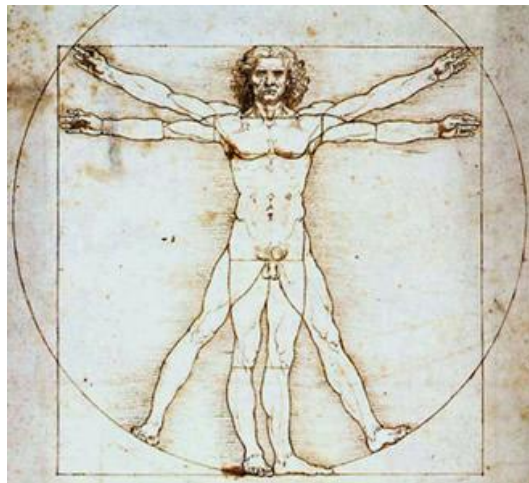


Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
ΕΡΓΟΝΟΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΚΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ***



**ΕΚΠΟΝΗΣΗ: ΡΟΔΟΠΟΥΛΟΥ ΔΙΑΜΑΝΤΩ
ΤΟΛΗ ΕΛΕΝΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΚΑΡΑΜΠΑΤΣΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ
Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός**

ΠΑΤΡΑ - ΜΑΡΤΙΟΣ 2009

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ	4
1.1 ΓΕΝΙΚΑ	4
1.2 ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	11
2. ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ	16
2.1 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ.....	16
2.2 ΕΡΓΟΝΟΜΙΚΟΣ ΈΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ	19
2.2.1 Χρηστο-κεντρικός σχεδιασμός	22
2.2.2 Ανθρωπομετρία	26
2.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΚΟΥ ΧΩΡΟΥ	31
2.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	45
2.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	58
3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΓΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ	63
3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ OWAS	63
3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ NIOSH.....	65
3.3 ΜΕΘΟΔΟΣ GARG.....	69
3.4 ΜΕΘΟΔΟΣ RULA	71
3.5 ΜΕΘΟΔΟΣ REBA	74
3.6 ΜΕΘΟΔΟΣ SNOOK AND CIRIELLO	75
3.7 ΜΕΘΟΔΟΣ ERGONOM.....	76
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	79
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	114

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή έχει ως σκοπό τη βιβλιογραφική έρευνα σχετικά με τις εργονομικές μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια και την εφαρμογή τους στο σχεδιασμό προϊόντων και παραγωγικών διαδικασιών.

Στο κεφάλαιο 1, ορίζεται η έννοια της εργονομίας και μελετάται η σχέση της εργασίας με τον άνθρωπο. Στη συνέχεια γίνεται ιστορική αναδρομή και αξιολόγηση της ανάπτυξης της εργονομίας, με ιδιαίτερη έμφαση στην εξέλιξή της τα τελευταία πενήντα χρόνια και στην εφαρμογή της στη βιομηχανία.

Το κεφάλαιο 2 αφορά στη μελέτη της εργονομίας σε σχέση με τις παραγωγικές διαδικασίες. Γίνεται ορισμός της παραγωγικής διαδικασίας, μελετώνται οι παράγοντες που επηρεάζουν την εργασία, την παραγωγή και τα παραγόμενα προϊόντα και αναλύεται η ανάγκη για εργονομική ανάλυση. Μελετάται ο εργονομικός έλεγχος και σχεδιασμός σε παραγωγικές διαδικασίες, η επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα και καθορίζονται οι έννοιες της ανθρωπομετρίας και του χρηστο-κεντρικού σχεδιασμού.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται οι κύριες μέθοδοι εργονομικής ανάλυσης σε παραγωγικές διαδικασίες.

Στο κεφάλαιο 4 γίνεται αναφορά στις ερευνητικές εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια για τον εργονομικό έλεγχο προϊόντων και παραγωγικών διαδικασιών.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η βιβλιογραφία, η οποία χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της εργασίας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ

1.1 Γενικά

Η εποχή μας δεν έχει άδικα χαρακτηριστεί ως εποχή μεγάλης τεχνολογικής και πληροφοριακής προόδου και επιτευγμάτων. Ο κόσμος μας συχνά μοιάζει με έναν τεχνητό και ψευδή κόσμο. Αυτές οι σκέψεις λοιπόν δεν απέχουν και πολύ από την πραγματικότητα. Ο χώρος στον οποίο κανείς εργάζεται, κυκλοφορεί, διασκεδάζει και εντέλει περνάει το μεγαλύτερο μέρος της ζωής του καταλήγει να μην είναι παρά ένα αποκύημα σχεδιαστικών φαντασιώσεων ορισμένων μηχανικών και σχεδιαστών. Είναι η τελική απόφαση επαγγελματιών στηριζόμενη σε εκτενείς μελέτες, διαφορετικές επιλογές και το αναπόφευκτο καλό ή άσχημο αποτέλεσμα.

Τι γίνεται λοιπόν σε περίπτωση που το αποτέλεσμα είναι άσχημο ή άχρηστο; Για ποιους λόγους συνέβη αυτό; Με βάση ποια κριτήρια και ποιους τρόπους μπορούν να αποφευχθούν τα αντίστοιχα προβλήματα; Σε αυτά τα ουσιώδη και πολυδιάστατα ερωτήματα - καλείται να απαντήσει η εργονομία. Η εργονομία είναι ένας όρος, ο οποίος ακούγεται συχνά σε όλα τα πεδία της δράσης του ατόμου τα τελευταία πενήντα χρόνια και σχετίζεται με όλο το εύρος της ανθρώπινης ζωής.

Η λέξη εργονομία είναι σύνθετη και προέρχεται από τις λέξεις *έργο* και *νόμος* και είναι η επιστημονική μελέτη, με βάση τα πορίσματα της ανατομίας, φυσιολογίας και ψυχολογίας των σχέσεων του εργαζομένου με το υλικό και έμψυχο περιβάλλον της εργασίας του [1]. Είναι δηλαδή η επιστήμη η οποία μελετά κάποιο έργο και θέτει περιορισμούς και νόμους για το πως πρέπει να είναι σχεδιασμένη κάθε εργασία. Μια πιο αυστηρή ανάλυση της λέξης

εργονομία είναι η ανάλυση των δύο συνθετικών της, δηλαδή της λέξης *έργο* με την έννοια της εργασίας, του έργου, της δουλειάς και της λέξης *νόμος* ορισμένου ως κανόνα, νομιμότητα. Γενικά λοιπόν, εργονομία είναι η επιστήμη της εργασίας . Η μελέτη της εργονομίας σχετίζεται με τους ανθρώπους που την εκτελούν, τον τρόπο με τον οποίο εκτελείται αυτή, τα εργαλεία και τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται καθώς και τον χώρο στον οποίο εργάζονται [2]. Τέλος, λαμβάνει ως σημαντική παράμετρο και την ψυχολογική όψη και σημασία των παραπάνω παραγόντων και της κατάστασης της εργασίας. Η εργονομία ως έννοια σχετίζεται με το σχεδιασμό συστημάτων στα οποία οι άνθρωποι εκτελούν εργασία [3].

Η λέξη εργασία επιδέχεται πληθώρα εννοιών και ερμηνειών. Προσεγγίζοντάς την επιφανειακά, εργασία είναι κάθε πράξη η οποία γίνεται με σκοπό τη συνέχιση της ζωής, δηλαδή την επιβίωση. Στηριζόμενος κανείς στον παραπάνω ορισμό η ανθρώπινη δραστηριότητα καταλήγει να ορίζεται από το περιβάλλον στο οποίο επιτελείται παραλείποντας το περιεχόμενο της, περιεχόμενο το οποίο έχει ως στόχο την εξύψωση της ανθρώπινης υπόστασης και του πνεύματος. Ο προαναφερόμενος ορισμός καταλήγει να είναι αυθαίρετος και ανυπόστατος. Οι μόνες περιπτώσεις στις οποίες δικαιολογείται η χρήση του είναι όταν αναφερόμαστε στις οικονομικές προεκτάσεις και συνέπειες της εργασίας στον άνθρωπο. Οι κοινωνικές όψεις της ανθρώπινης δραστηριότητας είναι που διαφοροποιούν την εργασία από την ερασιτεχνική ενασχόληση. Κάποιοι άνθρωποι ζούνε από τη μουσική ενώ άλλοι το κάνουν απλά για ευχαρίστηση και έτσι εισάγεται ως παράμετρος η κοινωνική διάσταση της εργασίας.

Η εργασία ως όρος και ως πράξη σχετίζεται άμεσα με τις κοινωνικές προεκτάσεις της στο άτομο ή την ομάδα που την εκτελεί και ενώ το περιεχόμενο της εργασίας παραμένει το ίδιο το αποτέλεσμα διαφέρει [2]. Σε αυτό το σημείο δύναται πλέον να οριστεί η έννοια της εργασίας σε όλο το εύρος

του όρου. Η λέξη εργασία λοιπόν, σημαίνει την παραγωγή έργου (κάθε μορφής) από κάθε σχεδιασμένη και σκόπιμη ανθρώπινη δραστηριότητα, για την οποία όμως θεωρείται δεδομένο ότι χρειάζονται ικανότητες και ότι θα υπάρξει κάποια μορφή προσπάθειας. Στην προσπάθεια για τον ορισμό της εργονομίας ως μιας επιστήμης η οποία σχετίζεται με την ανθρώπινη εργασία θα θεωρείται και η εργασία με την τελευταία και ευρύτερη έννοια που προσδιορίστηκε. Οι μελέτες που γίνονται υπό το πρίσμα της επιστήμης της εργονομίας, στα 50 χρόνια ιστορίας της, εστιάζουν κυρίως στο πεδίο του έργου και η λέξη έργο πρωταγωνιστεί με την επαγγελματική της ιδιότητα [4].

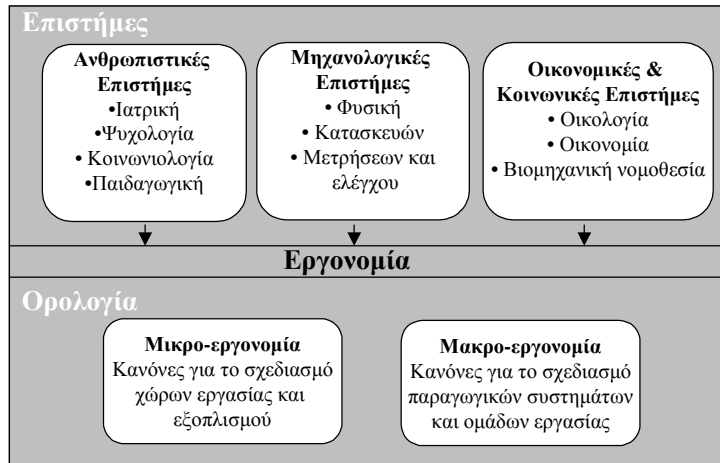
Η έννοια της εργονομίας στο σχεδιασμό μπορεί να περιγραφεί ως εξής: *Αν ένα αντικείμενο, σύστημα ή περιβάλλον πρόκειται να χρησιμοποιηθεί από ανθρώπους, τότε ο σχεδιασμός του πρέπει να βασιστεί στα φυσικά και πνευματικά χαρακτηριστικά των ανθρώπων που θα το χρησιμοποιήσουν.* Με άλλα λόγια μια γενική έννοια της εργονομίας είναι ότι η **εργονομία είναι η επιστήμη που προσαρμόζει την εργασία στον εργαζόμενο και το προϊόν στο χρήστη** [2].

Η εργονομία διαχωρίζεται [49] ανάλογα με το πεδίο στο οποίο επικεντρώνεται σε:

- “μικρο-εργονομία”, η οποία ασχολείται με την ανάπτυξη κανόνων για την υποστήριξη του σχεδιασμού των χώρων εργασίας και του εξοπλισμού, και
- “μακρο-εργονομία”, η οποία ασχολείται με την ανάπτυξη κανόνων για το σχεδιασμό παραγωγικών συστημάτων και ομάδων εργασίας.

Και στις δύο περιπτώσεις, η έρευνα και η ανάπτυξη εστιάζεται στον άνθρωπο και στο χώρο στον οποίο αυτός εργάζεται. Γενικότερα, η εργονομία είναι μια πολύπλευρη επιστήμη, που χρησιμοποιεί βασική γνώση από ανθρωπιστικές επιστήμες, μηχανολογία, οικονομολογία και κοινωνιολογία. Συνδυάζει την

ιατρική, την βιομηχανική ψυχολογία, τις τεχνικές εργασίας και τη βιομηχανική νομοθεσία, επιστήμες οι οποίες από διαφορετικές οπτικές γωνίες ασχολούνται με την ανθρώπινη εργασία (Σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1: Εργονομία και οι σχετικοί επιστημονικοί κλάδοι

Δύο από τα σημαντικότερα πεδία της εργονομίας είναι:

- *Ο σχεδιασμός προϊόντων.* Ο βασικός σκοπός κατά τον εργονομικό σχεδιασμό προϊόντων είναι η ανάπτυξη ενός προϊόντος που θα είναι προσαρμοσμένο όσο το δυνατόν περισσότερο στον πελάτη και στις απαιτήσεις του. Σε αυτή τη διαδικασία είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπ' όψη, εκτός των άλλων, στοιχεία που έχουν να κάνουν με τα ανθρωπομετρικά δεδομένα των ανθρώπων στους οποίους απευθύνεται το προϊόν, καθώς επίσης και με τον τρόπο αντίληψής τους. Τα πεδία της έρευνας σήμερα σε αυτόν τον τομέα ασχολούνται με οτιδήποτε έχει σχέση με την αίσθηση της άνεσης (comfort) που θα πρέπει να παρέχουν τα προϊόντα.
- *Ο σχεδιασμός παραγωγής.* Ο σκοπός του εργονομικού σχεδιασμού της παραγωγής είναι η ανάπτυξη χώρων παραγωγικών διαδικασιών και εργασιών, προσαρμοσμένα στον εργαζόμενο. Ο αντικειμενικός στόχος είναι η μείωση του φόρτου εργασίας στον εργαζόμενο με ταυτόχρονη βελτίωση της αποδοτικότητας του. Όπως και στο σχεδιασμό προϊόντων

είναι απαραίτητο να ληφθούν υπ' όψη και τα χαρακτηριστικά των ανθρώπων που θα εργαστούν σε ένα συγκεκριμένο χώρο εργασίας.

Τα σημαντικότερα πεδία εφαρμογής εργονομικού σχεδιασμού, αφορούν κυρίως:

- Στην αεροπορική βιομηχανία (π.χ. σχεδιασμός cockpit, σχεδιασμός καμπίνας αεροσκάφους).
- Στην αυτοκινητοβιομηχανία (π.χ. σχεδιασμός θέσης οδηγού).
- Στις διαδικασίες συναρμολόγησης / αποσυναρμολόγησης / συντήρησης.
- Σε χώρους γραφείων.
- Στη μελέτη διαδικασιών εργασίας κάτω από αντίξοες ή και επικίνδυνες συνθήκες περιβάλλοντος (π.χ. υψηλή θερμοκρασία, υψηλό ψύχος, ακραίες επιταχύνσεις, μη ύπαρξη βαρύτητας).

Τελειώνοντας την εισαγωγή στην επιστήμη της εργονομίας θεωρείται απαραίτητη μια διευκρίνηση όσον αφορά στην ιστορία της και στον τρόπο ανάπτυξής της στις δυο ακτές του Ατλαντικού. Η επιστήμη της εργονομίας έχει τις βάσεις της στην εργασιακή ψυχολογία, στο βιομηχανικό σχεδιασμό και στον σχεδιασμό του εργασιακού χώρου, και αναπτύχθηκε κυρίως στην Ευρώπη. Στη δυτική ακτή του Ατλαντικού, στις Η.Π.Α. αναπτύχθηκε μια επιστήμη ονομαζόμενη *Human Factors*, η οποία πηγάζει από την πειραματική ψυχολογία και εστιάζει στην ανθρώπινη απόδοση και στο σχεδιασμό συστημάτων [5]. Οι δύο έννοιες παρ' όλες τις διαφορές τους στο τύπο της γνώσης και στη φιλοσοφία του σχεδιασμού είναι έννοιες που συγκλίνουν στο τελικό αποτέλεσμα των μελετών τους, το οποίο και είναι η αποδοτικότερη εργασία και παραγωγή έργου.

Τα άτομα που ως αντικείμενο μελέτης και εργασίας έχουν την επιστήμη της εργονομίας ονομάζονται εργονόμοι. Οι εργονόμοι συνεισφέρουν στο

σχεδιασμό και την αποτίμηση αποστολών, εργασιών, προϊόντων, περιβαλλόντων και συστημάτων με σκοπό την συμβατότητα αυτών με τις ανάγκες, τις ικανότητες και τους περιορισμούς των ανθρώπων [6]. Οι εργονόμοι γενικά προέρχονται από ποίκιλα επαγγελματικά πεδία. Παρόλα αυτά είναι προτιμότερα άτομα τα οποία έχουν ειδικευτεί σε κάποιο τομέα της μηχανικής.

Για μια πετυχημένη και αποτελεσματική εφαρμογή της εργονομίας στο βιομηχανικό σχεδιασμό και προγραμματισμό είναι απαραίτητη η εμπλοκή μηχανικών. Φυσικά ψυχολόγοι, ιατροί, φυσιοθεραπευτές καθώς και νοσοκόμοι που ασχολούνται με βιομηχανικά και εργασιακά ατυχήματα μπορούν με βεβαιότητα να διαγνώσουν πολλά εργονομικά προβλήματα. Συχνά όμως δεν διαθέτουν τις απαραίτητες τεχνικές γνώσεις και έχουν ανεπαρκές τεχνολογικό υπόβαθρο για να προτείνουν λύσεις για τον επανασχεδιασμό κάποιου συστήματος, χώρου ή αντικειμένου που προκαλεί και το αντίστοιχο πρόβλημα. Από την άλλη μεριά, μηχανικοί με ειδίκευση στην εργονομία μπορούν να αναλύσουν τις διάφορες εναλλακτικές μεθόδους σχεδιασμού για μηχανολογικά και κατασκευαστικά προβλήματα. Κατά συνέπεια είναι σε θέση να σημειώνουν πρόοδο στον τομέα του εξοπλισμού και του χώρου με βάση τις εκάστοτε ανάγκες και τελικά να καταλήγουν στην επιθυμητή και φυσικά καλύτερη λύση. Ο ρόλος του εργονόμου μηχανικού είναι λοιπόν ιδιαίτερα σημαντικός τόσο στη θεμελιώδη φάση και στον λεπτομερή σχεδιασμό όσο και στην πρωτοτυποποίηση ή την ανάπτυξη υπαρχόντων προϊόντων και υπηρεσιών. Το αντικείμενο της εργονομίας είναι ιδιαίτερα ευρύ και δεν περιορίζεται σε κάποια συγκεκριμένη βιομηχανία ή εφαρμογή [3]. Είναι μια επιστήμη η οποία αναπτύσσεται σε πληθώρα κατευθύνσεων. Ο χρόνος που χρειάζεται για την ανάπτυξη νέων συστημάτων γίνεται διαρκώς και πιο σύντομος. Το ίδιο συμβαίνει και με τον απαιτούμενο χρόνο για την υλοποίηση των εργονομικών στοιχείων ενός αναπτυξιακού συστήματος. Η επιστήμη της εργονομίας

στρατεύεται για τη γρήγορη και αποτελεσματική παραγωγή και μετάδοση πληροφορίας καθώς και για ευέλικτα και αποδοτικά εργασιακά περιβάλλοντα.

Είναι μια επιστήμη προσανατολισμένη στα συστήματα και η οποία σήμερα εκτείνεται σε όλες τις πλευρές της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η εργονομία προάγει μια ολιστική προσέγγιση, η οποία διεξάγεται με συνεχείς και λεπτομερείς μελέτες φυσικών, γνωστικών, κοινωνικών, οργανωτικών, περιβαλλοντικών και άλλων σχετικών παραγόντων. Έχει λοιπόν ένα ευρύ πεδίο εμβέλειας και κατά συνέπεια θα υπάρχουν διάφορα πεδία ορισμού και δράσης ανάλογα με τα διακριτικά έμφυτα ανθρώπινα γνωρίσματα ή χαρακτηριστικά διεπαφής των ατόμων.

Οι γενικές κατευθύνσεις της επιστήμης της εργονομίας είναι οι επόμενες:

- *Φυσική εργονομία*, η οποία ασχολείται με τη μελέτη των ανατομικών, ανθρωπομετρικών, φυσιολογικών και βιομηχανικών χαρακτηριστικών του ανθρώπου και τον τρόπο με τον οποίο αυτά συνδέονται με τη σωματική δραστηριότητα.
- *Γνωστική εργονομία*, η οποία αφορά τις διανοητικές προόδους, όπως η αντίληψη, η μνήμη, η λογική και η κινητήρια αντίδραση, όπως αυτές επηρεάζουν τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα άτομα και τα υπόλοιπα στοιχεία του συστήματος.
- *Οργανωτική εργονομία*, η οποία σχετίζεται με τη βελτιστοποίηση των κοινωνικοτεχνικών συστημάτων, στηριζόμενη στις οργανωτικές δομές, τακτικές και διαδικασίες αυτών. [6]

Τα πεδία αυτά δράσης της εργονομίας είναι αλληλένδετα αφού ο τελικός στόχος τους είναι η ανακάλυψη και η εφαρμογή των κανόνων και αρχών, οι οποίες διέπουν τις ανθρώπινες δραστηριότητες και αντιδράσεις. Η εργονομία ως επιστήμη εφαρμόζει θεωρία, αρχές, δεδομένα και μεθόδους για το σχεδιασμό

και τη βελτιστοποίηση της ανθρώπινης ζωής και της γενικής επίδοσης του συστήματος.

1.2 Σύντομη Ιστορική Αναδρομή

Η ανάγκη για ασφαλείς και γρήγορους τρόπους απόκτησης αγαθών συναντάται από τα πρώτα βήματα ζωής του ανθρώπου. Ήδη από την λίθινη εποχή τα άτομα σχεδίαζαν εργαλεία τέτοια ώστε να ταιριάζουν τόσο στον χρήστη όσο και στο έργο για το οποίο προορίζονταν [6] (για παράδειγμα στα πρώτα χρόνια της λίθινης εποχής χρησιμοποιούσαν μυτερές πέτρες, οι οποίες εφάρμοζαν στην παλάμη καθενός χωριστά, για να σκοτώνουν τα θηράματά τους). Τα επόμενα δύο εκατομμύρια χρόνια ζωής του ανθρώπινου γένους συνεχίζονταν οι προσπάθειες για βελτιστοποίηση της παραγωγικότητας και της ασφάλειας σε κάθε τομέα της ζωής.

Ως επιστημονική όμως μορφή η εργονομία δεν εμφανίζεται παρά στις αρχές της βιομηχανικής επανάστασης το δέκατο ένατο αιώνα οπότε και άρχισαν να υφίστανται προσπάθειες εφαρμογής αρχών ενός ανθρωποκεντρικού σχεδιασμού στα εργαλεία και τις μηχανές που χρησιμοποιήθηκαν στα πρώτα εργοστάσια. Στις αρχές του εικοστού αιώνα ο *Frederick Taylor* εισάγει την επιστημονική μελέτη της εργασίας [12], την οποία εφάρμοσαν στα δικά τους πρότυπα ιδιαίτερα οι Γερμανοί. Στην πράξη φυσικά αυτό δεν εμπόδισε την συνέχιση της εργασίας στα εργοστάσια κάτω από αντίξοες συνθήκες και την αντικανονική και κερδοσκοπική χρήση των μεθόδων που είχαν εφευρεθεί.

Οι απάνθρωπες συνθήκες εργασίας της πρώιμης βιομηχανικής περιόδου αλλά και μιας απόλυτης εμπιστοσύνης των επιστημόνων του 19ου αιώνα στην μηχανική αντίληψη του κόσμου, οδήγησαν στην ανακάλυψη μιας ξεχωριστής επιστήμης, της εργονομίας, βασισμένης στο γεγονός ότι υπήρχε η δυνατότητα του σχεδιασμού και της δημιουργίας καλών συνθηκών εργασίας και γενικά

ζωής στηριζόμενη στους ίδιους νόμους που διέπουν και τη φύση. Η επιστήμη αυτή είχε αναπτυχθεί με διάφορες αλλά παραπλήσιες μορφές στις εκβιομηχανισμένες χώρες του 18ου αιώνα και τελικά οι μελέτες και έρευνες που είχαν γίνει σε αυτή την εμβρυακή μορφή επιστήμης ενώθηκαν υπό το πρίσμα της εργονομίας.

Η λέξη εργονομία ήδη χρησιμοποιείται για πρώτη φορά το 1857 σε μια πολωνέζικη εφημερίδα από τον Wojciech Jastrzebowski. Ο Jastrzebowski πρότεινε στην εφημερίδα “Φύση και Βιομηχανία” να παρθούν μέτρα προστασίας της επιστημονικής προσέγγισης όσον αφορά προβλήματα επιβαλλόμενα από την “εργασία” [8]. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούσε να δημιουργηθεί μια διαφορετική επιστήμη η οποία θα έθετε τις βάσεις για δίκαιη και αποδοτική δράση στον χώρο της εργασίας και της ανθρώπινης ζωής σε σχέση με την προσωπική και κοινωνική συνείδηση. Ονόμασε τον νέο αυτό επιστημονικό κλάδο “Εργονομία”. Ωστόσο το όνομα αυτό ξεχάστηκε αργότερα.

Στις αρχές του μισού του προηγούμενου αιώνα πολλές δραστηριότητες που σχετιζόνταν με την επιστημονική διερεύνηση της ανθρώπινης εργασίας έλαβαν μέρος σε διάφορες χώρες. Η επικρατέστερη επιστημονική άποψη στον κόσμο θεωρούσε εφικτή τη μεταφορά των κανόνων της παραδοσιακής φυσικής σε όλα τα φαινόμενα της φύσης άρα και στην ανθρώπινη ζωή [10]. Τόσο σε διάφορες χώρες της Ευρώπης όσο και στην βόρεια Αμερική ιδρύθηκε μια επιστήμη σχετιζόμενη με την παραπάνω έρευνα. Η επιστήμη αυτή σε γερμανόφωνες περιοχές ονομαζόταν “Ανθρώπινη Μηχανική”, σε Άγγλο-Αμερικάνικες “Ανθρώπινοι Παράγοντες” ενώ στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές “Εργονομία”.

Η λέξη Εργονομία καθιερώθηκε εκατό περίπου χρόνια αργότερα από την πρώτη φορά που χρησιμοποιήθηκε ο όρος, το 1949, από τον τέως καθηγητή Hywell

Murell κατά τη διάρκεια της διάσκεψης μιας επιτροπής πραγματογνωμόνων. Η διάσκεψη διεξάχθηκε τον Ιούλιο του 1949, σχεδόν αμέσως μετά το τέλος του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου. Τα μέλη της επιτροπής προέρχονταν από διαφορετικά υπόβαθρα στους τομείς της μηχανικής, της ιατρικής και των ανθρωπιστικών επιστήμων. Στόχος της διάσκεψης ήταν να αποφασίσουν για το σχηματισμό ενός ανεξάρτητου οργανισμού με σκοπό την μελέτη των ανθρώπινων όντων στο εργασιακό τους περιβάλλον [2].

Η ανάγκη για τη δημιουργία του προαναφερθέντος οργανισμού ήταν αποκύημα ερευνών που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια των δύο παγκοσμίων πολέμων. Οι πραγματογνώμονες που έλαβαν μέρος στην διάσκεψη είχαν ασχοληθεί διεξοδικά κατά τη διάρκεια του πολέμου με μελέτες διαφόρων ειδών και μορφών για την καλύτερη απόδοση των μαχόμενων ανδρών στο πεδίο της μάχης, των διαφόρων όπλων και οχημάτων. Μετά το τέλος του πολέμου εξέτασαν από άλλη οπτική το είδος των μελετών που είχαν κάνει και συνειδητοποίησαν ότι η έρευνα που είχαν γίνει όλα αυτά τα χρόνια θα μπορούσε να έχει σημαντικές εφαρμογές και σε περιόδους ειρήνης. Τέλος επειδή δεν υπήρχε κάποιος ορισμός ή λέξη που να περιγράφει πλήρως την έρευνα που είχαν κάνει και τις εφαρμογές τις οποίες είχαν αναπτύξει έπρεπε να εφεύρουν κάποια ή να επαναπροσδιορίσουν την έννοια κάποιας που είχε ήδη χρησιμοποιηθεί. Τελικά, ο καθηγητή Hywell Murell επανα-προτείνει τη λέξη εργονομία η οποία και καθιερώνεται.

Η εργονομία ως επιστήμη αναπτύχθηκε και διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο σε όλο τον δυτικό κόσμο. Πρωταγωνιστές σε αυτή την ανάπτυξη με διαφορετικό όμως όνομα της επιστήμης ήταν η Γερμανία και οι Η.Π.Α. Η επιστήμη της Εργονομίας αναπτύχθηκε και ευδοκίμησε ιδιαίτερα στην Γερμανία με την δημιουργία ποικίλων και πολλών αντίστοιχων ιδρυμάτων. Ο αρχέτυπος σκοπός αυτών των ιδρυμάτων, επιτροπών και οργανισμών ήταν να προσαρμόσουν έναν

τρόπο επιστημονικής χρήσης πόρων για την επίτευξη στόχων στις γερμανικές συνθήκες και να προάγουν αυτούς που είχαν ήδη αναπτυχθεί στην Γερμανία. Ήδη το 1912 ιδρύεται στο Βερολίνο το ίδρυμα “Kaiser Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie” (Κάιζερ Βίλχελμ- Ίδρυμα για τη φυσιολογία της εργασίας) [9].

Τα γεγονότα επισπεύδονται και ως αποτέλεσμα ιδρύματα, επιτροπές και οργανισμοί οι οποίοι ασχολούνται με μελέτη ανθρώπου-περιβάλλοντος συνεχίζουν να δημιουργούνται έως το 1948 με ταχείς ρυθμούς. Το ίδρυμα “Kaiser-Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie” αργότερα μετακινήθηκε στο Dortmund και μετά το τέλος του 2ου παγκόσμιου πολέμου ονομάστηκε “Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie” (Μάξ Πλάνκ-Ίδρυμα για την φυσιολογία της εργασίας). Το συγκεκριμένο ήταν μια από τις κύριες πηγές για τα ανθρωπομηχανικά ιδρύματα τα οποία δημιουργήθηκαν σε πολλά πολυτεχνεία της Ευρώπης από το 1960 και μετά [10].

Στις ΗΠΑ, η επιστήμη των ανθρωπίνων παραγόντων εμφανίστηκε στο προσκήνιο στις αρχές της δεκαετίας του πενήντα. Η ανάπτυξη της επιστήμης ξεκίνησε, και εδώ, με σκοπό την καλυτέρευση της απόδοσης των μαχόμενων ανδρών καθώς και τη μείωση ατυχημάτων και προβλημάτων από ανθρώπινα λάθη με σοβαρές συνέπειες. Έτσι αναπτύχθηκαν τεχνικές και μέθοδοι που μείωσαν σε σημαντικό ποσοστό αυτά τα προβλήματα. Ως αποτέλεσμα, το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας πάνω στον τομέα των ανθρωπίνων παραγόντων χρηματοδοτούνταν από το υπουργείο Άμυνας. Κατά συνέπεια οι πληροφορίες και τα αποτελέσματα των μελετών αυτών είναι επικεντρωμένα σε μεγάλο βαθμό σε στρατιωτικές εφαρμογές της εργονομίας.

Το 1957 εγκαθιδρύεται η Εταιρία Ανθρωπίνων Παραγόντων στις Η.Π.Α. και κατά συνέπεια η επιστήμη αρχίζει να αναπτύσσεται και στον ιδιωτικό τομέα στη

δεκαετία του εξήντα [4]. Από τη δεκαετία του πενήντα και μετά, αφότου δηλαδή η εργονομία έχει γίνει ξεχωριστή επιστήμη με την δημιουργία της πρώτης εταιρίας “Ergonomics Research Society”, δηλαδή “Εταιρία Εργονομικής Έρευνας”, στην Αγγλία το 1950, αρχίζει και η ραγδαία πρόοδος της επιστήμης.

