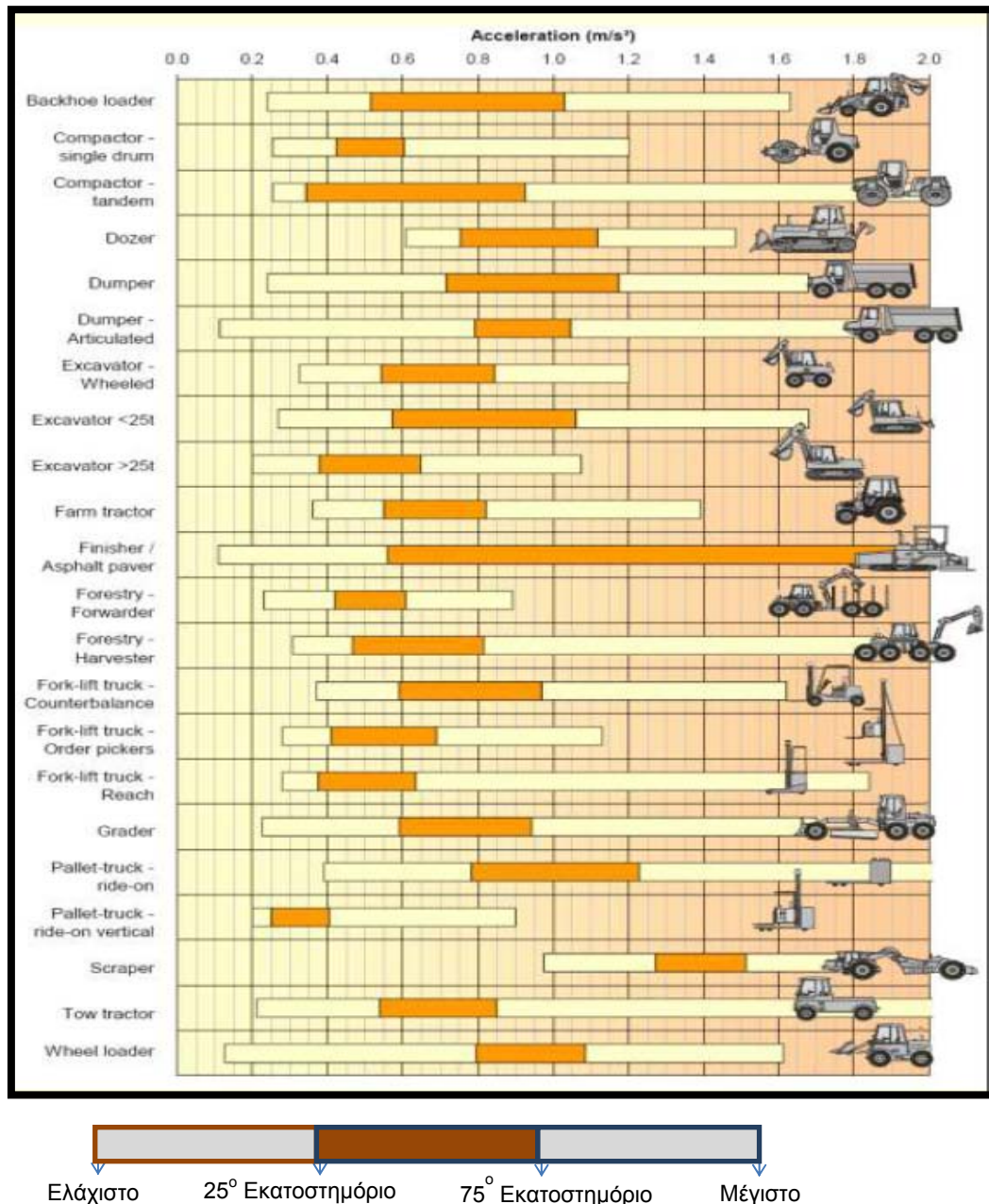
No	Date & time	Ch1 (VLM) P1 (Wd, Un) RMS [g]	Ch2 (VLM) P1 (Wd, Un) RMS [g]	Ch3 (VLM) P1 (Wd, Un) Total RMS run (Calc, 1, Whole data, Cumulated, RMS) [g]
67	1 23/3/2013 12:29:53	0,000118647	0,000293975	2,03381E-05
68	2 23/3/2013 12:29:54	0,00043482	0,000450101	2,26365E-05
69	3 23/3/2013 12:29:55	0,000297379	0,00027753	2,21233E-05
70	4 23/3/2013 12:29:56	0,000118389	0,000101932	2,17926E-05
71	5 23/3/2013 12:29:57	1,18389E-05	7,21622E-05	2,14442E-05
72	6 23/3/2013 12:29:58	0,00011306	0,000107972	2,14936E-05
73	7 23/3/2013 12:29:59	7,91243E-05	8,87789E-05	2,10044E-05
74	8 23/3/2013 12:30:00	6,65748E-05	1,17031E-05	2,03381E-05
75	9 23/3/2013 12:30:01	4,48494E-05	1,14369E-05	1,96476E-05
76	10 23/3/2013 12:30:02	8,47832E-06	7,13362E-06	1,90463E-05
77	11 23/3/2013 12:30:03	0,000161551	0,000142334	1,95799E-05
78	12 23/3/2013 12:30:04	0,000233512	0,000205736	2,01981E-05
79	13 23/3/2013 12:30:05	0,000225585	0,000212966	2,07879E-05
80	14 23/3/2013 12:30:06	0,000100765	0,000118389	2,09802E-05
81	15 23/3/2013 12:30:07	6,43147E-05	6,65748E-05	2,10771E-05
82	16 23/3/2013 12:30:08	0,000181263	0,000177137	2,1566E-05
83	17 23/3/2013 12:30:09	6,35703E-05	8,00405E-05	2,16925E-05
84	18 23/3/2013 12:30:10	8,28533E-05	8,9807E-05	2,17425E-05
85	19 23/3/2013 12:30:11	6,58127E-05	8,38127E-05	2,15184E-05
86	20 23/3/2013 12:30:12	0,000198751	0,000196476	2,14195E-05
87	21 23/3/2013 12:30:13	9,62299E-05	5,28823E-05	2,13987E-05
88	22 23/3/2013 12:30:14	1,17031E-05	3,17528E-05	2,10044E-05
89	23 23/3/2013 12:30:15	1,21146E-05	9,18988E-06	2,09079E-05
90	24 23/3/2013 12:30:16	0,000122968	9,62299E-05	2,0932E-05
91	25 23/3/2013 12:30:17	0,000189806	0,000215432	2,12721E-05
92	26 23/3/2013 12:30:18	0,000152004	0,000208118	2,18429E-05
93	27 23/3/2013 12:30:19	0,000236216	0,00027213	2,22234E-05

Σχήμα A.11 : Πίνακας αποτελεσμάτων σε φύλλο εργασίας excel.

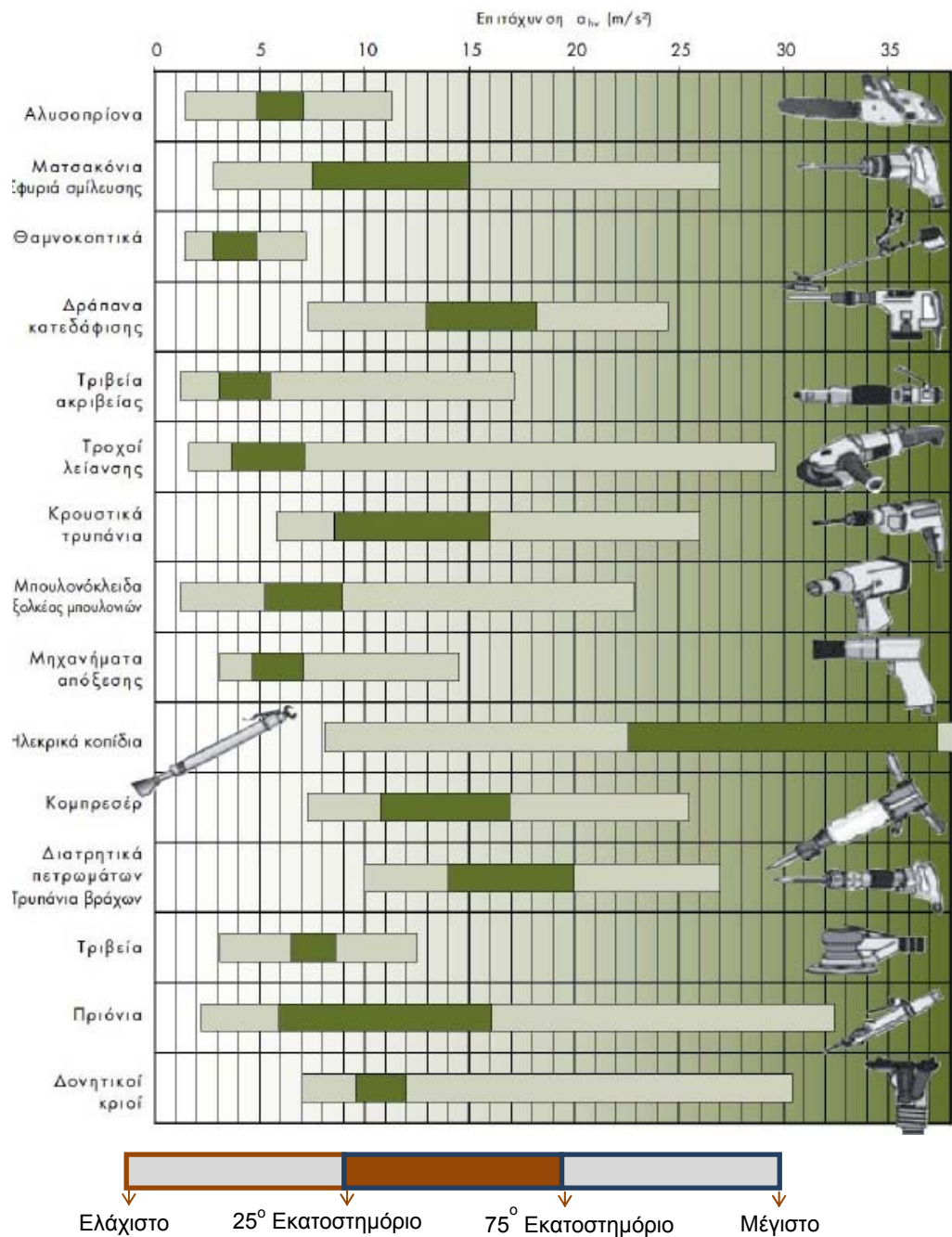
Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιείται το κομμάτι των συχνοτήτων αλλά μόνο των RMS σε σχέση με το χρόνο για το κάθε κανάλι. Για το λόγο αυτό στο παραπάνω σχήμα παρατηρούνται πέντε στήλες που περιέχουν number, Date and time, RMS channel 1, RMS channel 2, RMS channel 3. Αναλυτικότερα οι πίνακες αυτοί παρουσιάζονται παρακάτω στο σχήμα 2.17 καθώς και τα τετράγωνα των RMS, το Vector, τη μέση RMS, η συνολική RMS ($AEQ = \max(1,4 \cdot a_x, 1,4 \cdot a_y, a_z)$) και η ημερήσια έκθεση ($A(8) = AEQ \sqrt{\frac{T_E}{T_0}}$).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. Τυπικές τιμές έντασης κραδασμών για οχήματα και εργαλεία

Στα σχήματα Β.1 και Β.2 απεικονίζονται τα εύρη διακύμανσης της έντασης (επιτάχυνση) των κραδασμών που προέρχονται από τη χρήση συνηθών μηχανοκίνητων οχημάτων εργαλείων.



Σχήμα Β.1: Εύρη έντασης κραδασμών (επιτάχυνση) για ολόκληρο το σώμα που προέρχονται από τη χρήση μηχανοκίνητων οχημάτων (Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή οδηγίας 2002/44/ΕΚ).



Σχήμα 4.4: Εύρη έντασης κραδασμών (επιτάχυνση) για τον πηγεοκαρπικό άξονα που προέρχονται από τη χρήση εργαλείων (Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή οδηγίας 2002/44/EK).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ. Αρχεία μετρήσεων και διαγράμματα συχνοτικής ανάλυσης σύμφωνα με το πρότυπο ISO 5349

Γ1. Μετρήσεις κραδασμών για το σύστημα χειρός-βραχίονα κατά τη χρήση κρουστικού δράπανου

Πίνακας Γ.1: Μετρήσεις των συνιστωσών της επιτάχυνσης σε σχέση με το χρόνο μέτρησης
σε δοκίμιο ψαμμιτικού ασβεστόλιθου.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
1	5,495408739	5,495408739	4,027170343
2	5,248074602	5,956621435	4,315190768
3	1,230268771	0,881048873	0,841395142
4	1,071519305	1,071519305	1,122018454
5	2,290867653	0,881048873	1,230268771
6	3,054921113	2,344228815	2,11348904
7	2,786121169	1,548816619	2,187761624
8	1,927524913	1,011579454	1,318256739
9	0,831763771	0,623734835	0,944060876
10	0,506990708	0,431519077	0,562341325
11	0,933254301	0,794328235	1,096478196
12	0,537031796	0,623734835	0,518800039
13	0,354813389	0,281838293	0,562341325
14	4,466835922	2,917427014	3,801893963
15	6,237348355	2,754228703	4,120975191
16	6,531305526	2,754228703	4,315190768
17	5,370317964	2,884031503	3,935500755
18	4,466835922	2,570395783	3,427677865
19	2,722701308	1,819700859	2,041737945
20	0,860993752	0,988553095	0,901571138
21	0,630957344	0,645654229	0,851138038
22	0,298538262	0,319889511	0,407380278
23	0,091201084	0,160324539	0,213796209
24	0,055590426	0,060255959	0,072443596
25	0,221309471	0,218776162	0,218776162

Συνέχεια Πίνακα Γ.1: Μετρήσεις των συνιστωσών της επιτάχυνσης σε σχέση με το χρόνο μέτρησης σε δοκίμιο ψαμμιτικού ασβεστόλιθου.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
26	0,206538016	0,312607937	0,27542287
27	0,402717034	0,537031796	0,543250331
28	0,312607937	0,354813389	0,676082975
29	0,52480746	0,543250331	1,258925412
30	0,484172368	0,549540874	0,512861384
31	0,171790839	0,179887092	0,26915348
32	0,199526231	0,319889511	0,278612117
33	0,158489319	0,181970086	0,188364909
34	0,213796209	0,257039578	0,26915348
35	0,128824955	0,171790839	0,192752491
36	0,110917482	0,181970086	0,153108746
37	0,112201845	0,177827941	0,181970086
38	0,691830971	0,562341325	0,933254301
39	1,380384265	1,161448614	1,757923614
40	0,354813389	0,309029543	0,278612117
41	0,295120923	0,186208714	0,298538262

Πίνακας Γ.2 : Μετρήσεις των συνιστωσών της επιτάχυνσης σε σχέση με το χρόνο μέτρησης σε δοκίμιο μικριτικού ασβεστόλιθου.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
1	6,60693448	1,603245391	2,13796209
2	6,309573445	2,264644308	2,985382619
3	6,99841996	2,238721139	3,01995172
4	6,382634862	2,570395783	2,691534804
5	6,237348355	2,018366364	2,66072506
6	6,683439176	2,985382619	2,917427014
7	6,683439176	2,600159563	2,851018268
8	6,99841996	2,454708916	2,851018268
9	7,079457844	2,483133105	2,851018268
10	7,943282347	2,187761624	2,951209227
11	5,821032178	2,570395783	2,66072506
12	6,99841996	2,371373706	2,722701308
13	6,45654229	2,31739465	2,600159563
14	6,760829754	2,264644308	2,754228703
15	5,688529308	2,290867653	2,511886432
16	6,095368972	2,985382619	2,483133105

Συνέχεια Πίνακα Γ.2 : Μετρήσεις των συνιστωσών της επιτάχυνσης σε σχέση με το χρόνο μέτρησης σε δοκίμιο μικριτικού ασβεστόλιθου.