Το 1959, ως κορύφωση όλες οι διοργανώσεις, ιδρύματα, ινστιτούτα και εταιρίες που ασχολούνταν με την μελέτη εργονομίας κάθε μορφής ομαδοποιήθηκαν σε έναν όμιλο με την ονομασία “International Ergonomic Association” (IEA) [6], δηλαδή “Διεθνής Εργονομική Εταιρία”. Άμεσα συγκαλείται και το πρώτο συνέδριο της Διεθνούς Εργονομικής Εταιρίας στην Στοκχόλμη το 1961 [11]. Σήμερα υπό το όνομα και την επίβλεψη αυτής της εταιρίας αριθμούνται γύρω στα 20000 μέλη και μελετητές της επιστήμης σε 55 χώρες του κόσμου και η Εργονομία εμφανίζεται ως η επιστήμη που προσαρμόζεται για ανθρώπινη χρήση.

2. ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ

2.1 Το πρόβλημα

Ένα σύστημα παραγωγής απαιτεί το συνδυασμό και τη συνεργασία ανθρώπων, μηχανών και εξοπλισμού, προκειμένου να οδηγήσει στην παραγωγή προϊόντων [21]. Η εργονομία του χώρου εργασίας αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για την ασφαλή, γρήγορη και αποτελεσματική εκτέλεση των παραγωγικών διαδικασιών, στις οποίες η ανθρώπινη συμμετοχή και παρέμβαση είναι καθοριστική.

Η εργονομία ως επιστήμη αναφέρεται στην ανάλυση και στο σχεδιασμό των τεχνικών, διοικητικών και κοινωνικών συνθηκών εργασίας, με σκοπό την παροχή παραγωγικών και αποδοτικών εργασιών σε ασφαλείς και εύκολα διαχειριζόμενες συνθήκες. Απώτερος στόχος είναι η παροχή προτύπων σχετικά με το είδος των εργασιών, το περιβάλλον εργασίας, την αποζημίωση σε περίπτωση ατυχημάτων ή ασθενειών και τη συνεργασία, έτσι ώστε οι εργαζόμενοι να αποκτούν κίνητρα για διεύρυνση των ενεργειών τους και συναγωνισμό, όπως επίσης και να αναπτύσσουν και να διαφυλάσσουν την προσωπικότητά τους σε σχέση με τους υπολοίπους.

Ο εργονομικός σχεδιασμός αποτελεί τόσο επιθυμητή όσο και επιβαλλόμενη συνθήκη για την δημιουργία ενός νέου περιβάλλοντος, προϊόντος ή συστήματος, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί από ανθρώπους. Πως όμως σχεδιάζεται εργονομικά ένας χώρος εργασίας; Τι εργαλεία έχει στη διάθεση του ένας μηχανικός προκειμένου να σχεδιάσει ή να ελέγξει ένα περιβάλλον στο οποίο εργάζονται άνθρωποι εκτελώντας πολύπλοκες, και μερικές φορές επίπονες, διαδικασίες παραγωγής;

Με σκοπό την υποστήριξη του εργονομικού σχεδιασμού, έχουν πραγματοποιηθεί πολύχρονες πειραματικές μελέτες στους χώρους εργασίας και έχουν καταγραφεί σημαντικά αποτελέσματα που αφορούν [4][49][51]:

- στα όρια κίνησης κάθε άρθρωσης και μέλους του ανθρωπίνου σώματος και του εύρους του οπτικού πεδίου, με βάση ανθρωπομετρικά δεδομένα,
- σε ανάπτυξη μοντέλων, τα οποία προσδιορίζουν τα όρια φορτίου σε διαδικασίες ανύψωσης φορτίων και αφορούν τη στάση του σώματος κατά την εργασία (NIOSH, RULA),
- σε ανάπτυξη μοντέλων, τα οποία προσδιορίζουν τα όρια φορτίου σε διαδικασίες έλξης ή ώθησης ως προς τον άνθρωπο (SNOOK Pull/Push Analysis),
- σε ανάπτυξη μοντέλων, τα οποία προσδιορίζουν τα όρια της ενέργειας που πρέπει να καταναλώνει ένας άνθρωπος πραγματοποιώντας μια συγκεκριμένη εργασία σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα (GARG),
- σε κανόνες και αρχές σχετικά με το φωτισμό, τη σήμανση, τις αποχρώσεις, τους κραδασμούς, το θόρυβο, τη θερμοκρασία και την υγρασία στους χώρους εργασίας,
- σε κανόνες σχετικούς με το ωράριο, τους κύκλους εργασίας και ξεκούρασης,
- σε κανόνες σχεδιασμού προϊόντων (π.χ. Σχεδιασμός για Συναρμολόγηση-Design for Assembly) με σκοπό την ευκολία χειρισμού εξαρτημάτων από τους εργαζόμενους
- σε κανόνες σχεδιασμού χώρων εργασίας, κατοικιών, μεταφορικών μέσων, κ.ά.

Οι παραπάνω κανόνες θα πρέπει να τηρούνται προκειμένου ένα περιβάλλον εργασίας ή ένα προϊόν να πληρεί τις προϋποθέσεις εργονομίας.

Ένα άλλο θέμα όμως που γεννάται, έχει σχέση με τον τρόπο με τον οποίο είναι δυνατή η αξιολόγηση ενός χώρου εργασίας ή μιας παραγωγικής διαδικασίας από εργονομικής πλευράς, αφού είναι απαραίτητο όχι μόνο να σχεδιαστεί ένας χώρος ακολουθώντας βασικούς κανόνες αλλά να είναι δυνατή και η αξιολόγησή του.

Κατόπιν της σχετικής έρευνας της βιβλιογραφίας, δύο βασικές λύσεις έχουν προταθεί για την επίλυση του παραπάνω προβλήματος. Αυτές είναι:

- ο έλεγχος της εργονομίας μέσα από πειράματα σε πραγματικούς χώρους και με πραγματικά πρωτότυπα προϊόντων, στα οποία συμμετέχουν άνθρωποι με διαφορετικά ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, με σκοπό την επίλυση των εργονομικών μοντέλων που προαναφέρθηκαν και την αποκομιδή των σχετικών αποτελεσμάτων, και
- ο έλεγχος της εργονομίας με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και τεχνικών ψηφιακών ανθρωποειδών (mannequins), τα οποία αντικαθιστούν τον άνθρωπο μέσα σε ένα τρισδιάστατο συνθετικό περιβάλλον που προσομοιώνει το χώρο ή το προϊόν υπό μελέτη.

Και οι δύο λύσεις είναι δυνατόν να προσφέρουν πολύ καλά εργονομικά αποτελέσματα. Στην πρώτη περίπτωση, όμως, η εκτέλεση των πειραμάτων ενέχει αυξημένη επικινδυνότητα για τους εμπλεκόμενους και απαιτεί επίσης πολύ χρόνο και κόστος καθώς και χρήση εξοπλισμού και πραγματικών χώρων με ταυτόχρονη απασχόληση αρκετών εργαζομένων και μελετητών. Στη δεύτερη περίπτωση, τα ψηφιακά ανθρωποειδή προσεγγίζουν αρκετά την ανθρώπινη κίνηση, από την οποία όμως λείπουν η τυχειότητα του ανθρώπινου παράγοντα και τα ακριβή ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, δίνοντας έτσι στη συνέχεια προσεγγιστικά αποτελέσματα.

Το γεγονός αυτό αποτέλεσε το έναυσμα για την ερευνητική ενασχόληση στο θέμα του εργονομικού σχεδιασμού και ελέγχου παραγωγικών διαδικασιών, στις οποίες ο ανθρώπινος παράγοντας παίζει σημαντικό ρόλο.

2.2 Εργονομικός έλεγχος και σχεδιασμός παραγωγικών διαδικασιών

Η ικανότητα των ανθρώπων να εκτελέσουν την εργασία τους επηρεάζεται τόσο από το φυσικό σχεδιασμό όσο και από το είδος της εργασίας. Οι ψυχοφυσικές επιδράσεις του εργασιακού χώρου στην ανθρώπινη επίδοση καθώς και τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την βελτιστοποίηση του σχεδιασμού συστημάτων [3].

Πριν από κάθε παραγωγική διαδικασία είναι προφανές ότι είναι απαραίτητη μια συστηματική, περιλαμβάνουσα διαφορετικές αλλά δομημένες αρχές και στοιχειώδεις αλλά πρωταρχικούς κανόνες, προσέγγισή της. Η αφετηρία αυτής της προσέγγισης βρίσκεται στο στάδιο του σχεδιασμού και της ανάλυσης της εκάστοτε διαδικασίας ή του συστήματος και τερματίζεται όταν έχει επέλθει η τελική της μορφή και επιτευχθεί ο αρχικός της στόχος.

Τα κριτήρια, τα οποία θα καθορίσουν τον επιτυχή εργονομικό σχεδιασμό μιας διαδικασίας εξαρτώνται από τις περιστάσεις, δηλαδή το παραγόμενο προϊόν, τον τρόπο εκτέλεσης της εργασίας και τον εργασιακό χώρο και προσδιορίζονται από συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Παρακάτω παρατίθενται οι βασικές προϋποθέσεις, και είναι [2],[4] :

- Η λειτουργικότητα του τρόπου παραγωγής
- Η ποιότητα παραγωγής
- Η ευκολία χρήσης
- Η άνεση

- Η υγεία και ασφάλεια
- Οι ανθρώπινοι παράγοντες, και τέλος
- Η ποιότητα της εργασιακής ζωής.

Η διαδικασία ανάλυσης του προβλήματος, το οποίο συνήθως είναι η ανάλυση πολύπλοκων εργασιακών συστημάτων, έχει ως αφετηρία την αρχική δήλωση κάποιας ανάγκης. Η ανάλυση συστημάτων είναι ένα σημαντικό κομμάτι της επιστήμης της εργονομίας. Επικεντρώνεται στη μελέτη της δομής και λειτουργίας των διαφόρων εργασιακών συστημάτων και προτείνει τα μέσα με τα οποία μπορούν τα διάφορα, μικρά, σαφή και διακεκριμένα μέρη ενός απλοϊκού συστήματος να συνδυαστούν για την δημιουργία πολύπλοκων συστημάτων. Για το μετασχηματισμό μιας δύσκολης εργασίας σε περισσότερες αλλά απλές, υφίστανται κανόνες και βασικές αρχές στις οποίες θα στηριχθεί ο μηχανικός για την εκπλήρωση μιας πολύπλοκης σχεδιαστικής διαδικασίας. Ο τρόπος με τον οποίο ο σχεδιαστής θα χειριστεί την εργασία χρειάζεται [14]:

1. Ταυτόχρονη χρήση της ήδη υπάρχουσας γνώσης στον κόσμο και της προσωπικής γνώσης / εμπειρίας
2. Απλοποίηση της δομής των εργασιών
3. Ορατός και ακριβής ορισμός των πράξεων ώστε να επέλθει γεφύρωση του χάσματος ανάμεσα στην εκτέλεση και στην αποτίμηση
4. Σωστός υπολογισμός της σχεδίασης
5. Έρευνα της δύναμης των περιορισμών, τόσο των φυσικών όσο και των τεχνητών
6. Σχεδιασμός για σφάλμα
7. Τυποποίηση σε περίπτωση αποτυχίας όλων των παραπάνω.

Πρότερα αναφέρθηκαν κάποιες βασικές αρχές σύμφωνα με τις οποίες μια πολύπλοκη διαδικασία μπορεί να μετατραπεί σε διαδοχικές απλές, χωρίς όμως να έχει αναφερθεί στη διαδικασία ανάλυσης. Τα βήματα για πετυχημένη

ανάλυση και σωστό σχεδιασμό μιας διαδικασίας παραγωγής δίνουν ένα λεπτομερές και ταυτόχρονα σαφές και απλό μοντέλο. Οι δραστηριότητες που περιλαμβάνει ένα τέτοιο μοντέλο συνοψίζονται στις παρακάτω τέσσερις [15]:

1. Ανάλυση του προβλήματος.
2. Θεμελιώδης σχεδιασμός
3. Ενσωμάτωση σχεδίων και οργανωμένου πλάνου / πλαισίου ενεργειών
4. Λεπτομερής καταγραφή

Η ανάλυση του προβλήματος είναι ένα πολύ μικρό μέρος της όλης διεργασίας συνήθως αλλά ταυτόχρονα και πολύ σημαντικό. Διακρίνει τα στοιχεία και θέτει τις συνιστώσες που απαρτίζουν τους αρχικούς σκοπούς, τους περιορισμούς και τα κριτήρια για έναν περιεκτικό και ακριβή σχεδιασμό. Στα συστήματα παραγωγής οι συνιστώσες του συστήματος άνθρωπος και μηχανή είναι τα κύρια θέματα έρευνας και κατά συνέπεια η ανθρώπινη οντότητα ως εργαζόμενος ή χρήστης είναι ο πρωταρχικός στόχος ανάλυσης.

Τελικά, από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι δύο είναι οι σημαντικές πλευρές στην εργονομική ανάλυση των παραγωγικών διαδικασιών που αξίζουν ειδικής προσοχής: η ανάλυση της εργασίας και η δοκιμή του προϊόντος από το χρήστη. Κάθε καλή εργασία αρχίζει με μια καλή ανάλυση καθηκόντων και τελειώνει με την δοκιμή του προϊόντος από το χρήστη. Η ανάλυση της εργασίας είναι ένα μεθοδικό ή και ημιμεθοδικό εγχείρημα για να ορισθεί και να δηλωθεί η ακριβής εργασία που θα επιτελέσει ο χρήστης / διαχειριστής σε συνάρτηση με το προϊόν, σύστημα ή το περιβάλλον. Η δοκιμή από το χρήστη είναι μια πειραματική έρευνα κατά τη διάρκεια της οποίας ένα δείγμα από ανθρώπους δοκιμάζει μια πρωτότυπη έκδοση του προϊόντος κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Το τελικό συμπέρασμα είναι ότι σημαντικό ρόλο διαδραματίζει ο σχεδιασμός των παραγόντων και διαδικασιών οι οποίοι συμβάλλουν στην εργασία και το

παραγόμενο προϊόν. Αυτοί δεν είναι άλλοι από τον εργασιακό χώρο, την παραγωγή και το προϊόν φυσικά.

Για την ανάλυση και το σχεδιασμό των παραπάνω διαδικασιών είναι αναγκαία μια ανθρωποκεντρική προσέγγιση τους, αφού ο ανθρώπινος παράγοντας είναι ο κύριος αρωγός σε αυτές. Θεωρείται λοιπόν αναγκαία μια περιληπτική ανάλυση των στοιχείων τα οποία συνθέτουν την εικόνα κάθε παραγωγικής διαδικασίας σε συνάρτηση με τον άνθρωπο. Καταρχήν, αφού πυρήνας της ανάλυσης είναι ο άνθρωπος, είναι φανερό ότι ο σχεδιασμός μιας παραγωγικής διαδικασίας, και κυρίως του σχεδιασμού της παραγωγής και του προϊόντος, είναι επικεντρωμένος στο χρήστη ή διαχειριστή της εκάστοτε διαδικασίας, άρα ο σχεδιασμός αντιμετωπίζεται χρηστο-κεντρικά. Τέλος, αφού για τον σχεδιασμό μιας παραγωγικής διαδικασίας είναι απαραίτητη προϋπόθεση η γνώση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών του ανθρώπου, κατά συνέπεια είναι απαραίτητες στοιχειώδεις γνώσεις ανθρωπομετρίας για την εργονομική ανάλυση της, οι οποίες εφαρμόζονται στη φάση του σχεδιασμού της.

2.2.1 Χρηστο-κεντρικός σχεδιασμός

Παρατηρώντας τον κόσμο αρχίζει να γίνεται αντιληπτό ότι πολλά από τα χρηστικά αντικείμενα που υπάρχουν έχουν σχεδιασθεί με τρόπο τέτοιο ώστε να διευκολύνουν τη ζωή των ανθρώπων και κυρίως αυτά των οποίων η χρήση είναι τόσο εμφανής ώστε δεν γίνεται αντιληπτός ο ευφυής αλλά και ταυτόχρονα απλός σχεδιασμός τους. Είναι τα αντικείμενα των οποίων η χρήση γίνεται αντιληπτή με τις αισθήσεις χωρίς τη χρεία πρότερης γνώσης. Με μια γρήγορη επισκόπηση του εργασιακού χώρου για παράδειγμα βλέπει κανείς πόρτες, οι οποίες ανοίγουν μηχανικά χωρίς πρότερα να αναρωτηθεί για την κατεύθυνση ή το σημείο εφαρμογής της δύναμης, ανατομικές καρέκλες, και σίγουρα αν

διεκπεραιωθεί μια βαθύτερη και διεξοδικότερη επισκόπηση ανακαλύπτονται χιλιάδες τέτοια αντικείμενα.

Από την άλλη όλοι οι άνθρωποι έχουν ενεργήσει με εσφαλμένο τρόπο και αντιμετωπίσει προβλήματα με απλά καθημερινά μηχανικά ζητήματα. Συχνά, δρώντας κανείς αυτόματα, έλκει πόρτες που είναι σχεδιασμένες να ωθούνται και δεν μπορεί να προσαρμόσει το ανατομικό του κάθισμα κατάλληλα στην πλάτη. Και όλες αυτές τις φορές θεωρείται υπαίτιο το άτομο και αναρωτιέται πως ενώ μπορεί να θέσει σε λειτουργία πολύπλοκα μηχανήματα και να επιλύσει σύνθετα προβλήματα δεν δύναται να ανοίξει το κουτί του γάλακτος.

Τα δύο αυτά αντίθετα, συγκρουόμενα και αλληλοαναιρούμενα παραδείγματα καθημερινής ζωής έχουν την ίδια απαρχή, το τελικό χρήστη τους. Αντιμετωπίζουν την ικανοποιητική και απλή ή πλημμελή και ανέφικτη χρηστική δυνατότητα. Άρα το πρόβλημα τοποθετείται στον σχεδιασμό για τον χρήστη και η μελέτη ενός τέτοιου σχεδιασμού ονομάζεται χρηστο-κεντρικός σχεδιασμός.

Η εργονομική προσέγγιση στο σχεδιασμό παραγωγικών διαδικασιών μπορεί συχνά να συμπτυχθεί σε μια αρχή σχεδιασμού της οποίας εστία είναι πάντα ο χρήστης (*user-centered design*). Σύμφωνα με αυτή την αρχή όταν ένα αντικείμενο, ένα σύστημα ή κάποιο περιβάλλον προτείνεται για ανθρώπινη χρήση τότε ο σχεδιασμός του θα πρέπει να είναι βασισμένος στα φυσικά και πνευματικά χαρακτηριστικά των ανθρώπινων χρηστών του [2]. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να καθοριστούν έως το σημείο που ορίζονται από τις ερευνητικές μεθόδους των εμπειρικών επιστημών, και κυρίως της ανθρωπομετρίας, πάνω στον ανθρώπινο πληθυσμό και τις ιδιαιτερότητές του.

Η βάση της φιλοσοφίας του χρηστο-κεντρικού σχεδιασμού είναι η δημιουργία προϊόντων τα οποία θα ανταποκρίνονται στις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα του χρήστη στον οποίο αποβλέπουν δίδοντας ταυτόχρονα έμφαση στη δημιουργία προϊόντων χρησιμοποιήσιμων και κατανοήσιμων. Κατά συνέπεια είναι απαραίτητη μια εμπειριστατωμένη ανάλυση για τον ορισμό και τον καθορισμό των επακριβών αντιδράσεων του χρήστη / διαχειριστή με τα αντίστοιχα προϊόντα, συστήματα ή περιβάλλοντα. Αυτές, όπως ήδη έχει αναφερθεί, πρέπει να βρίσκονται σε συμφωνία με το επιθυμητό αποτέλεσμα στο τέλος της εργασίας ή χρήσης, καθορίζονται από τις φυσικές προσπάθειες που θα κάνει ο χρήστης και εξαρτώνται από διάφορους περιβαλλοντικούς και άλλους παράγοντες που ίσως συνεισφέρουν ή επενεργούν αρνητικά στη διαδικασία. Επομένως, ο μηχανικός που έχει αναλάβει ένα σχεδιασμό προϊόντος, αρμόζει να θεωρήσει το χρήστη κεντρικό στόχο και οφείλει στο σχεδιασμό του να [14]:

- Είναι εύκολο να καθοριστούν οι πιθανές λειτουργίες σε κάθε χρονική στιγμή
- Καθίστανται ορατοί και σαφείς οι προσδιορισμοί του συστήματος, περιλαμβανομένων του θεμελιώδους μοντέλου του συστήματος, των εναλλακτικών ενεργειών και των αποτελεσμάτων αυτών.
- Είναι εύκολη η αποτίμηση της τρέχουσας κατάστασης του συστήματος
- Ακολουθούνται φυσικές σχεδιάσεις ανάμεσα στις προθέσεις και στις απαιτούμενες πράξεις, ανάμεσα στις πράξεις και στα απορρέοντα αποτελέσματα, και ανάμεσα στην εμφανή πληροφορία και στην ερμηνεία της κατάστασης του συστήματος

Αναλυτικότερα ο μηχανικός έχει χρέος ο σχεδιασμός του να είναι απλός, ωφέλιμος και ολοκληρωμένος ώστε ο χρήστης να δύναται σίγουρα να καθορίσει τις σχέσεις και αλληλεπιδράσεις μεταξύ:

- προθέσεων και πιθανών επενεργειών
- ενεργειών και των επιδράσεων τους στο σύστημα

- της παρούσας κατάστασης του συστήματος και των ερεθισμάτων που λαμβάνονται από τις αισθήσεις, την όραση, τον ήχο και την αφή, και
- της αντιλαμβανόμενης κατάστασης του συστήματος και των αναγκών, των προθέσεων και των προβλέψεων του χρήστη.

Για να είναι δυνατές οι ανωτέρω αλληλεπιδράσεις και συγχρόνως να μειωθεί σημαντικά η πιθανότητα λανθασμένης χρήσης είναι αναγκαία η άρση περιορισμών και η ταυτόχρονη πρόβλεψη για σφάλμα. Με τη χρήση περιορισμών ο χρήστης αντιλαμβάνεται ότι μπορεί να εκτελέσει μια μόνο λειτουργία, την ενδεδειγμένη, και να ενεργήσει με ένα μόνο τρόπο, το σωστό φυσικά. Η πρόβλεψη για σφάλμα ανευρίσκει κάθε ενδεχόμενο λάθος το οποίο ίσως παρεισφρήσει. Η τέλεση κάποιου λάθους είναι ευχερής όταν ένας μηχανισμός ή κάποια λειτουργία έχει οριστεί ατελώς και υπό λανθασμένες συνθήκες.

Τέλος, όταν κάτι δεν μπορεί να σχεδιαστεί παρά μόνο με αυθαίρετα στοιχεία λόγω δυσχερειών, ο μόνος τρόπος που υπάρχει για την επίλυση του σχεδιαστικού προβλήματος είναι η τυποποίηση. Τυποποιώντας τις ενέργειες, τα αποτελέσματα, τις διατάξεις, ορίζοντας παρόμοιες πράξεις να αποδίδουν επιτυχώς με τον ίδιο τρόπο, τυποποιώντας το σύστημα, ή το πρόβλημα ή και δημιουργώντας πρότυπα διεθνή ή μη το πρόβλημα έχει λυθεί έως ένα βαθμό. Η διαδικασία, το πρόγραμμα και γενικά το παραγόμενο προϊόν, χρειάζεται να διδαχθεί μόνο μια φορά όσο απαιτητικό και να είναι. Με αυτό τον τρόπο ο χρήστης θα μάθει και θα καταφέρει να χρησιμοποιήσει σωστά το προϊόν.

Συνεπώς, όσον αφορά στο παραγόμενο προϊόν, μείζονα ρόλο στη διαδικασία της ανάλυσης, του σχεδιασμού και της παραγωγής, έχει ο μηχανικός. Η ευθύνη του απέναντι στο χρήστη είναι να επιβεβαιωθεί ότι ο χρήστης δύναται να καθορίσει τις προσπάθειες στην εκτελεστική πλευρά της πράξης και κατά

συνέπεια να γνωρίζει τι είναι πιθανό και πως οι πράξεις πρέπει να γίνονται. Εν συνεχεία οφείλει να είναι ορατά τα επιτεύγματα στην διαδικασία αποτίμησης των πράξεων ώστε ο χρήστης να μπορεί να βεβαιώσει εμφατικά την εν ισχύει τρέχουσα κατάσταση και να αντιληφθεί τα αποτελέσματα των διενεργειών.

Κατά τη χρηστο-κεντρική προσέγγιση στο σχεδιασμό και την ανάλυση μιας εργασίας η δοκιμή του τελικού προϊόντος από το χρήστη είναι ένα από τα βασικότερα τμήματα της ανάλυσης του σχεδιασμού και είναι η πειραματική έρευνα στην οποία ένα δείγμα ανθρώπων δοκιμάζει το πρωτότυπο προϊόν κάτω από συγκεκριμένες και ελεγχόμενες συνθήκες. Το δείγμα των ανθρώπων πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό του κοινού στο οποίο θα διοχετευθεί το προϊόν.

Για τον καθορισμό του σχεδιασμού είναι απαραίτητη η χρήση των φυσικών ιδιοτήτων των ατόμων, δηλαδή των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και των βιολογικών χρειών τους. Σήμερα, λόγω τις ανομοιομορφίας και της ευρύτητας του καταναλωτικού κοινού στο οποίο αποσκοπεί ο σχεδιασμός και το προϊόν, είναι αδήριτη και η ανάγκη καθορισμού των ψυχολογικών και κοινωνικών συμβολών της κοινωνικής ομάδας στην οποία απευθύνεται, καθώς και η μελέτη των εκ φύσεως σχέσεων και φυσικών περιορισμών του κόσμου. Το τελικό αποτέλεσμα θα είναι η δημιουργία προϊόντος του οποίου η λειτουργία θα είναι όσο το δυνατόν πιο απλή χωρίς χρεία περιγραφών και προσδιορισμών.

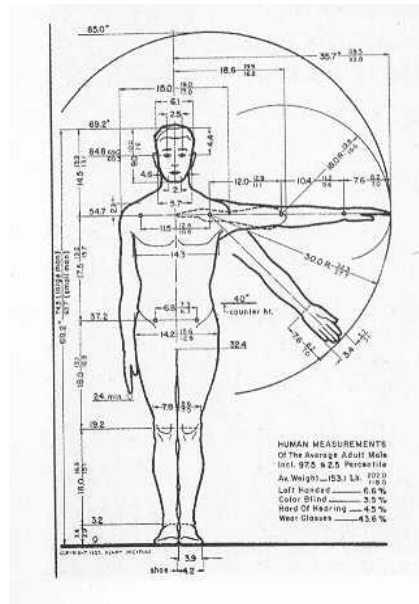
2.2.2 Ανθρωπομετρία

Ανθρωπομετρία είναι η συστηματική συλλογή και συσχέτιση των διαστάσεων του ανθρωπίνου σώματος, δηλαδή είναι μια τεχνική μετρήσεως των μελών του ανθρωπίνου σώματος και η μελέτη των μεταξύ τους αναλογιών καθώς και κάποιων άλλων φυσικών χαρακτηριστικών όπως όγκοι και κέντρα βαρύτητας [2],[3].

Ως έννοια η ανθρωπομετρία, γεννήθηκε στα τέλη του δεκάτου ενάτου αιώνα από επιστήμονες κοινωνιολογίας, οι οποίοι προσπάθησαν να αποτιμήσουν τις φυσικές διαφορές ανάμεσα στις φυλετικές ομάδες και επιχείρησαν να επαληθεύσουν τις αρχές των πεποιθήσεων τους για εγκληματικούς φυσικούς τύπους ανθρώπων. Για το λόγο αυτό δεν χρησιμοποιήθηκε ως παράγοντας στη φάση σχεδιασμού έως το 1920, χρονολογία που Σκανδιναβοί σχεδιαστές αρχίζουν να χρησιμοποιούν ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά για το σχεδιασμό καθημερινών χρηστικών αντικειμένων [16]. Όπως και με την εργονομία, η ραγδαία ανάπτυξη της επιστήμης της ανθρωπομετρίας αρχίζει μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο οπότε και έγιναν οι πρώτες καταγραφές ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών για ένα μεγάλο πληθυσμιακό μέρος.

Το πρώτο κοινά αποδεκτό ανθρωπομετρικό μοντέλο που αναπτύχθηκε ήταν από τον Dreyfuss το 1955, ο οποίος συνηγόρησε στην επιστημονική ανάπτυξη και μελέτη τόσο του πεδίου της ανθρωπομετρίας όσο και του κοντινού και αλληλένδετου πεδίου της εργονομίας. Αυτό ήταν ο μέσος άνδρας και η μέση γυναίκα, Joe και Josephine, όπως τους ονόμασε ο σχεδιαστής τους. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το κλασσικό ανθρωπομετρικό μοντέλο *Joe*, του Dreyfuss (Σχήμα 2.1).

Στο ανθρωπομετρικό αυτό μοντέλο, όπως και σε κάθε άλλο, υπάρχει πλήθος μέσων διαστάσεων ανάμεσα στα φυσικά όρια του ανθρώπινου σώματος όπως είναι οι αποστάσεις ανάμεσα στο στήθος και τον ώμο, στο γόνατο και τον αστράγαλο. Αργότερα με την ανάπτυξη της επιστήμης προστέθηκαν και οι γωνίες κλίσης και στρέψης των μελών.

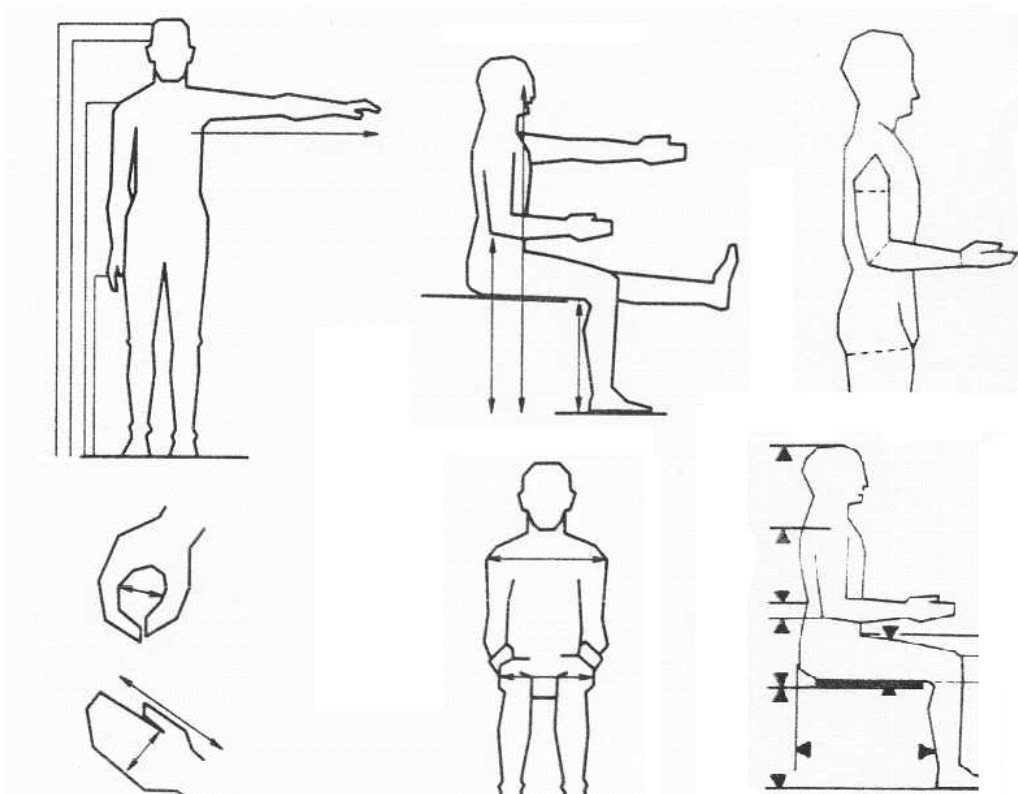


Σχήμα 2.1: Το ανθρωπομετρικό μοντέλο Joe [17]

Από τη δεκαετία του πενήντα έως σήμερα έχουν καταμετρηθεί και κατηγοριοποιηθεί οι διαστάσεις διαφόρων τύπων ανθρώπων σε συνάρτηση με το φύλο, τη φυλή και την ηλικία. Τα ανθρωπομετρικά δεδομένα, τα οποία χρησιμοποιούνται σήμερα για την ανάπτυξη προϊόντων και εφαρμογών έχουν τυποποιηθεί από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης, ISO (*International Organization for Standardization*) [18]. Έχουν πινακοποιηθεί βάση του πληθυσμού στον οποίο αναφέρονται για εκατοστιαία ποσοστά 5% και 95% τόσο για γυναίκες όσο και για άνδρες, όπου το 5% σημαίνει ότι το 5% του πληθυσμού είναι μικρότερο από τη διάσταση που δίνεται στον πίνακα ενώ το 95% σημαίνει ότι το 95% του πληθυσμού είναι μικρότερο από τη διάσταση που δίνεται.

Οι πίνακες περιλαμβάνουν τις μετρήσεις για ανάστημα, ύψος ματιού, αγκώνα, ακροδαχτύλου, για καθισμένο άτομο το ύψος, το ύψος του ματιού, το ύψος για ανάπαυση του αγκώνα, το ύψος του πίσω μέρους του γονάτου, την απόσταση γλουτού με γόνατο, το εύρος του γοφού, τις αποστάσεις ανάμεσα σε αγκώνα και ώμο, σε αγκώνα και παλάμη, τις γωνίες περιστροφής των ώμων, χεριών,

ποδιών, ματιών και αρκετές ακόμα. Στο παρακάτω σχήμα παριστάνονται συνήθεις ανθρωπομετρικές διαστάσεις (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2: Συνήθεις ανθρωπομετρικές διαστάσεις [3]

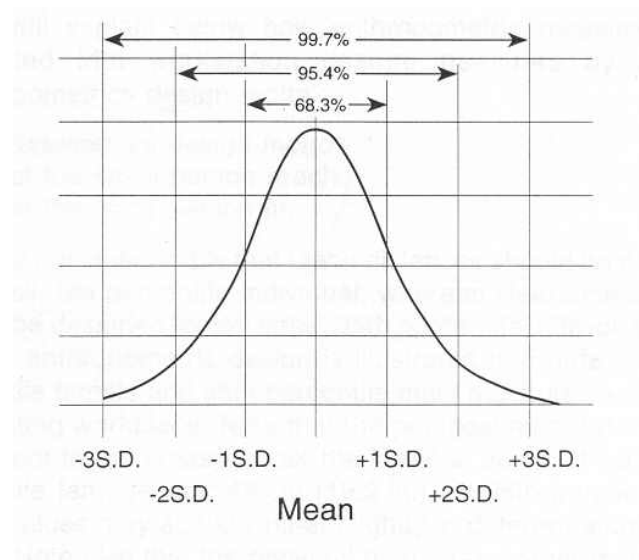
Ο τρόπος με τον οποίο βρίσκονται κατανομημένα σε πίνακες τα ανθρωπομετρικά δεδομένα εξαρτάται από δύο παραμέτρους κλειδιά για την κανονική κατανομή και είναι η μέση και η τυπική απόκλιση. Η μέση απόκλιση είναι η μέτρηση του μέσου όρου των μετρήσεων ενώ η τυπική απόκλιση είναι ένα μέτρο του βαθμού της διασποράς σε κανονική κατανομή. Ο συνήθης τρόπος με τον οποίο εκφράζονται τα ανθρωπομετρικά δεδομένα είναι εκατοστοποιώντας τα. Οι πιο συνηθισμένες εκατοστιαίες κατανομές είναι 5%, 50% και 95%.

Τι σημαίνει κάθε κατανομή εξηγείται στον παρακάτω πίνακα:

Εκατοστιαία Ποσοστά	Περιγραφή
5%	Το 5% του πληθυσμού είναι μικρότερο της ανθρωπομετρικής διάστασης που δίνεται (από πίνακες ανθρωπομετρικών δεδομένων)
50%	Η μέση τιμή (το μισό του πληθυσμού είναι μικρότερο της ανθρωπομετρικής διάστασης που δίνεται)
95%	Το 95% του πληθυσμού είναι μικρότερο της ανθρωπομετρικής διάστασης

Πίνακας 2.1: Επεξήγηση εκατοστιαίων κατανομών [4]

Με τη γνώση της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης είναι δυνατός ο υπολογισμός κάθε εκατοστιαίας τιμής. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2.3) παρουσιάζεται μια κανονική κατανομή ανθρωπομετρικών διαστάσεων σε σχέση με τη μέση τιμή (mean).



Σχήμα 2.3: Κανονική κατανομή ανθρωπομετρικών δεδομένων [15]

Όπως είναι αναμενόμενο οι φυσικές αποκλίσεις των ανθρώπινων πληθυσμών έχουν επιπτώσεις στον τρόπο με τον οποίο όλα σχεδόν τα προϊόντα και οι συσκευές κατασκευάζονται. Τα ανθρωπομετρικά δεδομένα χρησιμοποιούνται

για τον αρχικό σχεδιασμό καθώς και τη βελτιστοποίηση των διαστάσεων διαφόρων αντικειμένων και η κοινή διαδικασία είναι ο σχεδιασμός για ένα πληθυσμιακό πεδίο που βρίσκεται στο 5% έως το 95%. Για το σχεδιασμό γενικών αντικειμένων και χώρων το 5% είναι για τις ανθρωπομετρικές διαστάσεις των γυναικών και το 95% για τις αντίστοιχες των ανδρών, εφόσον οι γυναίκες είναι συνήθως πιο μικρόσωμες από τους άνδρες.

Στην τελευταία δεκαετία τα ανθρωπομετρικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν ευρέως στον προγραμματισμένο σχεδιασμό για την απλούστευση συχνών, πολύπλοκων, σχεδιαστικών, γεωμετρικών προβλημάτων. Αυτή ήταν η απαρχή της δημιουργίας και εν συνεχεία ανάπτυξης εικονικών ανθρωπίνων μοντέλων (3D models/mannequins) και λογισμικών εργαλείων τα οποία χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιοχές σχεδιασμού από τις μεταφορές και τον εξοπλισμό έως τις τηλεπικοινωνίες.

2.3 Σχεδιασμός εργασιακού χώρου

Η γενική φιλοσοφία της εργονομίας όσον αφορά στο σχεδιασμό και στη διάταξη του συγκεκριμένου χώρου είναι η δημιουργία εργασιακών χώρων άνετων, βολικών, κατάλληλων και παραγωγικών για την εργασία σε αυτούς.

Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι υπάρχουν χωρίς αμφιβολία περιστάσεις κάτω από τις οποίες εργονομικές βελτιώσεις είναι δυνατές και με την εισαγωγή τους στον τομέα της εργασιακής υγείας, ασφάλειας και ποιότητας έχουν θετικές αποπληρωμές στο τέλος της διαδικασίας παραγωγής και αντίστροφα. Σε πολλές βιομηχανίες η εργονομία χρησιμοποιείται πρωταρχικά ως ένα μέσο για τη μείωση υψηλών βαθμών τραυματών και βλαβών καθώς και τη μείωση των υψηλών ασφάλιστρων. Για παράδειγμα στις ΗΠΑ τα ασφάλιστρα φτάνουν συχνά σε απολαβές της τάξης του ενός έκτου του μισθού. Προσκομίζονται

λόγω των πολλών τραυμάτων και κακώσεων της πλάτης από την μεταφορά και μετακίνηση αντικειμένων αλλά και για τις συχνές κακώσεις στα χέρια, στους καρπούς, στο λαιμό και στον αυχένα από τη στάση της εργασίας, πράγμα που οφείλεται σε λανθασμένο εργονομικό σχεδιασμό κυρίως του χώρου αλλά και του τρόπου εργασίας.

Με τον όρο εργασιακός χώρος εννοούνται οι τριών διαστάσεων χώροι εντός των οποίων παράγεται έργο είτε για βιοποριστικούς είτε για ψυχαγωγικούς σκοπούς [18]. Τυπικά λοιπόν συμπεραίνει κανείς ότι γίνεται αναφορά στους χώρους εντός των οποίων χρησιμοποιούνται τα χέρια και ενίοτε τα πόδια για παραγωγή εργασίας. Σε απλά εργασιακά συστήματα, ο εργασιακός χώρος μπορεί απλώς να είναι ο χώρος στον οποίο παράγεται έργο οποιαδήποτε στιγμή καθώς το ανθρώπινο όν μετακινείται από τη μια τοποθεσία στην άλλη [19].

Σε περιπλοκότερα εργασιακά συστήματα, οι εργασιακοί χώροι παραμένουν αμετάβλητοι συνεπώς εισάγονται σχεδιαστικές απαιτήσεις για τον προσδιορισμό των διαστάσεων του εργασιακού χώρου, την εργονομική διάταξη και την κατάλληλη επιλογή του εξοπλισμού. Για την ορθολογική οργάνωση και το σχεδιασμό εργασιακών χώρων απαιτείται η προσεκτική και λεπτομερής μελέτη των διαστάσεων των μηχανημάτων, των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών των εργαζομένων ως και των απαιτούμενων δραστηριοτήτων τόσο της μηχανής όσο και του εργαζομένου για την αποπεράτωση της αποστολής. Αυτή σε συνδυασμό με την κοινή λογική του μηχανικού, μετατρέπει κατάλληλα το χώρο στον οποίο επιτελείται κάποια εργασία και προσδίδει ευρυθμία στις επενέργειες του σώματος και του πνεύματος του εργαζομένου.

Ο εργασιακός χώρος χρειάζεται προσεγμένο σχεδιασμό ώστε να αποφεύγονται σωματικά προβλήματα όπως είναι οι πόνοι και οι κακώσεις λόγω στάσης, θέσης

ή και τρόπου εργασίας. Κακώσεις εμφανίζονται κυρίως στην πλάτη και στον αυχένα λόγω στάσης εργασίας ή εξαιτίας χρήσης βαριών αντικειμένων και λανθασμένου τρόπου χειρισμού, μυϊκοί πόνοι και κυκλοφοριακά προβλήματα εμφανίζονται στα χέρια και στα πόδια λόγω αμετάβλητης κουραστικής στάσης ή λόγω επίπονων κινήσεων.

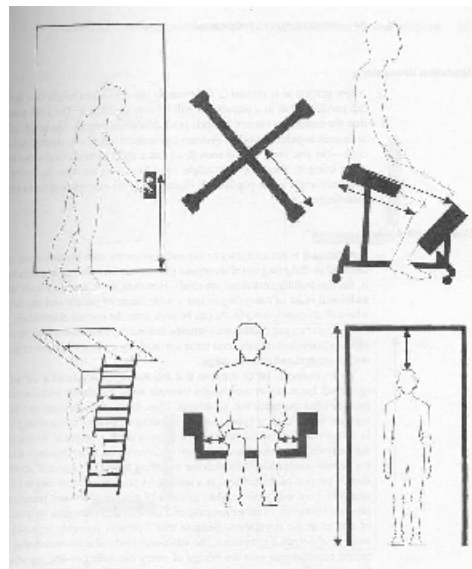
Δεν έχουν αναφερθεί ακόμα οι επιπτώσεις του εργασιακού χώρου στην ψυχολογία και τον ψυχισμό του εργαζόμενου και στον τρόπο με τον οποίο αυτές επηρεάζουν την απόδοση του. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη δυσκολία προσδιορισμού των ψυχολογικών και συναισθηματικών παραγόντων που σχετίζονται με το εργασιακό περιβάλλον και επηρεάζουν την εργασία. Γενικά εύκολα απορρέει ότι ένας γκρίζος και θλιβερός, μονότονος και θορυβώδης εργασιακός χώρος μόνο αισθήματα ευδαιμονίας και ευαρέσκειας δεν προκαλεί, και άμεση συνέπεια είναι η μείωση της παραγωγικότητας και της απόδοσης.

Στην περαιτέρω ανάλυση για την εργονομία του εργασιακού χώρου δεν θα είναι αντικείμενο μελέτης οι ψυχολογικές όψεις του προβλήματος, οι οποίες δεν είναι αντικείμενο της εργονομίας, αν και το ιδεατό θα ήταν να σχεδιαστεί ο χώρος στον οποίο επιτελείται κάποια εργασία ώστε να προσδίδεται ευρυθμία στις επενέργειες του σώματος και του πνεύματος του εργαζομένου. Τελικά η εργονομική ανάλυση και ο σχεδιασμός του εργασιακού χώρου θα περιοριστεί στη μελέτη σε συνάρτηση μόνο των σωματικών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων του ανθρώπου.

Οι χώροι στους οποίους οι άνθρωποι εργάζονται είναι ποικιλόμορφοι. Εργασιακοί χώροι είναι τόσο τα γραφεία όσο και τα εργοστάσια, οι τεράστιοι αγροί αλλά και οι στενοί σωλήνες και θάλαμοι. Και όλοι αυτοί είναι σχεδιασμένοι, ή τουλάχιστον θα έπρεπε να είναι, για όλους τους πιθανούς τύπους ανθρώπων που τους χρησιμοποιούν. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται εργασιακοί χώροι και οι διαστάσεις που πρέπει να ληφθούν

υπόψη στο σχεδιασμό τους (Σχήμα 4). Παρατηρείται λοιπόν ότι αντιμετωπίζεται ποικιλία χώρων με μεγάλες και σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις διαστάσεις, τις μορφές και τις λειτουργίες τους, οι οποίοι θα πρέπει να προσαρμοστούν στους εκάστοτε χειριστές τους. Εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι το περιβάλλον στο οποίο εργάζεται κάποιο άτομο το επηρεάζει. Επηρεάζει τόσο την σωματική όσο και την ψυχική του υγεία και απόδοση.

Για να λυθεί αποτελεσματικά ένα πρόβλημα σχετιζόμενο με εργασιακούς χώρους ο μηχανικός που θα μελετήσει την εργονομία του χώρου θα πρέπει να είναι ικανός να αναγνωρίζει τους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την εργασία και σχετίζονται με τους εργασιακούς χώρους, να αναλύει ένα ποικίλο πλήθος προβλημάτων και τελικά να προτείνει επιστημονικά τεκμηριωμένες λύσεις. Σκοπός του είναι να προσδιορίσει τους τρόπους με τους οποίους θα σχεδιαστούν οι εργασιακοί χώροι ώστε να προσαρμόζονται στις φυσικές διαστάσεις και ανάγκες των ανθρώπων.



Σχήμα 2.4 : Εργασιακοί χώροι και οι διαστάσεις που παίζουν των κύριο ρόλο στο σχεδιασμό τους

Οι παράγοντες του εργασιακού περιβάλλοντος που επηρεάζουν την εργασία μπορεί να είναι εσωτερικοί ή εξωτερικοί. Οι εσωτερικοί παράγοντες σχετίζονται με την ψυχολογία του εργαζομένου και δεν θα εξεταστούν. Οι εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αποστολή της εργασίας και που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό εργασιακών χώρων σχετίζονται με το σχεδιασμό του χώρου, τη θέση κάθε αντικειμένου μέσα σε αυτόν και το τοπικό περιβάλλον. Σε γενικές γραμμές είναι [3]:

- Οι απαιτούμενες αποστάσεις για να μπορέσει ένα άτομο να φτάσει κάποιο αντικείμενο
- Οι αναγκαίες και απαιτούμενες αποστάσεις μεταξύ δύο αντικειμένων
- Ο ελάχιστος απαιτούμενος χώρος για να κινηθεί ένα άτομο στην περιοχή εργασίας
- Ο ελάχιστος απαιτούμενος χώρος για να εκτελέσει μια εργασία σε καθορισμένη εντός ορίων περιοχή και
- Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες
 - § Ο θόρυβος
 - § Ο φωτισμός
 - § Οι κραδασμοί
 - § Οι κλιματολογικές συνθήκες (υγρασία, θερμοκρασία, ρύπανση)

Όποτε είναι δυνατό, εργασίες οι οποίες απαιτούν τα άτομα να στέκονται όρθια για παρατεταμένες περιόδους χωρίς κάποια εξωτερική μορφή βοήθειας ή στήριξης θα πρέπει να επανασχεδιάζονται έτσι ώστε να επιτρέπουν στην εργασία να γίνεται με συνδυασμό όρθιων και καθιστών θέσεων [3]. Άμεσα προκύπτουν και οι βασικές αρχές (ορθολογικής) διάταξης εργασιακού χώρου, οι οποίες και σχετίζονται με τους εξωτερικούς παράγοντες που επηρεάζουν την διεκπεραίωση μιας εργασίας και οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό. Οι αρχές αυτές στηρίζονται στην κοινή λογική και είναι εφαρμόσιμες σε μια μεγάλη κατηγορία σχεδιαστικών προβλημάτων. Οι αρχές

ορθολογικές διάταξης ασχολούνται με τη ιεραρχία της τοποθέτησης αντικειμένων στον χώρο, με απλά λόγια με το τι θα τοποθετηθεί που, και είναι [2]:

- Η Αρχή Σπουδαιότητας – τα πιο σημαντικά αντικείμενα θα πρέπει να βρίσκονται στις πιο προσιτές τοποθεσίες
- Η Αρχή Συχνότητας Χρήσης – τα συχνότερα χρησιμοποιούμενα αντικείμενα θα πρέπει να βρίσκονται στις πιο προσιτές τοποθεσίες
- Η Αρχή Λειτουργίας – αντικείμενα με παρόμοιες λειτουργίες θα πρέπει να ομαδοποιούνται μαζί
- Η Αρχή Ακολουθίας Χρήσης – τα αντικείμενα τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως σε σειρά θα πρέπει να σχεδιάζονται λεπτομερώς στην ίδια σειρά.

Στηριζόμενοι στους πρωταρχικούς παράγοντες και αρχές διάταξης ενός εργασιακού χώρου και χρησιμοποιώντας ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και την εμβιομηχανική (biomechanics) επιστήμη, οι μηχανικοί εργονομίας έχουν καταλήξει στις αρχές σχεδιασμού εργασιακών χώρων. Οι αρχές αυτές ισχύουν για κάθε εργασιακό χώρο και έχουν χωριστεί ανάλογα με την εργασία που διεκπεραιώνεται. Αυτές είναι οι:

1. Γενικές Αρχές Σχεδιασμού Εργασιακού Χώρου
2. Αρχές Σχεδιασμού Εργασιακού Χώρου για Επαναληπτικές Εργασίες με τα Χέρια και τους Καρπούς
3. Αρχές Σχεδιασμού Εργασιακού Χώρου για Ανυψωτικές και Καθοδικές Εργασίες
4. Αρχές Σχεδιασμού Εργασιακού Χώρου για Ωθήσεις και Έλξεις Αντικειμένων, και τις
5. Αρχές Σχεδιασμού Εργασιακού Χώρου για Μεταφορά Αντικειμένων

Κάθε μια από αυτές αναλύεται σε μικρά, απλά τμήματα τα οποία είναι εύκολο να προσδιοριστούν χρησιμοποιώντας ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και δίνονται αμέσως παρακάτω [20] .

1. Γενικές Αρχές Σχεδιασμού Εργασιακού Χώρου

- Ο εργασιακός χώρος θα πρέπει να είναι ρυθμιζόμενος ώστε να καθίσταται δυνατό τόσο σε μεγάλσωμα όσο και σε μικρόσωμα άτομα να ταιριάζουν άνετα σε αυτόν και να είναι προσιτά τα υλικά / αντικείμενα.
- Όλα τα υλικά και εργαλεία θα πρέπει να τοποθετούνται μπροστά στον εργαζόμενο ώστε να μειωθούν οι ελιγμοί. Απαραίτητη είναι η πρόβλεψη αρκετού εργασιακού χώρου ώστε να είναι δυνατή η ολική περιστροφή του σώματος.
- Ο εργασιακός χώρος θα πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να αποφεύγονται στατικά φορτία, αμετάβλητες θέσεις εργασίας, και εργασιακές απαιτήσεις στις οποίες οι διαχειριστές / εργαζόμενοι θα πρέπει συχνά ή για μεγάλες περιόδους να
 - κλίνουν το σώμα τους μπροστά ή στο πλάι
 - να διατηρούν κάποιο άκρο του σώματος εκτεταμένο
 - να γέρνουν το κεφάλι μπροστά περισσότερο από 15 μοίρες ή
 - να βαστάνε το βάρος ολόκληρου του σώματος στο ένα πόδι.
- Η τοποθέτηση της επιφάνειας εργασίας να είναι στο ύψος των αγκώνων για εργασίες που περιέχουν λεπτές οπτικές λεπτομέρειες και κάτω από το ύψος των αγκώνων για εργασίες οι οποίες απαιτούν δυνάμεις με φορά προς τα κάτω και έντονη φυσική προσπάθεια.
- Προβλεπόμενα καθίσματα ρυθμιζόμενα και κατάλληλα σχεδιασμένα με βάση τα ακολουθούμενα χαρακτηριστικά:
 - Ρυθμιζόμενο ύψος καθίσματος

- Ρυθμιζόμενη πάνω και κάτω βάση πλάτης, συμπεριλαμβανόμενης και οσφυϊκής (χαμηλότερης πλάτης) υποστήριξης
- Υλικά τα οποία δεν θα συμπιέζονται περισσότερο από 2,5 εκατοστά υπό το βάρος ενός καθισμένου ανθρώπου, και
- Καθίσματα τα οποία θα βρίσκονται πάντα σταθερά στο πάτωμα (βάση με πέντε σκέλη)
- Επιτρεπόμενη εναλλαγή ανάμεσα σε καθιστές και όρθιες θέσεις των εργαζομένων, με δική τους σύνεση. Πρόβλεψη χαλιών ή άλλων κατάλληλων επιφανειών για παρατεταμένη ορθοστασία.
- Υποστηρίξεις για τα άκρα του σώματος: Πρόβλεψη στηριγμάτων για τους αγκώνες, τους καρπούς, τα πόδια και την πλάτη όπου χρειάζονται και είναι εφικτά για τους εργαζόμενους.
- Χρήση της βαρύτητας για μετακινήσεις αντικειμένων.
- Σχεδιασμός εργασιακού χώρου ώστε οι κινήσεις των χεριών να είναι συνεχείς και κυρτές. Αποφυγή καθέτων και ευθειών γραμμών, που προκαλούν ξαφνικές, απότομες κινήσεις των χεριών.
- Σχεδιασμός του χώρου έτσι ώστε οι κινήσεις να γίνονται με άξονα τους καρπούς αντί με από τους ώμους για να αποφεύγονται εντάσεις και πιέσεις στους ώμους, στον αυχένα και στην άνω πλάτη.
- Σχεδιασμός της πρωταρχικής περιοχής εργασίας ώστε οι κινήσεις ή επεκτάσεις των χεριών που είναι μεγαλύτερες από 38 εκατοστά να ελαχιστοποιούνται.
- Πρόβλεψη ταμπλό και οθονών οι οποίες θα είναι απλές, λογικές και εύκολες στην κατανόηση, στην αντίληψη και στην εκτέλεση.
- Απόκλιση ή ελαχιστοποίηση των αποτελεσμάτων των ανεπιθύμητων περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως είναι ο υπερβολικός θόρυβος, η ζέστη, η υγρασία, το κρύο, ο φτωχός φωτισμός και η ρύπανση

2. *Αρχές Σχεδιασμού Εργασιακού Χώρου για Επαναληπτικές Εργασίες με τα Χέρια και τους Καρπούς*

- Μείωση των αριθμό επαναλήψεων ανά αλλαγή θέσης. Όπου είναι δυνατό, αντικατάσταση με πλήρως αυτόματα ή ημι-αυτόματα συστήματα.
- Διατήρηση όπου είναι εφικτό ουδέτερων θέσεων των καρπών:
 - Σχεδιασμός αποστολών και επιλογή εργαλείων ώστε να μειώνονται ακραίες κάμψεις ή αποκλίσεις των καρπών.
 - Απόκλιση εσωτερικών ή εξωτερικών περιστροφών του αντιβραχιονίου (πήχη του χεριού) όταν ο καρπός είναι κυρτός ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι στροφές του αγκώνα.
 - Ελαχιστοποίηση των κραδασμών
- Μείωση της ασκούμενης δύναμης από τους καρπούς και τα χέρια:
 - Όπου είναι δυνατό μείωση του βάρους και του μεγέθους των αντικειμένων που πρέπει να μεταχειρίζονται και να κατευθύνονται με τα χέρια επανειλημμένα.
 - Αποφυγή χρήσης εργαλείων τα οποία δημιουργούν πιέσεις στην βάση της παλάμης με αποτέλεσμα την φραγή της ροής του αίματος και εμπόδιση της λειτουργίας των νεύρων.
 - Αποφυγή επαναλαμβανόμενων βίαιων χτυπημάτων με την βάση της παλάμης.
 - Αποφυγή επαναληπτικών, ισχυρών πιέσεων με τις άκρες των δαχτύλων.
- Σχεδιασμός αποστολών ώστε δυνάμεις σχεδόν ίσες με τη σφίξη του τσιμπήματος των δαχτύλων να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το πιάσιμο υλικών.
- Αποφυγή προεκτάσεων των άκρων μεγαλύτερων των 38 εκατοστών μπροστά από το σώμα για τα υλικά.

- Αποφυγή εκτάσεως του χεριού πάνω από το ύψος των ώμων, κάτω από το επίπεδο της μέσης, ή πίσω από το σώμα για την μείωση στους ώμους.
- Αποφυγή επαναληπτικών εργασιών οι οποίες απαιτούν πλήρη προέκταση του χεριού.
- Μέριμνα για υποστηρικτικά τεχνάσματα όπου επικίνδυνες σωματικές στάσεις θα πρέπει να διατηρηθούν. Χρήση υποστηρίξεων για την βοήθεια και ανακούφιση επίπονων θέσεων των χεριών και των βραχιόνων.
- Επιλογή αποτελεσματικών εργαλείων και εξοπλισμού με χαρακτηριστικά σχεδιασμένα για τον έλεγχο ή τον περιορισμό της μετάδοσης κραδασμών και ταλαντώσεων στα χέρια, ή εναλλακτικός σχεδιασμός εργασιακών μεθόδων οι οποίες θα μειώνουν το χρόνο ή την ανάγκη να κρατάει κάποιος παλλόμενα εργαλεία.
- Μέριμνα για την προστασία των χεριών εάν το περιβάλλον εργασίας είναι κρύο. Επιλογή διαφόρων μεγεθών γαντιών και ευαισθητοποίηση των χρηστών σε προβλήματα με την ισχυροποίηση του εκτενούς πιασίματος όταν φωρούνται.
- Επιλογή και χρήση κατάλληλα σχεδιασμένων εργαλείων για χέρια.

3. *Αρχές Σχεδιασμού Εργασιακού Χώρου για Ανοψωτικές και Καθοδικές Εργασίες*

- Βελτιστοποίηση της ροής των υλικών μέσα στον εργασιακό χώρο
 - Μείωση της χειροκίνητη ανύψωσης αντικειμένων στο ελάχιστο
 - Εγκατάσταση επαρκών διευκολύνσεων για την υποδοχή, την αποθήκευση και τη φόρτωση.
 - Διατηρώντας ικανοποιητικές αποστάσεις μεταξύ των διαδρόμων και των περιοχών πρόσβασης.
- Απόκλιση της ανάγκης για χειροκίνητη ανύψωση ή κάθοδο

- Αύξηση του βάρους σε σημείο το οποίο θα πρέπει να στηριχθεί μηχανικά
- Τοποθέτηση των πρώτων υλών και προϊόντων σε παλέτες μεταφοράς
- Χρήση αρχικών μονάδων φορτίου (χειρισμός μεγάλων σωμάτων ή ακατέργαστων υλικών σε μεγάλα κουτιά αποθήκευσης ή κλωβούς μεταφοράς)
- Μείωση του βάρους του αντικειμένου
 - Μείωση του βάρους και της χωρητικότητας του κλωβού μεταφοράς,
 - Μείωση του βάρους του κλωβού
 - Ελάττωση της ποσότητας ανά κλωβό των αποθεμάτων
- Μείωση της απόστασης των χεριών από το σώμα
 - Αλλαγή του σχήματος του αντικειμένου ή του κλωβού ώστε να είναι προσιτή η συγκράτηση του πλησιέστερα στο σώμα
 - Πρόνοια για λαβές ή χερούλια ώστε να καθίσταται δυνατό το κοντινότερο κράτημα του φορτιού στο σώμα
- Μετατροπή των ανυψωτικών, μεταφορικών και καθοδικών κινήσεων φορτίων με ωθήσεις ή έλξεις, εξασφαλίζοντας
 - Ταινίες μεταφοράς αντικειμένων
 - Κυλιόμενους πίνακες
 - Καροτσάκια χεριών
 - Μικρά χειροκίνητα οχήματα τεσσάρων τροχών

4. Αρχές Σχεδιασμού Εργασιακού Χώρου για Ωθήσεις και Έλξεις Αντικειμένων

- Απόκλιση της ανάγκης ωθήσεων ή έλξεων με χρήση των παρακάτω μηχανικών βοηθημάτων, όπου είναι εφαρμόσιμα:

- Ταινίες μεταφοράς αντικειμένων (αυτοκινούμενες ή μη)
- Αυτοκινούμενα βαγόνια φορτίου
- Ανυψωτήρες
- Ολισθητήρες για την πτώση
- Μείωση της απαιτούμενης δύναμης για ώθηση ή έλξη
 - Μείωση της πλευράς και/ ή του βάρους του φορτίου
 - Χρήση πλατφόρμών και μικρών οχημάτων τεσσάρων τροχών
 - Χρήση μηχανοκίνητων ταινιών μεταφοράς
- Επιβεβαίωση ότι οι τροχοί και οι τροχοί μετακίνησης επίπλων στα χειροκίνητα βαγόνια ή πλατφόρμες έχουν
 - Περιοδική λίπανση των κουζινέτων
 - Ικανοποιητική συντήρηση
 - Κατάλληλη μέγεθος (εξασφάλιση μεγαλύτερης διαμέτρου τροχών και ροδών)
- Συντήρηση των δαπέδων για τον περιορισμό οπών καθώς και απότομων προεξοχών της επιφάνειας
- Απαίτηση επιφανειακής φροντίδας των δαπέδων για την μείωση τριβών
- Μείωση της απόστασης ώθησης ή έλξης
- Μετακίνηση των περιοχών λήψεως, αποθηκεύσεως, παραγωγής ή φορτώσεως πλησιέστερα στην περιοχή παραγωγής
- Βελτίωση της διαδικασίας παραγωγής ώστε να εξαλειφθούν άσκοπα χειριστικά βήματα υλικών
- Βελτιστοποίηση της τεχνικής των ωθήσεων και των έλξεων
 - Εξασφάλιση μεταβλητών υψών λαβών ώστε να είναι δυνατή η χρήση τους τόσο από ψηλούς όσο και από κοντούς εργάτες με κάμψη του αγκώνα από 80 έως 100 μοίρες
 - Αντικατάσταση μία ωθήσεως με μια έλξη όπου είναι εφικτό

- Χρήση κεκλιμένων επιπέδων (ράμπες) με κλίση μικρότερη από 10%.