17	6,60693448	3,01995172	2,540972706
18	6,165950019	2,66072506	2,483133105
19	2,483133105	1,640589773	2,089296131
20	2,041737945	1,288249552	1,659586907
21	0,45708819	0,451855944	0,767361489
22	0,076736149	0,134896288	0,164058977
23	0,0699842	0,073282453	0,074989421
24	0,073282453	0,084139514	0,087096359
25	0,732824533	0,732824533	0,785235635
26	0,451855944	0,568852931	0,412097519
27	0,327340695	0,363078055	0,451855944
28	3,273406949	3,48337315	2,474571461
29	3,25836701	3,49945167	2,508996179
30	3,206269325	3,443499308	2,468880105
31	3,158639048	3,392344895	2,432204009
32	3,111716337	3,3419504	2,398832919
33	3,065490679	3,292304533	2,365919697
34	3,033891184	3,265878322	2,336146102
35	2,988821647	3,217362533	2,304092976
36	2,947813477	3,173218664	2,272479635
37	2,907367959	3,129680472	2,241300046

Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη λειτουργία μηχανοκίνητων οχημάτων

Πίνακας Γ.3 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά την πορεία τροχοφόρου οχήματος (εκσκαφέας εξοπλισμένος με υδραυλική σφύρα) σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
1	0,134896288	0,051880004	0,316227766
2	0,133352143	0,053088444	0,34673685
3	0,146217717	0,048977882	0,380189396
4	0,156675107	0,057543994	0,549540874
5	0,147910839	0,069183097	0,549540874
6	0,142889396	0,090157114	0,512861384
7	0,153108746	0,188364909	0,776247117
8	0,167880402	0,141253754	0,568852931
9	0,141253754	0,101157945	0,45708819
10	0,221309471	0,52480746	1,412537545

Συνέχεια Πίνακα Γ.3 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά την πορεία τροχοφόρου οχήματος (εκσκαφέας εξοπλισμένος με υδραυλική σφύρα) σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

Χρόνος(s)	$a_x (m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z(m/s^2)$
11	0,630957344	0,645654229	1,621810097
12	1,9498446	0,609536897	0,616595002
13	2,630267992	1,216186001	2,162718524
14	0,794328235	0,707945784	0,568852931
15	0,707945784	0,512861384	0,416869383
16	0,231739465	0,512861384	0,384591782
17	0,156675107	0,083176377	0,248313311
18	0,138038426	0,096605088	0,323593657
19	0,087096359	0,097723722	0,263026799
20	0,211348904	0,309029543	0,305492111
21	0,342767787	0,416869383	0,338844156
22	1,862087137	1,883649089	3,672823005
23	1,216186001	3,235936569	2,691534804
24	1,348962883	2,483133105	1,862087137
25	1	1,216186001	1,531087462
26	0,384591782	0,375837404	0,794328235
27	0,446683592	0,436515832	0,660693448
28	0,506990708	0,441570447	0,758577575
29	0,416869383	0,363078055	0,3672823
30	0,484172368	0,602559586	0,732824533
31	0,537031796	0,749894209	0,549540874
32	0,595662144	0,966050879	0,638263486
33	0,912010839	1,174897555	1,122018454
34	0,860993752	1,161448614	1,318256739
35	0,602559586	0,881048873	0,645654229
36	0,506990708	0,82224265	0,944060876
37	0,638263486	0,977237221	0,549540874
38	2,754228703	3,630780548	2,290867653
39	2,426610095	2,786121169	1,083926914
40	1,244514612	2,187761624	1,059253725
41	0,595662144	1,047128548	0,860993752
42	0,616595002	0,87096359	1,161448614
43	1,717908387	0,988553095	0,966050879
44	0,749894209	0,944060876	0,803526122
45	0,732824533	0,988553095	0,803526122
46	1,023292992	1,258925412	0,741310241
47	1,412537545	1,548816619	0,732824533
48	1,023292992	0,954992586	0,489778819
49	1,122018454	1,035142167	1,258925412

Συνέχεια Πίνακα Γ.3 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά την πορεία τροχοφόρου οχήματος (εκσκαφέας εξοπλισμένος με υδραυλική σφύρα) σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
50	0,988553095	0,891250938	1,273503081
51	0,645654229	0,506990708	0,530884444
52	0,562341325	0,350751874	0,602559586
53	0,173780083	0,206538016	0,568852931
54	0,389045145	0,358921935	0,588843655
55	0,582103218	0,518800039	0,537031796
56	1,798870915	1,445439771	0,71614341
57	1,230268771	1,972422736	0,588843655
58	0,841395142	0,616595002	0,484172368
59	1,603245391	1,396368361	0,683911647
60	1,083926914	0,977237221	0,616595002
61	1,445439771	0,537031796	0,87096359
62	0,638263486	0,549540874	0,831763771
63	0,512861384	1,412537545	0,691830971
64	0,518800039	1,188502227	0,489778819
65	0,588843655	2,344228815	0,668343918
66	0,741310241	2,065380156	0,741310241
67	1,109174815	0,602559586	0,595662144
68	0,301995172	0,363078055	0,653130553
69	0,281838293	0,338844156	0,562341325
70	0,169824365	0,160324539	0,676082975
71	0,602559586	0,501187234	0,841395142
72	0,478630092	0,588843655	0,776247117
73	0,676082975	0,549540874	0,741310241
74	0,389045145	0,384591782	0,518800039
75	1,698243652	1,479108388	0,944060876
76	0,512861384	0,794328235	0,512861384
77	0,350751874	0,144543977	0,473151259
78	0,389045145	0,588843655	0,741310241
79	0,512861384	0,645654229	0,72443596
80	0,380189396	0,537031796	0,785235635
81	0,451855944	0,638263486	0,749894209
82	0,301995172	0,192752491	0,595662144
83	0,582103218	0,441570447	0,630957344
84	0,245470892	0,841395142	0,803526122
85	0,257039578	0,254097271	0,478630092
86	0,691830971	0,683911647	0,489778819
87	1,258925412	1,584893192	0,812830516
88	0,630957344	0,82224265	0,451855944

Συνέχεια Πίνακα Γ.3 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά την πορεία τροχοφόρου οχήματος (εκσκαφέας εξοπλισμένος με υδραυλική σφύρα) σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
89	1,059253725	0,912010839	0,549540874
90	0,211348904	0,451855944	0,912010839
91	0,555904257	0,221309471	0,776247117
92	0,380189396	0,426579519	0,530884444
93	0,562341325	0,338844156	0,602559586
94	0,495450191	0,281838293	1
95	0,254097271	0,263026799	0,609536897
96	0,785235635	0,683911647	0,45708819
97	0,785235635	0,860993752	0,691830971
98	1,462177174	0,944060876	0,676082975
99	0,758577575	0,473151259	0,602559586
100	1,122018454	0,966050879	0,653130553
101	1,174897555	2,065380156	1,640589773
102	1,273503081	1,161448614	0,944060876
103	0,638263486	1,659586907	1,496235656
104	1,531087462	1,135010816	1,258925412
105	1,717908387	1,396368361	0,988553095
106	1,148153621	0,933254301	0,966050879
107	1,445439771	0,653130553	1,333521432
108	1,202264435	1,496235656	1,333521432
109	1,698243652	1,56675107	2,483133105
110	1,798870915	1,659586907	1,244514612
111	2,065380156	2,290867653	1,188502227
112	2,31739465	1,445439771	1,011579454
113	2,511886432	0,933254301	1,548816619
114	1,445439771	1,995262315	1,122018454
115	0,699841996	1,333521432	0,912010839
116	2,570395783	1,333521432	1,717908387
117	1,174897555	0,881048873	0,72443596
118	1,412537545	1,737800829	1,603245391
119	1,135010816	1,496235656	1,023292992
120	0,860993752	1,396368361	1,333521432
121	1,122018454	1,905460718	1,531087462
122	1,640589773	1,462177174	1,059253725
123	1,621810097	1,77827941	1,445439771
124	1,445439771	0,841395142	1,202264435
125	1,364583137	1,148153621	1,174897555
126	1,737800829	1,244514612	1,023292992

Συνέχεια Πίνακα Γ.3 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά την πορεία τροχοφόρου οχήματος (εκσκαφέας εξοπλισμένος με υδραυλική σφύρα) σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
127	1,035142167	1,288249552	1,174897555
128	1,083926914	1,972422736	1,216186001
129	1,995262315	1,621810097	1,096478196
130	2,540972706	0,758577575	1,396368361
131	0,803526122	0,72443596	0,841395142
132	1,380384265	1,531087462	1,011579454
133	1,927524913	1,972422736	0,954992586
134	2,21309471	1,364583137	0,803526122
135	1,462177174	0,988553095	1,428893959
136	0,512861384	0,52480746	1,161448614
137	0,588843655	1,462177174	0,758577575
138	1,333521432	1,059253725	0,660693448
139	0,732824533	0,966050879	1,122018454
140	0,676082975	0,354813389	0,944060876
141	1,621810097	1,496235656	1,035142167
142	1,905460718	1,798870915	0,944060876
143	0,87096359	1,496235656	1
144	0,653130553	0,841395142	1,161448614
145	0,944060876	1,640589773	1,496235656
146	2,344228815	2,018366364	1,364583137
147	1,244514612	1,927524913	1,109174815
148	1,428893959	1,148153621	0,966050879
149	1,737800829	0,860993752	0,944060876
150	1	1	0,954992586
151	0,860993752	1,513561248	0,785235635
152	1,380384265	2,264644308	0,954992586
153	1,273503081	4,073802778	0,954992586
154	1,148153621	2,187761624	0,683911647
155	0,416869383	0,707945784	0,785235635
156	0,489778819	1,531087462	0,860993752
157	1,083926914	1,288249552	0,645654229
158	1,348962883	1,698243652	1,011579454
159	0,653130553	1,603245391	1,303166778
160	0,562341325	0,749894209	1,035142167
161	1,412537545	1,202264435	1,244514612
162	1,083926914	1,348962883	0,794328235
163	1,035142167	1	1,135010816
164	1,273503081	2,018366364	1,230268771
165	2,786121169	2,018366364	1,862087137

Συνέχεια Πίνακα Γ.3 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά την πορεία τροχοφόρου οχήματος (εκσκαφέας εξοπλισμένος με υδραυλική σφύρα) σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
166	1,798870915	1,698243652	2,187761624
167	1,621810097	1,230268771	2,018366364
168	1,083926914	1,174897555	1,348962883
169	0,944060876	0,776247117	1,083926914
170	3,589219346	2,371373706	2,630267992
171	3,01995172	1,659586907	2,483133105
172	1,364583137	0,851138038	1,798870915
173	1,462177174	0,944060876	1,109174815
174	1,603245391	2,951209227	2,089296131
175	1,56675107	2,344228815	1,202264435
176	2,041737945	1,462177174	1,640589773
177	2,371373706	2,630267992	1,548816619
178	2,238721139	1,202264435	1,122018454
179	1,258925412	0,609536897	0,653130553
180	1,995262315	1,230268771	1,9498446
181	1,161448614	0,630957344	2,511886432
182	1,445439771	1,380384265	2,600159563
183	1,737800829	2,570395783	1,717908387
184	1,479108388	2,162718524	2,11348904
185	1,059253725	1,640589773	2,11348904
186	2,290867653	1,035142167	1,109174815
187	1,396368361	1,445439771	1,445439771
188	2,786121169	2,454708916	2,570395783
189	1,333521432	2,041737945	2,21309471
190	1,621810097	1,640589773	2,018366364
191	1,698243652	1,303166778	1,161448614
192	1,659586907	2,13796209	1,148153621
193	2,426610095	2,162718524	1,412537545
194	3,630780548	2,917427014	1,737800829
195	3,50751874	2,511886432	1,396368361
196	2,884031503	1,161448614	0,933254301
197	2,540972706	2,66072506	1,318256739
198	1,737800829	2,540972706	1,640589773
199	1,757923614	4,027170343	1,230268771
200	1,174897555	3,715352291	1,737800829
201	1,9498446	0,812830516	1,56675107
202	1,071519305	2,66072506	0,922571427
203	1,603245391	3,672823005	0,977237221
204	1,737800829	2,041737945	0,944060876

Συνέχεια Πίνακα Γ.3 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά την πορεία τροχοφόρου οχήματος (εκσκαφέας εξοπλισμένος με υδραυλική σφύρα) σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
205	0,683911647	1,56675107	0,699841996
206	0,638263486	1,819700859	1,174897555
207	1,640589773	1,096478196	1,479108388
208	1,348962883	1,148153621	0,794328235
209	1,77827941	1,071519305	0,767361489
210	1,174897555	3,589219346	2,426610095
211	2,344228815	3,672823005	2,089296131
212	2,426610095	3,89045145	1,659586907
213	1,927524913	2,851018268	0,860993752
214	1,548816619	0,933254301	1,380384265
215	0,676082975	0,638263486	0,82224265
216	0,741310241	1,333521432	0,676082975
217	1,678804018	0,881048873	0,776247117
218	1,258925412	1,273503081	1,011579454
219	1,819700859	1,380384265	0,71614341
220	0,988553095	0,977237221	0,676082975
221	0,568852931	0,506990708	0,582103218
222	0,354813389	0,338844156	1,148153621
223	0,776247117	0,562341325	1,905460718
224	0,575439937	0,741310241	0,707945784
225	0,263026799	0,426579519	0,841395142
226	0,197242274	0,260015956	0,412097519
227	0,254097271	0,213796209	0,28840315
228	0,699841996	0,87096359	0,245470892
229	0,363078055	0,462381021	0,171790839
230	0,088104887	0,199526231	0,199526231
231	0,078523563	0,096605088	0,179887092
232	0,096605088	0,112201845	0,165958691
233	0,130316678	0,138038426	0,298538262
234	0,160324539	0,26915348	0,213796209
235	0,371535229	0,323593657	0,234422882
236	0,451855944	0,582103218	0,281838293
237	0,338844156	0,549540874	0,234422882
238	0,201836636	0,426579519	0,237137371
239	0,653130553	1,148153621	0,451855944
240	0,389045145	0,881048873	0,190546072
241	0,078523563	0,211348904	0,153108746
242	0,082224265	0,091201084	0,204173794
243	0,108392691	0,096605088	0,188364909

Συνέχεια Πίνακα Γ.3 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά την πορεία τροχοφόρου οχήματος (εκσκαφέας εξοπλισμένος με υδραυλική σφύρα) σε ανώμαλο έδαφος χωρίς τη χρήση σφύρας.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
244	0,05370318	0,075857758	0,165958691
245	0,058884366	0,102329299	0,169824365
246	0,083176377	0,087096359	0,213796209
247	0,067608298	0,097723722	0,125892541
248	0,038459178	0,072443596	0,071614341
249	0,030549211	0,066834392	0,084139514
250	0,069183097	0,104712855	0,164058977

Πίνακας Γ.4 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη χρήση της σφύρας από τον ελαστικοφόρο εκσκαφέα.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
1	0,033113112	0,083176377	0,128824955
2	0,073282453	0,108392691	0,1840772
3	0,342767787	0,732824533	0,263026799
4	0,305492111	0,638263486	0,260015956
5	0,478630092	1,258925412	0,323593657
6	0,630957344	1,059253725	0,309029543
7	0,431519077	0,568852931	0,398107171
8	0,257039578	0,281838293	0,316227766
9	0,055590426	0,112201845	0,285101827
10	0,141253754	0,138038426	0,281838293
11	0,149623566	0,473151259	0,301995172
12	0,092257143	0,278612117	0,211348904
13	0,144543977	0,192752491	0,3672823
14	0,171790839	0,245470892	0,285101827
15	0,295120923	0,231739465	0,251188643
16	0,309029543	0,393550075	0,248313311
17	0,285101827	0,489778819	0,407380278
18	0,495450191	0,851138038	0,441570447
19	1,059253725	2,290867653	1,995262315
20	0,82224265	1,640589773	0,623734835
21	0,375837404	0,342767787	0,741310241
22	0,407380278	0,402717034	0,582103218
23	0,446683592	0,537031796	1,135010816
24	0,28840315	0,501187234	0,501187234
25	0,841395142	0,767361489	0,758577575
26	0,922571427	1,109174815	0,707945784
27	1,659586907	1,798870915	1,174897555
28	1,445439771	1,445439771	1,288249552

Συνέχεια Πίνακα Γ.4 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη χρήση της σφύρας από τον ελαστικοφόρο εσκαφέα.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
29	1,927524913	1,995262315	2,21309471
30	0,582103218	0,912010839	0,653130553
31	0,389045145	0,609536897	0,441570447
32	0,478630092	0,28840315	0,45708819
33	0,412097519	0,436515832	0,537031796
34	0,446683592	0,530884444	1,071519305
35	0,741310241	1,011579454	0,901571138
36	1,161448614	1,445439771	0,794328235
37	1,188502227	1,621810097	0,595662144
38	0,473151259	0,785235635	0,285101827
39	1,202264435	1,364583137	1,096478196
40	0,794328235	0,851138038	1,122018454
41	0,954992586	1,096478196	0,954992586
42	0,375837404	0,653130553	0,668343918
43	0,749894209	0,812830516	0,537031796
44	0,803526122	0,966050879	1,380384265
45	0,988553095	1,428893959	0,732824533
46	0,966050879	1,380384265	0,794328235
47	0,922571427	0,831763771	2,089296131
48	1,972422736	0,841395142	1,273503081
49	0,555904257	0,190546072	0,52480746
50	1,479108388	0,609536897	1,364583137
51	1,9498446	0,803526122	1,122018454
52	0,495450191	0,102329299	0,331131121
53	0,173780083	0,266072506	0,473151259
54	1,883649089	0,623734835	1,56675107
55	1,496235656	0,683911647	0,881048873
56	0,537031796	0,363078055	0,71614341
57	0,645654229	0,785235635	0,616595002
58	1,698243652	1,462177174	1,621810097
59	1,011579454	1,698243652	0,398107171
60	0,263026799	0,506990708	0,389045145
61	0,473151259	0,812830516	0,699841996
62	0,595662144	3,672823005	1,840772001
63	0,741310241	1,071519305	0,758577575
64	0,555904257	1,071519305	0,803526122
65	0,334965439	0,530884444	0,660693448
66	0,237137371	0,501187234	0,609536897
67	0,484172368	0,691830971	0,767361489
68	0,82224265	0,82224265	0,749894209
69	1,548816619	1,496235656	1,258925412