5. *Αρχές Σχεδιασμού Εργασιακού Χώρου για Μεταφορές Αντικειμένων*

- Εξάλειψη της ανάγκης για μεταφορά με επανα-διευθέτηση του εργασιακού χώρου έτσι ώστε να αποκλείονται άσκοπες κινήσεις αντικειμένων και χρήση των παρακάτω μηχανικών βοηθημάτων όπου είναι εφαρμόσιμα:
 - Ταινίες μεταφοράς (όλων των ειδών)
 - Ανυψωτήρες και χειράμαξες
 - Πάγκους ή γλίστρες ανάμεσα στους εργασιακούς χώρους
 - Τετράτροχα τροχοφόρα ή πλατφόρμες
 - Εξωθήρες πίεσης με αέρα ή τη χρήση βαρύτητας
- Μείωση του μεταφερόμενου βάρους
 - Μείωση του βάρους του μεταφερόμενου αντικειμένου
 - Μείωση του βάρους του κλωβού μεταφοράς
 - Μείωση του φορτίου του κλωβού μεταφοράς
 - Μείωση της ποσότητας ανά κλωβό μεταφοράς στις προμήθειες
- Μείωση του μεγαλύτερου τμήματος των μεταφερόμενων υλικών
 - Μείωση του μέγεθος ή του σχήματος του αντικειμένου ή του κλωβού μεταφοράς
 - Πρόνοια για χερούλια ή πιασίματα χεριών τα οποία επιτρέπουν στα αντικείμενα να κρατούνται κοντά στο σώμα
 - Ανάθεση της εργασίας σε δύο ή περισσότερα άτομα
- Μείωση της απόστασης μεταφοράς
 - Μετακίνηση των περιοχών λήψεως, αποθηκείσεως, παραγωγής ή φορτώσεως πλησιέστερα στην περιοχή παραγωγής
 - Χρήση μηχανοκίνητων ή ηλεκτροκίνητων ταινιών μεταφοράς
- Μετατροπή της μεταφοράς σε ώθηση ή έλξη

- Χρήση χειροκίνητων / μηχανοκίνητων ταινιών μεταφοράς
- Χρήση χειραμαξών και μικρών δίτροχων ωστικών οχημάτων.

Για τη κατάλληλη χρήση των παραπάνω εφαρμογών είναι απαραίτητος ο κατάλληλος συνδυασμός της φυσικής φόρμα και των διαστάσεων του προϊόντος του εργασιακού χώρου σε αυτές του εργαζόμενου και είναι απαραίτητη η εναρμόνιση των φυσικών ζητουμένων του εργασιακού έργου με αυτές των δυνατοτήτων του εργατικού δυναμικού. Η πρακτική εφαρμογή όλων αυτών γίνεται με τη χρήση της ανθρωπομετρίας. Ο εργονομικός σχεδιασμός του εργασιακού χώρου επικεντρώνεται λοιπόν στο λεπτομερή σχεδιασμό του πεδίου όρασης, του πεδίου που καταλαμβάνουν τα χέρια και του πεδίου κίνησης των ποδιών, στο λεπτομερή σχεδιασμό των υποστηρίξεων του σώματος (πχ καθίσματα) ως και στο σχεδιασμό οθονών και πινάκων ελέγχου. Για τη συστηματική αντιμετώπιση του θέματος και εντέλει την εκατοστοποίηση των διαφόρων μεγεθών γωνιών, αποστάσεων, βεληνεκών του ανθρώπινου σώματος γίνεται χρήση της γνώσης των αντίστοιχων αισθητηρίων αντίληψης, φραγμάτων και συνθηκών (πχ αναλυτική ικανότητα του ματιού, κινηματική ακρίβεια των δαχτύλων), τα οποία είναι σημαντικά σε πίνακες και οθόνες ελέγχου ενώ διαδραματίζει σημαντικό ρόλο ο σχεδιασμός της περιοχής στην οποία το άτομο ακουμπάει ή εκτείνει τα άκρα του, οι υπάρχουσες υποστηρίξεις του σώματος και κυρίως το ποικίλο ύψος των ανθρώπων.

Η ευκαμψία του ανθρώπινου σώματος μετράται σε όρους της γωνιακής ακτίνας δράσης της κίνησης των αρθρώσεων. Οι κινήσεις των αρθρώσεων είναι το κύριο θέμα μελέτης και έχουν σχεδόν τυποποιηθεί [2].

2.4 Σχεδιασμός παραγωγής

Η εργονομία στηρίζεται στην μελέτη εργασιακών συστημάτων. Όλα τα εργασιακά συστήματα συντίθενται από την ανθρώπινη συνιστώσα και από μια μηχανική συνιστώσα εμπεδωμένα σε ένα τοπικό περιβάλλον [3]. Άμεσο λοιπόν συμπέρασμα είναι ότι στο σχεδιασμό παραγωγής θα εμπλέκεται η εργονομία, αφού η παραγωγή ενώνει τον εργαζόμενο (ανθρώπινη συνιστώσα) με την μηχανή και τη διαχείρισή της (μηχανική συνιστώσα) και η εργονομία μελετά και τα συστήματα ανθρώπου-μηχανής.

Καταρχήν κρίνεται αναγκαίο να οριστεί η παραγωγή ως έννοια. Γενικά η παραγωγή θεωρείται ως ένα σύστημα με είσοδο (σχεδιασμός προϊόντος) και έξοδο (τελικά προϊόντα), και κύρια κατηγορία της είναι η βιομηχανική παραγωγή, δηλαδή ο μετασχηματισμός πρώτων υλών και πληροφορίας σε αγαθά. Τα διάφορα συστήματα παραγωγής τα οποία έχουν σήμερα διαμορφωθεί χρησιμοποιούνται ανάλογα με τις ανάγκες και απαιτήσεις τόσο του παραγόμενου προϊόντος όσο και των πόρων σε ανθρώπινο δυναμικό και μηχανολογικό, ηλεκτρολογικό εξοπλισμό που διατίθεται. Οι κύριες κατηγορίες συστημάτων παραγωγής είναι [21]:

1. Σύστημα παραγωγής τύπου μηχανουργείου (Job Shop)
2. Σύστημα παραγωγής τύπου εργοστασίου (Project Shop)
3. Σύστημα παραγωγής τύπου κυψέλης (Cellular Systems)
4. Σύστημα παραγωγής τύπου γραμμικής ροής (Flowline)
5. Συνεχή συστήματα παραγωγής (Continuous Systems).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, για την εργονομική ανάλυση μιας διαδικασίας επιτελείται χωρισμός σε πλήθος διακριτών και μικρών κομματιών κάθε αποστολής για την απλοποίηση της διαδικασίας. Στα περισσότερα συστήματα παραγωγής, και κυρίως στο βιομηχανικό κύκλο σχεδιασμού και

παραγωγής προϊόντων, εφαρμόζεται μια μέθοδος η οποία οδηγεί στην ενοποίηση των διαφορετικών μηχανικών, σχεδιαστικών και επικοινωνιακών διαδικασιών οι οποίες καθορίζουν μια παραγωγική διαδικασία. Αυτό συμβαίνει διότι κατά τη διάρκεια της παραγωγής παρουσιάζεται χρεία για προγραμματισμό του σχεδιασμού και της διαδικασίας του συνολικού κατασκευαστικού κύκλου. Για αυτό το λόγο επισημαίνεται η ανάγκη για αναπροσδιορισμό της παραγωγής με καθορισμό επακριβών πλάνων, και τη χρήση τους ως βάση για τον έλεγχο της πραγματοποίησης της διαδικασίας.

Η παραγωγή λοιπόν, σχετίζεται με την ακριβή εκτέλεση των πλάνων που δημιουργούνται από τις μηχανολογικές αποστολές [26]. Οι εκτελεστές των πλάνων είναι τόσο οι μηχανές όσο και οι εργαζόμενοι, αλλά και στις δύο περιπτώσεις ο άνθρωπος είναι που καθορίζει τη διεκπεραίωση τους, έμμεσα ή άμεσα αντίστοιχα. Κατά συνέπεια αφού ο ανθρώπινος παράγοντας υπεισέρχεται στη διαδικασία της παραγωγής, ο σχεδιασμός της εργασίας είναι ένα σημαντικό κομμάτι στα πλαίσια της παραγωγής.

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος παραγωγής είναι η προσπάθεια καθορισμού του αριθμού και της διάταξης των παραγωγικών πόρων, του τρόπου λειτουργίας του συστήματος, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις απόδοσης του εκάστοτε συστήματος. Η απόδοση εκφράζεται με τη βοήθεια δεικτών απόδοσης. Αυτοί μεταβάλλονται ανάλογα με τις αποφάσεις που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της παραγωγής και επομένως το πρόβλημα μετατίθεται στην εξερεύνηση των παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν τις μεταβλητές, και στην ανάλογη διαμόρφωσή τους. Το πλαίσιο για τη λήψη αποφάσεων στη βιομηχανική παραγωγή απαιτεί [21]:

1. επιστημονικά θεμελιωμένους ορισμούς των βασικών κριτηρίων που χρησιμοποιούνται κατά τη λήψη αποφάσεων στην παραγωγή, και

2. την ανάπτυξη τεχνοοικονομικών μοντέλων, τα οποία θα συνδυάζουν βασικές τεχνικές παραμέτρους της παραγωγής με αντίστοιχα οικονομικά μεγέθη.

Το γεγονός ότι απαιτείται η ανάπτυξη τεχνοοικονομικών μοντέλων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η κυριότερη ίσως κατηγορία δεικτών είναι αυτή των οικονομικών, αφού ένα σύστημα πρέπει να είναι καταρχήν οικονομικά βιώσιμο. Οι οικονομικοί δείκτες χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της οικονομικής βιωσιμότητας των συστημάτων παραγωγής η οποία εξαρτάται από την απόδοση της επένδυσης, την απόσβεση και τους υπολογισμούς χρηματικής ρευστότητας. Οι μέθοδοι με τις οποίες συλλέγονται οι ζητούμενες πληροφορίες για την απόδοση ενός συστήματος παραγωγής προέρχονται από πέντε διαφορετικές πηγές [4]:

1. Ανοιχτός διάλογος με τη διαχείριση
2. Διαδρομές στις εγκαταστάσεις του εργοστασίου, επιθεώρηση και σημειώσεις.
3. Ανοιχτός διάλογος με τους χειριστές
4. Ανοιχτός διάλογος με τους επιστάτες / προϊσταμένους κατωτέρων κλιμακίων
5. Μέτρα στα πεδία του φωτισμού, του θορύβου και του σχεδιασμού του εργασιακού χώρου.

Μέσω αυτών των διαλόγων και των μέτρων συλλέγονται τα απαραίτητα δεδομένα και το εγχείρημα οδηγείται στην αποτελεσματικότητά του. Αυτή η διαδικασία προβλέπει τη βάση για την περιεκτική αποτίμηση τόσο του συστήματος όσο και της ατομικής εργασίας, η οποία αποκαλύπτει σημαντικές λεπτομέρειες για τη βελτίωση και εξυγίανση του συστήματος.

Είναι εμφανές κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος παραγωγής εμφανίζονται δυσκολίες ώστε να επέλθει η επιθυμητή απόδοση [21]. Αυτές οφείλονται στο ότι:

1. Τα συστήματα παραγωγής είναι μεγάλα και έχουν πολλά αλληλεπιδρώντα τμήματα
2. Τα συστήματα παραγωγής είναι δυναμικά
3. Τα συστήματα παραγωγής είναι ανοιχτά συστήματα, που επηρεάζουν και επηρεάζονται από το περιβάλλον τους.
4. Οι σχέσεις μεταξύ των δεικτών απόδοσης και των μεταβλητών αποφάσεων δεν μπορούν συνήθως, να εκφρασθούν αναλυτικά.
5. Τα διάφορα δεδομένα είναι δύσκολο να μετρηθούν στο περιβάλλον παραγωγικής διαδικασίας
6. Υπάρχουν, συνήθως πολλαπλές απαιτήσεις απόδοσης σε ένα σύστημα παραγωγής, οι οποίες είναι δυνατό να αντικρούονται μεταξύ τους.

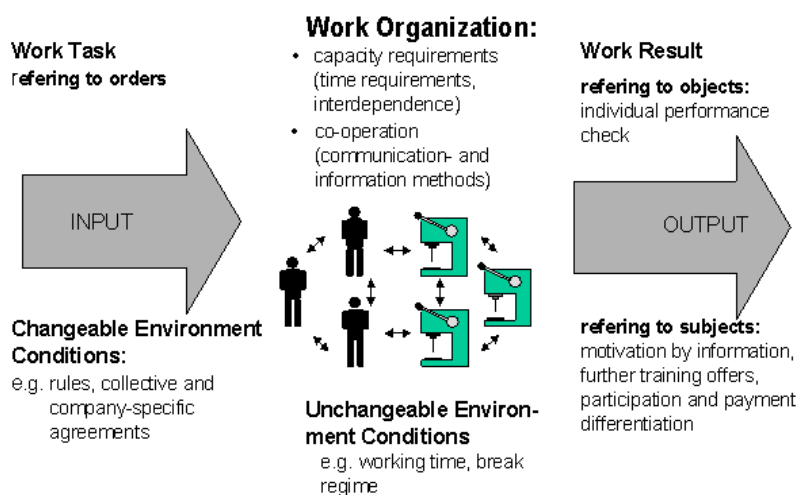
Για την προσπέλαση αυτών των δυσκολιών η εργονομία έχει αναλάβει το ρόλο του διαχειριστή, απαραίτητος στη διαδικασία απλοποίησης και ανάλυσης συστημάτων παραγωγής σε απλές αλληλεπιδρούσες δομές. Ο σχεδιασμός ενός συστήματος παραγωγής μπορεί να θεωρηθεί ως μια συνεχής κυκλική δραστηριότητα στην οποία εμπλέκονται ο προσδιορισμός των στόχων του συστήματος, η ανάπτυξη των απαιτήσεων και των περιορισμών του συστήματος και η εφαρμογή του σχεδιασμού.

Αναλόγως τα απαραίτητα βήματα για την απλοποίηση και εργονομική ανάλυση ενός συστήματος παραγωγής είναι [22]:

1. η σχηματοποίηση των τελικών σκοπών του συστήματος
2. η κατανόηση των συναρτησιακών και λειτουργικών αξιώσεων
3. ο σχεδιασμός ενός νέου συστήματος
4. η ανάλυση του συστήματος και

5. η υλοποίηση του συστήματος
με τρόπο τέτοιο ώστε η παραγωγή να βελτιστοποιείται.

Ο εργονομικός σχεδιασμός της παραγωγής σχετίζεται άμεσα με μια μακροσκοπική προσέγγιση της εργονομίας (οργανισμός έργων για την ακρίβεια) η οποία σχετίζεται κυρίως με τον ανθρώπινο παράγοντα. Ασχολείται με τη συστηματική δομή και οργάνωση των εργαζομένων λαμβάνοντας υπόψη τις αποστολές, τα περιεχόμενα και τους χρονικούς παράγοντες της εργασίας. Η μακρο-εργονομία διακρίνεται στις οργανωτικές δομές και στην οργάνωση της διαδικασίας μακροσκοπικών συστημάτων εργασίας. Ο στόχος της δεν είναι πλέον η μελέτη ενός απλού εργασιακού χώρου αλλά η μελέτη της αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε μερικούς εργασιακούς χώρους με τελικό σκοπό τον έλεγχο των εργονομικών απαιτήσεων σε αυτό το επίπεδο [6]. Οι απλές περιοχές των εκτεταμένων οργανισμών απορρέουν εάν τα χωριστά εργασιακά συστήματα μεταφερθούν εντός της ευρύτερης εργασιακής αποστολής και περιβάλλοντος μιας ομάδας όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.5 : Δήλωση δομής οργάνωσης εργασίας [10]

Η ανάλυση της ροής της εργασίας αποφέρει πληροφορίες για την αλληλεξάρτηση των οργανωτικών μονάδων και τον απαιτούμενο χρόνο της εκπλήρωσης των αποστολών. Αυτό επιτρέπει τον λεπτομερή καθορισμό της ανάγκης για ανθρώπινο δυναμικό και απευθύνεται τόσο στην παραγωγή όσο και στην αξιοποίηση του χρόνου. Ειδικά οι μέθοδοι επικοινωνίας και η πιθανή απώλεια πληροφορίας θα πρέπει να καθοριστούν με σκοπό την βελτιστοποίηση της διεπαφής ανάμεσα στους εργαζόμενους και στους διαθέσιμους εργατικούς πόρους. Η ανάπτυξη στις καινοτομικές τηλεπικοινωνίες και τεχνολογίες υπολογιστών παρουσιάζουν νέες προκλήσεις στην οργάνωση της εργασίας [23]. Η συστηματική ανάλυση και ο σχεδιασμός της εργασίας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην τελική απόδοση της αποστολής του εργαζομένου και στηρίζεται σε τεχνικές, οργανωτικές, και κοινωνικές συνθήκες εργασιακών μεθόδων.

Η διεύρυνση του φάσματος της εργασίας αποσκοπεί στην προσφορά παραγωγικής και αποδοτικής διαδικασίας εργασίας με αβλαβείς, εύχρηστες και αδιατάρακτες εργασιακές συνθήκες και επιπρόσθετα κριτήρια όσον αφορά το περιεχόμενο της εργασίας, την ανάλυσή της, το εργασιακό περιβάλλον και τις αμοιβές και συνεργασίες των εργαζομένων ώστε να επεκταθεί το αντικείμενο της δραστηριότητας τους και να δημιουργηθεί κλίμα συναγωνισμού με την ταυτόχρονη ανάπτυξη της προσωπικότητά τους στη διαδικασία συνεργασία με άλλα άτομα.

Σε σχέση με το περιεχόμενο της εργασίας οι τελευταίες έρευνες στον τομέα ανακάλυψαν ότι οι περισσότερες εργασίες στον τομέα της βιομηχανίας συνίστανται από απλές, επαναληπτικές εργασίες και θεώρησαν ότι αυτή η κατάσταση ήταν δυσάρεστη για ένα πλήθος αιτιών. Αυτές οι εργασίες ανάλωναν την ανθρώπινη δυναμικότητα, οδηγούσαν σε ανία και προξενούσαν φυσική και σωματική κόπωση. Οι εργασιακές αποστολές ήταν συνδεδεμένες με

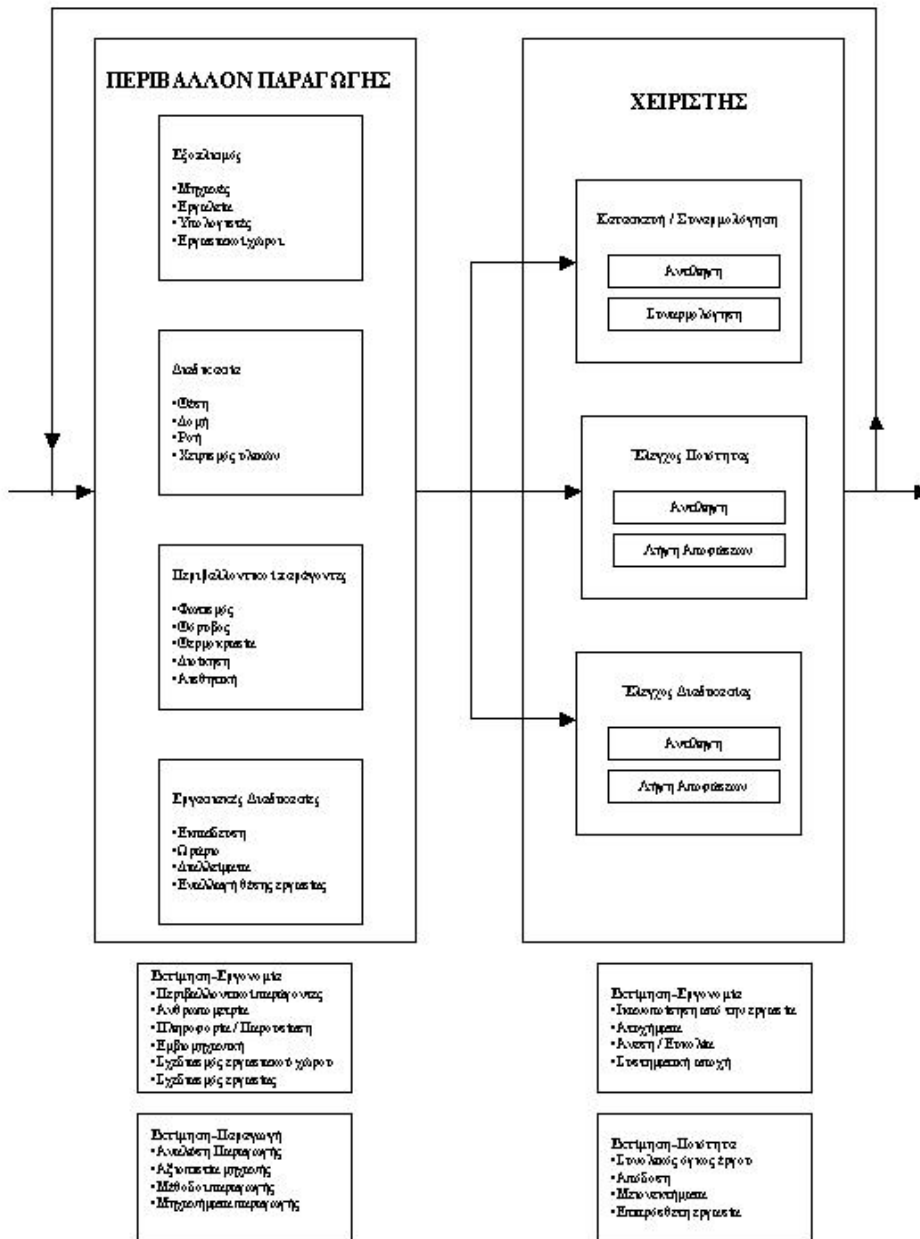
δυσαρέσκεια και φτωχό κίνητρα και ο σχεδιασμός της εργασίας κατέληξε ότι η λύση του προβλήματος ίσως να είναι ο εμπλουτισμός για την αύξηση της δυναμική υποκίνηση. Απόπειρες γίνονται για την μετατροπή βιομηχανικών εργασιών σε εργασίες με περισσότερο ενδιαφέρον και η διεύρυνση της εργασίας είναι ένα παράδειγμα αυτής της προσέγγισης.

Μερικές όμως φορές ο σχεδιασμός της εργασίας αποδεικνύει ότι ορισμένα χαρακτηριστικά της προκαλούν ανεπάρκειες και τότε απαιτείται η απλοποίηση της εργασίας [26]. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες επηρεάζουν, όπως αναφέρθηκε, την απόδοση του εργαζομένου και καθορίζονται ως οι παράγοντες οι οποίοι δεν επιδρούν κατευθείαν στην εργασία και στις μεθόδους επικοινωνίας αλλά τις μετριάζουν έμμεσα. Είναι σημαντικό να διακρίνονται παράγοντες οι οποίοι δεν μπορούν να διαφοροποιηθούν από την οργάνωση της εργασίας και παράγοντες οι οποίοι μπορούν να βελτιστοποιηθούν με κατάλληλο σχεδιασμό του εργασιακού χώρου και οργανωτικές δομές της επιχείρησης.

Η ανάλυση της εργασίας χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των διαφόρων πηγών που προκαλούν μυϊκή και ψυχολογική πίεση, τους περιβαλλοντικούς παράγοντες που επιδρούν στη διεκπεραίωση και τη μελέτη προβλημάτων στη διεπαφή ανθρώπου-μηχανής. Η εργονομική ανάλυση συστημάτων παραγωγής δύναται να εφαρμοστεί με τουλάχιστον τρία διαφορετικά αντικείμενα στο μυαλό τα οποία είναι [4]:

- Εργονομία
- Παραγωγή και
- Ποιότητα παραγωγής

Παρακάτω βρίσκεται σχηματοποιημένο ένα περιβάλλον παραγωγής σε συνάρτηση με το σύστημα διαχείρισης (Σχήμα). Παρατηρείται ότι τα τρία προηγούμενα κριτήρια είναι απαραίτητα για την αποτίμηση του συστήματος.



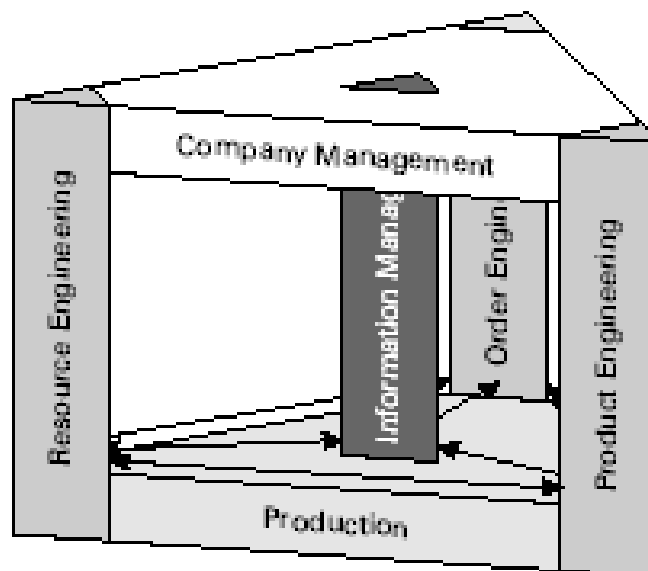
Σχήμα 2.6 : Περιβάλλον παραγωγής – σύστημα χειριστή [4]

Οι εταιρίες επιχειρήσαν να αυξήσουν την παραγωγικότητα τους εισάγοντας νέες μεθόδους και μηχανές. Η επιρροή των μεθόδων αυτών είναι διακριτή στη δόμηση και μετάδοση πληροφορίας σε ζητούμενα, προϊόντα και πηγές. Η επιστήμη της επιχειρησιακής έρευνας έχει ως αντικείμενο τη μελέτη της παραγωγής και επιχειρεί να κατασκευάσει μαθηματικά μοντέλα βιομηχανικών διαδικασιών. Οι παράγοντες οι οποίοι διαμορφώνουν τα μοντέλα είναι η δομή

πληροφορίας του προϊόντος, το μοντέλο κύκλου ζωής του προϊόντος και η διαχείριση της πληροφορίας. Το βιομηχανικό μηχανικό μοντέλο που παρουσιάζεται στο δίνει έμφαση στην ισάξια σημασία των προϊόντων, των ζητούμενων και των πηγών σε ολόκληρο τον βιομηχανικό κύκλο.

Η διαχείριση της επιχείρησης σχετίζεται με τον έλεγχο των ζητούμενων από τους πελάτες. Είναι ο κύριος συντελεστής υπευθυνότητας στις στρατηγικές αποφάσεις που σχετίζονται με τη σειρά παραγωγής και τις διαδικασίες και πηγές οι οποίες θα χρειαστούν έως το τέλος.

Για την ικανή διαχείριση των διαφορετικών θέσεων ενός κατασκευαστικού συστήματος, το σύστημα παρουσιάζεται διαμέσου ενός μοντέλου αναφοράς [27]. Το μοντέλο αναφοράς παρουσιάζει το σύστημα ως έναν οργανισμό ο οποίος έχει αμοιβαία σχέση με τη δομή των σχετικών ανεξάρτητων συνιστωσών και βρίσκεται σε συμφωνία με τις γενικές σφαιρικά ορισμένες αποστολές αυτών των συνιστωσών. Ένα προτεινόμενο και ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο αναφοράς παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.7 : Μοντέλο αναφοράς σε βιομηχανία [27].

Παρατηρείται από το σχήμα (Σχήμα), όπως ήδη αναφέρθηκε, ότι η οργάνωση της παραγωγής στηρίζεται στη διαχείριση της πληροφορίας, η οποία αλληλεπιδρά άμεσα με τη μηχανική των πηγών, του προϊόντος, της ζήτησης και στηρίζει τη διαχείριση της εταιρίας. Συμπερασματικά ο σχεδιασμός της παραγωγής σχετίζεται άμεσα και εξαρτάται σε πρώτο βαθμό από την έρευνα και την τεχνολογική ανάπτυξη στο συγκεκριμένο τομέα. Αυτοί οι δύο αποτελούν σημαντικούς παράγοντες επιρροής με μακροπρόθεσμη επίδραση στην αύξηση της παραγωγικότητας. Λόγω της έμφασης της στο ανθρώπινο στοιχείο, η εργονομία σκοπεύει στο σχεδιασμό χωρίς ατέλειες στα υπαρκτά συστήματα και στον αξιόπιστο σχεδιασμό και καλής επίδοσης στα νέα συστήματα ώστε ο σχεδιασμός του συστήματος να μην υποβιβάζει την ανθρώπινη ή δυναμική εκπλήρωση [3].

Στο παρακάτω σχήμα παριστάνεται η γραμμή παραγωγής της Nissan, η οποία είναι σχεδιασμένη εργονομικά για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής παραγωγής με πλήρη αξιοποίηση των χώρων και του δυναμικού της



Σχήμα 2.8 : Γραμμή παραγωγής της Nissan

Η εργονομία είναι λοιπόν ένα πολυδιάστατο αντικείμενο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη και το σχεδιασμό τις ανθρώπινης συνιστώσας εργασιακών συστημάτων. Η εργονομία συμβάλλει σε ένα μεγάλο ποσοστό στις διάφορες φάσεις και διευθύνσεις του σχεδιασμού εργασιακών συστημάτων. Αυτές οι δραστηριότητες είναι αναπόσπαστο κομμάτι του σχεδιασμού και της

διαχείρισης συστημάτων. Η συνεισφορά της εργονομίας στον σχεδιασμό συστημάτων μπορεί να περιληφθεί στα παρακάτω [3]:

- Καθιερωμένη διάταξη για την περιγραφή των συστημάτων ανθρώπου-μηχανής
- Αναγνώριση, ταξινόμηση και ανάλυση των τελικών σχεδιαστικών αποτελεσμάτων, εμπεριεχόμενης και της ανθρώπινης παραμέτρου.
- Αποστολή και ανάλυση της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής.
- Προδιαγραφή του σχεδιασμού συστήματος και της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Υλοποίηση των ρυθμίσεων.
- Αναγνώριση της γραμμής ανάπτυξης των πυρήνων στον άνθρωπο και στην επιστήμη της βιολογίας και τις επιπτώσεις αυτών στο σχεδιασμό και τη διαχείριση συστημάτων.
- Δημιουργία νέων αρχών στο σχεδιασμό και στην ανάλυση συστημάτων ανθρώπου-μηχανής.
- Αποτίμηση των κοινωνικοτεχνικών συνεπειών των σχεδιαστικών επιλογών.

Οι βάσεις για μια επιστημονική μελέτη της εργασίας και της αλληλεπίδρασής της με τον άνθρωπο τέθηκαν στις αρχές του εικοστού αιώνα από τον *Frederick Taylor*. Ο *Taylor* εισήγαγε την επιστημονική μελέτη της εργασίας στηριζόμενη στην αποτελεσματικότητα και την επιστημονική διαχείριση της εργασίας και των εργαζομένων. Σύμφωνα με τον *Taylor* η άριστη (επιστημονική) διαχείριση είναι μια πραγματική επιστήμη και βρίσκεται σε συμφωνία με ξεκάθαρους νόμους, κανόνες και αρχές. Απέδειξε ακόμα ότι οι βασικές αρχές της επιστημονικής διαχείρισης είναι εφαρμόσιμες σε όλα τα ήδη ανθρωπίνων δραστηριοτήτων από την πιο απλή ατομική πράξη έως την εργασία των μεγάλων οργανισμών, οι οποίοι ζητάνε περίπλοκη συνεργασία ατόμων και αποστολών [12]. Τέλος, μέσω διεξοδικών και μεθοδικών σειρών επεξηγήσεων ο δυτικός τρόπος σκέψης συνειδητοποίησε ότι κάθε φορά που αυτές οι αρχές

έχουν εφαρμοστεί σωστά τα αποτελέσματα που ακολουθούν είναι πραγματικά εκπληκτικά.

Η μέθοδος αυτή ακολουθήθηκε αργότερα για την ανάπτυξη της χρόνο-κινητικής μελέτης και χρησιμοποιήθηκε για την διαίρεση μιας συνηθισμένης εργασίας σε διακεκριμένα ξεχωριστά μικροστοιχεία [13]. Η αναγκαία προϋπόθεση για την ανάλυση της αξιοπιστίας του αποτελέσματος της εργασίας στα συστήματα ανθρώπου-μηχανής, τα οποία συνήθως είναι τα βασικά στοιχεία για την διεκπεραίωση κάποιας εργασίας, είναι ο διαμελισμός του συστήματος ανθρώπου-μηχανής σε διακεκριμένα στοιχεία και η μελέτη της αλληλεπίδρασης αυτών. Το μειονέκτημα αυτής της διαδικασίας είναι ότι ενσωματώνοντας ως στοιχείο τα ανθρώπινα όντα, μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στον οργανισμό και στους κανόνες οργάνωσης. Σήμερα υπάρχουν αντιρρήσεις και ενστάσεις κατά της θεωρίας του *Taylor* και των θεωριών και μεθόδων που την ακολούθησαν. Η βάση αυτών των ενστάσεων είναι η χρήση της θεωρίας ως εργαλείου για την εκμετάλλευση των εργαζομένων και τη στράτευση της επιστήμης για την αύξηση της παραγωγής και του κεφαλαίου.