Συνέχεια Πίνακα Γ.4 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη χρήση της σφύρας από τον ελαστικοφόρο εσκαφέα.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
70	0,933254301	0,87096359	1,798870915
71	0,860993752	0,831763771	1,096478196
72	0,741310241	0,630957344	0,562341325
73	1,109174815	0,954992586	0,803526122
74	1,531087462	1,428893959	2,884031503
75	1,333521432	1,216186001	0,653130553
76	0,530884444	0,595662144	1,927524913
77	0,254097271	0,402717034	1,148153621
78	0,555904257	0,562341325	4,786300923
79	0,767361489	0,767361489	3,589219346
80	0,568852931	0,676082975	4,168693835
81	0,944060876	1,244514612	4,677351413
82	2,21309471	3,388441561	4,841723676
83	3,054921113	2,851018268	2,187761624
84	2,600159563	2,344228815	1,77827941
85	1,905460718	2,264644308	3,16227766
86	0,441570447	1,188502227	1,258925412
87	2,66072506	3,273406949	6,60693448
88	4,315190768	5,432503315	5,821032178
89	2,344228815	3,427677865	3,935500755
90	1,862087137	2,13796209	2,187761624
91	2,344228815	1,798870915	1,698243652
92	3,126079367	4,315190768	4,897788194
93	1,216186001	2,884031503	2,722701308
94	2,691534804	2,483133105	2,691534804
95	2,344228815	3,50751874	2,187761624
96	1,819700859	3,273406949	2,065380156
97	3,981071706	3,89045145	2,162718524
98	2,851018268	1,364583137	1,927524913
99	1,56675107	1,023292992	2,11348904
100	1,148153621	1,230268771	2,371373706
101	3,273406949	3,89045145	3,672823005
102	2,454708916	4,623810214	4,841723676
103	1,862087137	4,518559444	2,851018268
104	2,371373706	3,801893963	2,600159563
105	3,630780548	2,540972706	2,454708916
106	2,540972706	2,018366364	2,786121169
107	2,917427014	2,344228815	4,623810214
108	2,786121169	1,840772001	5,188000389
109	2,511886432	2,754228703	2,398832919
110	2,344228815	2,511886432	3,311311215

Συνέχεια Πίνακα Γ.4 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη χρήση της σφύρας από τον ελαστικοφόρο εσκαφέα.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
111	1,757923614	1,258925412	2,31739465
112	3,801893963	3,427677865	4,954501908
113	6,839116473	7,328245331	4,570881896
114	4,466835922	4,168693835	3,758374043
115	1,603245391	2,951209227	3,16227766
116	1,047128548	1,428893959	4,677351413
117	1,905460718	2,398832919	3,273406949
118	1,059253725	1,047128548	1,717908387
119	0,732824533	0,851138038	4,466835922
120	0,446683592	0,52480746	5,559042573
121	0,451855944	0,398107171	4,315190768
122	2,398832919	2,630267992	4,365158322
123	3,01995172	3,630780548	3,548133892
124	1,819700859	1,428893959	1,135010816
125	1,273503081	1,698243652	2,21309471
126	0,803526122	1,071519305	4,027170343
127	0,393550075	0,582103218	2,511886432
128	0,338844156	0,384591782	2,162718524
129	0,988553095	1,161448614	6,025595861
130	4,841723676	3,981071706	4,265795188
131	2,426610095	2,11348904	2,754228703
132	1,621810097	1,348962883	4,365158322
133	2,398832919	2,483133105	4,168693835
134	2,290867653	2,483133105	3,349654392
135	0,988553095	1,396368361	4,365158322
136	0,741310241	0,988553095	6,45654229
137	2,884031503	3,090295433	4,954501908
138	3,01995172	3,273406949	4,216965034
139	2,66072506	1,757923614	3,467368505
140	3,548133892	2,570395783	5,623413252
141	3,19889511	3,467368505	4,027170343
142	2,13796209	2,754228703	1,698243652
143	3,630780548	2,600159563	4,120975191
144	4,168693835	2,570395783	4,623810214
145	3,126079367	3,01995172	2,951209227
146	1,584893192	2,884031503	3,758374043
147	1,230268771	1,396368361	1,445439771
148	1,135010816	1,011579454	4,897788194
149	0,988553095	1,333521432	6,45654229
150	1,927524913	2,21309471	4,265795188
151	1,56675107	2,041737945	4,027170343

Συνέχεια Πίνακα Γ.4 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη χρήση της σφύρας από τον ελαστικοφόρο εσκαφέα.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
152	3,935500755	2,985382619	3,054921113
153	3,090295433	2,511886432	3,311311215
154	2,483133105	1,161448614	2,238721139
155	5,623413252	2,917427014	4,315190768
156	2,570395783	4,315190768	3,054921113
157	1,56675107	2,66072506	2,818382931
158	2,570395783	1,288249552	2,426610095
159	2,162718524	1,161448614	2,570395783
160	3,467368505	3,548133892	2,483133105
161	3,311311215	2,31739465	2,238721139
162	1,972422736	2,630267992	3,589219346
163	2,786121169	2,11348904	3,054921113
164	1,56675107	1,202264435	3,01995172
165	0,732824533	0,436515832	2,851018268
166	0,27542287	0,201836636	1,258925412
167	0,478630092	0,421696503	2,483133105
168	0,954992586	0,922571427	2,238721139
169	0,785235635	0,749894209	1,905460718
170	0,407380278	0,384591782	2,187761624
171	0,431519077	0,342767787	2,264644308
172	0,342767787	0,285101827	1,927524913
173	1,56675107	1,77827941	2,454708916
174	2,66072506	2,511886432	3,548133892
175	2,065380156	3,126079367	3,311311215
176	3,935500755	3,16227766	3,758374043
177	2,065380156	2,754228703	2,851018268
178	1,905460718	3,19889511	3,467368505
179	4,897788194	3,89045145	4,168693835
180	1,840772001	1,9498446	3,054921113
181	2,426610095	3,427677865	2,951209227
182	3,090295433	3,427677865	3,311311215
183	2,041737945	2,398832919	3,16227766
184	2,951209227	3,589219346	3,672823005
185	2,722701308	4,265795188	2,344228815
186	2,018366364	3,589219346	2,371373706
187	2,454708916	1,531087462	3,50751874
188	1,819700859	1,621810097	2,162718524
189	1,548816619	1,216186001	1,56675107
190	1,135010816	0,71614341	2,66072506
191	1	0,71614341	1,840772001
192	0,309029543	0,312607937	1,258925412

Συνέχεια Πίνακα Γ.4 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη χρήση της σφύρας από τον ελαστικοφόρο εσκαφέα.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
193	0,291742701	0,312607937	1,640589773
194	0,226464431	0,285101827	1,698243652
195	1,698243652	1,621810097	5,12861384
196	3,19889511	2,985382619	2,371373706
197	1,972422736	1,819700859	2,344228815
198	1,905460718	1,972422736	2,884031503
199	1,548816619	1,412537545	1,640589773
200	1,202264435	1,445439771	1,678804018
201	1,862087137	1,717908387	1,531087462
202	1,035142167	1,640589773	2,31739465
203	1,445439771	1,023292992	1,445439771
204	2,31739465	1,995262315	3,349654392
205	1,161448614	0,954992586	2,041737945
206	3,935500755	3,427677865	4,365158322
207	4,073802778	4,120975191	4,570881896
208	2,041737945	2,754228703	5,754399373
209	2,398832919	1,862087137	2,786121169
210	2,454708916	2,162718524	3,388441561
211	2,238721139	2,951209227	3,16227766
212	2,754228703	3,090295433	2,483133105
213	2,371373706	4,73151259	2,511886432
214	1,905460718	2,917427014	1,258925412
215	1,819700859	3,01995172	2,917427014
216	3,273406949	3,273406949	3,054921113
217	5,069907083	3,273406949	2,371373706
218	6,309573445	2,691534804	3,235936569
219	5,495408739	2,344228815	2,691534804
220	1,698243652	3,467368505	3,388441561
221	3,090295433	3,01995172	2,11348904
222	1,77827941	2,31739465	3,01995172
223	1,883649089	0,82224265	2,264644308
224	0,794328235	1,202264435	5,248074602
225	1,318256739	1,757923614	4,216965034
226	4,120975191	1,995262315	3,01995172
227	3,311311215	3,589219346	1,883649089
228	3,427677865	2,600159563	2,238721139
229	1,905460718	2,238721139	2,630267992
230	4,623810214	4,677351413	3,19889511
231	2,851018268	2,754228703	3,090295433
232	2,884031503	3,126079367	2,483133105
233	1,737800829	2,818382931	2,31739465

Συνέχεια Πίνακα Γ.4 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη χρήση της σφύρας από τον ελαστικοφόρο εσκαφέα.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
234	1,023292992	1,428893959	2,818382931
235	5,308844442	5,188000389	7,079457844
236	3,467368505	4,518559444	4,073802778
237	3,090295433	2,511886432	2,630267992
238	5,011872336	4,365158322	4,623810214
239	5,011872336	3,84591782	3,311311215
240	3,935500755	3,467368505	3,467368505
241	2,371373706	2,089296131	2,630267992
242	3,01995172	2,018366364	2,691534804
243	2,187761624	2,31739465	2,540972706
244	3,630780548	2,985382619	5,308844442
245	2,985382619	3,548133892	2,187761624
246	2,483133105	4,168693835	1,396368361
247	3,126079367	2,398832919	2,238721139
248	3,630780548	2,722701308	3,589219346
249	3,630780548	2,884031503	2,951209227
250	2,691534804	1,318256739	2,630267992
251	2,398832919	1,548816619	2,162718524
252	1,659586907	1,621810097	2,722701308
253	1,428893959	1,348962883	2,264644308
254	2,511886432	2,21309471	3,981071706
255	1,584893192	0,944060876	2,426610095
256	0,3672823	0,281838293	0,431519077
257	2,818382931	2,31739465	3,01995172
258	2,454708916	2,540972706	2,722701308
259	1,380384265	1,698243652	3,801893963
260	0,977237221	2,041737945	3,126079367
261	3,349654392	4,315190768	4,315190768
262	3,19889511	2,540972706	3,01995172
263	4,518559444	3,935500755	6,237348355
264	3,19889511	2,818382931	3,672823005
265	2,951209227	3,090295433	6,309573445
266	3,548133892	3,589219346	3,548133892
267	2,884031503	1,757923614	3,589219346
268	2,570395783	2,31739465	2,851018268
269	1,659586907	1,083926914	3,090295433
270	1,862087137	1,757923614	4,570881896
271	2,089296131	1,883649089	2,917427014
272	1,757923614	1,548816619	3,50751874
273	3,427677865	2,951209227	6,165950019
274	2,818382931	3,630780548	3,715352291

Συνέχεια Πίνακα Γ.4 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη χρήση της σφύρας από τον ελαστικοφόρο εσκαφέα.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
275	1,135010816	3,50751874	2,630267992
276	1,819700859	4,120975191	2,089296131
277	2,454708916	4,027170343	4,315190768
278	2,187761624	2,570395783	2,426610095
279	2,344228815	2,691534804	2,985382619
280	1,9498446	3,801893963	2,31739465
281	2,290867653	3,801893963	2,66072506
282	2,426610095	2,13796209	2,426610095
283	1,927524913	2,11348904	3,467368505
284	2,31739465	1,603245391	4,786300923
285	2,985382619	3,427677865	3,090295433
286	3,589219346	2,483133105	3,349654392
287	3,388441561	1,972422736	2,600159563
288	3,19889511	3,589219346	2,426610095
289	1,445439771	2,722701308	3,981071706
290	4,168693835	4,073802778	4,466835922
291	3,467368505	2,344228815	3,273406949
292	2,018366364	1,927524913	6,99841996
293	3,981071706	4,623810214	3,311311215
294	2,754228703	2,985382619	2,11348904
295	2,21309471	3,16227766	1,757923614
296	3,388441561	3,630780548	2,426610095
297	2,371373706	2,21309471	2,818382931
298	4,216965034	2,426610095	3,388441561
299	2,786121169	1,737800829	1,862087137
300	2,600159563	2,540972706	3,427677865
301	2,540972706	2,818382931	2,951209227
302	3,235936569	3,349654392	3,801893963
303	2,630267992	4,120975191	3,311311215
304	3,311311215	2,290867653	2,11348904
305	2,426610095	2,630267992	2,11348904
306	2,66072506	3,50751874	2,570395783
307	1,883649089	2,264644308	3,01995172
308	1,862087137	1,364583137	5,011872336
309	3,672823005	3,89045145	5,188000389
310	3,935500755	3,126079367	6,025595861
311	4,415704474	4,570881896	4,216965034
312	2,238721139	1,840772001	1,819700859
313	3,16227766	3,311311215	5,754399373
314	1,798870915	2,691534804	1,819700859
315	1,927524913	2,018366364	2,162718524

Συνέχεια Πίνακα Γ.4 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη χρήση της σφύρας από τον ελαστικοφόρο εσκαφέα.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
316	2,371373706	2,600159563	3,126079367
317	4,315190768	3,349654392	4,120975191
318	2,065380156	2,985382619	2,041737945
319	1,083926914	1,757923614	2,065380156
320	2,570395783	2,21309471	3,311311215
321	2,11348904	1,927524913	5,688529308
322	5,888436554	5,888436554	7,079457844
323	2,13796209	3,273406949	2,985382619
324	1,621810097	1,995262315	1,862087137
325	1,348962883	1,513561248	4,216965034
326	2,754228703	2,483133105	6,531305526
327	2,691534804	2,371373706	2,951209227
328	1,445439771	1,840772001	1,303166778
329	2,917427014	2,187761624	1,737800829
330	2,264644308	1,9498446	2,238721139
331	0,954992586	0,431519077	1,188502227
332	1,135010816	0,776247117	0,555904257
333	0,966050879	1,011579454	0,860993752
334	1,640589773	1,109174815	1,584893192
335	1,380384265	1,905460718	1,640589773
336	0,741310241	1,396368361	0,988553095
337	1,035142167	0,954992586	2,238721139
338	0,421696503	0,380189396	0,707945784
339	0,312607937	0,588843655	0,371535229
340	0,363078055	0,446683592	0,451855944
341	0,151356125	0,338844156	0,478630092
342	0,088104887	0,136458314	0,177827941
343	0,074989421	0,082224265	0,147910839
344	0,175792361	0,295120923	0,1840772
345	0,350751874	0,305492111	0,309029543
346	0,223872114	0,431519077	0,26915348
347	0,114815362	0,305492111	0,312607937
348	0,24266101	0,181970086	0,398107171
349	0,218776162	0,104712855	0,371535229
350	0,158489319	0,229086765	0,323593657
351	0,197242274	0,223872114	0,278612117
352	0,860993752	0,831763771	1,258925412
353	1,148153621	0,922571427	0,881048873
354	0,319889511	0,272270131	0,237137371
355	0,231739465	0,462381021	0,188364909
356	0,416869383	0,977237221	0,27542287

Συνέχεια Πίνακα Γ.4 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη χρήση της σφύρας από τον ελαστικοφόρο εκσκαφέα.

Χρόνος(s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
357	0,334965439	0,860993752	0,139636836
358	0,085113804	0,105925373	0,206538016
359	0,056885293	0,10964782	0,153108746
360	0,120226443	0,165958691	0,154881662

Πίνακας Γ.5 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα σε σχέση με το χρόνο μέτρησης κατά την πορεία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμένου πτύου.

Χρόνος (s)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
1	0,112201845	0,095499259	0,794328235
2	0,118850223	0,103514217	0,72443596
3	0,138038426	0,130316678	0,602559586
4	0,153108746	0,160324539	0,609536897
5	0,758577575	0,758577575	0,87096359
6	1,083926914	1,462177174	0,562341325
7	0,851138038	1,56675107	1,059253725
8	1,011579454	1,428893959	0,912010839
9	0,841395142	0,933254301	0,767361489
10	0,098855309	0,147910839	0,221309471
11	1	0,609536897	0,350751874
12	0,19498446	0,24266101	0,3672823
13	0,139636836	0,251188643	0,699841996
14	0,116144861	0,218776162	1,096478196
15	0,108392691	0,206538016	0,630957344
16	0,676082975	0,944060876	0,3672823
17	1,011579454	0,881048873	0,45708819
18	1,047128548	0,478630092	0,402717034
19	1,56675107	1,273503081	1,083926914
20	1,548816619	0,954992586	0,582103218
21	0,683911647	0,451855944	0,638263486
22	1,737800829	0,530884444	0,881048873

Συνέχεια Πίνακα Γ.5 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα σε σχέση με το χρόνο μέτρησης κατά την πορεία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου.

Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
23	1,862087137	0,446683592	0,562341325
24	1,083926914	0,623734835	1,621810097
25	2,426610095	1,188502227	0,803526122
26	0,831763771	0,285101827	0,239883292
27	0,179887092	0,124451461	0,188364909
28	0,312607937	0,27542287	0,254097271
29	0,71614341	0,630957344	1,584893192
30	3,89045145	1,757923614	3,349654392
31	1,513561248	0,922571427	2,21309471
32	1,757923614	1,188502227	1,995262315
33	1,548816619	1,109174815	2,371373706
34	2,344228815	1,496235656	2,426610095
35	3,090295433	1,548816619	2,786121169
36	2,13796209	1,258925412	2,66072506
37	1,148153621	1,109174815	3,758374043
38	1,333521432	1,096478196	3,427677865
39	1,333521432	1,174897555	3,935500755
40	1,56675107	0,741310241	2,540972706
41	1,109174815	0,933254301	1,819700859
42	1,035142167	0,72443596	2,041737945
43	2,951209227	1,202264435	1,548816619
44	1,737800829	1,023292992	1,77827941
45	1,640589773	1,122018454	4,841723676
46	1,083926914	1,109174815	3,126079367
47	1,318256739	1,258925412	3,16227766
48	1,188502227	1,202264435	2,570395783
49	1,174897555	1,135010816	2,511886432
50	1,273503081	0,966050879	2,089296131
51	1,202264435	0,912010839	1,678804018

Συνέχεια Πίνακα Γ.5 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα σε σχέση με το χρόνο μέτρησης κατά την πορεία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου.

Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
52	1,188502227	1,77827941	2,483133105
53	2,630267992	1,883649089	1,717908387
54	5,956621435	3,467368505	8,222426499
55	2,884031503	1,9498446	2,818382931
56	1,244514612	1,230268771	2,570395783
57	1,035142167	1,188502227	2,884031503
58	2,162718524	1	2,570395783
59	1,148153621	0,602559586	2,630267992
60	0,891250938	0,758577575	2,018366364
61	1,122018454	0,851138038	2,511886432
62	1,083926914	0,860993752	2,018366364
63	1,096478196	1,303166778	2,290867653
64	1,513561248	1,059253725	2,11348904
65	2,264644308	1,273503081	2,570395783
66	1,995262315	1,380384265	1,603245391
67	2,13796209	1,462177174	2,290867653
68	2,371373706	1,584893192	3,349654392
69	1,244514612	1,135010816	2,722701308
70	1,202264435	1,023292992	2,951209227
71	0,966050879	0,922571427	2,290867653
72	0,72443596	0,851138038	2,31739465
73	1,230268771	1,244514612	2,162718524
74	1,135010816	1,513561248	2,238721139
75	0,922571427	1,318256739	2,66072506
76	0,988553095	1,273503081	3,548133892
77	1,462177174	1,230268771	2,238721139
78	0,860993752	1,047128548	2,162718524
79	0,484172368	0,803526122	2,426610095
80	0,841395142	1,071519305	2,786121169

Συνέχεια Πίνακα Γ.5 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα σε σχέση με το χρόνο μέτρησης κατά την πορεία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου.

Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
81	1,216186001	0,977237221	3,126079367
82	0,881048873	0,944060876	2,754228703
83	0,794328235	0,966050879	2,426610095
84	0,776247117	0,758577575	2,187761624
85	0,758577575	0,71614341	2,426610095
86	0,82224265	0,668343918	1,905460718
87	0,901571138	0,512861384	1,56675107
88	1,059253725	0,653130553	2,065380156
89	1,096478196	0,653130553	2,187761624
90	0,891250938	0,794328235	2,884031503
91	3,935500755	1,995262315	2,398832919
92	3,935500755	2,21309471	1,883649089
93	2,985382619	1,148153621	3,126079367
94	1,216186001	0,71614341	1,445439771
95	0,676082975	1,023292992	1,603245391
96	0,478630092	1,023292992	2,041737945
97	0,512861384	1,011579454	1,640589773
98	0,749894209	0,87096359	1,757923614
99	0,794328235	0,741310241	2,754228703
100	0,758577575	0,71614341	2,786121169
101	0,944060876	0,645654229	2,786121169
102	0,977237221	0,87096359	2,11348904
103	1,216186001	0,881048873	2,162718524
104	1,023292992	0,933254301	2,985382619
105	0,749894209	0,988553095	2,786121169
106	0,922571427	1,023292992	2,454708916
107	0,72443596	1	2,454708916
108	1,188502227	1,109174815	3,01995172
109	1,737800829	1,513561248	3,388441561

Συνέχεια Πίνακα Γ.5 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα σε σχέση με το χρόνο μέτρησης κατά την πορεία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου.

Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
110	1,083926914	1,56675107	3,715352291
111	0,891250938	1,303166778	2,951209227
112	1,083926914	1,273503081	3,054921113
113	1,059253725	0,922571427	3,273406949
114	1,640589773	1,011579454	2,238721139
115	1,584893192	1,188502227	3,090295433
116	1,819700859	1,496235656	3,388441561
117	1,303166778	1,096478196	3,801893963
118	1,071519305	0,988553095	3,19889511
119	2,041737945	1,288249552	2,600159563
120	3,273406949	2,398832919	2,786121169
121	1,462177174	0,776247117	2,851018268
122	1,011579454	0,841395142	2,691534804
123	2,371373706	1,640589773	3,89045145
124	2,11348904	1,412537545	2,426610095
125	1,059253725	0,944060876	3,273406949
126	1	0,977237221	3,388441561
127	1,819700859	1,188502227	2,511886432
128	1,288249552	1,011579454	2,600159563
129	2,187761624	1,188502227	3,090295433
130	2,31739465	1,109174815	2,884031503
131	1,462177174	0,944060876	2,454708916
132	1,678804018	0,82224265	2,264644308
133	2,11348904	1,303166778	2,371373706
134	2,187761624	1,202264435	2,570395783
135	1,445439771	0,609536897	1,9498446
136	1,122018454	1,071519305	1,621810097
137	0,851138038	0,922571427	1,56675107
138	0,588843655	0,691830971	1,659586907

Συνέχεια Πίνακα Γ.5 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα σε σχέση με το χρόνο μέτρησης κατά την πορεία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου.

Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
139	0,891250938	0,518800039	1,202264435
140	0,549540874	0,402717034	1,428893959
141	2,818382931	1,798870915	2,630267992
142	1,174897555	4,168693835	2,540972706
143	1,927524913	2,754228703	3,19889511
144	2,018366364	1,698243652	2,570395783
145	1,621810097	1,678804018	2,722701308
146	0,609536897	1,071519305	2,13796209
147	0,462381021	0,575439937	1,412537545
148	0,732824533	0,901571138	2,264644308
149	1,288249552	1,148153621	2,66072506
150	0,732824533	1,071519305	2,238721139
151	0,901571138	1,258925412	2,754228703
152	1,445439771	1,258925412	2,951209227
153	1,678804018	1,531087462	2,884031503
154	2,851018268	3,388441561	1,640589773
155	0,933254301	1,216186001	1,148153621
156	0,891250938	0,922571427	0,653130553
157	0,891250938	0,568852931	0,407380278
158	0,776247117	0,776247117	0,501187234
159	0,732824533	0,575439937	0,231739465
160	0,749894209	0,860993752	0,588843655
161	0,350751874	0,384591782	0,3672823
162	0,421696503	0,323593657	0,588843655
163	0,239883292	0,331131121	0,398107171
164	0,188364909	0,177827941	0,179887092
165	0,116144861	0,087096359	0,190546072

Πίνακας Γ.6 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη λειτουργία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου (περιλαμβάνει εκσκαφή και ελιγμούς-μετακινήσεις από θέση σε θέση).

Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
1	0,033496544	0,085113804	0,171790839
2	0,034276779	0,09332543	0,173780083
3	0,033496544	0,089125094	0,179887092
4	0,086099375	0,146217717	0,285101827
5	0,190546072	0,116144861	0,248313311
6	0,177827941	0,186208714	0,24266101
7	0,323593657	0,380189396	0,331131121
8	0,812830516	0,660693448	0,645654229
9	0,512861384	0,495450191	0,660693448
10	0,231739465	0,218776162	0,749894209
11	0,164058977	0,141253754	0,478630092
12	0,094406088	0,167880402	0,645654229
13	0,142889396	0,223872114	0,164058977
14	0,402717034	0,446683592	0,248313311
15	0,732824533	1,621810097	1,640589773
16	1,188502227	1,9498446	2,290867653
17	2,884031503	1,603245391	2,162718524
18	1,096478196	1,840772001	1,9498446
19	2,11348904	2,238721139	2,884031503
20	2,31739465	2,238721139	1,364583137
21	2,187761624	3,090295433	1,412537545
22	1,698243652	1,603245391	2,426610095
23	1,174897555	2,264644308	2,917427014
24	0,901571138	2,290867653	3,388441561
25	0,988553095	1,273503081	3,01995172
26	0,668343918	0,758577575	2,511886432
27	0,776247117	0,741310241	2,985382619
28	0,851138038	0,860993752	2,754228703
29	1,717908387	0,794328235	2,722701308

Συνέχεια Πίνακα Γ.6 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη λειτουργία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου (περιλαμβάνει εκσκαφή και ελιγμούς-μετακινήσεις από θέση σε θέση).

Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
30	3,16227766	0,82224265	1,757923614
31	2,786121169	1,188502227	4,265795188
32	2,264644308	1,621810097	3,311311215
33	2,818382931	1,927524913	3,548133892
34	1,819700859	1,380384265	3,235936569
35	2,187761624	1,698243652	3,054921113
36	1,083926914	2,691534804	2,483133105
37	1,717908387	3,19889511	2,754228703
38	2,66072506	2,065380156	3,89045145
39	2,722701308	1,659586907	3,84591782
40	1,380384265	1,047128548	3,935500755
41	1,202264435	0,794328235	2,630267992
42	1,188502227	0,776247117	3,427677865
43	0,966050879	0,851138038	3,349654392
44	1,059253725	0,732824533	2,786121169
45	1,109174815	0,841395142	3,273406949
46	0,860993752	0,891250938	3,388441561
47	0,87096359	0,732824533	3,054921113
48	1,230268771	0,794328235	2,371373706
49	1,174897555	0,912010839	2,540972706
50	0,944060876	0,812830516	3,467368505
51	0,860993752	1,202264435	3,84591782
52	1,071519305	1,047128548	3,89045145
53	0,922571427	1,059253725	2,985382619
54	1,202264435	0,881048873	2,691534804
55	1,244514612	1,258925412	3,311311215
56	1,135010816	1,188502227	3,311311215
57	0,912010839	0,912010839	3,01995172
58	0,803526122	0,87096359	2,540972706

Συνέχεια Πίνακα Γ.6 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη λειτουργία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου (περιλαμβάνει εκσκαφή και ελιγμούς-μετακινήσεις από θέση σε θέση).

Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
59	1,380384265	1,462177174	3,273406949
60	0,977237221	1,174897555	3,273406949
61	0,767361489	0,749894209	2,722701308
62	1,174897555	0,977237221	2,11348904
63	3,427677865	1,678804018	2,511886432
64	1,380384265	0,794328235	1,023292992
65	1,396368361	1,109174815	1,883649089
66	1,202264435	2,187761624	2,398832919
67	1,188502227	1,288249552	2,851018268
68	3,090295433	2,31739465	2,917427014
69	2,630267992	1,071519305	2,951209227
70	1,479108388	1,244514612	2,344228815
71	3,548133892	1,548816619	2,884031503
72	5,188000389	1,303166778	2,600159563
73	1,303166778	1,035142167	1,364583137
74	1,303166778	0,595662144	1
75	2,187761624	0,537031796	0,901571138
76	1,479108388	0,407380278	0,568852931
77	0,575439937	0,098855309	0,338844156
78	0,501187234	0,074989421	0,266072506
79	1,621810097	0,87096359	0,676082975
80	3,16227766	1,333521432	2,13796209
81	3,126079367	1,188502227	2,018366364
82	3,801893963	2,089296131	4,120975191
83	1,678804018	1,059253725	0,891250938
84	1,531087462	0,912010839	1,513561248
85	3,090295433	2,884031503	2,951209227
86	2,570395783	0,794328235	2,018366364
87	1,77827941	1,071519305	1,412537545

Συνέχεια Πίνακα Γ.6 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη λειτουργία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου (περιλαμβάνει εκσκαφή και ελιγμούς-μετακινήσεις από θέση σε θέση).

Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
88	6,60693448	2,917427014	5,370317964
89	3,84591782	1,412537545	3,427677865
90	2,691534804	1,77827941	1,883649089
91	1,083926914	1,071519305	0,977237221
92	0,922571427	0,489778819	1,174897555
93	1,059253725	1,109174815	1,047128548
94	2,426610095	0,831763771	1,496235656
95	1,380384265	1,035142167	2,691534804
96	2,917427014	1,161448614	2,511886432
97	8,128305162	3,715352291	3,16227766
98	2,089296131	0,881048873	2,187761624
99	4,168693835	2,398832919	3,427677865
100	4,73151259	1,995262315	2,570395783
101	3,801893963	1,496235656	2,691534804
102	1,428893959	0,803526122	1,035142167
103	1,188502227	1,023292992	0,812830516
104	2,187761624	1,548816619	2,426610095
105	1,023292992	0,851138038	1,216186001
106	4,897788194	3,50751874	3,235936569
107	1,640589773	1,047128548	1,428893959
108	1,428893959	2,570395783	2,754228703
109	2,630267992	2,371373706	1,188502227
110	1,659586907	1,496235656	1,698243652
111	1,496235656	1,698243652	1,659586907
112	2,600159563	1,819700859	3,235936569
113	1,496235656	1,273503081	3,01995172
114	1,56675107	2,511886432	1,288249552
115	0,575439937	1,122018454	0,749894209
116	1,462177174	1,640589773	1,995262315

Συνέχεια Πίνακα Γ.6 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη λειτουργία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου (περιλαμβάνει εκσκαφή και ελιγμούς-μετακινήσεις από θέση σε θέση).

Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
117	4,073802778	3,672823005	3,19889511
118	2,722701308	2,570395783	3,672823005
119	1,333521432	1,318256739	2,884031503
120	1,56675107	1,603245391	2,162718524
121	1,122018454	1,035142167	1,927524913
122	4,027170343	2,630267992	2,722701308
123	2,238721139	1,445439771	1,135010816
124	3,630780548	3,388441561	3,548133892
125	1,798870915	1,905460718	2,884031503
126	0,988553095	0,732824533	2,089296131
127	0,785235635	0,512861384	1,318256739
128	1,244514612	1,148153621	1,905460718
129	1,148153621	1	1,77827941
130	1,717908387	1,798870915	3,273406949
131	5,011872336	3,126079367	4,73151259
132	2,600159563	1,479108388	2,851018268
133	1,047128548	0,691830971	1,244514612
134	1,659586907	1,445439771	1,109174815
135	2,917427014	1,819700859	3,467368505
136	2,398832919	1,445439771	3,054921113
137	2,238721139	1,348962883	1,678804018
138	1,603245391	1,445439771	2,089296131
139	1,905460718	1,122018454	2,985382619
140	0,87096359	0,616595002	1,698243652
141	2,041737945	1,148153621	2,511886432
142	3,50751874	2,951209227	2,344228815
143	0,988553095	1,047128548	0,933254301
144	4,073802778	2,884031503	3,16227766
145	3,89045145	4,73151259	3,467368505

Συνέχεια Πίνακα Γ.6 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη λειτουργία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου (περιλαμβάνει εκσκαφή και ελιγμούς-μετακινήσεις από θέση σε θέση).

Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
146	2,540972706	2,917427014	1,737800829
147	1,161448614	1,047128548	0,653130553
148	2,691534804	2,264644308	1,584893192
149	3,50751874	1,698243652	2,630267992
150	1,840772001	1,071519305	2,344228815
151	3,126079367	1,513561248	3,235936569
152	3,388441561	1,513561248	3,126079367
153	4,623810214	2,13796209	1,9498446
154	0,87096359	0,568852931	1,122018454
155	1,135010816	0,309029543	0,512861384
156	2,917427014	1,230268771	2,162718524
157	1,995262315	0,954992586	0,912010839
158	1,202264435	0,803526122	0,881048873
159	3,126079367	1,318256739	2,344228815
160	1,318256739	1,333521432	1,445439771
161	1,396368361	1,56675107	1,244514612
162	1,659586907	1,096478196	1,798870915
163	0,933254301	0,922571427	1,303166778
164	0,645654229	0,758577575	0,638263486
165	0,451855944	0,484172368	0,436515832
166	1,244514612	1,148153621	0,851138038
167	1,096478196	1,428893959	1,659586907
168	1,513561248	1,288249552	2,187761624
169	0,891250938	1,083926914	1,9498446
170	1,462177174	0,966050879	1,531087462
171	1,148153621	0,645654229	1,364583137
172	1,412537545	0,841395142	0,901571138
173	0,3672823	0,358921935	0,512861384
174	1,071519305	1,083926914	1,548816619

Συνέχεια Πίνακα Γ.6 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη λειτουργία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου (περιλαμβάνει εκσκαφή και ελιγμούς-μετακινήσεις από θέση σε θέση).

Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
175	3,16227766	1,496235656	2,13796209
176	3,589219346	2,238721139	5,011872336
177	0,988553095	0,691830971	2,018366364
178	0,860993752	0,749894209	0,988553095
179	0,912010839	0,506990708	0,841395142
180	2,065380156	0,803526122	2,290867653
181	1,188502227	0,582103218	1,77827941
182	1,445439771	1,059253725	2,089296131
183	1,584893192	1,303166778	1,083926914
184	1,513561248	0,676082975	1,548816619
185	1,479108388	0,891250938	1,479108388
186	1,883649089	1,244514612	2,162718524
187	1,258925412	1,096478196	1,174897555
188	1,496235656	1,303166778	2,398832919
189	2,018366364	1,462177174	2,264644308
190	0,630957344	0,384591782	1,023292992
191	1,462177174	1,083926914	1,216186001
192	0,699841996	0,298538262	0,749894209
193	1,640589773	0,319889511	0,954992586
194	2,570395783	0,82224265	1,862087137
195	4,841723676	1,603245391	3,311311215
196	1,883649089	0,977237221	2,818382931
197	1,462177174	0,901571138	2,454708916
198	1,531087462	0,966050879	2,371373706
199	1,244514612	0,851138038	1,364583137
200	0,851138038	0,803526122	1,303166778
201	0,82224265	0,881048873	1,531087462
202	0,901571138	0,582103218	2,187761624
203	1,059253725	0,860993752	2,483133105

Συνέχεια Πίνακα Γ.6 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη λειτουργία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου (περιλαμβάνει εκσκαφή και ελιγμούς-μετακινήσεις από θέση σε θέση).

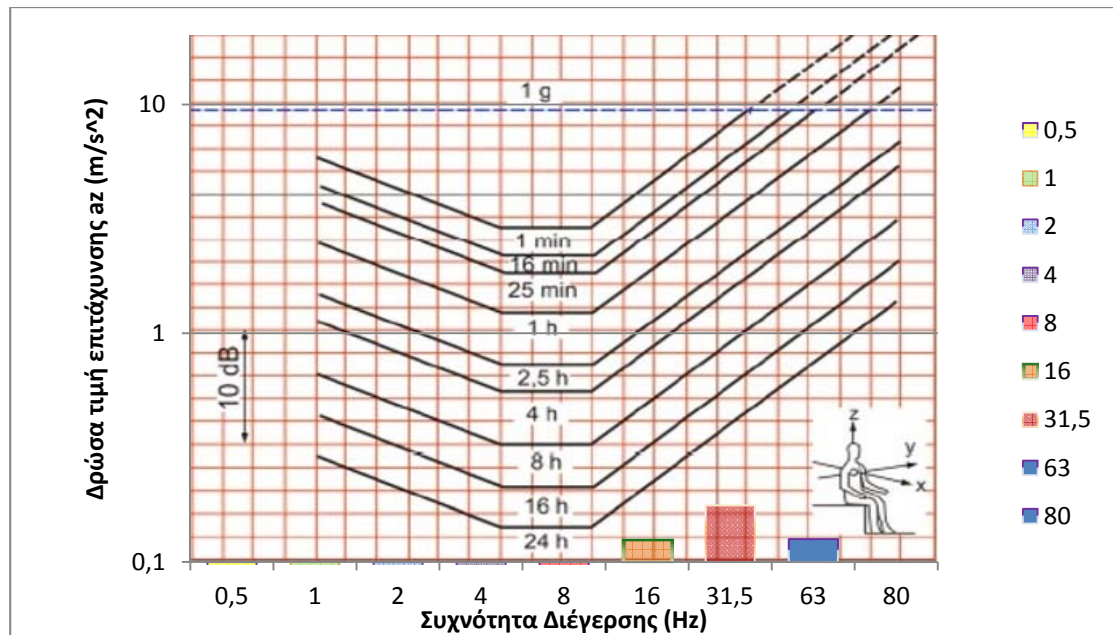
Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
204	1	1,083926914	2,065380156
205	0,988553095	1,698243652	2,483133105
206	1,188502227	1,135010816	2,786121169
207	1,288249552	1,428893959	3,19889511
208	1,318256739	1,059253725	3,672823005
209	1,083926914	1,230268771	3,801893963
210	1,258925412	1,288249552	3,467368505
211	1,737800829	1,202264435	3,50751874
212	2,31739465	1,071519305	3,548133892
213	2,041737945	1,230268771	4,897788194
214	3,50751874	2,344228815	3,758374043
215	1,428893959	1,56675107	4,216965034
216	1,513561248	1,135010816	3,89045145
217	2,985382619	1,717908387	4,216965034
218	1,462177174	1,428893959	2,754228703
219	1,412537545	1,023292992	2,786121169
220	1,428893959	1,798870915	3,090295433
221	1,640589773	1,717908387	2,786121169
222	1,659586907	1,995262315	1,995262315
223	2,951209227	2,786121169	3,054921113
224	3,311311215	1,927524913	3,273406949
225	2,630267992	1,819700859	2,162718524
226	1,621810097	1,273503081	1,77827941
227	2,089296131	2,290867653	2,600159563
228	2,21309471	2,851018268	2,511886432
229	1,621810097	1,462177174	1,584893192
230	1,584893192	0,954992586	0,944060876
231	0,638263486	0,676082975	1,819700859
232	2,13796209	1,56675107	2,187761624

Συνέχεια Πίνακα Γ.6 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη λειτουργία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου (περιλαμβάνει εκσκαφή και ελιγμούς-μετακινήσεις από θέση σε θέση).

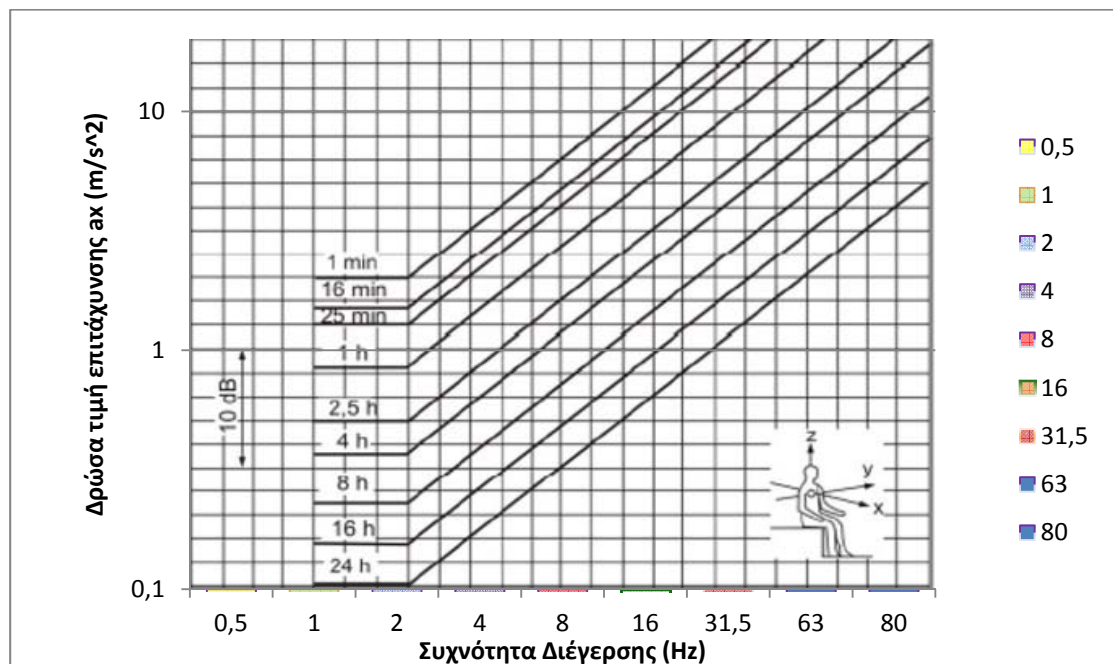
Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
233	2,187761624	2,600159563	1,56675107
234	3,090295433	1,883649089	3,090295433
235	3,630780548	1,883649089	3,548133892
236	1,428893959	1,348962883	2,511886432
237	0,87096359	0,977237221	2,722701308
238	1,083926914	1,011579454	2,951209227
239	1,603245391	1,258925412	2,851018268
240	2,13796209	1,288249552	3,50751874
241	1,905460718	1,288249552	2,951209227
242	1,161448614	0,944060876	1,603245391
243	3,054921113	1,288249552	1,445439771
244	0,623734835	0,653130553	0,52480746
245	0,785235635	0,568852931	0,512861384
246	0,436515832	0,28840315	0,312607937
247	0,375837404	0,3672823	0,512861384
248	0,342767787	0,285101827	0,478630092
249	0,421696503	0,602559586	0,691830971
250	0,595662144	0,749894209	0,758577575
251	0,375837404	0,512861384	0,530884444
252	0,0699842	0,066069345	0,190546072
253	0,101157945	0,124451461	0,412097519
254	0,039810717	0,042657952	0,206538016
255	4,570881896	2,31739465	3,758374043
256	3,235936569	1,513561248	4,677351413
257	0,71614341	0,451855944	1,412537545
258	0,431519077	0,266072506	0,537031796
259	0,841395142	0,638263486	0,371535229
260	0,478630092	0,568852931	0,260015956
261	0,537031796	0,518800039	0,371535229

Συνέχεια Πίνακα Γ.6 : Μετρήσεις μηχανικών κραδασμών για ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα κατά τη λειτουργία του ερπυστριοφόρου εκσκαφέα ανεστραμμένου πτύου (περιλαμβάνει εκσκαφή και ελιγμούς-μετακινήσεις από θέση σε θέση).

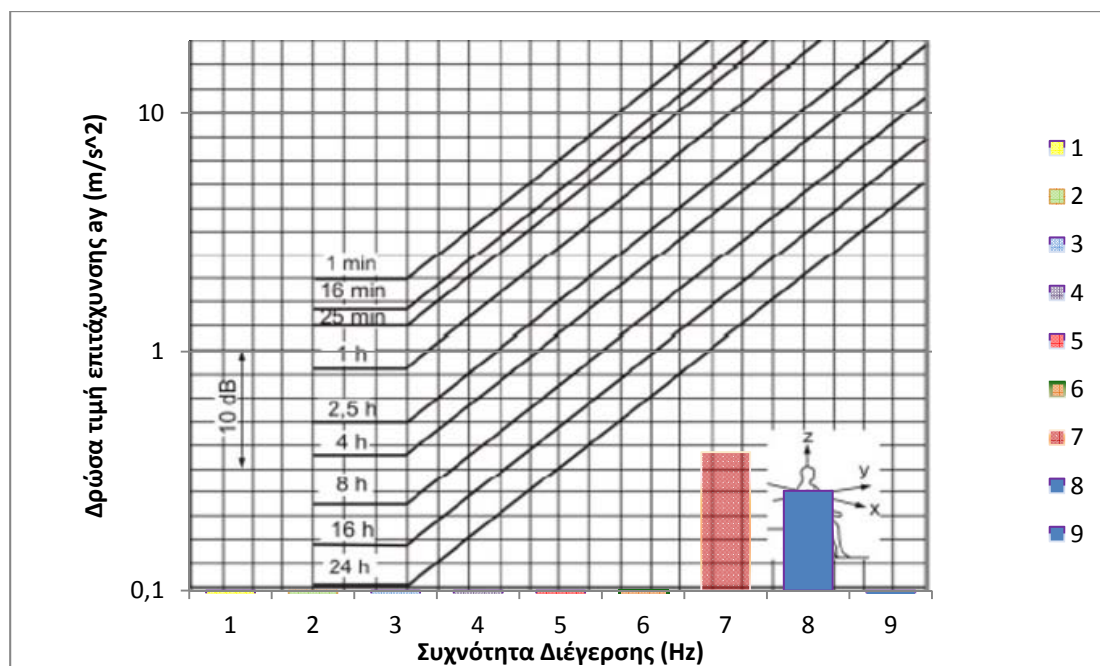
Χρόνος (s)	$a_x(m/s^2)$	$a_y(m/s^2)$	$a_z (m/s^2)$
262	0,741310241	0,72443596	0,699841996
263	0,831763771	0,446683592	0,562341325
264	0,699841996	0,257039578	0,181970086
265	0,922571427	0,653130553	0,208929613
266	0,749894209	0,530884444	0,52480746
267	0,421696503	0,451855944	0,375837404
268	0,158489319	0,301995172	0,257039578
269	0,190546072	0,188364909	0,291742701
270	0,10964782	0,096605088	0,384591782
271	0,071614341	0,087096359	0,301995172
272	0,081283052	0,064565423	0,141253754
273	0,03672823	0,041686938	0,112201845
274	0,030549211	0,031622777	0,05370318
275	0,034276779	0,036307805	0,128824955
276	0,078523563	0,081283052	0,138038426
277	0,031988951	0,050699071	0,056234133



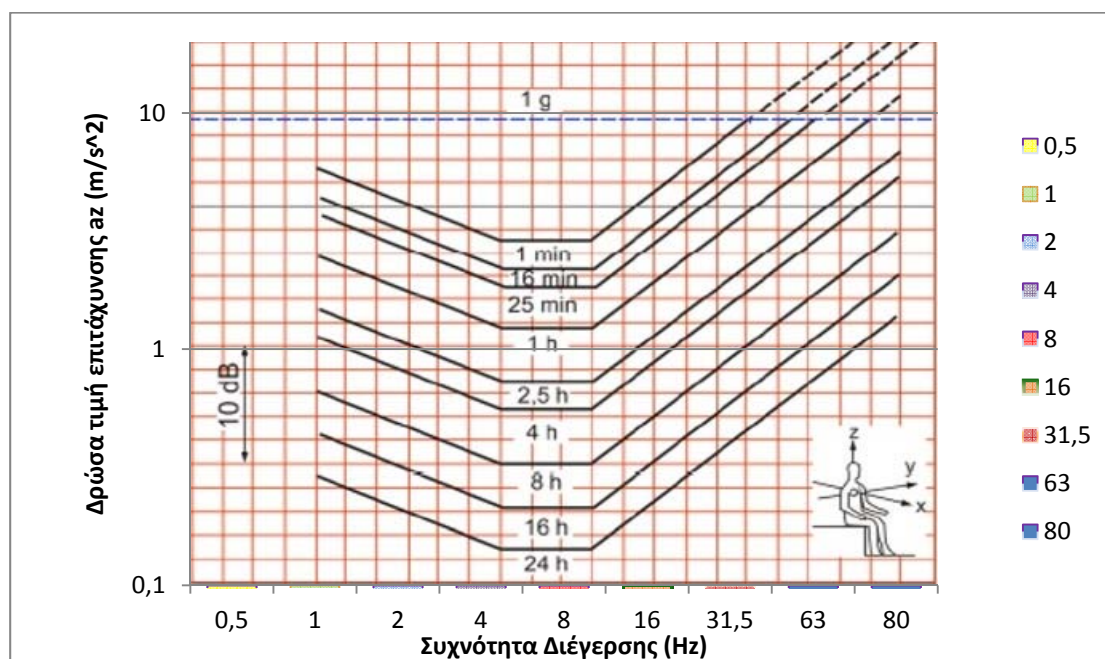
Σχήμα Γ.3 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί της ανθρώπινης αποδοτικότητας" για τον άξονα z για λειτουργία τροχοφόρου οχήματος εξοπλισμένου με υδραυλική σφύρα με τη χρήση σφύρας.



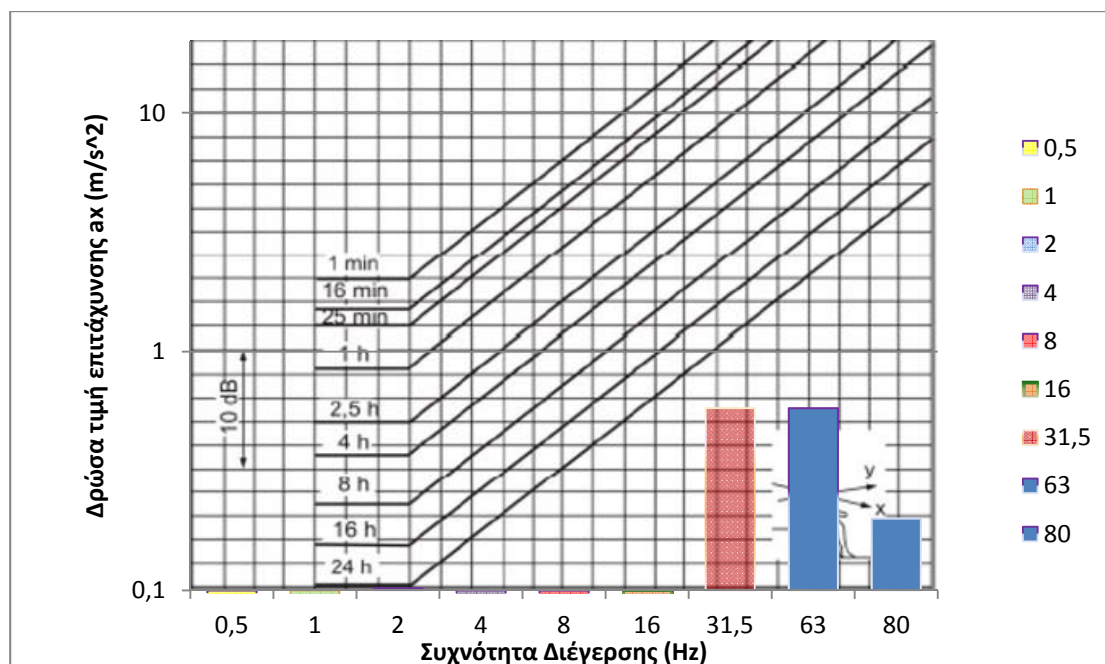
Σχήμα Γ.4: Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί του ανθρωπίνου αισθήματος της άνεσης" για τον άξονα x για λειτουργία τροχοφόρου οχήματος εξοπλισμένου με υδραυλική σφύρα τύπου με τη χρήση σφύρας.