Παρά όλες τις ενστάσεις το τελικό αποτέλεσμα είναι σήμερα να χρησιμοποιούνται επιστημονικά τεκμηριωμένες μέθοδοι και μελέτες για τον σχεδιασμό και τον έλεγχο κάθε παραγωγικής διαδικασίας και γενικά κάθε ανθρώπινης δραστηριότητας. Με αυτό τον τρόπο συχνά αποφεύγονται λάθη, πετυχαίνεται το μέγιστο δυνατό κέρδος για τον εργοδότη/εταιρία καθώς και τον εργαζόμενο και μειώνεται σημαντικά η πιθανότητα αποτυχίας του παραγόμενου προϊόντος σε κάθε στάδιο κατασκευής και κατανάλωσής του.

Στο σημείο αυτό αξίζει να γίνει αναφορά στον ανθρώπινο παράγοντα και τη συμβολή του στα εργασιακά και παραγωγικά σφάλματα. Η λεπτομερής ανάλυση των εργασιακών ατυχημάτων καθώς και της πιθανότητας ατυχήματος

αποκαλύπτει ότι το ανθρώπινο σφάλμα δεν είναι σχεδόν ποτέ η μοναδική αιτία για την ανεπαρκή εκπλήρωση συστημάτων. [3] Για να γίνουν κατανοητές οι αιτίες των ατυχημάτων, των σφαλμάτων ή των απροσδόκητων συμπεριφορών του συστήματος που επέρχονται, θα πρέπει κανείς να επιστήσει την προσοχή του και σε παραμέτρους πέρα από την ανθρώπινη συμπεριφορά. Οι κύριοι παράγοντες οι οποίοι θα πρέπει να ερευνηθούν είναι

- Ο σχεδιασμός στοιχείων συστημάτων, ιδιαίτερα για τη διασύνδεση ανθρώπου μηχανής.
- Η δήλωση του κύριου συστήματος που συνεπάγεται.
- Η διανοητική και φυσική εργασία που πρέπει να γίνει από τον διαχειριστή.
- Η οργάνωση της εργασίας (σύστημα μεταβολής και εναλλαγή με το χρόνο, επίβλεψη, σχεδιασμός ομάδων εργασίας) και τέλος,
- Οι εξωτερικοί παράγοντες (πχ καιρός).

Είναι συχνό το φαινόμενο ένας ή και περισσότεροι από τους παραπάνω παράγοντες να αυξάνουν την πιθανότητα για ανθρώπινο λάθος. Το ανθρώπινο σφάλμα και η ανικανότητα είναι συχνά αθέλητα προγραμματισμένα στα συστήματα λόγω σχεδιαστικών ατελειών οι οποίες δεν λαμβάνουν υπόψη τα χαρακτηριστικά και τους ανθρώπινους περιορισμούς των ατόμων [3]. Η πρόβλεψη των ανθρώπινων αντιδράσεων σε καταστάσεις επιβαλλόμενες από το σύστημα ανθρώπου-μηχανής γίνεται με τη χρήση γνωστικών μοντέλων ανθρώπινων όντων. Με μια φόρμα γνωστικών μεθόδων περιγράφονται οι αντιδράσεις των ανθρώπινων όντων καθώς και τα χαρακτηριστικά των στοιχείων ενός συστήματος σε μαθηματικές δομές και συναρτήσεις. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η πρόγνωση σαφών επιδράσεων των πράξεων στην εκτέλεση της εργασίας και ταυτόχρονα δίνεται η δυνατότητα μελέτης των διαφόρων δομών ενός συστήματος και η επιλογή της ευνοϊκότερης με βάση τα συγκεκριμένα ανθρώπινα χαρακτηριστικά και ικανότητες. Αν και

υποκειμενικός, αυτός είναι ο μόνος τρόπος για την αποτίμηση και τον μεθοδικό σχεδιασμό της λειτουργικότητας του συστήματος.

2.5 Σχεδιασμός προϊόντων

Ο σχεδιασμός προϊόντων ήταν ανέκαθεν ένα από τα βασικά ζητούμενα των κατά κόσμο μηχανικών και σχεδιαστών. Ο αμερικανός αρχιτέκτονας Louis Sullivan θεωρείται ο πατέρας της έκφρασης “Τα σχέδια ακολουθούν τη λειτουργικότητα” [2]. Η σημασία της έκφρασης ήταν ότι οι λειτουργικοί λόγοι είναι ικανοί να ορίσουν το σχέδιο ή φόρμα κάποιου αντικειμένου από μόνοι τους και ότι η κόσμηση και το στόλισμα τους θα είναι υπερπλήρεις χωρίς πρόσθετα. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία (φονκτιοναλισμός) τα λειτουργικά αντικείμενα είναι αναγκαστικά και αισθητικά ευχάριστα. Συνεπώς, το ρεύμα που επικρατεί στο σχεδιασμό προϊόντων είναι η λειτουργικότητα των τελευταίων.

Πώς όμως σχεδιάζεται ένα προϊόν ώστε να είναι λειτουργικό και κατά συνέπεια εργονομικά σχεδιασμένο; Ο εργονομικός σχεδιασμός προϊόντων είναι δυνατός χρησιμοποιώντας τις βασικές αρχές της εργονομίας και τη γνώση των ανθρώπινων δυνατοτήτων και περιορισμών και με γνώμονα τις παρακάτω προϋποθέσεις [2]:

- Την ελαχιστοποίηση του ανθρώπινου λάθους
- Την ευκολία χρήσης και την κατανόηση από το χρήστη
- Την αύξηση της παραγωγής
- Την αύξηση της πώλησης των προϊόντων.

Η αρχή της διαδικασίας όμως βρίσκεται στον προσδιορισμό μιας ανάγκης την οποία θα εξυπηρετεί το προϊόν. Αυτή η ανάγκη συνίσταται από δύο στοιχεία, την ύπαρξη ενδεχομένων πελατών και ενδεχομένου να καλύψει τις ανάγκες της

παραγωγικής εταιρίας [24]. Αυτές οι αρχές θα οδηγήσουν στην δημιουργία των σχεδιαστικών προδιαγραφών του προϊόντος. Έπειτα γίνεται κατάστρωση του μοντέλου του προϊόντος και κατασκευή πρωτοτύπου [24]. Τέλος γίνεται η δοκιμή από το χρήστη ή οποία αναλύθηκε στην παράγραφο που αφορά στο χρηστο-κεντρικό σχεδιασμό [15].

Με βάση τα παραπάνω οι βασικές αρχές για την ανάπτυξη ενός επιτυχούς προϊόντος μπορούν να συνοψιστούν στις επόμενες τρεις [15]:

- Τυποποίηση
- Αυξημένη αξιοπιστία
- Αυξημένη χρησιμότητα.

Εκτός όμως από αυτούς τους παράγοντες είναι πλέον ανάγκη να λαμβάνεται υπόψη και το κόστος παραγωγής ενός προϊόντος εξαιτίας των απαιτήσεων της αγοράς. Για να είναι αποτελεσματική και λιγότερο δαπανηρή, η εργονομική προσέγγιση πρέπει να έχει αφετηρία την αρχική σχεδιαστική φάση και την ανάλυση της ανάγκης και να εφαρμοστεί από την αρχή έως το τέλος της διαδικασίας σχεδιασμού [29].

Παρακάτω παρατίθεται ένας σαφής και στηριγμένος στην κοινή λογική ορισμός για το πως ξεχωρίζει ένα εργονομικά σχεδιασμένο προϊόν [28]:

- Προσπάθησε να το χρησιμοποιήσεις.
- Σκέψου από μπροστά όλες τις περιπτώσεις στις οποίες θα μπορούσες να το χρησιμοποιήσεις.
- Ταιριάζει στο μέγεθος του σώματός σου ή θα μπορούσε να είναι και καλύτερο?
- Μπορείς να δεις και να ακούσεις ότι θέλεις και χρειάζεται να δεις και να ακούσεις;
- Είναι δύσκολο να το κάνεις να δουλέψει λάθος;

- Είναι άνετο να το χρησιμοποιείς συνέχεια (ή μόνο να αρχίζεις με αυτό);
- Είναι άνετο και εύκολο να χρησιμοποιηθεί ή χρειάζεται να καλυτερέψει;
- Είναι εύκολο να μάθεις να το χρησιμοποιείς;
- Είναι οι οδηγίες απλές και καθαρές;
- Είναι εύκολο να καθαριστεί και να συντηρηθεί;
- Νοιώθεις ξεκούραστος μετά από κάποια περίοδο χρήσης;

Αν οι απαντήσεις ήταν όλες θετικές τότε το προϊόν μάλλον έχει σχεδιαστεί με βάση αυτό που είχε στο μυαλό του ο χρήστης. Ο τρόπος με τον οποίο σκέφτονται οι σχεδιαστές προϊόντων περιστρέφεται γύρω από δύο κύρια θέματα. Το πρώτο είναι η σύγκριση ανάμεσα στις ερευνητικές μεθόδους των εμπειρικών επιστημών και στις δημιουργικές μεθόδους του ιδίου οι οποίες στηρίζονται κυρίως στη διαίσθηση. Το δεύτερο θέμα είναι αυτό της ανθρώπινης διαιρετικότητας.

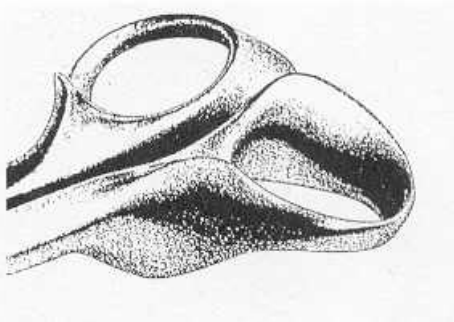
Οι πέντε θεμελιώδεις αυταπάτες στις οποίες συνήθως τείνει ο σχεδιαστής είναι [2]:

1. Αυτός ο σχεδιασμός είναι ικανοποιητικός για εμένα - θα είναι, και κατά συνέπεια και για όλους τους άλλους.
2. Αυτός ο σχεδιασμός είναι ικανοποιητικός για το μέσο άνθρωπο - θα είναι και κατά συνέπεια ικανοποιητικός και για οποιονδήποτε άλλον.
3. Η ποικιλομορφία των ανθρώπινων όντων είναι τόσο μεγάλη ώστε να μην υπάρχει καμία πιθανότητα να συμπεριληφθεί σε κάποιο σχεδιασμό - αλλά αφού τα ανθρώπινα όντα είναι τόσο υπέροχα προσαρμοστικά τελικά δεν παίζει και ιδιαίτερο ρόλο.
4. Η εργονομική ανάλυση είναι ακριβή και αφού τα προϊόντα είναι βασικά στηριγμένα στην εμφάνιση και στο στυλ, οι εργονομικές προϋποθέσεις μπορούν κάλλιστα να παραληφθούν.

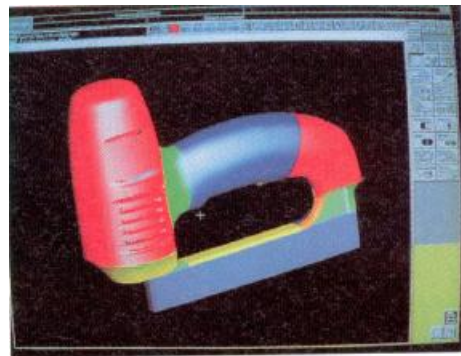
5. Η εργονομική ανάλυση είναι μια περίφημη ιδέα. Πάντα σχεδιάζω αντικείμενα έχοντας στο μυαλό μου την εργονομική τους ανάλυση - αλλά το κάνω με βάση την διαίσθηση, και την κοινή λογική μου ώστε τελικά να μην χρειάζομαι πίνακες δεδομένων και εμπειρικές μελέτες.

Σήμερα οι νέες δομές της βιομηχανικής οργάνωσης γνωστές ως “σύγχρονη, ταυτόχρονη ή ενιαία μηχανική” χρησιμοποιούνται όχι μόνο για την μείωση του κόστους σχεδιασμού και προθεσμιών αλλά και για τη βελτίωση της ποιότητας, της χρηστικής αξίας και της ποιότητας των προϊόντων [30].

Στα παρακάτω σχήματα παριστάνονται εργονομικά σχεδιασμένα προϊόντα [16].



Σχήμα 2.9 : Εργονομικά σχεδιασμένη λαβή ψαλιδιού



Σχήμα 2.10 : Εργαλείο σχεδιασμένο σε υπολογιστή με εργονομική μελέτη

Μια ακόμα νέα τάση στο σχεδιασμό των προϊόντων σχετίζεται με την μαζική παραγωγή. Είναι γνωστό ότι μια από τις συνέπειες της βιομηχανικής επανάστασης ήταν το άνοιγμα των αγορών για τη μάζα και συνεπώς των προϊόντων μαζικής παραγωγής. Οι σχεδιαστές λοιπόν, καλούνται να ανταποκριθούν στις νέες αυτές τάσεις σχεδιασμού προϊόντων με αποτέλεσμα να μην μπορούν πλέον να περιμένουν τα κριτήρια των πελατών για την ποιότητα και χρησιμότητα των προϊόντων τους εξαιτίας της καθυστέρησης και του κόστους. Η παραγωγή για την μάζα απαιτεί ένα πολύ πιο σαφή και τυπικό μοντέλο του χρήστη. Η δημιουργία αυτού του μοντέλου είναι μια αποστολή η οποία συνεχίζει να προκαλεί την εργονομία έως και σήμερα [3].

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στη σύγχρονη κοινωνία δεν είναι τόσο η έλλειψη εργονομικά σχεδιασμένων προϊόντων αλλά η λανθασμένη χρήση του όρου εργονομία. Ο όρος χρησιμοποιείται ευρύτατα σε διαφημιστικούς κύκλους με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας αίσθηση της σουρεαλιστικής ποιότητας και όχι της πραγματικής αξίας.

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΓΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ

Τα τελευταία τριάντα χρόνια υπήρξε και υπάρχει μία αυξημένη ανάπτυξη μεθόδων για τη βελτίωση της παραγωγής σε όλους τους τομείς της. Συνεπώς υπήρξε και η ανάγκη για βελτιστοποίηση των εργασιακών συνθηκών, δηλαδή του τρόπου με τον οποίο επιτελείται μια εργασία ώστε να καταπονείται όσο το δυνατό λιγότερο ο εργαζόμενος και ταυτόχρονα να αποδίδει το μέγιστο δυνατό έργο. Η μελέτη των εργασιακών στάσεων οδήγησε στην ανάπτυξη πλήθους μεθόδων οι οποίες στηρίζονται σε στατιστικά και πειραματικά δεδομένα και οδηγούν σε ικανοποιητικές εργονομικές αναλύσεις.

3.1 Μέθοδος OWAS

Το σύστημα ανάλυσης εργασιακής θέσης OWAS έχει αναπτυχθεί για την εργονομική ανάλυση των θέσεων εργασίας σε εργοτάξια και είναι μια από τις πιο απλές παρατηρητικές μεθόδους για την ανάλυση της στάσης εργασίας [31], [32]. Σκοπός της μεθόδου είναι η εργονομική ανάλυση εργασιακών θέσεων με πέντε κύρια σημεία αναφοράς [33], [34]:

1. είναι μια αντικειμενική μελέτη καλά εφαρμοσμένη στη φροντίδα για την υγεία της απασχόλησης
2. αποσκοπεί στην παροχή ενός πρακτικού εργαλείου για την καθημερινή ανάλυση σε επίπεδο εργασιακών χώρων
3. είναι προσανατολισμένη στη διόρθωση των διαστάσεων και όχι μόνο στη επισήμανση του προβλήματος
4. έχει αναπτυχθεί για την ανάλυση ενός ευρέως πεδίου διαφορετικών εργασιακών στάσεων, όπως για παράδειγμα σε ένα εργοτάξιο και
5. έχει αποδειχθεί η λειτουργία της ως εργαλείο για βέβαιη συνεργασία ανάμεσα σε διαφορετικές ειδικότητες μιας εταιρίας

Η μέθοδος χρησιμοποιεί έναν κώδικα τεσσάρων ψηφίων για την περιγραφή της θέσης της πλάτης, των χεριών και των ποδιών καθώς και την απαιτούμενη δύναμη. Ένα πέμπτο ψηφίο χρησιμοποιήθηκε σε κάθε παρατήρηση, για τον καθορισμό της δραστηριότητας. Οι παρατηρήσεις λαμβάνουν χώρα για αποστολές διάρκειας από μία (1) έως πέντε (5) ώρες και γίνονται για 30 διαστήματα.

Το υπολογιστικό πρόγραμμα το οποίο έχει αναπτυχθεί για τη χρήση της μεθόδου συνίσταται από τρία στοιχεία [34]:

1. την κωδικοποίηση της θέσης στο πεδίο
2. τη μετάδοση των δεδομένων στον υπολογιστή και
3. την ανάλυση των δεδομένων και παρουσίαση τους μέσω Η/Υ

Αφού εξαχθούν τα στοιχεία από τον υπολογιστή λαμβάνει χώρα αποτίμηση της στάσης και πιθανές προτάσεις βελτίωσης, εφόσον έχουν καθοριστεί οι επίμονες και άσχημα σχεδιασμένες στάσεις.

Συμπερασματικά η μέθοδος OWAS δίνει τη δυνατότητα κατάταξης των εργασιών και αποστολών σε κατασκευές με απλό και καθαρό τρόπο, σύμφωνα με την σοβαρότητα και την γενικότητα των ανεπιτυχώς σχεδιασμένων εργασιακών στάσεων. Είναι ανέξοδη και εύκολη στην εκμάθηση και γρήγορη στη χρήση. Η γενικότητα της μεθόδου οφείλεται κυρίως στην επιτυχή διάγνωση εργασιών οι οποίες απαιτούν πολύ μεγάλη φυσική δύναμη και περιέχουν και αποστολές με πολλές απροσχεδίαστες στάσεις καθώς αυτή δίνει μια διεξοδική αξιολόγηση της φυσικής εργασίας που επιτελείται. Το κυριότερο ίσως μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι ενώ έχει μεγάλο φάσμα χρήσης τα αποτελέσματά της μπορεί να είναι ανεπαρκή σε λεπτομέρεια [35], [36], [37].

3.2 Μέθοδος NIOSH

Η μέθοδος **NIOSH** (National Institute for Occupational Safety and Health) για εξομοίωση ανυψωτικών αποστολών είναι μια μέθοδος για την μελέτη των στοιχείων ανυψωτικών διεργασιών όπως ασύμμετρη ανύψωση και ποιότητα της διασύνδεσης των περιεχομένων ποσοτήτων στα χέρια [38] [39]. Η μέθοδος έχει αναπτυχθεί για χρήση σε εργονομικές έρευνες εργασιακών αποστολών όπου συναντούνται κακώσεις της πλάτης και της μέσης οι οποίες σχετίζονται με ανυψωτική εργασία, συνεπώς είναι μια μέθοδος εργονομικής ανάλυσης σε βιομηχανικές και χειρονακτικές διεργασίες.

Το βασικό εξαγόμενο αποτέλεσμα της μεθόδου είναι η εύρεση του ανώτερου επιτρεπτού βάρους που επιτρέπεται να σηκώσει ένας χρήστης (Recommended Weight Limit -RWL) μέσω της εξίσωση υπολογισμού ανύψωσης (lifting equation) NIOSH.

Το επιτρεπόμενο όριο βάρους (RWL) ορίζεται, για ένα συγκεκριμένο σύνολο από προϋποθέσεις σε μια διαδικασία ανύψωσης και μεταφοράς αντικειμένου, ως το βάρος που θα μπορούσαν να εκτελέσουν όλοι οι υγιείς εργαζόμενοι κατά τη διάρκεια ενός ικανού χρονικού διαστήματος (περίπου στις 8 ώρες), χωρίς να υπάρχει αυξημένο ρίσκο για τη δημιουργία προβλήματος στην μέση του (Low back pain –LBP). Ως υγιείς εργαζόμενοι, ορίζονται εκείνοι που δεν παρουσιάζουν προβλήματα υγείας, τα οποία θα μπορούσαν να αυξήσουν τον κίνδυνο για κάκωση στο μυοσκελετικό τους σύστημα.

Το RWL ορίζεται από την εξίσωση:

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

όπου:

RWL: Επιτρεπόμενο όριο βάρους (Recommended Weight Limit -Kg)

LC: Σταθερά βάρους (Load Constant= 23 Kg)

HM: Οριζόντιος πολλαπλασιαστής (Horizontal Multiplier = 25/H)

Όπου H, η οριζόντια προβολή της απόστασης των χεριών του χρήστη από το κέντρο απόστασης μεταξύ των αστραγάλων του-cm

VM: Κατακόρυφος πολλαπλασιαστής (Vertical Multiplier = 1-(0.003 (V-75))

Όπου V, η απόσταση των χεριών του χρήστη από το δάπεδο και μετριέται σε cm.

DM: Πολλαπλασιαστής απόστασης (Distance Multiplier = 0.82 + (4.5 / D))

Όπου D, η απόλυτη τιμή της διαφοράς της απόστασης μεταξύ των κατακόρυφων υψών στη θέση έναρξης και τέλους της ανύψωσης και μετριέται σε cm

AM: Πολλαπλασιαστής ασυμμετρίας (Asymmetric Multiplier =1-(0.0032 A))

Όπου A, η γωνία μεταξύ του εμπρόσθιου μέρους του σώματος του χρήστη και της θέσης αρπαγής ή τοποθέτησης του φορτίου και μετριέται σε μοίρες

FM: Πολλαπλασιαστής συχνότητας (Frequency Multiplier = f (F, V))

Όπου F, ο μέσος αριθμός επαναλήψεων ανύψωσης το λεπτό για διάρκεια πάνω από 15 λεπτά. Μετριέται σε lifts/min και λαμβάνεται από πίνακα που παρέχει η μέθοδος

CM: Πολλαπλασιαστής σύνδεσης (Coupling Multiplier = f (coupling classification, V))

Αφορά στην επιλογή της ποιότητας της επιφάνειας του αντικειμένου που ανυψώνεται και δεν είναι στατική, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ καλής/μέτριας /πτωχής από πίνακα που παρέχει η μέθοδος.

Εκτός από το RWL, η μέθοδος οδηγεί και την εύρεση του δείκτη ανυψώσεως LI (Lifting Index), ο οποίος προβλέπει μια εκτίμηση του επιπέδου φυσικής πίεσης που δέχεται ο εργαζόμενος κατά την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης ανύψωσης βάρους (χειροκίνητης). Ορίζεται από το πηλίκο του πραγματικού βάρους του αντικειμένου που ανυψώνεται προς το επιτρεπτό όριο βάρους για την συγκεκριμένη εργασία, δηλαδή

$$LI = L / RWL$$

όπου:

LI: Δείκτης ανύψωσης (Lifting Index)

L: Βάρος φορτίου (Load Weight -Kg)

RWL: Επιτρεπόμενο όριο βάρους (Recommended Weight Limit -Kg)

Ο έλεγχος της απόδοσης της ανυψωτικής διεργασίας με τη μέθοδο NIOSH πραγματοποιείται με την εξέταση του δείκτη ανύψωσης. Συγκεκριμένα το LI θα πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο με 1 για να μην υπάρχει πρόβλημα. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλ. όταν $LI > 1$, υπάρχει πρόβλημα αφού νοείται ότι το επιτρεπόμενο όριο βάρους είναι μικρότερο από το πραγματικό βάρος του φορτίου. Το RWL και το LI υπολογίζονται και ελέγχονται σε δύο χρονικές στιγμές για κάθε διαδικασία, κατά την αρπαγή (origin) και τοποθέτηση (destination) του φορτίου.

Προκειμένου να εφαρμοστεί η μέθοδος NIOSH και τα αποτελέσματά της να είναι αποδεκτά, θα πρέπει να πληρούνται ορισμένες παραδοχές, οι οποίες και παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- Η ανύψωση αφορά σε φορτία, για τα οποία είναι απαραίτητη η χρήση και των δύο χεριών του χρήστη.

- Ο χρήστης μετά την ανύψωση του φορτίου θα πρέπει να το μεταφέρει το πολύ για ένα με δύο βήματα και να το κρατήσει μόνο για λίγα δευτερόλεπτα.
- Δεν συμπεριλαμβάνονται παράμετροι όπως ανύψωση υπερβολικών φορτίων, γλίστρημα ή πέσιμο του χρήστη.
- Δεν συμπεριλαμβάνονται περιπτώσεις κατά τις οποίες ο χρήστης σηκώνει ένα φορτίο ενώ είναι καθισμένος ή γονατισμένος
- Το δάπεδο στο οποίο εργάζεται ο χρήστης θεωρείται ότι έχει συντελεστή τριβής τουλάχιστον 0.4, μεταξύ της επιφάνειας του δαπέδου και των παπουτσιών του χρήστη.
- Η διαδικασία ανύψωσης πραγματοποιείται και επαναλαμβάνεται σε διάστημα το πολύ μέχρι 8 ωρών.
- Ο χρήστης έχει τον απαιτούμενο χώρο να εκτελέσει την διαδικασία με όποια στάση επιλέξει.
- Το φορτίο που ανυψώνεται είναι συμπαγές
- Η κίνηση γίνεται με φυσικές κινήσεις χωρίς βιασύνη
- Ο χρήστης ανυψώνει ένα συγκεκριμένο βάρος επαναλαμβάνοντας την ίδια κίνηση.

Τα μεγέθη που υπολογίζονται από τη μέθοδο RWL και LI χρησιμοποιούνται ως οδηγοί σε εργονομικό σχεδιασμό για διάκριση ειδικών προβλημάτων σχετιζομένων με την εργασία, για τον επανασχεδιασμό αποστολών που αποδείχθηκαν επιβλαβείς, για τον υπολογισμό της σχετικής διάστασης ενός εργασιακού χώρου στον οποίο εκτελείται κάποια ανυψωτική εργασία ή και για να δώσει προτεραιότητα σε εργονομικό σχεδιασμό του χώρου και της αποστολής. Γενικά είναι καλό να αποφεύγονται ανυψωτικές ασύμμετρες αποστολές αλλά σε περίπτωση που δεν είναι δυνατό να αποφευχθούν τότε τα

φορτία που σηκώνονται θα πρέπει να είναι πολύ πιο ελαφρά από αυτά σε συμμετρική ανύψωση.

Η NIOSH απαιτεί λεπτομερή πληροφορία για ειδικές παραμέτρους της θέσης ώστε να δώσει αποτελέσματα υψηλής ακρίβειας και έχει περιορισμένη εφαρμογή στην φροντίδα υγείας με σεβασμό στην μετακίνηση έμβιων όντων.

3.3 Μέθοδος GARG

Για την πλήρη εργονομική ανάλυση είναι αναγκαία εκτός από την δυναμική ανάλυση της θέσης και ο υπολογισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας του ανθρωπίνου σώματος σε συνθήκες εργασίας. Η ανάλυση της μεταβολική κατανάλωση ενέργειας βοηθά στην πρόβλεψη των απαιτήσεων της μεταβολικής κατανάλωσης ενέργειας βασισμένη στα χαρακτηριστικά του εργαζομένου και στην περιγραφή των απλών αποστολών από τις οποίες αποτελείται η εργασία.

Το μοντέλο πρόβλεψης της καταναλισκόμενης ενέργειας αναπτύχθηκε από τον Arun Garg και βασίζεται στην παραδοχή ότι μια εργασία μπορεί να χωριστεί σε απλούστερες αποστολές. Αφού έχει εκτελεστεί η διαίρεση σε απλούστερες αποστολές, η μέση κατανομή κατανάλωσης ενέργειας για ολόκληρη την εργασία μπορεί να υπολογιστεί με πρόσθεση των ενεργειακών απαιτήσεων της κάθε αποστολής και την απαιτούμενη ενέργεια για την διατήρηση της θέσης, διαιρούμενη με τον απαιτούμενο χρόνο για την εκπλήρωση της εργασίας.

Η μέθοδος GARG αφορά στην εύρεση της καταναλισκόμενης ενέργειας (energy expenditure) ενός εργαζομένου κατά την εκτέλεση μιας διαδικασίας ανύψωσης βάρους με μαθηματικές εξισώσεις υπολογισμού καταναλισκόμενης ενέργειας [38], [40]. Οι εξισώσεις ενέργειας εκτός από την εύρεση της καταναλισκόμενης

ενέργειας από το χρήστη έχουν ως σκοπό και τον έλεγχο εάν αυτή βρίσκεται σε επιτρεπτά επίπεδα. Η μέθοδος εξετάζει τρεις διαφορετικούς τρόπους στάσης του ανθρώπινου σώματος κατά την διάρκεια της ανύψωσης και υπολογίζει την καταναλισκόμενη ενέργεια με τις παρακάτω εξισώσεις:

1. Για ανύψωση με σκύψιμο (Stoop lift):

$$E = 0.0109 BW + (0.0012 BW + 0.0052 L + 0.0028 S \times L) F$$

2. Για ανύψωση με οκλάζουσα στάση (Squat lift):

$$E = 0.0109 BW + (0.0019 BW + 0.0081 L + 0.0023 S \times L) F$$

3. Για ανύψωση σε όρθια στάση (Arm lift):

$$E = 0.0109 BW + (0.0002 BW + 0.0103 L - 0.0017 S \times L) F$$

όπου:

E είναι η καταναλισκόμενη ενέργεια (Energy Expenditure -Kcal / min)

BW το βάρος του εργαζομένου (Body Weight -lb)

S το φύλο του εργαζομένου (Sex (female = 0, male = 1))

F η συχνότητα ανύψωσης (Lifting Frequency -lifts / min) και

L το βάρος του φορτίου (Load Weight -lb)

Τέλος, μετά τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας από το χρήστη, επιτελείται έλεγχος του αποτελέσματος με βάση τον πίνακα καθορισμού ορίων ενέργειας για διαδικασίες ανύψωσης βάρους με καθορισμένη συχνότητα [38] (Πίνακας).

Ύψος ανύψωσης (V) (cm)	Διάρκεια ανύψωσης		
	<1 h	1-2 h	2-8 h
	Ενέργεια (Kcal/min)		
V≤75	4.7	3.7	3.1
V>75	3.3	2.7	2.2

Πίνακας 3.1: Όρια καταναλισκόμενης ενέργειας (NIOSH)

3.4 Μέθοδος RULA

Η μέθοδος **RULA** (Rapid Upper Limb Assessment) έχει αναπτυχθεί για χρήση σε εργονομικές έρευνες εργασιακών χώρων όπου συναντούνται κακώσεις και δυσλειτουργίες των άνω άκρων σχετιζόμενες με την εργασία [41]. Απώτερος σκοπός της μεθόδου είναι η μελέτη της έκθεσης του κάθε εργαζομένου χωριστά, σε παράγοντες κινδύνου σχετιζόμενων με κακώσεις του άνω σώματος λόγω στάσης εργασίας.

Η μέθοδος χρησιμοποιεί διαγράμματα σωματικών στάσεων εργασίας και τρεις πίνακες διαβάθμισης για την πρόβλεψη της έκθεσης σε παράγοντες κινδύνου λόγω στάσης. Οι παράγοντες κινδύνου ορίζονται ως οι εξωτερικοί παράγοντες φόρτισης και περιλαμβάνουν τους εξής [42]:

- αριθμό κινήσεων
- στατικό έργο μυών
- δύναμη
- στάσεις εργασίας καθορισμένες από τον εξοπλισμό και την επίπλωση
- χρόνο εργασίας χωρίς διάλειμμα.

Η ανάπτυξη της μεθόδου λειτουργεί με ένα σύστημα κωδικοποίησης των στάσεων. Το σύστημα κωδικοποίησης χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μιας λίστας ενεργειών. Αυτή θα δηλώνει το επίπεδο της μεσολάβησης για τη μείωση

των κινδύνων τραυματισμού οφειλομένων στο φυσικό φορτίο του χειριστή. Στη συνέχεια θα περιγραφεί η ανάπτυξη του εργαλείου αποτίμησης της θέσης, δύναμης και χρήσης μυών, που ονομάζεται RULA.

Η ανάπτυξη της μεθόδου συντελείται σε τρεις φάσεις, οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

- Στο πρώτο στάδιο αναπτύσσεται η μέθοδος για καταγραφή των θέσεων εργασίας. Αρχικά το σώμα διαιρείται σε τμήματα τα οποία ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη περιλαμβάνει τους άνω και κάτω βραχίονες και τους καρπούς και η δεύτερη το λαιμό, τον κορμό και τα πόδια. Στη συνέχεια γίνεται καταγραφή των στάσεων. Οι καταγραφές των στάσεων γίνονται με παρατήρηση των εργαζομένων κατά τη διάρκεια ορισμένων κύκλων εργασίας οπότε και επιλέγονται οι αποστολές και οι θέσεις που θα αναλυθούν. Αυτές επιλέγονται με βάση την μεγαλύτερη σε όγκο αποστολή ή αυτή στην οποία παρατηρείται το μεγαλύτερο φορτίο. Ανάλογα με την γωνία την οποία σχηματίζουν τα μέλη του σώματος σε σχέση με τον ουδέτερο άξονα του καθενός βαθμολογούνται βάση αποτελεσμάτων, κανόνων και πινάκων.
- Το δεύτερο στάδιο της μεθόδου είναι η ανάπτυξη του συστήματος για κατάταξη των βαθμολογιών επίδοσης των στάσεων των μελών του σώματος. Αφού γίνει η αποτίμηση και η βαθμολόγηση της στάσης του κάθε μέλους όπως προαναφέρθηκε, λαμβάνει χώρα αποτίμηση της κάθε κατηγορίας βάση πινάκων της μεθόδου. Η τιμή των αποτελεσμάτων αυξάνει εάν η εργασία είναι κατά κύριο λόγο στατική και εάν η θέση αυτή διατηρείται για πάνω από 1 λεπτό. Στη συνέχεια υπολογίζεται η χρήση των μυών και αποτιμείται η δύναμη βάση των δεδομένων πίνακα της μέθοδο. Η χρήση των μυών ορίζεται ως επαναληπτική εάν λαμβάνουν χώρα περισσότερες των 4 επαναλήψεων σε διάρκεια ενός λεπτού. Η λεπτομερής αξιολόγηση της χρήσης των μυών και της επαναληπτικής ή στατικής εργασίας ορίζεται βάση

εμβιομηχανικών μελετών [43]. Το αποτέλεσμα της αξιολόγησης της δύναμης εξαρτάται από το φορτίο, το βάρος του, τη διάρκεια της συγκράτησης του εργαλείου, την διακοπτόμενη ή συνεχή διαδικασία, το χρόνο ανάκτησης καθώς και τη στάση εργασίας και έχει αναπτυχθεί και δίνεται από πίνακες της μεθόδου. Προσθέτοντας τα αποτελέσματα των τριών αυτών παραμέτρων υπολογίζονται οι τελικές βαθμολογήσεις για τις δύο κατηγορίες μελών.

- Τέλος, στο τρίτο στάδιο υπολογίζεται η τελική βαθμολογία της εργασιακής στάσης και αποστολής και εκτιμούνται οι επενέργειες στον εργαζόμενο. Συνεπώς περιλαμβάνει την αποτίμηση των προηγούμενων αποτελεσμάτων και την σύνοψή τους σε ένα τελικό αποτέλεσμα, το μέγεθος του οποίου δίνει τον οδηγό για περαιτέρω έρευνα. Βάση του συνδυασμού των προηγούμενων αποτελεσμάτων υπολογίζεται το γενικό άθροισμα, το οποίο βρίσκεται σε πινακοποιημένη μορφή (κάθε τιμή αντιστοιχεί σε αντίστοιχο συνδυασμό των τελικών βαθμολογήσεων) στο εγχειρίδιο της μεθόδου. Οι βαθμολογήσεις του τελευταίου πίνακα βασίζονται στον εκτιμώμενο κίνδυνο ατυχήματος εξαιτίας υπερβολικής φόρτισης του μυοσκελετικού συστήματος. Η επίδραση που έχει η κάθε στάση στον άνθρωπο εξαρτάται από το τελικό αποτέλεσμα και διαχωρίζεται και διακριτοποιείται σε στάδια, ώστε να είναι δυνατή η εκτίμηση και η περαιτέρω μελέτη.

Αυτό που η μέθοδος προβλέπει είναι ένας οδηγός και αναπτύχθηκε για να ορίσει τα όρια γύρω από τις πιο ακραίες καταστάσεις. Παρόλα αυτά επειδή ο συνδυασμός των παραγόντων οι οποίοι επιδρούν διαφέρουν από άτομο σε άτομο το διάγραμμα επίδρασης συχνά άγει σε προτάσεις για περαιτέρω και λεπτομερέστερη έρευνα.

Η μέθοδος δεν απαιτεί κανένα ιδιαίτερο εξοπλισμό για τη μελέτη γρήγορης μετατόπισης του λαιμού, του κορμού και των άνω άκρων σε σχέση με τη λειτουργία των μυών και των εξωτερικών φορτίων που δέχεται το σώμα.

3.5 Μέθοδος REBA

Η μέθοδος REBA (Rapid Entire Body Assessment) [44] χρησιμοποιείται για την ανάλυση εργασιακών στάσεων όλων των ειδών και ειδικά απρόβλεπτων, αφού ελέγχει και εκτιμά τη θέση όλου του σώματος. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε με σκοπό την:

- Την ανάπτυξη ενός συστήματος ανάλυσης στάσεων ευαίσθητη στους μυοσκελετικούς κινδύνους σε μια ποικιλία αποστολών
- Τη διαίρεση του σώματος σε στοιχεία τα οποία θα κωδικοποιηθούν ατομικά με αναφορά στο επίπεδο των κινήσεων
- Την πρόβλεψη ενός συστήματος βαθμολόγησης για την δραστηριότητα των μυών η οποία προκαλείται από στατικά ή δυναμικά γρήγορα μεταβαλλόμενων ή ασταθών στάσεων
- Τον στοχασμό ότι η σύνδεση είναι απαραίτητη στη λαβή φορτίων αλλά μπορεί να μην είναι πάντα μέσω των χεριών
- Την προσφορά ενός επιπέδου δράσης με ένδειξη σε περίπτωση έλλειψης χρονικών περιθωρίων
- Την απαίτηση του ελάχιστου εξοπλισμού – μέθοδος χαρτιού και μολυβιού.

Η ανάπτυξη της μεθόδου λειτουργεί με ένα σύστημα κωδικοποίησης των στάσεων. Για τον ορισμό των αρχικών αναλύονται ειδικές απλές αποστολές δίνοντας έμφαση στο φορτίο, την απόσταση της κίνησης και το ύψος [45]. Τα δεδομένα για την αποτίμηση συλλέχθηκαν από αποτελέσματα άλλων μεθόδων

τα οποία κωδικοποιήθηκαν και ενσωματώθηκαν για την παρασκευή της μεθόδου ενώ οι αρχικοί πίνακες αξιολόγησης στηρίζονται στη μέθοδο RULA, η οποία αναλύθηκε πρότερα.

Τα βήματα που ακολουθούνται στη μέθοδο είναι όμοια με αυτά της RULA. Δηλαδή το σώμα διαιρείται σε τμήματα τα οποία ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες και στη συνέχεια γίνεται αποτίμηση της στάσης. Δηλαδή το πρώτο βήμα είναι όμοιο. Αφού έχει γίνει η αποτίμηση και η βαθμολόγηση της στάσης κάθε κατηγορίας εκτιμάται το φορτίο και η σύζευξη με το φορτίο σύμφωνα με πίνακες της μεθόδου, προστίθεται στα προηγούμενα και προκύπτει τελικά το προτελευταίο αποτέλεσμα. Σε αυτό το ποσό προστίθεται το ποσό κίνησης, δηλαδή το πόσο στατική ή μη είναι η εργασία το οποίο λαμβάνεται από πίνακες της μεθόδου [45].

Το τελικό αποτέλεσμα συγκρίνεται με βαθμολογήσεις της μεθόδου που βρίσκονται πινακοποιημένα και ανάλογα συμπεραίνεται η πιθανότητα κινδύνου και ο γρήγορος ή όχι επανασχεδιασμός της στάσης. Η διεξοδική ανάπτυξη της μεθόδου φαίνεται να προμηνύει ένα εύχρηστο και πολύ απλό εργαλείο ανάλυσης στάσης αν και περαιτέρω επισημοποιήσεις χρειάζεται να γίνουν. Αυτές είναι δυνατές είτε με την ταυτόχρονη χρήση και άλλων μεθόδων όπως η OWAS ή η NIOSH είτε μέσω εμπειρικών μετρήσεων σε εργαστηριακά πειράματα [31], [38].

3.6 Μέθοδος Snook and Ciriello

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε για να δώσει έναν οδηγό για την ανάλυση και το σχεδιασμό αποστολών που λαμβάνουν χώρα με χειροκίνητη διακίνηση αντικειμένων (εργαλείων, φορτίων, μηχανημάτων). Η μέθοδος των Snook και Ciriello είναι πιο γνωστή ως πίνακες ώθησης και έλξης των Snook και Ciriello.

Οι πίνακες ώθησης και έλξης βασίζονται σε ελεγχόμενα πειράματα που χρησιμοποιούν ψυχοφυσικές αξιολογήσεις [46]. Οι πίνακες ώθησης και έλξης των Snook και Ciriello χρησιμοποιούνται ως εξής:

- Επιλογή ύψους του σημείου εφαρμογής της δύναμης
- Επιλογή απόστασης ώθησης ή έλξης
- Εύρεση της πλησιέστερης δύναμης από τους πίνακες που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο ύψος, απόσταση, φύλο και αριθμό επαναλήψεων: γνωρίζοντας ότι τόσο η αρχική όσο και η υποβασταζόμενη / διατηρούμενη δύναμη μπορούν να είναι περιοριστικές.
- Εύρεση της αντίστοιχης εκατοστιαίας κατανομής του πληθυσμού η οποία μπορεί να εκτελέσει την αποστολή χωρίς πίεση.

Εκτός από τους πίνακες ώθησης και έλξης υπάρχουν και πίνακες για την ανύψωση και κατάβαση καθώς και για τη μεταφορά οι οποίοι χρησιμοποιούνται με παρόμοιο τρόπο. Τα αποτελέσματα των πινάκων έχουν προκύψει από πολύχρονες στατιστικές μελέτες σε διάφορα πληθυσμιακά μέρη και τα βασικά μεγέθη που λαμβάνουν μέρος σε κάθε αποστολή βρίσκονται σε αυτούς [47].

Οι πίνακες έχουν ευρύτερη χρήση από τη μέθοδο NIOSH για ανυψωτικές διεργασίες γιατί δίνουν το στατιστικό ποσοστό του πληθυσμού που μπορεί να εκτελέσει κάποια αποστολή σε ημερήσια βάση.

3.7 Μέθοδος *ERGONOM*

Το Ergonom [48] είναι ένα λογισμικό εργαλείο, για την ακρίβεια ένα σύστημα βοηθούμενο από τον υπολογιστή για τη διάγνωση της εργονομικής αλληλεπίδρασης μιας μηχανής ή ενός τεχνικού αντικείμενου με το χρήστη και βασίζεται σε μια μέθοδο εργονομικής αποτίμησης της πίεσης σε συνεργασία με

την στάση εργασίας η οποία αναπτύχθηκε στο ινστιτούτο για εργασιακή ιατρική του Nofer (Nofer institute of occupational medicine).

Τα μηχανήματα και τα εργαλεία είναι ένα βασικό τμήμα ενός εργασιακού χώρου και έχουν μια βασική επιρροή στις εργασιακές συνθήκες. Οι διαστάσεις τους, ο τρόπος χρήσης τους και οι επιρροές τους στην εργασιακή στάση του εργαζόμενου αλλά και στις απαιτούμενες κινήσεις για την διεκπεραίωση μιας εργασίας έχουν μελετηθεί και συνεπώς έχουν εξαχθεί παρατηρήσεις για την βέλτιστη απόδοση σε συνδυασμό με τον σωστό εργονομικό σχεδιασμό τους.

Αυτές οι παρατηρήσεις έχουν ενσωματωθεί στο σύστημα ERGONOM με μια ιδιαίτερα εύχρηστη μορφή με αποτέλεσμα η πλατφόρμα πλοήγησης του εργαλείου να είναι φιλική προς το χρήστη. Έτσι είναι δυνατή η προσθήκη των σχεδίων των διαφόρων μηχανημάτων, εργαλείων και εργασιακών χώρων και η παρουσίαση τους σε μια υπολογιστική πλατφόρμα. Στο σύστημα εμπεριέχονται και ανθρωπομετρικά δεδομένα με αποτέλεσμα να είναι δυνατός ο καθορισμός των βέλτιστων διαστάσεων των μηχανημάτων με την κατάλληλη χρήση του εργαλείου. Τα αποτελέσματα που δίνει είναι ικανοποιητικά στο βαθμό που ένας ειδικός θα μπορούσε να εξάγει.

Είναι ένα σύστημα υποστηριζόμενο από υπολογιστή για την εργονομική διάγνωση ενός εργασιακού χώρου σε κάθε σχεδιαστικό στάδιό του και επιτρέπει την πρόβλεψη σοβαρών σχεδιαστικών λαθών καθώς και συνετή επιλογή των μηχανημάτων σε εργασιακό επίπεδο άνεσης. Επιτρέπει την μείωση του φορτίου στους εργασιακούς χώρους όπου όρθιες και κινούμενες στάσεις αναπτύσσονται. Ο σχεδιαστής δύναται να ελέγξει ποικίλους χειροκίνητους ελέγχους και κανονισμούς στον χώρο εργασίας με σκοπό να επιτύχει μια ικανοποιητική λύση. Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα που λαμβάνει ο σχεδιαστής είναι χονδρικά και

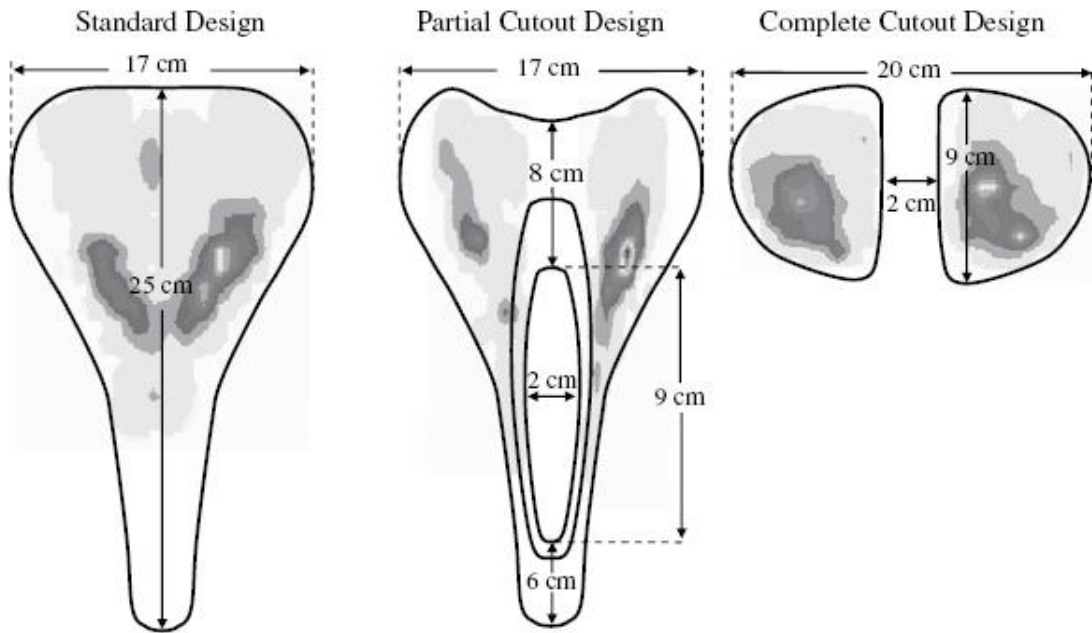
έχουν γενικό χαρακτήρα και για πιο ειδικές περιπτώσεις και χειρισμούς καλείται να χρησιμοποιήσει πιο λεπτομερή εργαλεία.

Το λογισμικό εργαλείο είναι γραφικά αναπαριστάμενο για την διευκόλυνση σε χρήση κανονικών επιλογών συστημάτων και τη αποτίμηση των αποκτούμενων αποτελεσμάτων. Το πρόγραμμα ακόμα δίνει πρόσβαση σε εγχειρίδια ήδη δοκιμασμένων επιλύσεων οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν στο νέο σχέδιο με απευθείας εκτύπωση στο γραφικό διαγνωστικό σχήμα.

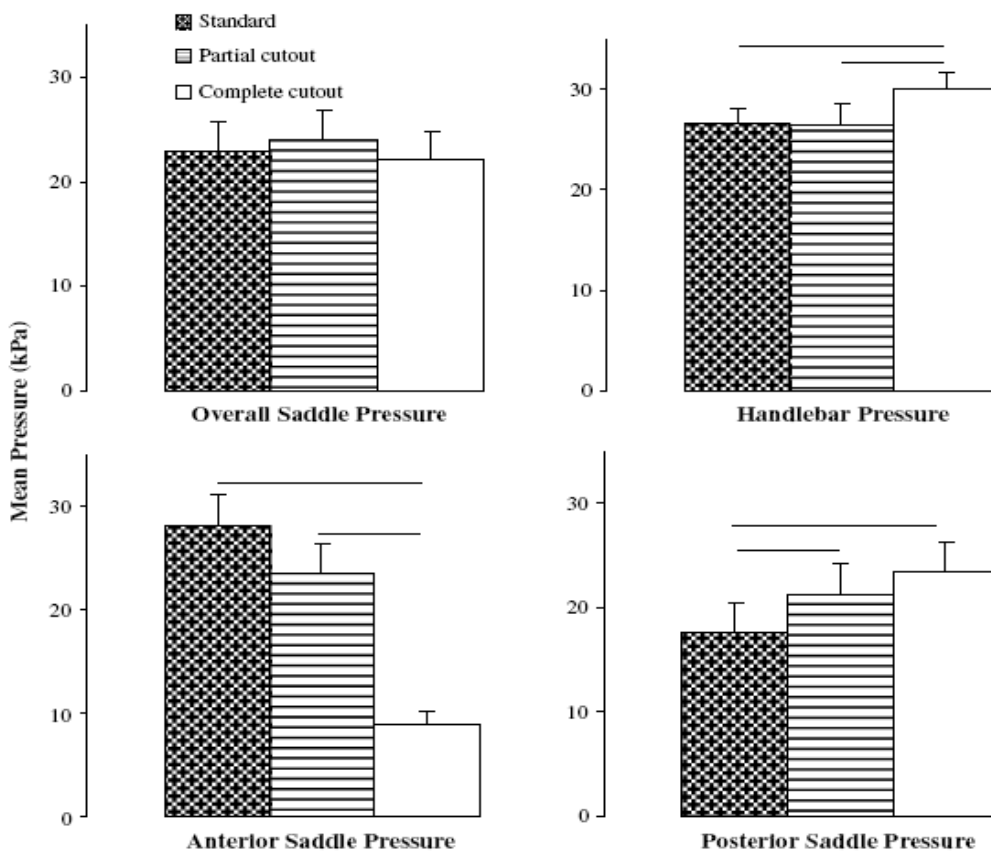
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στη συνέχεια περιγράφονται τα αποτελέσματα από τη μελέτη της έρευνας στον τομέα της ανάπτυξης εργονομικών μεθόδων και εφαρμογών κατά το σχεδιασμό προϊόντων και παραγωγικών διαδικασιών.

Στο Πανεπιστήμιο της Utah πραγματοποιήθηκε μια έρευνα με σκοπό την εξέταση της επίδρασης διαφόρων σχεδίων καθισμάτων ποδηλάτων στην πίεση του καθίσματος και στην προσλαμβάνουσα σταθερότητα χρησιμοποιώντας μια νέα μεθοδολογία. Τριάντα ποδηλάτες (άνδρες και γυναίκες) συμμετείχαν και έκαναν ποδήλατο στα 118W σε μια επίπεδη κούρσα των 350m κάτω από τρεις διαφορετικές συνθήκες καθίσματος: κανονικό κάθισμα, ένα κάθισμα με μια μερική μπροστινή περικοπή και ένα κάθισμα με μια πλήρη μπροστινή περικοπή. Οι τιμές της πίεσης ανάμεσα στο κάθισμα του ποδηλάτου και στο περίνεο του ποδηλάτη συγκεντρώθηκε από έναν απομακρυσμένο αισθητήρα πίεσης (remote pressure-sensing mat) και η προσλαμβάνουσα σταθερότητα αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας μια συνεχή οπτική αναλογική κλίμακα. Οι τιμές της μπροστινής πίεσης του καθίσματος και σταθερότητας για το κάθισμα πλήρους περικοπής ήταν σημαντικά χαμηλότερες ($p < 0,05$; 62 – 101%) από τις τιμές για τα κανονικά και τα μερικής περικοπής σχέδια. Αυτά τα ευρήματα ήταν συμβατά ανάμεσα σε άνδρες και γυναίκες. Τα αποτελέσματα αυτά στηρίζουν τον ισχυρισμό ότι η επιλογή σχεδιασμού σέλας δε θα έπρεπε να υπαγορεύεται μόνο από την διεπιφανειακή πίεση, αφού η βέλτιστη πίεση του μπροστινού καθίσματος και η προσλαμβάνουσα σταθερότητα του καθίσματος φαίνονται να σχετίζονται αντιστρόφως ανάλογα [52].

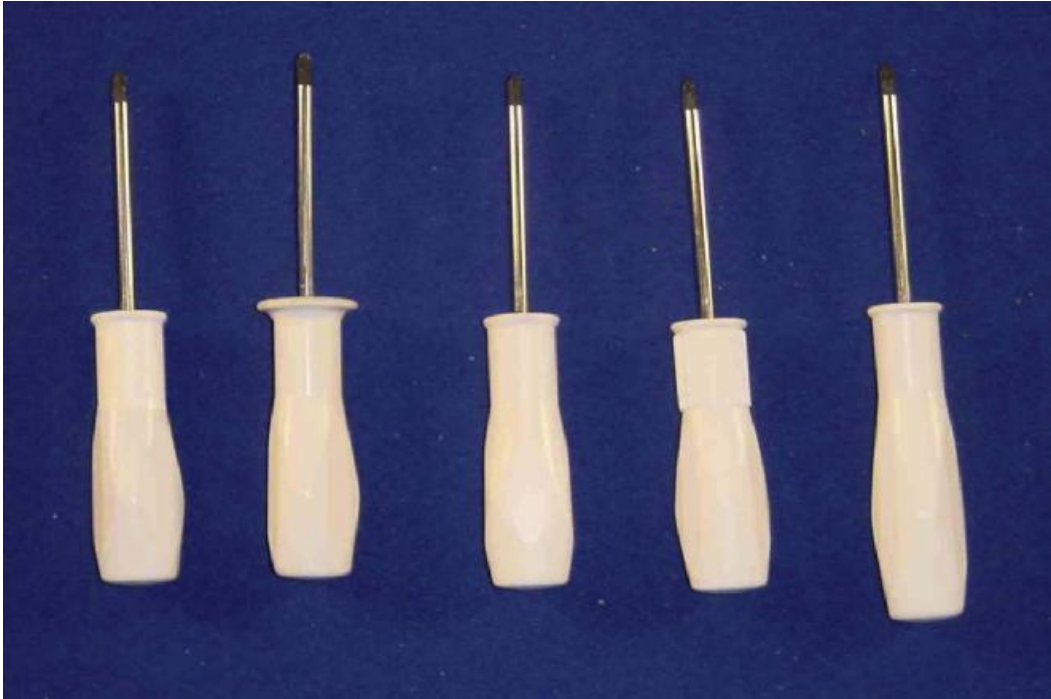


Σχήμα 4.1: Τρία σχέδια καθισμάτων ποδηλάτων και οι διαστάσεις τους



Σχήμα 4.2: Τιμές πίεσης για κανονικό κάθισμα, για κάθισμα με μια μερική μπροστινή περικοπή και για κάθισμα με μια πλήρη μπροστινή περικοπή.

Στο ερευνητικό κέντρο TNO, η *Quality Function Deployment (QFD)* προτείνεται ως μια αποτελεσματική μέθοδος σχεδιασμού για την ενσωμάτωση εργονομικών απαιτήσεων και άνεσης στο σχεδιασμό χειρονακτικών εργαλείων, επειδή υποστηρίζει τη μετάφραση των απαιτήσεων των πελατών σε μηχανολογικά χαρακτηριστικά. Ένα κρίσιμο βήμα κατά τη διάρκεια της QFD αφορά τη σύνδεση μηχανολογικών χαρακτηριστικών με τις ανάγκες των καταναλωτών από την ομάδα σχεδιασμού. Γενικά επικρατεί η υπόθεση (κοιτάζοντας τις ιστορίες επιτυχίας της QFD) ότι οι ομάδες σχεδιασμού μπορούν να προβλέψουν ακριβώς τους συσχετισμούς ανάμεσα στις ανάγκες των πελατών και σε μηχανολογικά χαρακτηριστικά (επίσης αναφέρονται ως συσχετισμοί «Γιατί»/«Πώς»). Συγκρίθηκαν οι συσχετισμοί «Γιατί»/«Πώς» που υπολογίστηκαν από μια ομάδα σχεδιασμού, με εκείνους που παρατηρήθηκαν σε μια συστηματική μελέτη αξιολόγησης χρήστη, η οποία δεν είχε ξαναγίνει με σκοπό την αποφυγή ανακριβών εκτιμήσεων οι οποίοι μπορούν να οδηγήσουν σε εργονομικά μη αποτελεσματικό (επανα)σχεδιασμό χειρονακτικών εργαλείων και σε χάσιμο πόρων της εταιρίας. Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν ότι οι υπολογισμοί συσχετισμών της ομάδας σχεδιασμού δεν ήταν τόσο ακριβείς όπως γενικά υποτίθεται. 25% των υπολογισμών διέφεραν σημαντικά από εκείνους που παρατηρήθηκαν στη μελέτη αξιολόγησης. Εκτιμήθηκε κατά συνέπεια ότι η QFD είναι μια χρήσιμη μέθοδος ενίσχυσης των σχεδιαστικών ομάδων στο σχεδιασμό πιο άνετων, από εργονομικής πλευράς, εργαλείων, αλλά μόνο υπό την προϋπόθεση ότι οι συσχετισμοί ανάμεσα στις απαιτήσεις των πελατών και στα μηχανολογικά χαρακτηριστικά είναι έγκυροι, κατά προτίμηση μέσω μιας συστηματικής μελέτης αξιολόγησης χρήστη [53].

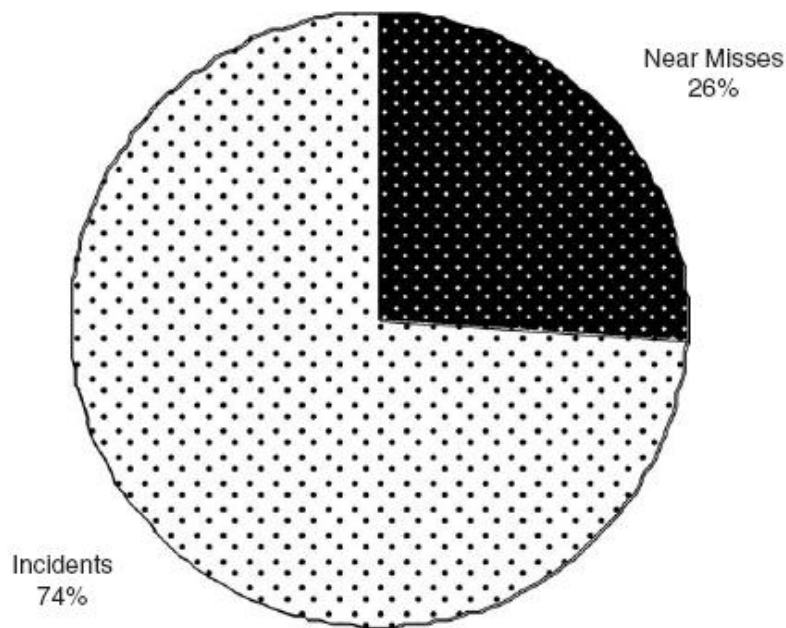


Σχήμα 4.3: Πρωτότυπα κατσαβίδια

Το Εθνικό Κέντρο Ερευνών «Δημόκριτος» σε συνεργασία με το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο ανέπτυξαν μια βάση δεδομένων, που περιλαμβάνει βιομηχανικά ατυχήματα, δυστυχήματα και λειτουργικά σφάλματα από όλες τις πετροχημικές βιομηχανίες σε Ελλάδα και Κύπρο για την περίοδο 1997 – 2003. Ο σχεδιασμός της βάσης δεδομένων έχει αναπτυχθεί με έναν τρόπο φιλικό προς το χρήστη με πρόσθετες πιθανότητες για περαιτέρω χρήση της, όπως: στατιστική ανάλυση δεδομένων, υπολογισμό δεικτών ασφαλείας, αναφορές ατυχημάτων και ανάλυση ανθρώπινων παραγόντων. Η βάση δεδομένων επιτρέπει στις βιομηχανίες που συμμετέχουν να συγκρίνουν την ανάλυση των δεικτών των δικών τους εγκαταστάσεων με τον εθνικό μέσο όρο, καθώς η βάση δεδομένων περιλαμβάνει δεδομένα από ολόκληρη την ελληνική πετροχημική βιομηχανία. Επίσης, ειδική φροντίδα έχει δοθεί στο να συμπεριληφθούν δεδομένα από τις παρ' ολίγον αστοχίες [54].



Σχήμα 4.4: Bird & Germain Πυραμίδα για τη σημασία των ατυχημάτων



Σχήμα 4.5: Ποσοστό των παρ' ολίγον αστοχιών από το συνολικό αριθμό ατυχημάτων της βάσης δεδομένων.

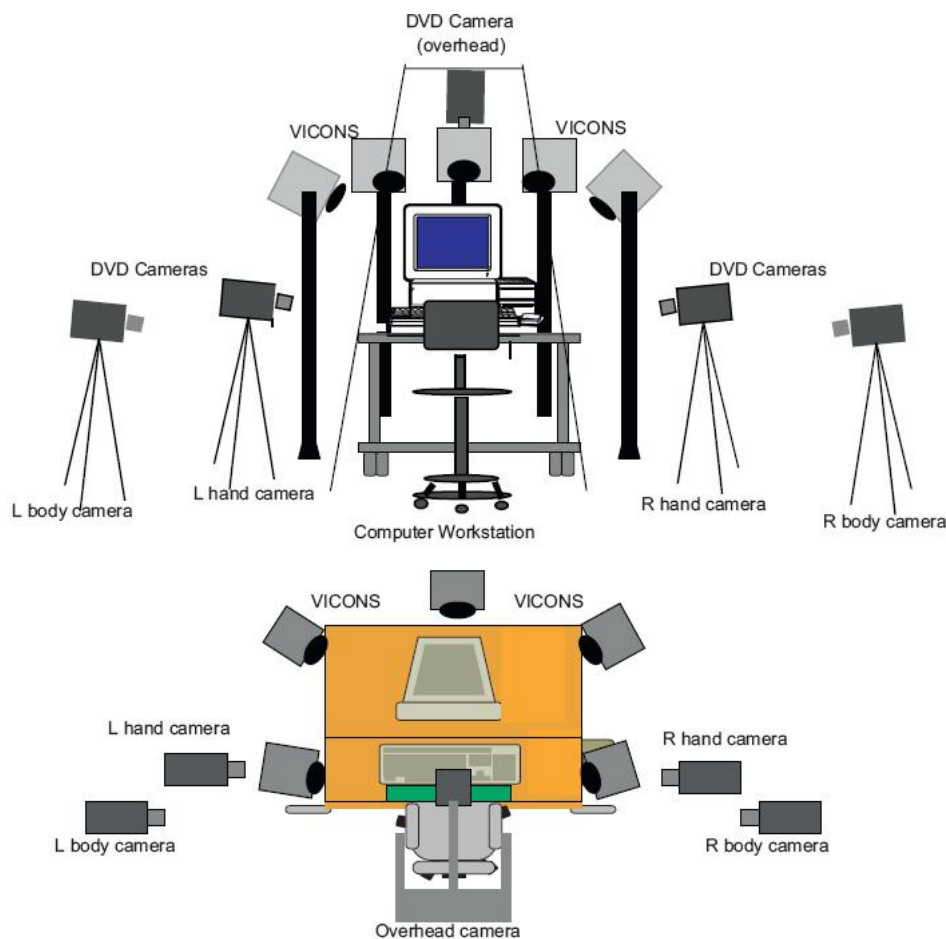
Διάφορα Φινλανδικά ερευνητικά κέντρα όπως το Πανεπιστήμιο του Tampere συνεργάστηκαν στα πλαίσια μια έρευνας για την διερεύνηση των επιδράσεων εργονομικά σχεδιασμένων χώρων εργασίας (workstations) σε μυοσκελετικά συμπτώματα μαθητών με σκοπό τη σύγκριση τους με συμβατικά workstations.