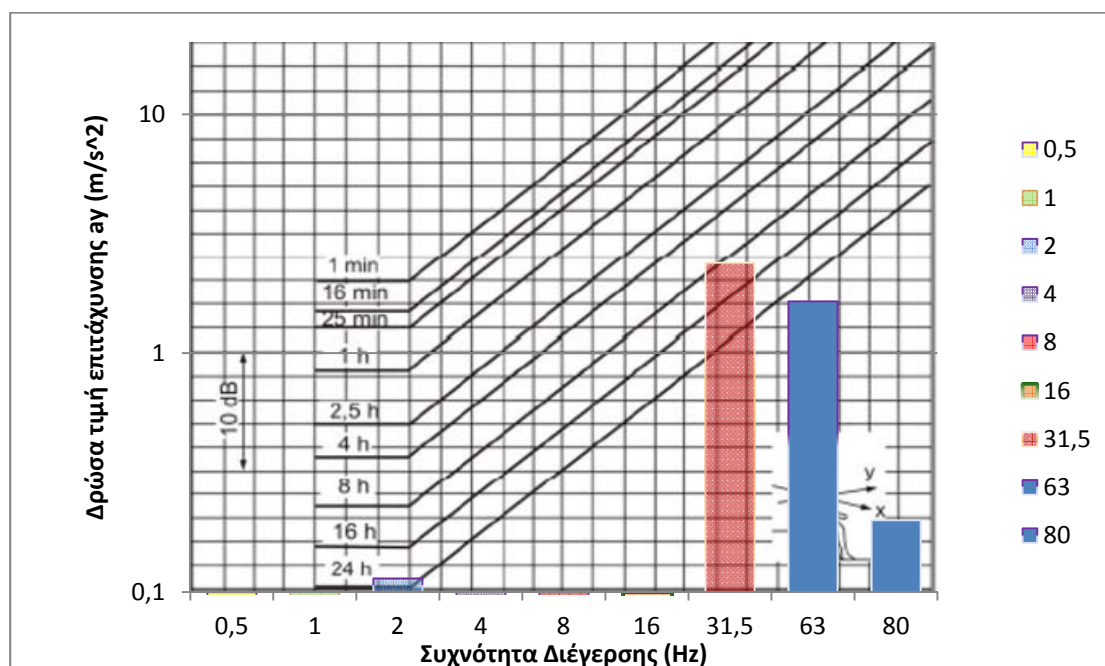
Σχήμα Γ.5 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί του ανθρωπίνου αισθήματος της άνεσης" για τον άξονα y για λειτουργία τροχοφόρου οχήματος εξοπλισμένου με υδραυλική σφύρα τύπου με τη χρήση σφύρας.



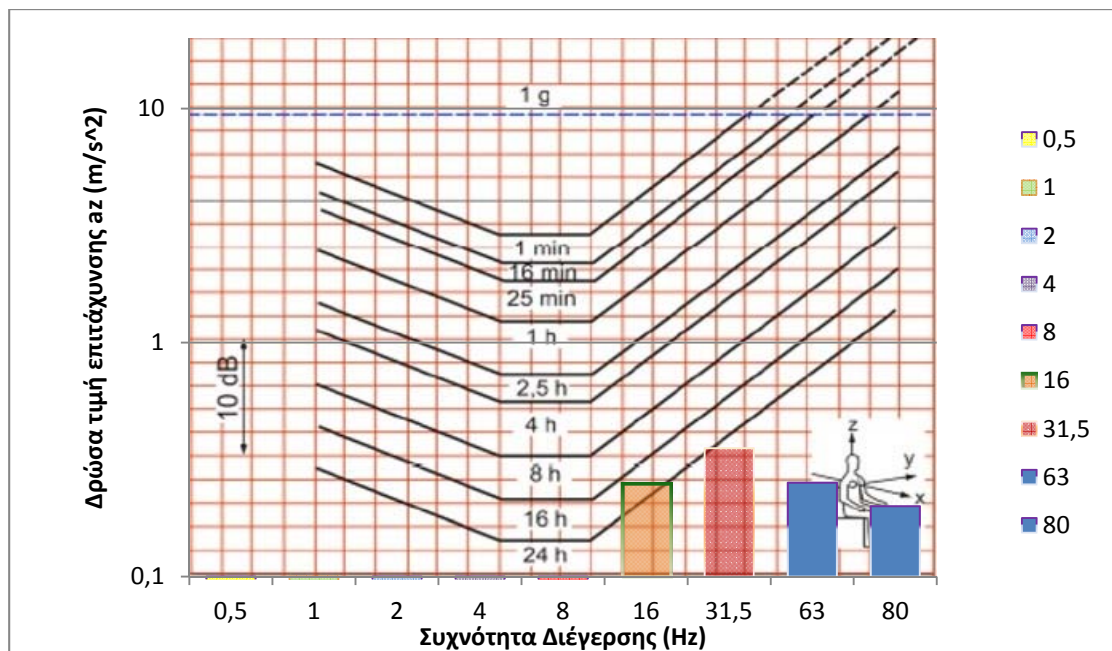
Σχήμα Γ.6 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί του ανθρωπίνου αισθήματος της άνεσης" για τον άξονα z για λειτουργία τροχοφόρου οχήματος εξοπλισμένου με υδραυλική σφύρα τύπου με τη χρήση σφύρας.



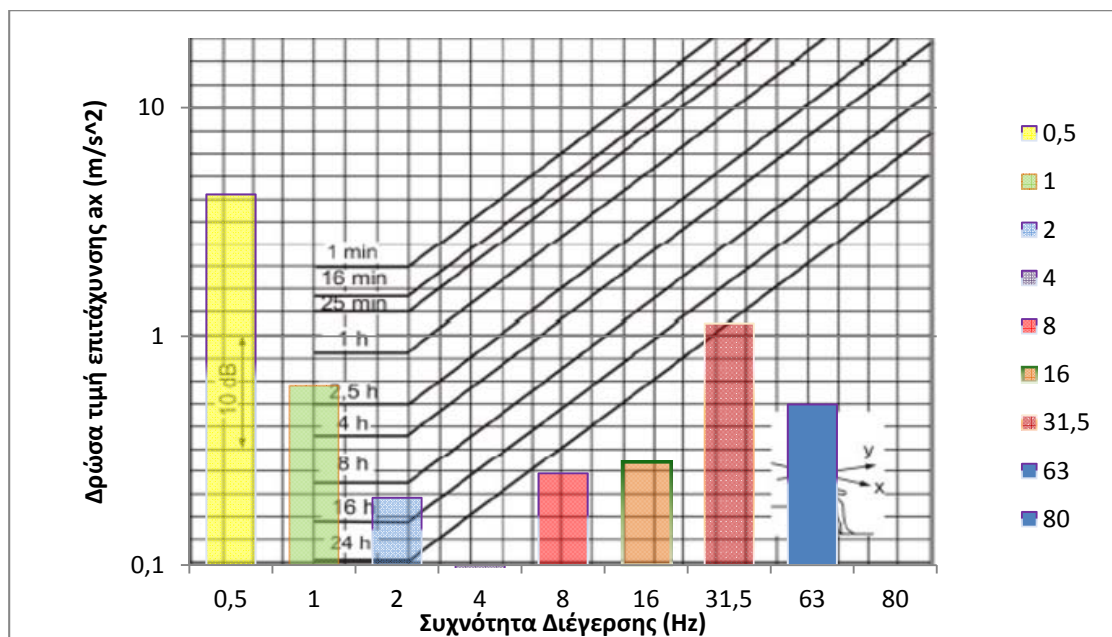
Σχήμα Γ.7 : Νομόγραμμα για το κριτήριο "Πρόκληση οποιασδήποτε βλάβης υγείας" για τον άξονα x για λειτουργία τροχοφόρου οχήματος εξοπλισμένου με υδραυλική σφύρα με τη χρήση σφύρας.



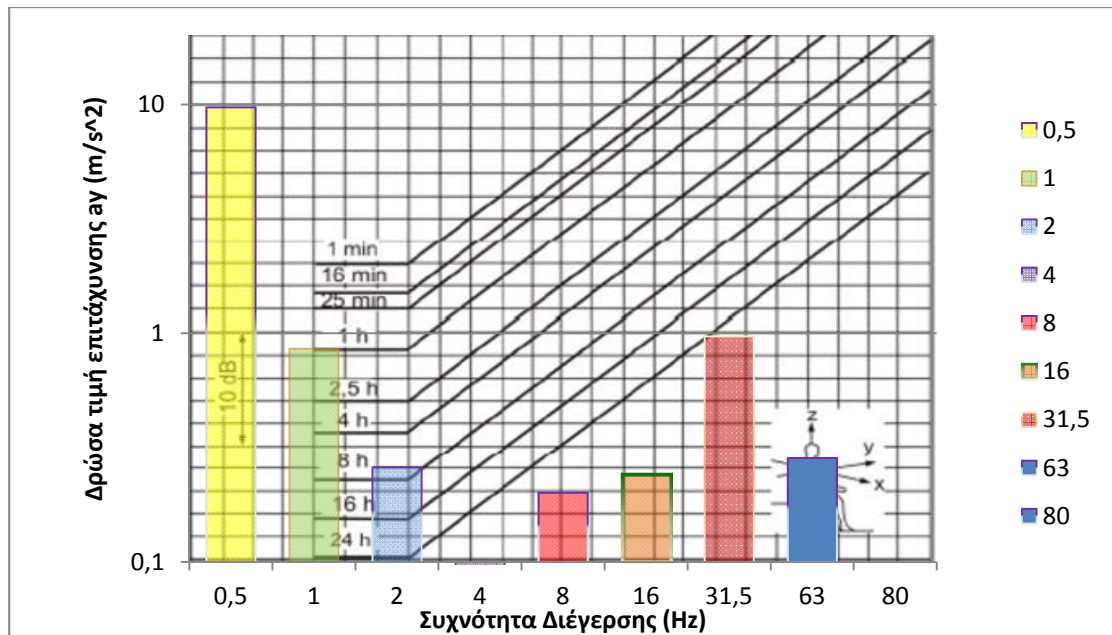
Σχήμα Γ.6 : Νομόγραμμα για το κριτήριο "Πρόκληση οποιασδήποτε βλάβης υγείας" για τον άξονα y για λειτουργία τροχοφόρου οχήματος εξοπλισμένου με υδραυλική σφύρα με τη χρήση σφύρας.



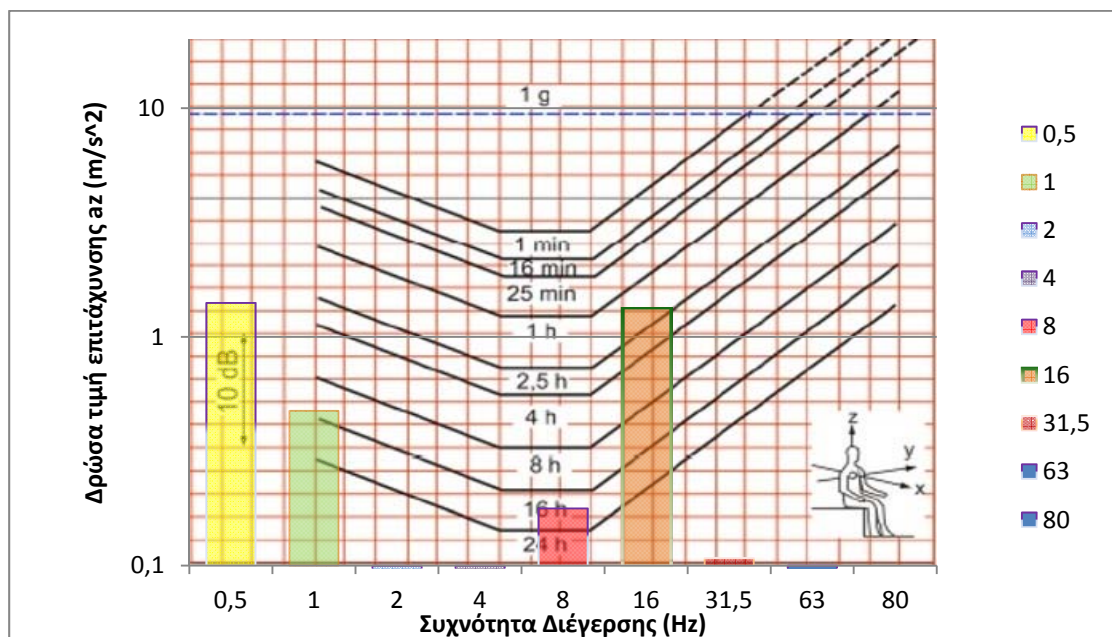
Σχήμα Γ.7 : Νομόγραμμα για το κριτήριο "Πρόκληση οποιασδήποτε βλάβης υγείας" για τον άξονα z για λειτουργία τροχοφόρου οχήματος εξοπλισμένου με υδραυλική σφύρα με τη χρήση σφύρας.



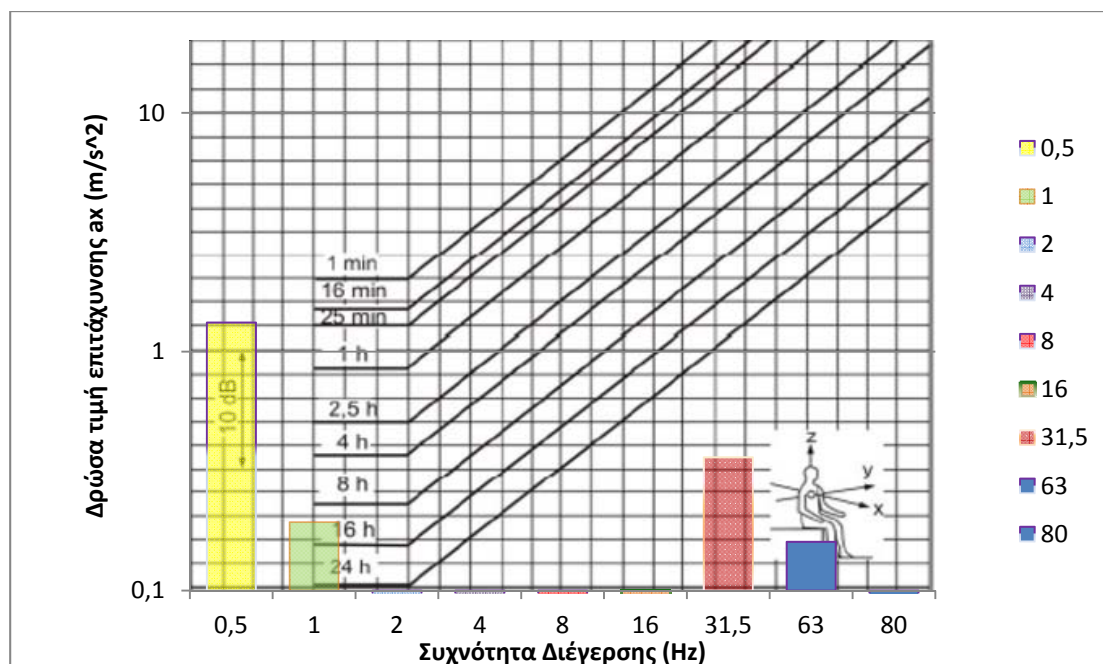
Σχήμα Γ.8 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί της ανθρώπινης αποδοτικότητας" για τον άξονα x για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα.



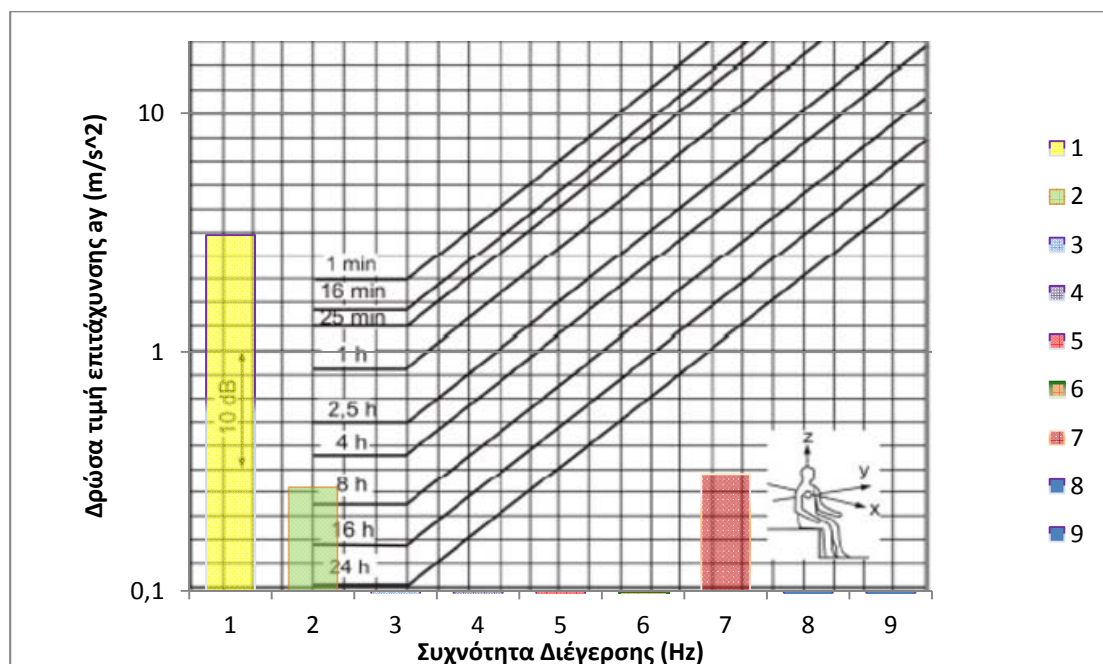
Σχήμα Γ.9 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί της ανθρώπινης αποδοτικότητας" για τον άξονα y για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα.



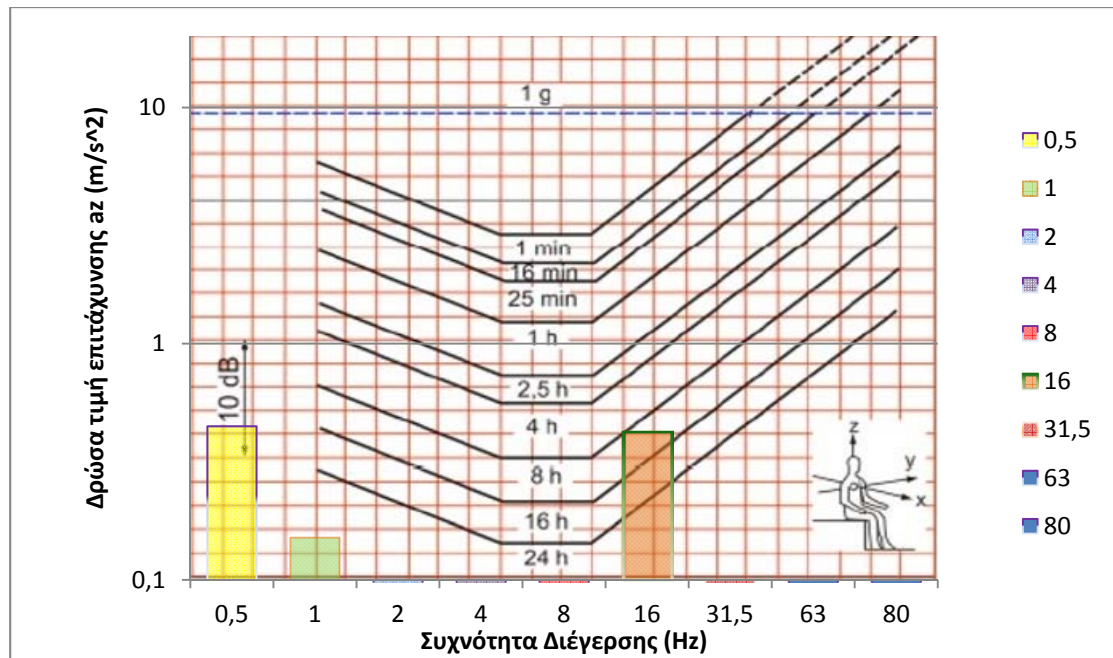
Σχήμα Γ.10 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί της ανθρώπινης αποδοτικότητας" για τον άξονα z για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα.



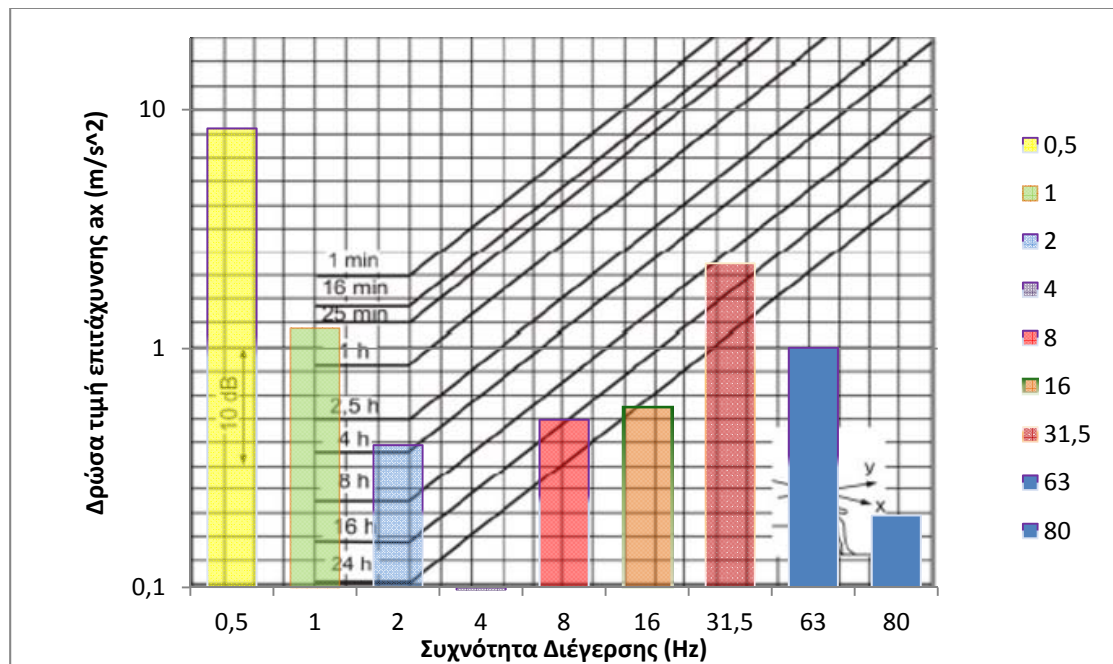
Σχήμα Γ.11 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί του ανθρωπίνου αισθήματος της άνεσης" για τον άξονα x για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα.



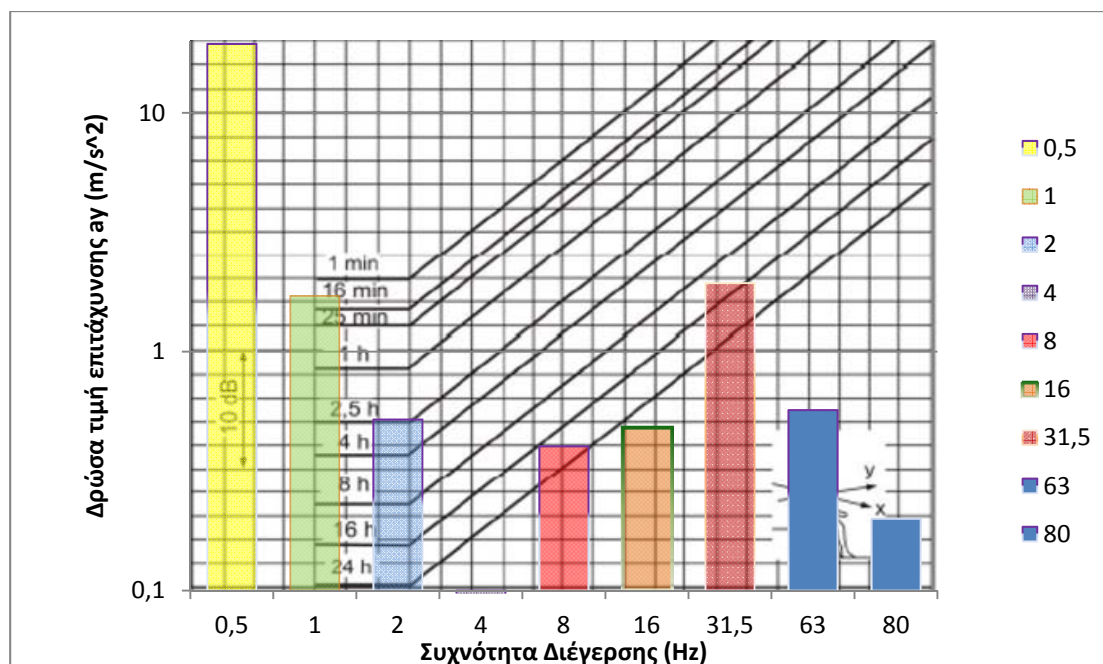
Σχήμα Γ.12 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί του ανθρωπίνου αισθήματος της άνεσης" για τον άξονα y για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα.



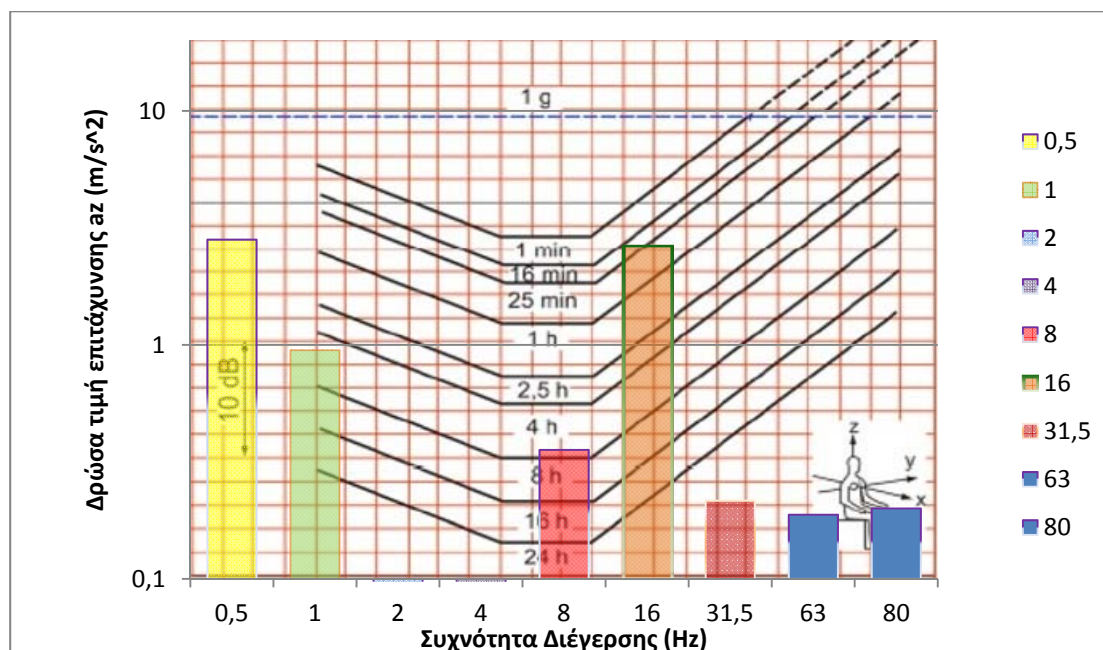
Σχήμα Γ.13 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί του ανθρώπινου αισθήματος της άνεσης" για τον άξονα z για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα.



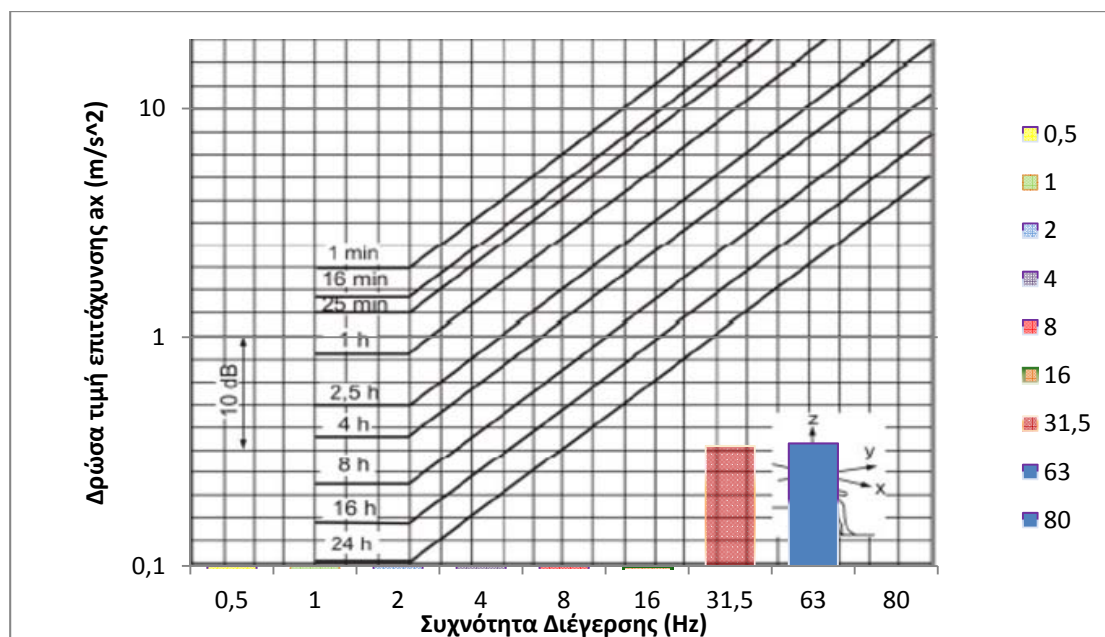
Σχήμα Γ.14: Νομόγραμμα για το κριτήριο "Πρόκληση οποιασδήποτε βλάβης υγείας" για τον άξονα x για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα.



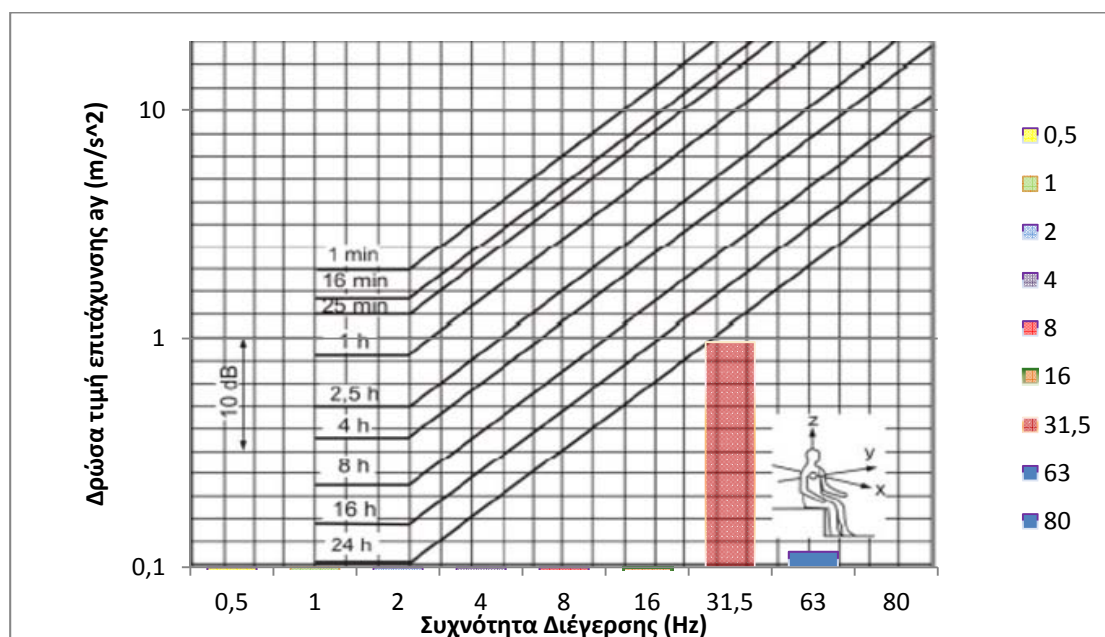
Σχήμα Γ.15 : Νομόγραμμα για το κριτήριο "Πρόκληση οποιασδήποτε βλάβης υγείας" για τον άξονα y για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα.