Στην πρώτη 14μηνη φάση της μελέτης (2002 – 2003, 2 σχολεία), συμμετείχαν 42 από την παρεμβολή και 46 από το σχολείο ελέγχου. Στους συνολικούς 26 μήνες που ακολούθησαν (2002-2004), συμμετείχαν 23 στην ομάδα παρεμβολής και 20 στην ομάδα ελέγχου. Μετρήθηκαν ανθρωπομετρικά και μυοσκελετικά συμπτώματα. Γενικά, τα εργονομικά σχεδιασμένα σχολικά workstations δε μείωσαν τους υπάρχοντες πόνους και εντάσεις σε πλάτη, ώμο, πάνω – πλάτη, κάτω – πλάτη και χαμηλότερα άκρα σε σύγκριση με τα συμβατικά κατά τη διάρκεια επαναλήψεων [55].

Μια έρευνα πραγματοποιήθηκε για τον εργονομικό έλεγχο χώρων κουζίνας στην οποία συμμετείχαν 59 περιπτώσεις. Οι ομάδες που συμμετείχαν παρήγαγαν και αξιολόγησαν λύσεις για να βελτιστοποιήσουν το μυοσκελετικό φορτίο στην εργασία τους. Η διαδικασία υποστηρίχτηκε από έναν εργονόμο. Μέχρι το τέλος, υλοποιήθηκαν 402 αλλαγές. Αξιολογήσιμα δεδομένα συγκεντρώθηκαν χρησιμοποιώντας ημερολόγια έρευνας, ερωτηματολόγια και ομαδικές συνεντεύξεις. Το μοντέλο παρέμβασης αποδείχτηκε πραγματοποιήσιμο και η συμμετοχική προσέγγιση λήφθηκε ως θετική ως προς το κίνητρο. Η γνώση των εργαζομένων και η συνειδητοποίηση της εργονομίας αυξήθηκε, πράγμα το οποίο βελτίωσε την ικανότητά τους να χειρίζονται εργονομικά προβλήματα μόνοι τους. Παρατηρήθηκε ότι οι αλλαγές στην εργονομία μειώνουν το φυσικό φορτίο και βελτιώνουν τη μυοσκελετική υγεία. Ως ανασταλτικοί παράγοντες για την υλοποίηση αναφέρθηκαν η έλλειψη χρόνου και κινήτρου και οι ανεπαρκείς οικονομικές πηγές. Επιθυμία για περισσότερη υποστήριξη από τη διοίκηση, το τεχνικό προσωπικό και τους εργονόμους εκφράστηκε από τους εργαζόμενους [56].

Μια εργασία στην Αμερική αφορούσε στον έλεγχο αξιοπιστίας χρησιμοποιώντας το Keyboard Personal Computer Style (K – PeCS), το οποίο αξιολογεί στερεότυπες στάσεις σώματος και κινήσεις που σχετίζονται με τη

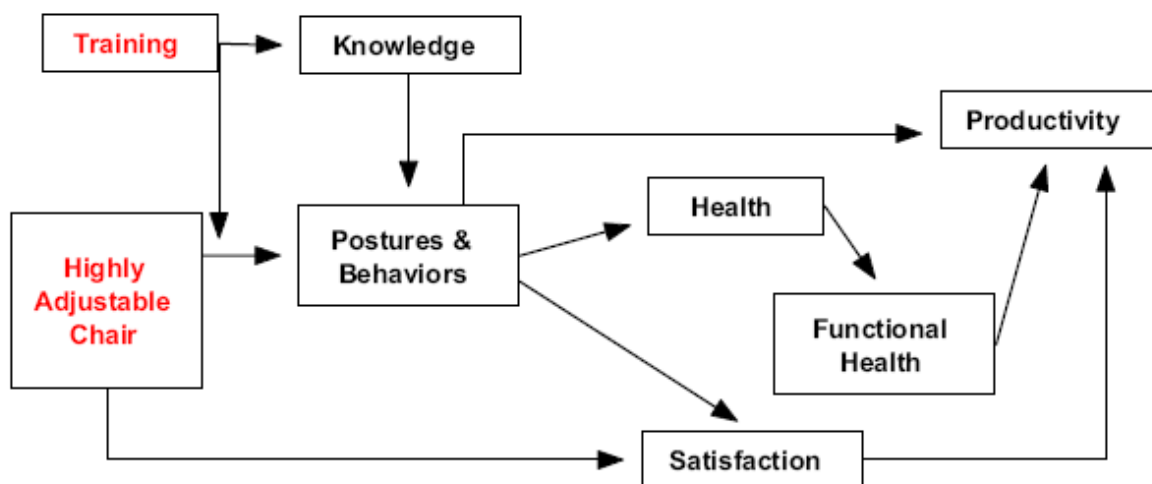
χρήση ηλεκτρολογίου υπολογιστή συγκριτικά με αντίστοιχα σκορ που αναπτύχθηκαν από ένα τρισδιάστατο σύστημα ανάλυσης κίνησης. Τρεις επιστήμονες εκτίμησαν ανεξάρτητα τα videoclip 45 χρηστών ηλεκτρολογίων για να διαπιστώσουν την αξιοπιστία του συστήματος, ως προς τα αποτελέσματα που προέκυψαν και αποφάνθησαν ότι τα περισσότερα στοιχεία του K – PeCS μπορούν τελικώς να χρησιμοποιηθούν για να αξιολογηθούν αξιόπιστα τα διάφορα στυλ των ηλεκτρολογίων [58].



Σχήμα 4.6: Διαμόρφωση των στοιχείων εξοπλισμού

Στο Πανεπιστήμιο του Τέξας, στη σχολή Δημόσιας Υγείας που εδρεύει στο Χιούστον, ΗΠΑ, διεξήχθη μία έρευνα σχετικά με τις επιδράσεις των εργονομικά σχεδιασμένων καθισμάτων γραφείου στην συμπεριφορά των υπαλλήλων και σε κινδύνους του μυοσκελετικού συστήματος. Οι εργαζόμενοι του γραφείου κατανεμήθηκαν σε τρεις ομάδες μελέτης : μια ομάδα που έλαβε την εκπαίδευση

και την προσαρμοζόμενη καρέκλα ($n = 96$), μια ομάδα μόνο για εκπαίδευση ($n = 63$) και μια ομάδα ελέγχου ($n = 57$). Το πρόγραμμα εκπαίδευσης στην εργονομία γραφείου δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας ένα σχεδιαστικό μοντέλο συστημάτων οδηγίων. Ένα προ/μετεκπαιδευτικό τεστ γνώσης χορηγήθηκε σε όλους εκείνους που παρακολούθησαν την εκπαίδευση. Διάφορες στάσεις σώματος και εναλλακτικά σχέδια θέσεων εργασίας παρατηρήθηκαν πριν και μετά την παρεμβολή. Ο αντιληπτός έλεγχος πάνω στο φυσικό περιβάλλον εργασίας ήταν υψηλότερος και για τις δύο ομάδες παρεμβολής σε σύγκριση με εργαζομένους στην ομάδα ελέγχου. Μια σημαντική αύξηση στη συνολική γνώση εργονομίας παρατηρήθηκε για τις ομάδες παρεμβολής. Και οι δύο ομάδες παρεμβολής επέδειξαν συμπεριφορά υψηλότερου επιπέδου και είχαν χαμηλότερους μυοσκελετικούς κινδύνους από την ομάδα ελέγχου [59].



Σχήμα 4.7: Θεωρία μετατροπής

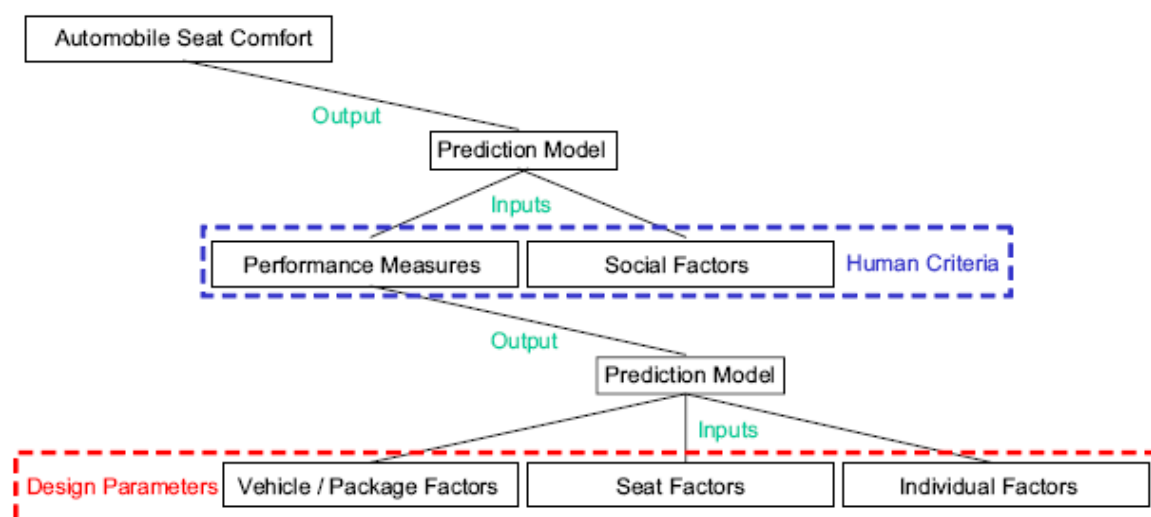
Στο Πανεπιστήμιο Gothenburg της Σουηδίας, στο τμήμα των σχεδιαστικών επιστημών, έγινε μία συγκριτική έρευνα ψηφιακών μοντέλων στα πλαίσια χειρονακτικής συναρμολόγησης τμημάτων αυτοκινήτου. Εννέα μηχανικοί προσομοίωσης στην εταιρία Volvo εφάρμοσαν 155 περιπτώσεις προσομοίωσης με σκοπό να εξεταστούν ποιες από τις εικονικά εκτελούμενες εργασίες συναρμολόγησης μπορούν να επαληθευτούν στην πραγματικότητα και εάν

μπορούν να ληφθούν υπόψη τα προτεινόμενα μέτρα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα εργαλεία ψηφιακής μοντελοποίησης ανθρώπων είναι χρήσιμα προκειμένου να παρέχουν δυνατότητα σχεδιασμού απεριόριστων στάσεων του σώματος στο χώρο εργασίας. Επιπλέον, ο σχεδιασμός βοηθητικών συσκευών και του απαιτούμενου χώρου που αυτές καταλαμβάνουν, είναι η κυριότερη χρήση των εργαλείων αυτών. Η έρευνα καταδεικνύει περιοχές που απαιτούν επιπλέον ανάπτυξη με στόχο την περεταίρω βελτίωση των εν λόγω εργαλείων, τις πιθανότητες σωστής πρόβλεψης των αποτελεσμάτων στην πραγματικότητα για μια διεργασία π.χ. πραγματική δυνατότητα εισόδου του ανθρώπινου χεριού, πεδίο ορατότητας, επιβολή δυνάμεων κτλ. Πέραν αυτού, μια πιο πλήρης ανατροφοδότηση δεδομένων θα έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη προσέγγιση στις πραγματικές συνθήκες του χώρου εργασίας και πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα σε μετέπειτα έρευνες. Τα εργαλεία ψηφιακής απεικόνισης αποτελούν το σημαντικότερο μέσο εργονομικών αναλύσεων για διεργασίες χειρωνακτικής συναρμολόγησης στην αυτοκινητοβιομηχανία. Ωστόσο υπάρχει η ανάγκη βελτίωσης των εργαλείων αυτών και είναι ιδιαίτερης σημασίας η έρευνα αυτή προκειμένου να αναπτυχθούν και να εφαρμοστούν με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα [60].



Σχήμα 4.8: Παραδείγματα υποθέσεων προσομοίωσης.

Στην εταιρία FORD MOTOR COMPANY, στο Κέντρο Ανάπτυξης Προϊόντων, πραγματοποιήθηκε μια έρευνα σχετικά με την εργονομία των καθισμάτων αυτοκινήτου εξαιτίας των συνεχώς αυξανόμενων απαιτήσεων των καταναλωτών. Η συγκεκριμένη έρευνα αποτελεί τόσο ένα εφαλτήριο όσο και έναν οδηγό προκειμένου να γίνει εστίαση στο απαιτούμενο πλαίσιο εργασίας, πάνω στο οποίο θα αναπτυχθούν αξιόπιστοι μέθοδοι προσέγγισης του προβλήματος και προτάσεις λύσης του. Έχουν αναπτυχθεί λεπτομερώς οι τάσεις που επικρατούν στον σχεδιασμό καθισμάτων αυτοκινήτων, καθώς και οι παράγοντες που περιορίζουν τις σχεδιαστικές λύσεις. Οι περιορισμοί αποτέλεσαν καταλύτη για τη δημιουργία ενός συστηματοποιημένου πλαισίου εργασίας, με στόχο να δημιουργηθούν κατευθυντήριες γραμμές στην έρευνα και τον εργονομικό σχεδιασμό των καθισμάτων [61].



Σχήμα 4.9: Ποιοτική δομή για την ανάπτυξη θεωρητικής και μεθοδολογικής βάσης της επιστήμης εργονομικών καθισμάτων αυτοκινήτου.

Πολλές εταιρίες αναπτύσσουν δικά τους εργαλεία εργονομικών βελτιώσεων για αντιμετώπιση προβλημάτων. Μία έρευνα πάνω στον τομέα σχεδιασμού και εργονομίας έγινε από το Πανεπιστήμιο του Linköping, στο Τμήμα Βιομηχανικής Εργονομίας της Σουηδίας. Στόχος της έρευνας είναι να γίνει μία αποτίμηση και αξιολόγηση των παραγόντων που υποβοηθούν ή παρεμποδίζουν

την εφαρμογή μοντέλων εργονομικού σχεδιασμού και βελτίωσης των προϊόντων. Παρουσιάζεται ένα ενιαίο μοντέλο, που έχει αναπτυχτεί από την αυτοκινητοβιομηχανία Volvo, με σκοπό να χρησιμοποιείται από τους μηχανικούς παραγωγής, αντιπροσωπευτικής ασφάλειας για την εταιρία. Η διαδικασία αποτίμησης των κινδύνων για το μυοσκελετικό σύστημα κατά τη διάρκεια ενός αυτοκινητιστικού ατυχήματος είναι ήδη καθορισμένη, πράγμα που προωθεί στον προσδιορισμό λύσεων. Για την αξιολόγηση της χρήσης του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια, παρατήρηση και μελέτη ερευνητικών κειμένων. Το μοντέλο τελικά παρείχε μια πιο αποτελεσματική διαδικασία βελτίωσης του εργονομικού σχεδιασμού, οπτική αναπαράσταση της εργονομίας και επιβεβαίωση των γνώσεων που αυτή παρέχει [62].

VOLVO												
Car Torslanda			År vecka	Bandel	Avd.nr	Balansnamn						
Belastnings Ergonomisk Dokumentation			02/W505	1:42	73470/570	Tvärstag vä						
Utfärdare	Bilnr/Tim	Typ	Tim/dag	Balansnummer	Kommentarer	Ändringar för utgåva						
Christian Olofsson 74250	70	3	1.5	1347009		Ombalansering						
Sammanställning			Hanteringen av tvärstag är mycket påfrestande för rygg och axlar.									
Arbetsmoment	%	Men	Variant	A	K	F	KV	S	Kroppsdel	Kommentar	Åtgärdsförslag	
Klippa av gummiband V-luftslang UP28	10%	1	5cyl U turbo	2.4	1	1	2.4					
Montera clips för tcv-slang vid bromsrör	8%	1	6 cyl turbo	2.7	3	1	8.1		Fingrar			
Montera boosterslang	50%	1	UP28	2.7	2.7	1.4	10.2					
Montera ejektor till fäktkäpa	8%	1	6T UP28	2.7	2.4	1	6.5					
Montera clips till vakuumschwitch	35%	1	V-Pump UP28	2	3	1	6.0					
Montera clips till RS-box	38%	1	P28 V-Pump	2.4	2.7	1	6.5					
Montera vacuumslang till clips RS-box	38%	1	P28 V-Pump	2.4	3	1	7.2		Handled			
Montera vacuumslang till ejektor	38%	1	P28 V-Pump	2.7	2.7	1	7.3					
Anslut brut K-don till V-pump switch	38%	1	P28 V-Pump	2.7	2.4	1	6.5					
Tag tvärstag ifrån racks	100%	1	88	2	3	1	6.0		Rygg	Mycket tunglyftmed tvärstag	Införskaffa lyftverktyg till tvärstag	
Lämna över tvärstag	100%	1	88	3	3	1.7	15.3					
Äntra 2st bultar	100%	2	88	2.4	1	1	2.4		Rygg			
Äntra 1stbult & mutter mellan tvärstag & motor	100%	1	88	3	2.7	1.7	13.8					
Drag 2st bultar på tvärstag	100%	2	88	2	3	1	6.0					
Drag 1stbult & mutter med buffgrip	100%	1	88	2.7	1	1.7	4.6		Fingrar			
Montera gummihatt på tvärstagetsmittenbult	100%	1	88	2.7	3	1.7	13.8		Rygg, Nacke			
Placera RS-box i läge	100%	1	88	2.7	2.7	1.7	12.4					
Demonteralock till RS-box	100%	1	88	2.4	1.7	1	4.1					
Drag fast RS-box (2st skruvar)	100%	2	88	2.4	2	1	4.8			Vinkeldarare 10Nm		
Placera B+ kabel (nr1) på pinskruv	100%	1	88	2.4	1	1	2.4					
Placera B+ kabel (nr2) på pinskruv	100%	1	88	2.4	1.4	1	3.4		Fingrar			
Tryck fast B+ kabel (nr2) med grandclips	100%	1	88	2.7	3	1.7	13.8		Fingrar	B+ kabel svår att trycka iclips	Hjälpverktyg att trycka fast B+kabel med	
Tryck ner B+ (nr2) kabel i clips	70%	1	88 Bensin	2.7	2.7	1.4	10.2					
Anslut 4-poligt K-don till regulator	1%	1	CNG/LPG	2.7	1.4	1	3.8					
Anslut grått K-don	100%	1	88	2.4	1.7	1	4.1		Fingrar			
Tryck ner gummilätning	100%	1	88	2.7	3	1.7	13.8					
Äntra mutter på pinskruv till RS-box	100%	1	88	2.4	1	1	2.4					
Drag mutter på pinskruv till RS-box	100%	1	88	2	2.4	1	4.8					
Tag och lämna över elkylskablage	89%	2	U 8cyl	2.4	2	1	4.8					

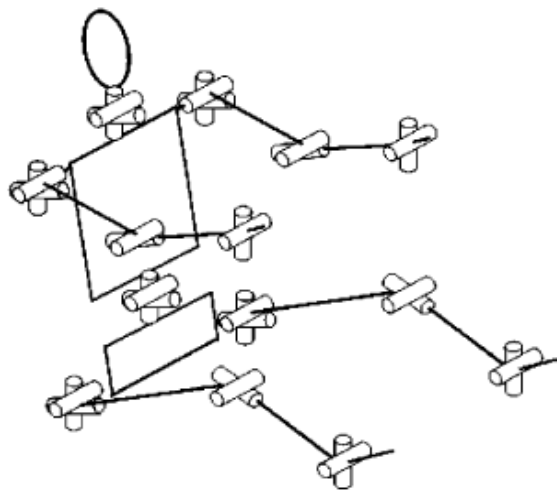
Σχήμα 4.10: Πρωτόκολλο για την τεκμηρίωση της αποτίμησης BME

Για την μελέτη σχεδιασμού περονοφόρου οχήματος συνεργάστηκαν το Πανεπιστήμιο Ajou, Τμήμα Βιομηχανικής και Πληροφοριακών Συστημάτων της Ν.Κορέας και το Πανεπιστήμιο της Νεμπράσκα, Τμήμα Βιομηχανίας και Διαχείρισης Συστημάτων. Δοκιμές σχετικά με τη σκίαση που δημιουργείται από λάμπες φωτισμού, δοκιμές στον προσδιορισμό ορατότητας νάνων και ένα ατομικό τεστ σε περονοφόρο ανυψωτικό μηχάνημα εφαρμόστηκαν προκειμένου να καθοριστούν ορισμένοι παράγοντες σχεδιασμού, σχετικοί με την ορατότητα των οδηγών. Τα τεστ ακολούθησαν τα δεδομένα των ISO/DIS 13564-1 για οδήγηση και χειρισμό των μηχανημάτων. Ψηφιακά ανθρώπινα μοντέλα και μοντέλα περονοφόρων οχημάτων αναπτύχθηκαν για τον καθορισμό της ορατότητας σε συνδυασμό με μοντελοποιημένες λύσεις του CATIA V5R13 . Έξι συμμετέχοντες ακολούθησαν τις εν λόγω πειραματικές δοκιμές, εφαρμοζόμενες σε παρόμοιες παραμέτρους με τα τεστ των δοκιμών στη σκίαση λάμπας φωτισμού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ανθρωπομορφικές διαφορές και η κίνηση της κόρης του ματιού ήταν βασικοί παράγοντες διαφοροποίησης της ποιότητας της ορατότητας. Συνεπώς για βελτίωση της ορατότητας δείχθηκε ότι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι σχεδιαστικοί παράγοντες κάτω από συνθήκες φόρτωσης των μηχανημάτων με φορτία μεγάλου μήκους, ειδικότερα όταν το περονοφόρο όχημα κινείται σε εμπρόσθια κίνηση σε ανοικτό χώρο [66].

Το Πανεπιστήμιο του Newcastle της Μ.Βρετανίας, η εταιρία Rolls-Royce και το Πανεπιστήμιο Leeds, συνεργάστηκαν στη διεξαγωγή μιας έρευνας σχετικά με την αξιολόγηση των πρωτοβουλιών του ανθρώπινου παράγοντα, με κεντρική ιδέα την αξιολόγηση, τη μέτρηση αποτελεσμάτων και τον καθορισμό οικονομικού οφέλους. Η καινοτομία της εργασίας ήταν ο καθορισμός ενός εργαλείου που θα προσδιορίζει τις οικονομικές επιπτώσεις δύο πρωτοβουλιών για έρευνα και ανάπτυξη στα πλαίσια μιας εταιρίας. Το εργαλείο αναπτύχθηκε για γενικότερη χρήση στην εναλλαγή πρωτοβουλιών και περιγράφεται η

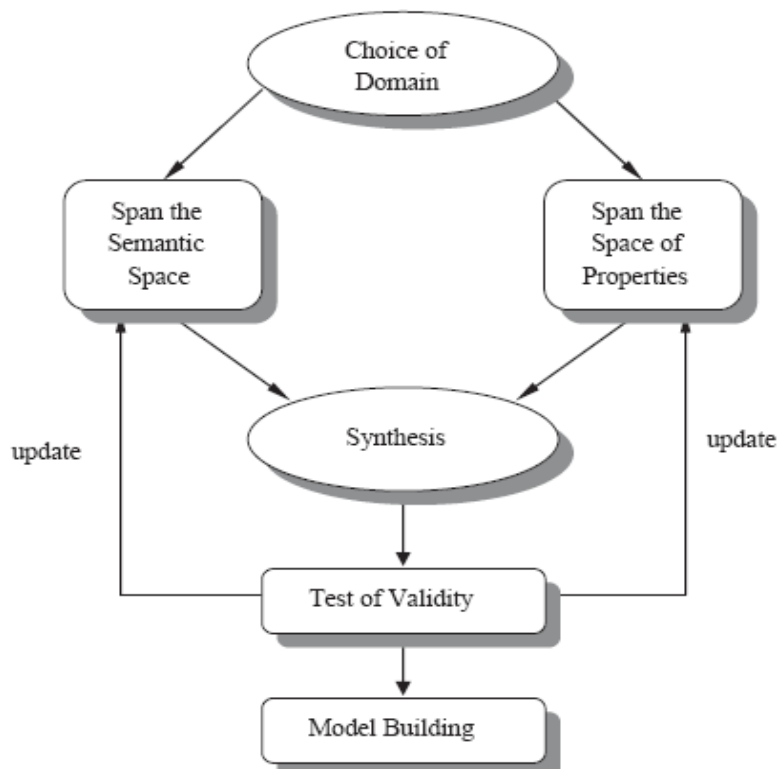
εφαρμογή του στον καθορισμό εργονομικών προγραμμάτων που αναλήφθηκαν σε συνεργασία της εταιρίας με το πανεπιστήμιο [64].

Στα πλαίσια του προγράμματος HANDIMAN (RNTS 2004) που στόχο είχαν τη διαβάθμιση της δυσκολίας κινήσεων κατά την είσοδο/έξοδο των ατόμων από ένα επιβατηγό όχημα, έλαβαν χώρα πειράματα όπου παρουσιάζονται τα σενάρια κινήσεων που υιοθετούνται από νεότερα ή γηραιότερα άτομα με ή χωρίς προσθετικά μέλη. Στο πρόγραμμα αυτό έλαβαν μέρος τα Πανεπιστήμια Valendeures και Sud Toulon-Var της Γαλλίας. Το προαναφερθέν πρόγραμμα αποτελεί ένα πειραματικό πρωτόκολλο που συγκεντρώνει κινηματικά και δυναμικά δεδομένα 41 υποκειμένων και μια μεγάλη γκάμα οχημάτων. Δύο μεγάλες οικογένειες κινήσεων παρατηρήθηκαν κατά την επιβίβαση και αποβίβαση των ατόμων, ενώ οκτώ στρατηγικές κινήσεων περιέχονταν στην κάθε οικογένεια. Οι νέες προσεγγίσεις στην αξιολόγηση της εργονομίας των αυτοκινήτων προσαρμόστηκαν στην εικονική πρωτοτυποποίηση. Με την έρευνα αυτή δόθηκε η ευκαιρία στους σχεδιαστές των οχημάτων να κατανοήσουν καλύτερα την ευκολία ή δυσκολία κίνησης των ατόμων και οι διαστάσεις των οχημάτων μπόρεσαν να προσαρμοστούν καταλληλότερα βάσει των οικογενειών κινήσεων [63].



Σχήμα 4.11: Ανθρωποειδές μοντέλο

Στο Πανεπιστήμιο Linköping της Σουηδίας, πραγματοποιήθηκε έρευνα που αφορά στο σχεδιασμό διακοπών πάνω σε παλινδρομικές διατάξεις. Οι διακόπτες σε παλινδρομικά κινούμενη διάταξη χρησιμοποιούνται σε οχήματα υψηλών απαιτήσεων, λόγω της επικέντρωσης στον παράγοντα ικανοποίηση του πελάτη. Στόχος της μελέτης ήταν να διευκρινίσει τον τρόπο και τις αιτίες που διαδεδομένες εφαρμογές της μηχανικής επηρεάζουν την αντίληψη των παλινδρομικά κινούμενων διατάξεων. Ένας δευτερεύον στόχος ήταν να γίνει σύγκριση δύο τύπων χαρακτηριστικά όρια μηχανών και να καθορίσει τη δυνατότητα συνύπαρξής τους στο πέρασμα του χρόνου. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος *Kansei Engineering* περιγράφοντας ένα προϊόν κυρίως από φυσικής και γεωμετρικής άποψης. Το μοντέλο κατασκευάστηκε και αξιολογήθηκε και δόθηκαν προτάσεις για εκ νέου σχεδιασμό του. Παρατηρήθηκε ότι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της παλινδρομικά κινούμενης διάταξης επηρέασαν ουσιαστικά τις υποκειμενικές απόψεις για την ευρωστία, την ακρίβεια και τον σχεδιασμό της [67].



Σχήμα 4.12: Μέθοδος Kansei Engineering

Το Πανεπιστήμιο του Οντάριο και το Τμήμα Ανθρώπινης Κινητικής του Πανεπιστημίου Laurentian του Καναδά ασχολήθηκαν με τη μελέτη τραυματισμών κατά την μεταφορά σε βιομηχανικούς χώρους. Περιπτώσεις που το άτομο εκτίθεται σε σωματικές δονήσεις σε συνθήκες που υφίστανται σε βιομηχανικό χώρο εργασίας εξετάστηκαν και παρατηρήθηκε ότι ο άξονας z του σώματος επιβαρύνονταν με επιταχύνσεις της τάξεως 0,10 έως 1,08 m/s^2 . Κάποιες από τις κύριες προκλήσεις συζητήθηκαν, συμπεριλαμβανομένης και της χρήσης και ερμηνείας των επιπέδων ασφαλείας, χρόνου και αποτελεσματικής πρόσβασης σε εξοπλισμό και ενέργειες και η έλλειψη ελέγχου κατά το τεστάρισμα. Πολλές βιομηχανίες έδειξαν ενδιαφέρον στην μέτρηση αυτών των δονήσεων προκειμένου να βελτιστοποιηθούν οι συνθήκες τόσο για τους εργαζόμενους όσο και για τον βιομηχανικό εξοπλισμό [65].

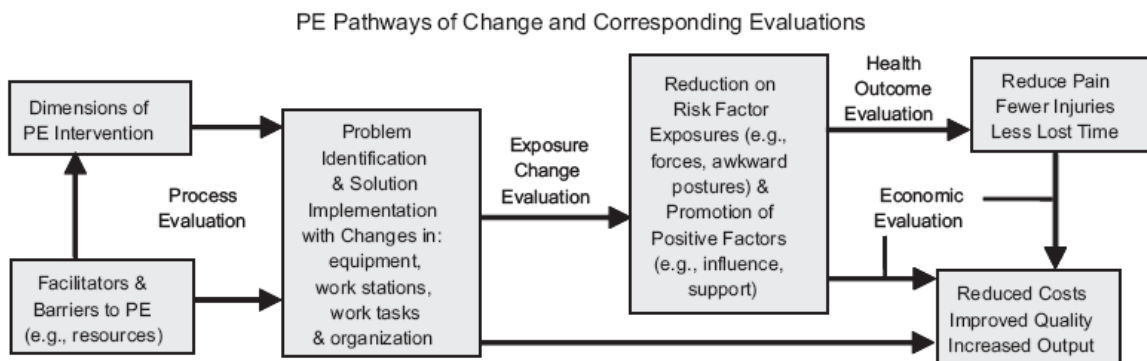
Το Air Force Research Laboratory στις ΗΠΑ, διεξήγαγε μία έρευνα αναφορικά με ταλαντώσεις υψηλών ταχυτήτων σε πολλούς άξονες ταυτόχρονα, σε συνδυασμό με περιβάλλον στρατιωτικού αεροσκάφους με προπέλες. Μετρήθηκαν επιταχύνσεις σε τριαξονικό σύστημα συντεταγμένων στις διεπιφάνειες μεταξύ των θέσεων του αεροσκάφους και των επιβατών προκειμένου να συγκριθούν και να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις χρήσης διαφορετικών μαξιλαριών. Παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή των τιμών επιταχύνσεων στους άξονες που δεν συνδέονταν με το δάπεδο του αεροπλάνου, αναλογικά με την χρήση διαφορετικών καθισμάτων. Τα άτομα που εκτέθηκαν στις συνθήκες του πειράματος παρουσίασαν μεγαλύτερη ευαισθησία σε συχνότητες BPF 73.5Hz που συνδέονταν με τις επιφάνειες των καθισμάτων. Τα επίπεδα επιταχύνσεων στον βαρυντικό άξονα υπήρξαν εντονότερα από εκείνα που συνδέονταν με τις επιταχύνσεις ταλαντώσεων προερχόμενες από τις προπέλες του αεροσκάφους. Τα συνολικά επίπεδα ταλαντώσεων υπέδειξαν ότι υπήρξαν διαβαθμίσεις σχετικά με την άνεση των καθισμάτων σε σχέση με τις συνθήκες έκθεσής τους [68].