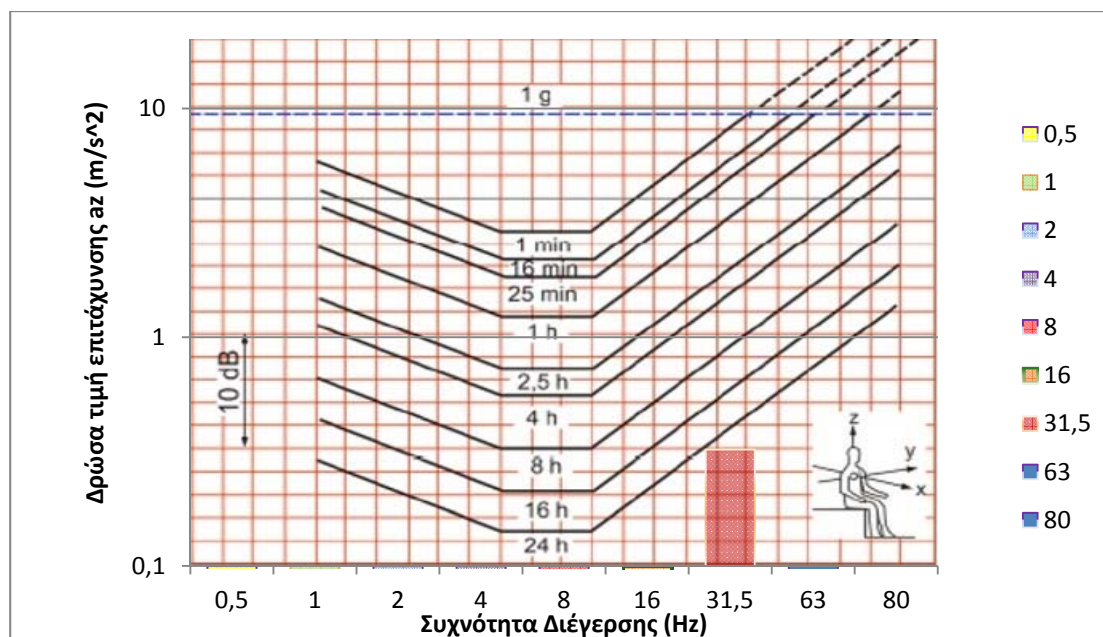
Σχήμα Γ.16 : Νομόγραμμα για το κριτήριο "Πρόκληση οποιασδήποτε βλάβης υγείας" για τον άξονα z για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα.



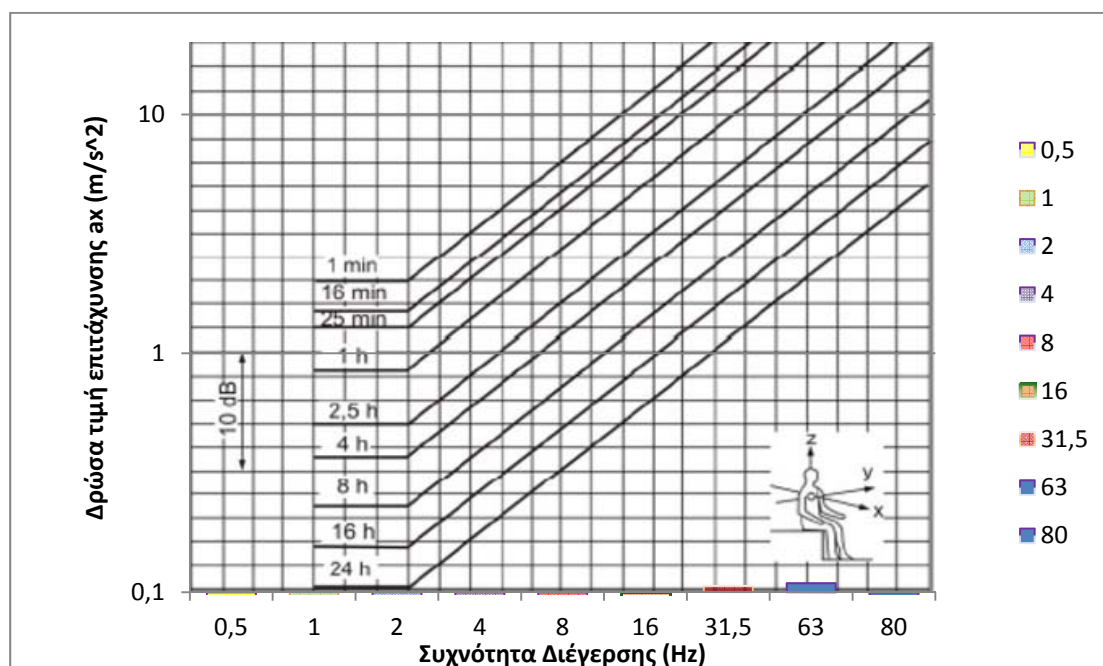
Σχήμα Γ.17 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί της ανθρώπινης αποδοτικότητας" για τον άξονα x για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα και εκσκαφή.



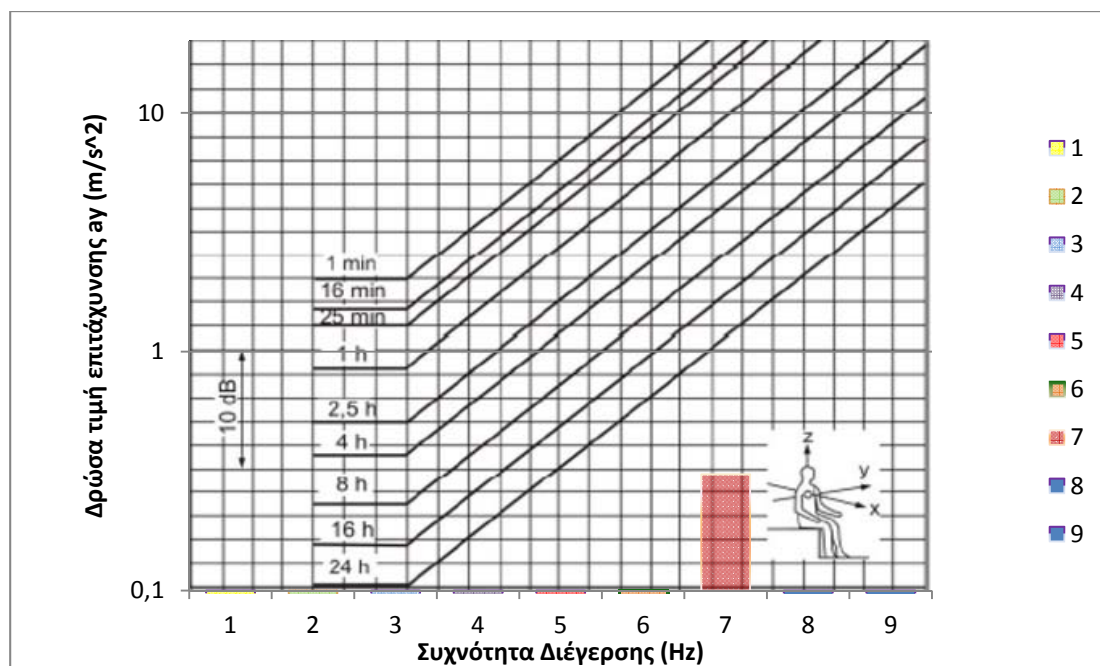
Σχήμα Γ.18 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί της ανθρώπινης αποδοτικότητας" για τον άξονα y για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα και εκσκαφή.



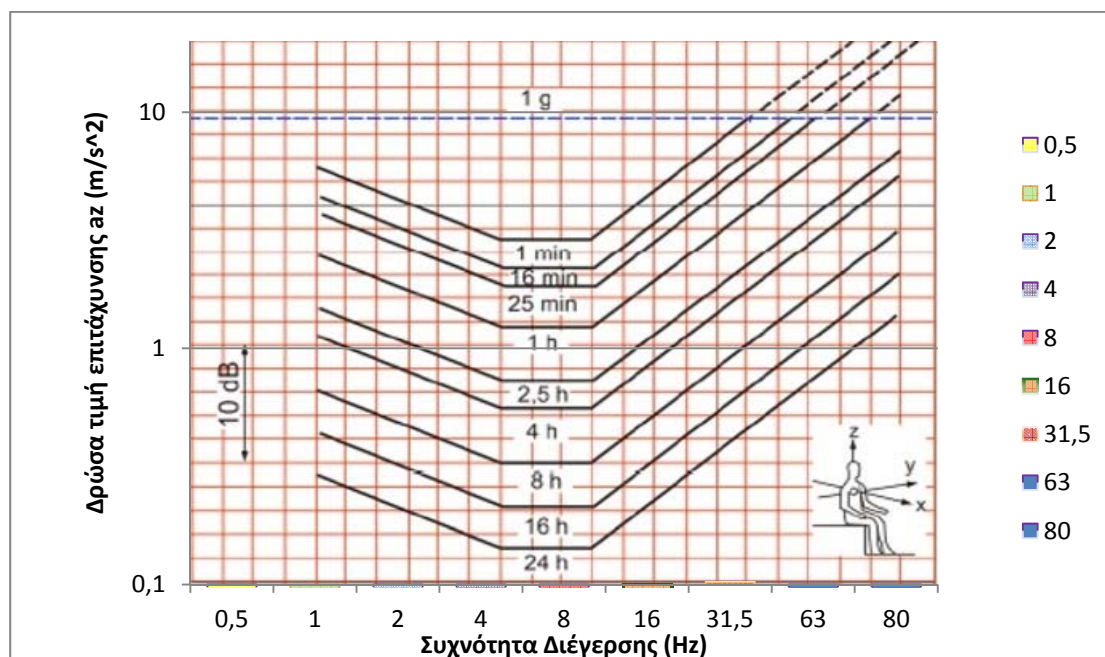
Σχήμα Γ.19 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί της ανθρώπινης αποδοτικότητας" για τον άξονα z για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα και εκσκαφή.



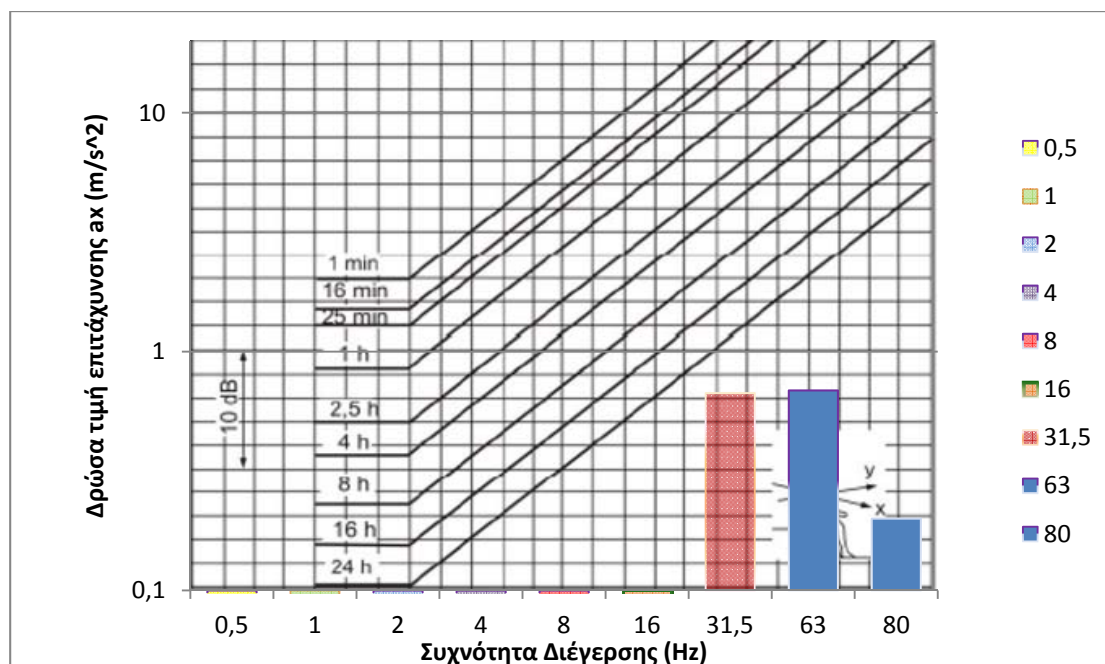
Σχήμα Γ.20 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί του ανθρωπίνου αισθήματος της άνεσης" για τον άξονα x για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα και εκσκαφή.



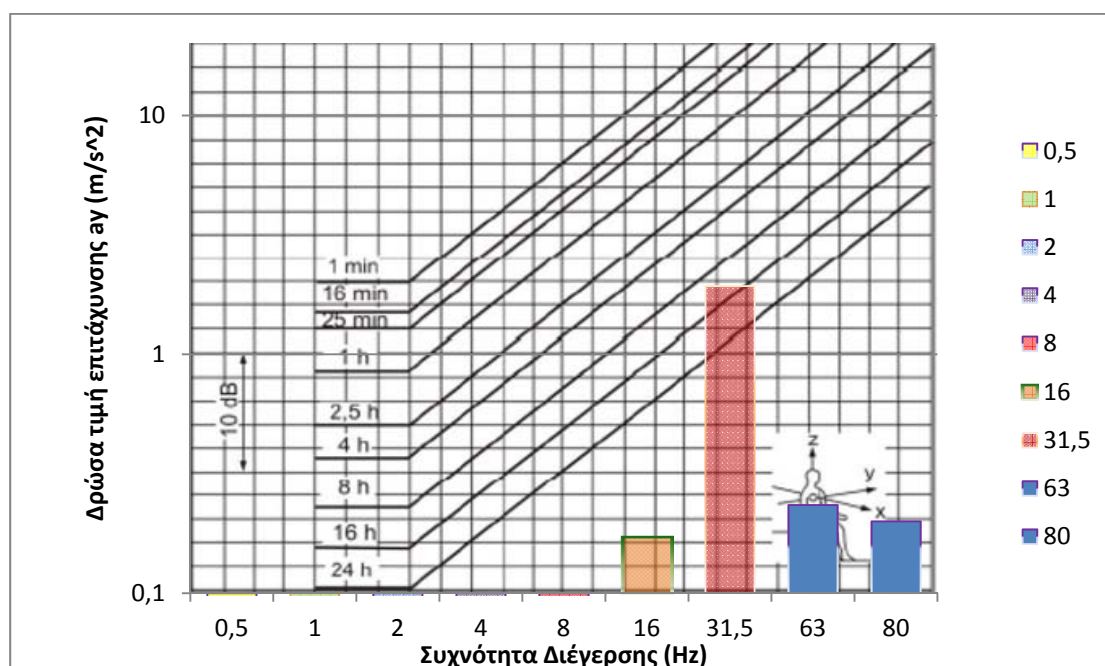
Σχήμα Γ.21 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί του ανθρωπίνου αισθήματος της άνεσης" για τον άξονα y για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα και εκσκαφή.



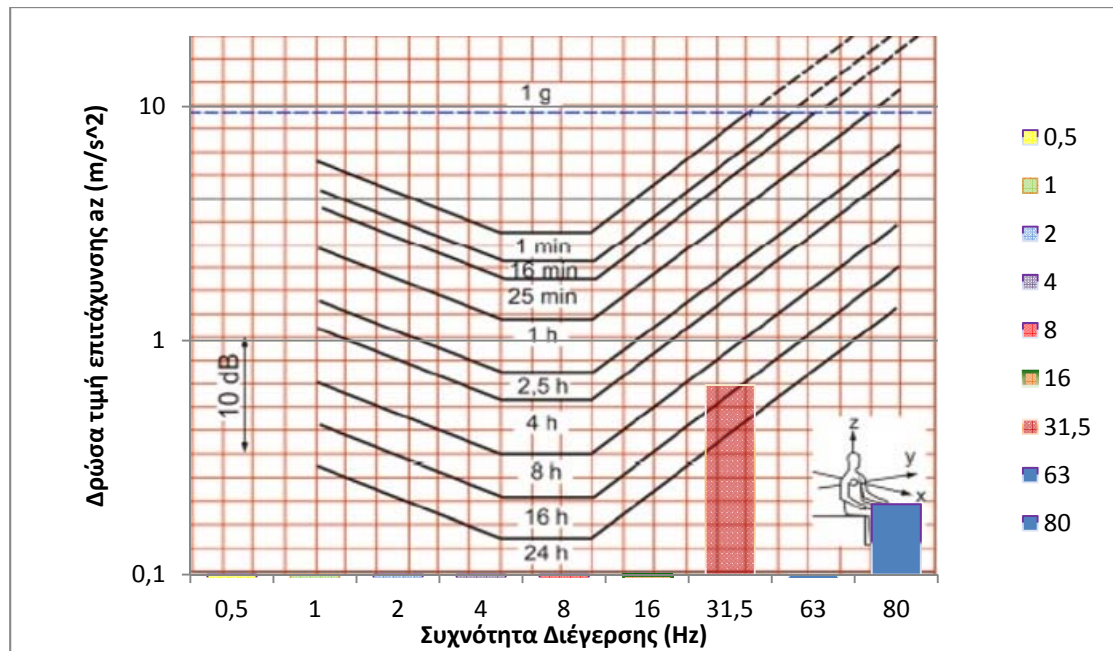
Σχήμα Γ.22 : Νομόγραμμα σύμφωνα με το ISO 5349 για το κριτήριο "Επίδραση επί του ανθρωπίνου αισθήματος της άνεσης" για τον άξονα z για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα και εκσκαφή.



Σχήμα Γ.23 : Νομόγραμμα για το κριτήριο "Πρόκληση οποιασδήποτε βλάβης υγείας" για τον άξονα x για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα και εκσκαφή.



Σχήμα Γ.24 : Νομόγραμμα για το κριτήριο "Πρόκληση οποιασδήποτε βλάβης υγείας" για τον άξονα y για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα και εκσκαφή.



Σχήμα Γ.25 :Νομόγραμμα για το κριτήριο "Πρόκληση οποιασδήποτε βλάβης υγείας" για τον άξονα z για οδηγό ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με ανεστραμμένο κάδο (τσάπα) κινούμενο σε ανώμαλο οδόστρωμα και εκσκαφή.