Σχήμα 4.13: Άτομο που εξετάζεται και κάθεται στη θέση E-2C

Το Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας Εργασίας του Οντάριο, το Τμήμα Δημόσιας Υγείας του Πανεπιστημίου του Τορόντο και η Pulp and Paper Health and Safety Association του Οντάριο στον Καναδά έλαβαν μέρος σε μια μελέτη με σκοπό να διεξαχθεί μια συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας πάνω στην αποτελεσματικότητα συμμετοχικών εργονομικών (PE) παρεμβολών για τη βελτίωση της υγείας των εργαζομένων.. Η στρατηγική της έρευνας στόχευσε σε έξι ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων και αναγνώρισε 442 πιθανά άρθρα. Κάθε άρθρο εξετάστηκε από ζευγάρια κριτικών για σχετικότητα (αξιολόγησε μια συμμετοχική εργονομική παρεμβολή στο χώρο εργασίας με μία τουλάχιστον συνέπεια στην υγεία, εκδομένο στα Αγγλικά ισάξιο με βιβλιογραφία που έχει

ήδη εξεταστεί). 23 άρθρα ανταποκρίθηκαν σε κριτήρια σχετικότητας και εν συνεχεία εκτιμήθηκαν για μεθοδολογική ισχύ. 12 μελέτες που εκτιμήθηκαν ως «μέτριες» ή πιο πάνω παρείχαν από μερική μέχρι μέτρια απόδειξη ότι οι παρεμβολές PE έχουν θετική επίδραση σε : μυοσκελετικά συμπτώματα, μείωση σε τραυματισμούς και απαιτήσεις των εργαζομένων για αποζημίωση και μείωση στις χαμένες μέρες από τη δουλειά ή απουσία λόγω ασθένειας. Όμως, το μέγεθος της επίδρασης απαιτεί πιο ακριβή ορισμό [69].

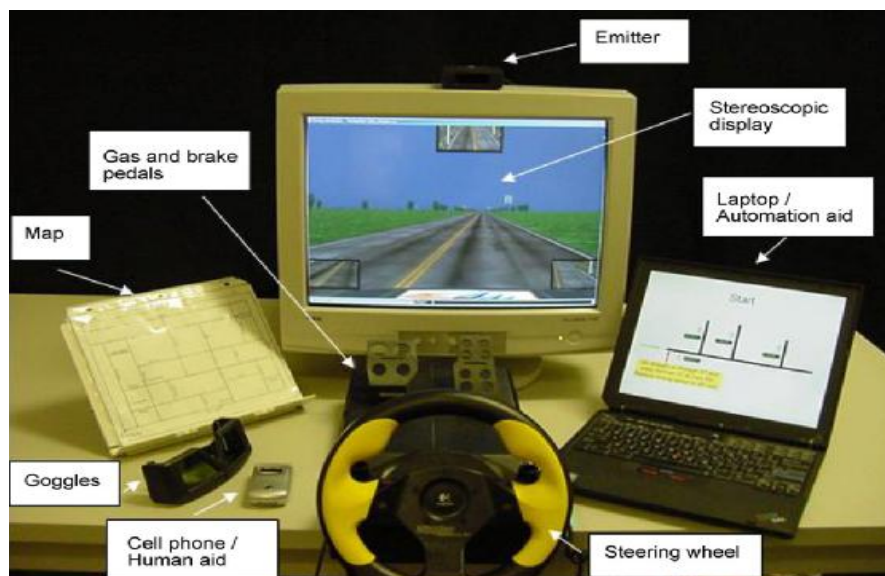


Σχήμα 4.14: Εργονομικά μονοπάτια μεταβολής και οι σχετικές αξιολογήσεις.

Το National Institute of Occupational Health της Σουηδίας ασχολήθηκε με τη μελέτη σχεδιασμού μεγάλων δασοκομικών μηχανών. Από το 1967, ο εργονομικός σχεδιασμός μεγάλων δασοκομικών μηχανών έχει υπάρξει το θέμα συνεχούς μελέτης. Έχουν αναπτυχθεί εργονομικές οδηγίες και έχει γίνει η εισαγωγή τους στους κατασκευαστές των μηχανών και στις βιομηχανίες δασών. Οι κατασκευαστές εφάρμοσαν ευνόητες εργονομικές βελτιώσεις. Ο χώρος εργασίας των χειριστών, η ορατότητα, ο φωτισμός, τα καθίσματα των χειριστών, το πλαίσιο στήριξης των μηχανών και η ευθυγράμμιση του ήταν μερικοί μόνο από τους παράγοντες που βελτιώθηκαν σημαντικά στον εργονομικό σχεδιασμό τους. Παρόλα αυτά τα νέα προβλήματα παρουσιάστηκαν κατά την μηχανοποίηση ορισμένων διαδικασιών, επιβαρύνοντας τους χειριστές με βλάβες κυρίως του μυοσκελετικού συστήματος, εξαιτίας της επέκτασης του χρόνου σε καθιστή στάση και της

αυξανόμενης έντασης εργασίας. Σε αυτή την έρευνα γίνεται μία προσπάθεια αντιμετώπισης αυτού του προβλήματος με προτάσεις για νέες εργονομικές βελτιώσεις και οργάνωση των εργασιών. Οι βελτιώσεις αυτές είχαν ως στόχο τη μείωση φυσικής προσπάθειας από την πλευρά των χειριστών, τη μείωση των τραυματισμών από εργατικά ατυχήματα και την αύξηση των παραγόντων άνεσης κατά τη διάρκεια εργασίας [71].

Το Τμήμα Βιομηχανίας και Μηχανικών Συστημάτων του Πανεπιστημίου της Β. Καρολίνας των ΗΠΑ, διεξήγαγε έρευνα για τις επιδράσεις των συστημάτων πλοήγησης στην απόδοση της οδηγικής συμπεριφοράς του ατόμου σε βάθος χρόνου, καθώς και στον καθορισμό διαφορετικών επιπέδων εμπιστοσύνης μεταξύ των αυτοματοποιημένων συστημάτων βοήθειας οδηγών και συστημάτων προσομοίωσης οδήγησης. Είκοσι συμμετέχοντες οδήγησαν σε υπόγεια σήραγγα, ακολουθώντας τις σημάνσεις και τις κατευθύνσεις ενός συστήματος πλοήγησης, της ανθρώπινης βοήθειας μέσω κινητού τηλεφώνου και ενός αυτόματου συστήματος εγκατεστημένου στο όχημα. Οι αντιδράσεις παρουσιάστηκαν σε προσομοιωτή με διαφορετικά επίπεδα βοήθειας και ακρίβειας πληροφοριών [70].

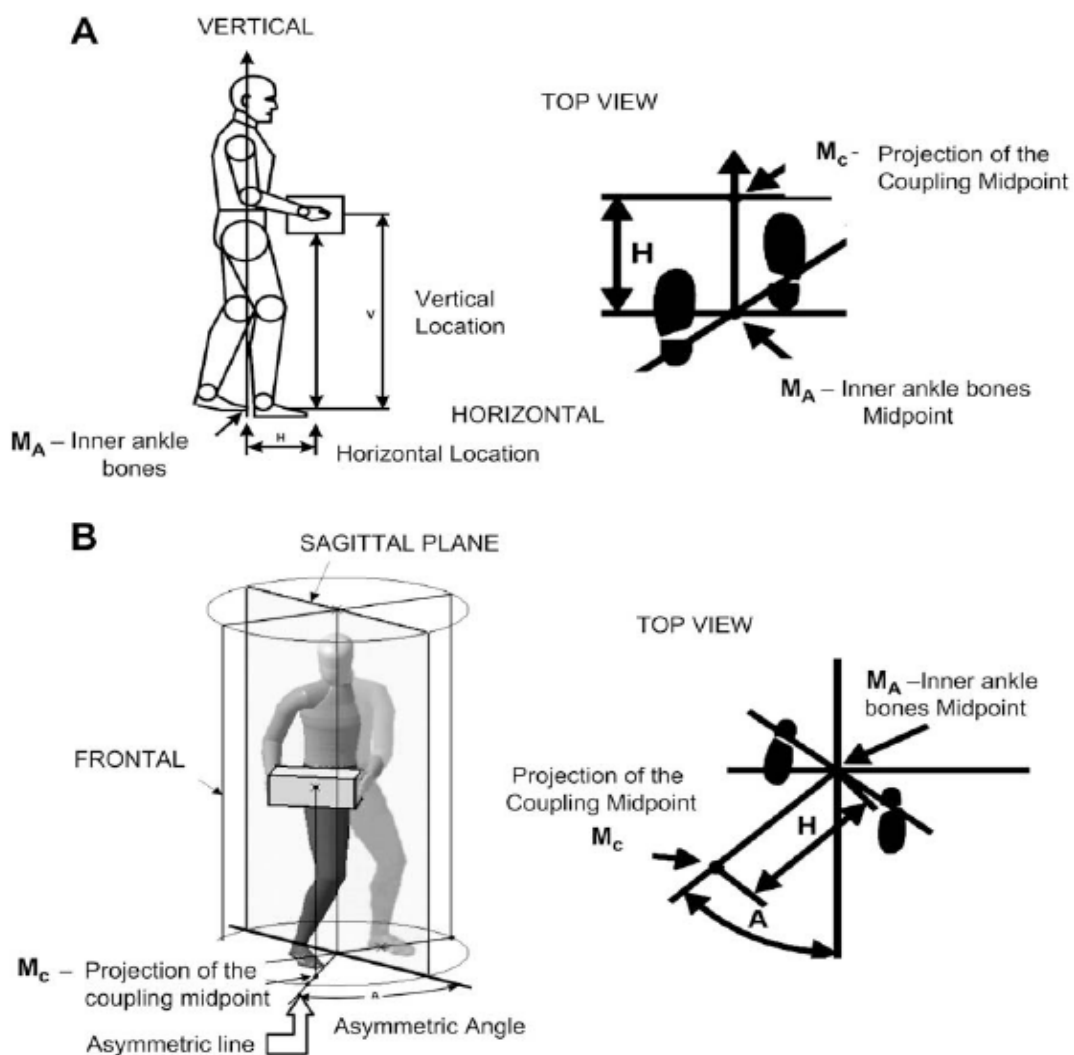


Σχήμα 4.15: Στήσιμο πειραματικού εξοπλισμού

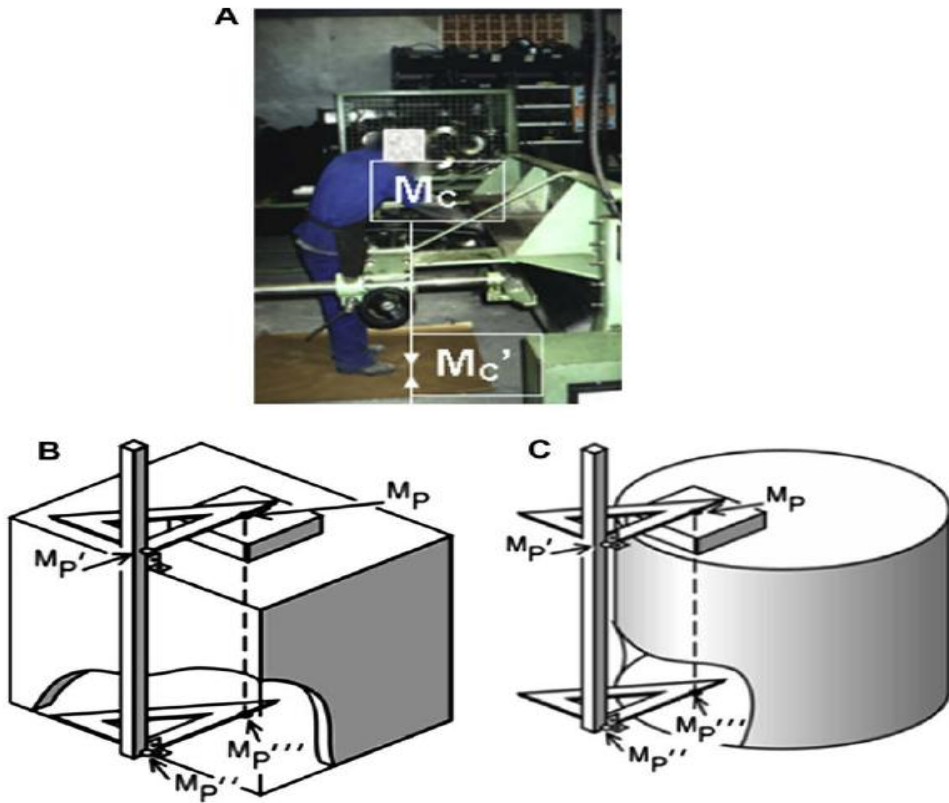
Το Washington State Department of Labor and Industries των ΗΠΑ διεξήγαγε μία έρευνα σχετικά με τη μέτρηση των δυνάμεων στο πεδίο εργονομικού σχεδιασμού και εφαρμογών της εργονομίας. Εφτακόσια τριάντα τρία άτομα και 2482 διαφορετικές κοπιαστικές εργασίες μελετήθηκαν ως προς την ποσοτικοποίηση του κόπου, βάσει μεθόδων ποσοτικοποίησης, με στόχο να μελετηθούν οι διαφορετικές μέθοδοι λήψης αποφάσεων των σχεδιαστών σε εργονομικά θέματα, αναφορικά με την αποτελεσματικότητα συγκέντρωσης στοιχείων που σχετίζονται με την καταβολή προσπάθειας στη διεξαγωγή της εκάστοτε εργασίας και τις μεθόδους ποσοτικοποίησης της. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο προσδιορισμός για το αν μια εργασία, που απαιτεί κόπο, μπορεί να θεωρηθεί αρκετά σημαντική για να μετρηθεί, ήταν υποκειμενικός. Είναι αναγκαίο να καθοριστούν πιο αντικειμενικά κριτήρια σημαντικότητας. Αν και οι διάφορες μέθοδοι ποσοτικοποίησης μπορούν να κάνουν διακρίσεις στα επίπεδα κόπου μεταξύ διαφορετικών τύπων εργασιών, οι παράγοντες που καθορίζουν τις διακρίσεις αυτές απαρτίζονται από μια μεγάλη γκάμα κριτηρίων. Οι διαφορετικές μέθοδοι ποσοτικοποίησης δύνανται να ποσοτικοποιούν την κούραση των εργασιών από διαφορετική οπτική γωνία. Για το λόγο αυτό υφίσταται η ανάγκη ανάπτυξης εργαλείων που θα μπορούν να χρησιμοποιήσουν πιο αντικειμενικά κριτήρια ποσοτικοποίησης κοπιαστικών εργασιών [72].

Το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου του Παναμά στην Βραζιλία διεξήγαγε μία έρευνα στα πλαίσια προτεινόμενων διαδικασιών για την μέτρηση παραμέτρων που απαιτούνται στις εργασίες ανύψωσης σύμφωνα με την εξίσωση NIOSH. Για την καλύτερη κατανόηση της, μελετήθηκε η εξίσωση *Revised NIOSH Lifting*, που εφαρμόζεται στον τομέα του εργονομικού σχεδιασμού, ώστε να παρέχει μια λεπτομερή περιγραφή των διαδικασιών μέτρησης των μεταβλητών της. Αυτές οι διαδικασίες υιοθετήθηκαν κατά την αξιολόγηση διεργασιών ανύψωσης/χαμήλωσης μεταλλικών φύλλων σε ένα τμήμα αυτοκινητοβιομηχανίας. Η εξίσωση αυτή αποτελεί ένα εργαλείο

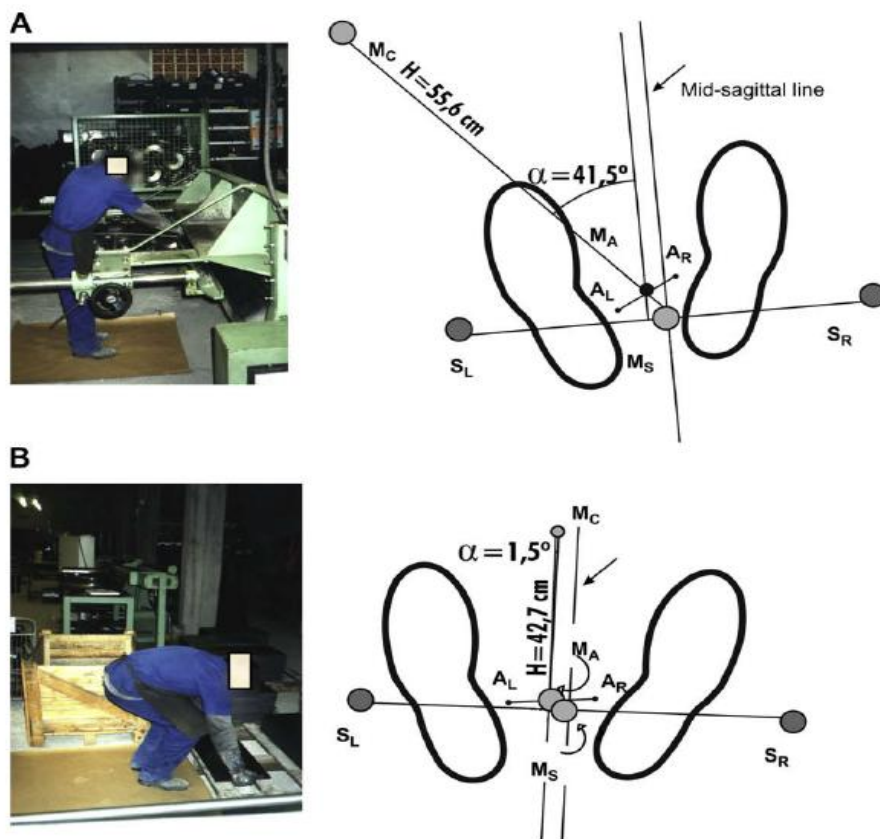
καθορισμού εργασιών που γίνονται χειρονακτικά. Η βιβλιογραφία που υφίστατο κατά τη διεξαγωγή της έρευνας δεν μπορούσε να παρέχει μια λεπτομερή περιγραφή των διαδικασιών απόκτησης των μεταβλητών της εξίσωσης και για αυτό το λόγο παρουσιάστηκε η ανάγκη μιας συστηματικής προσέγγισης στη συλλογή δεδομένων, μιας και αυτό αποτελεί κλειδί στη σωστή εφαρμογή της εξίσωσης. Χρησιμοποιήθηκαν τόσο φωτογραφίες όσο και μαγνητοσκοπήσεις που ακολούθησαν το φορτίο από την αρχική του ετοιμασία έως τον τελικό του προορισμό και λήφθηκαν μέτρα διαφόρων οργάνων του εξοπλισμού. Η εξίσωση NIOSH αποτελεί μια ανέξοδη αλλά πολύ χρήσιμη μεθοδολογία, απαιτεί όμως την πλήρη γνώση και εξοικείωση του χρήστη ώστε να γίνεται ορθός καθορισμός των μεταβλητών στο χώρο εργασίας [73].



Σχήμα 4.16: Αναπαράσταση εργασίας

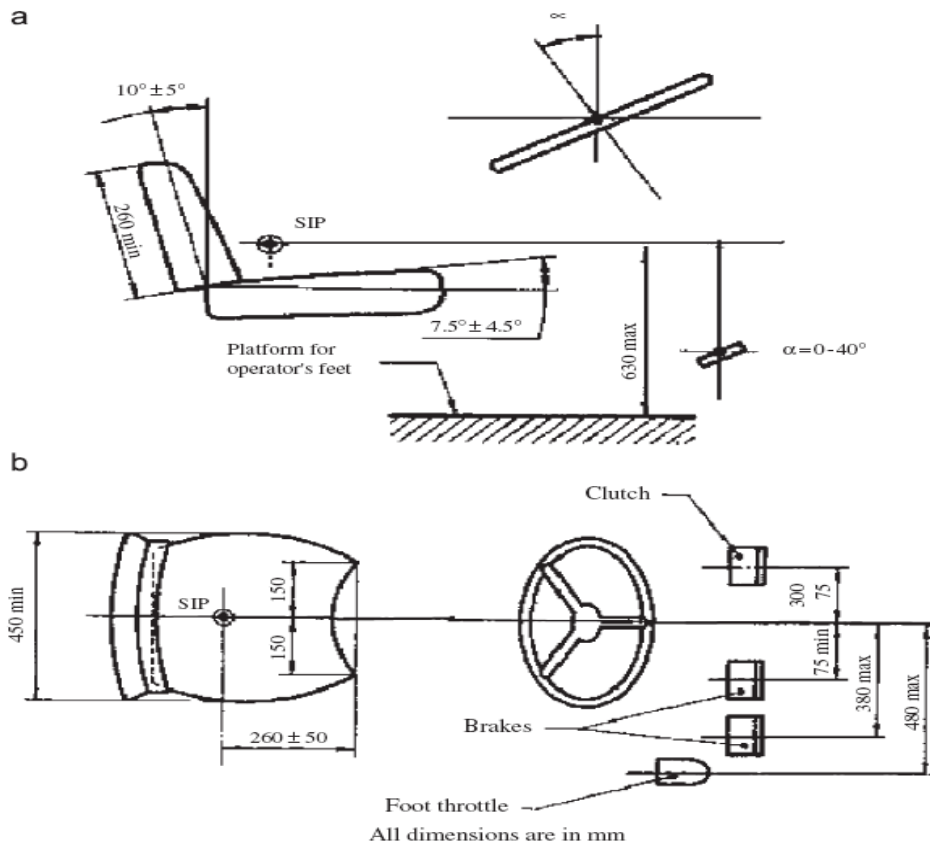


Σχήμα 4.17: Διαδικασίες για το σχεδιασμό του σημείου του μέσου του Coupling

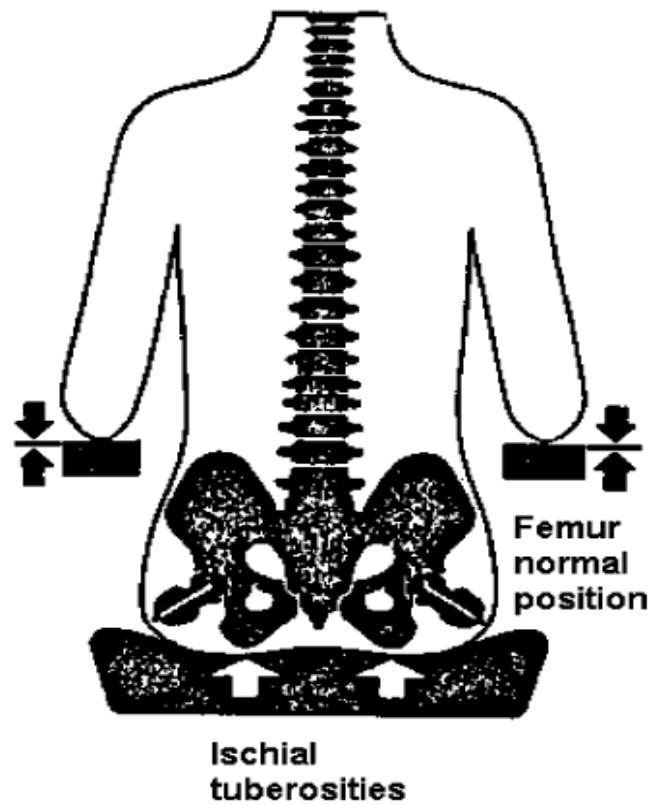


Σχήμα 4.18: Στάση του εργάτη στην αρχή και τον προορισμό της ανύψωσης.

Το Κεντρικό Ινστιτούτο Αγροτικής Μηχανικής στην Ινδία διεξήγαγε μία έρευνα σχετικά με τον σχεδιασμό καθισμάτων σε ελκυστήρες (τρακτέρ) βάσει ανθρωπομετρικών δεδομένων. Η οδήγηση τρακτέρ επιβάλλει πολλή φυσική και ψυχολογική πίεση στον χειριστή. Αν το κάθισμα του χειριστή δεν είναι άνετο, η απόδοση της δουλειάς του μπορεί να είναι χαμηλή και υπάρχει επίσης η πιθανότητα ατυχημάτων. Ο βέλτιστος σχεδιασμός καθισμάτων τρακτέρ μπορεί να πραγματοποιηθεί συμπληρώνοντας ανθρωπομετρικά δεδομένα με άλλα τεχνικά γνωρίσματα του σχεδιασμού. Εξετάστηκαν οι υπάρχουσες πληροφορίες πάνω στον σχεδιασμό καθισμάτων τρακτέρ, ο οποίος λαμβάνει υπόψη του την ανθρωπομετρία και βιο-μηχανολογικούς παράγοντες και δίνει μια προσέγγιση σχεδιασμού καθισμάτων βασισμένη σε ανθρωπομετρικά δεδομένα. Οι ανθρωπομετρικές διαστάσεις αγροτών, δηλ. το ύψος της κλείδωσης του γονάτου (popliteal) σε καθιστή θέση (5° percentile διάστημα εμπιστοσύνης), το πλάτος του μηρού σε καθιστή θέση (95° δ.ε), το μήκος κλείδωσης γονάτου – γοφού (5° δ.ε), το πλάτος interscye (5° και 95° δ.ε) και το ύψος acromion σε καθιστή θέση (5° δ.ε), πρέπει να ληφθούν υπόψη για το σχεδιασμό του ύψους καθίσματος, το πλάτος και μήκος της έδρας καθίσματος, το πλάτος και ύψος της πλάτης καθίσματος του τρακτέρ. Οι διαστάσεις καθισμάτων που συστήθηκαν για την άνεση του χειριστή τρακτέρ βασισμένες σε ανθρωπομετρικά δεδομένα πέντε χιλιάδων τετρακόσιων τριάντα τεσσάρων Ινδών αρσενικών αγροτών ήταν οι ακόλουθες : ύψος καθίσματος 380mm, πλάτος έδρας καθίσματος 420 – 450mm, πλάτος πλάτης καθίσματος 380 – 400mm (κάτω μέρος) και 270 – 290mm (πάνω μέρος), μήκος έδρας καθίσματος 370 ± 10 mm, κλίση έδρας καθίσματος $5 - 7^{\circ}$ προς τα πίσω και ύψος πλάτης καθίσματος 350mm [74].



Σχήμα 4.19: Εξυπηρετικό κάθισμα του διαχειριστή



Σχήμα 4.20: Οριζόντια θέση με τα μηριαία οστά σε κανονική στάση.

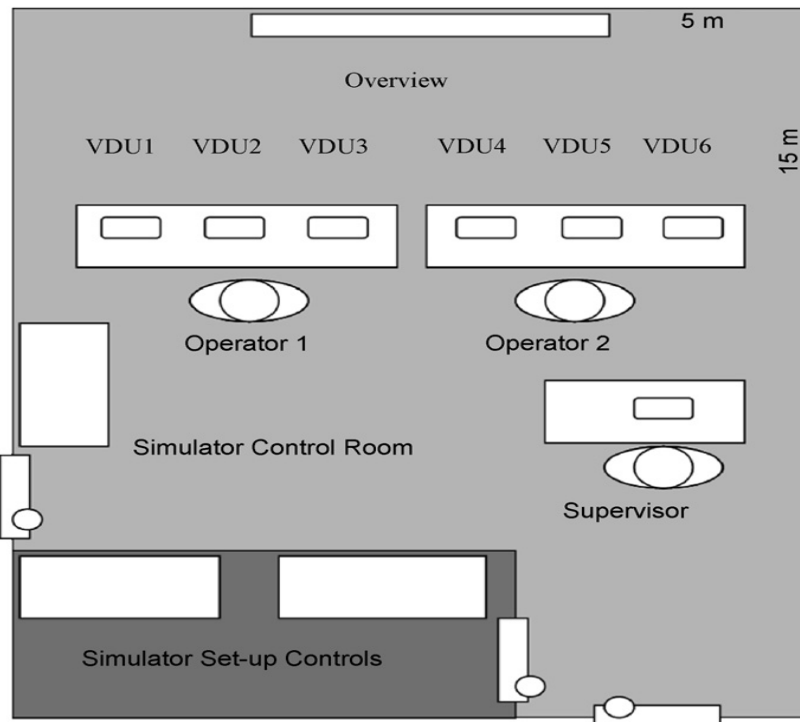


Σχήμα 4.21: Μέτρηση ύψους του πίσω μέρους του γονάτου σε καθιστή θέση.

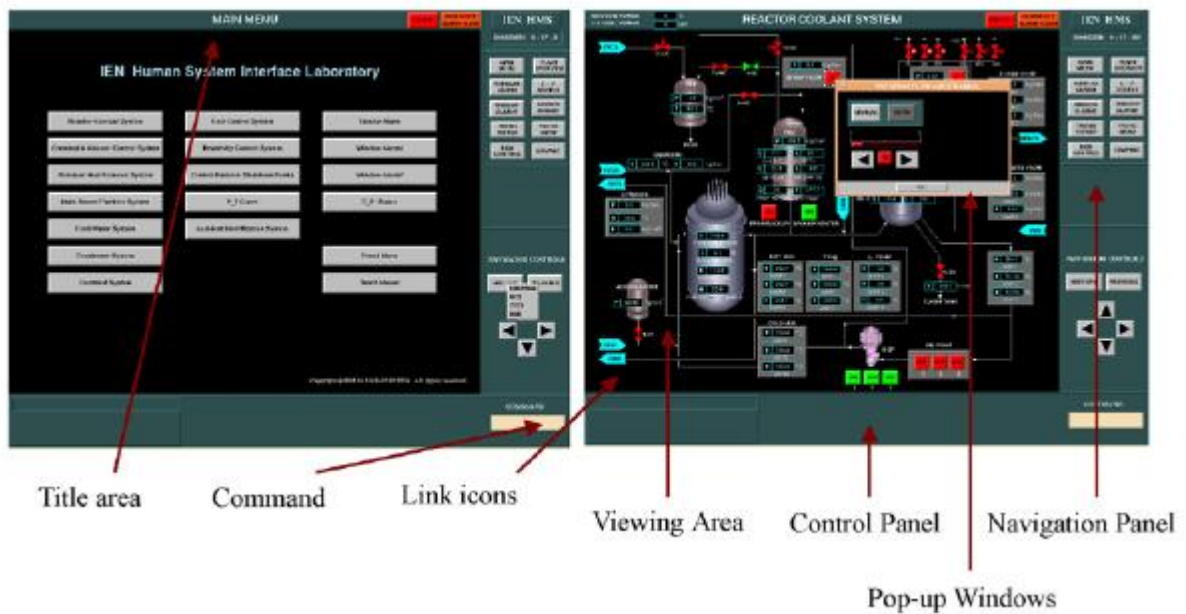
Το Πανεπιστήμιο του Michigan, και συγκεκριμένα το Τμήμα Ορθοπαιδικής Χειρουργικής, διεξήγαγε μία έρευνα σχετικά με την ποσοτικοποίηση των σχέσεων μεταξύ παραγόντων στον χώρο εργασίας που σχετίζονται με πόνους της πλάτης για το εργατικό δυναμικό. Δημοσιευμένη βιβλιογραφία χρησιμοποιήθηκε για να επιδείξει συγκεκριμένες διαφοροποιήσεις όπου παρουσιάζεται μείωση των τραυματισμών αναλογικά με την έκθεση σε συνθήκες βιομηχανικής εργασίας. Μελετήθηκαν έρευνες σε σχέση με επιδημιολογικά στοιχεία που θα μπορούσαν να ποσοτικοποιήσουν τη σχέση μεταξύ κριτηρίων βιομετρικών χαρακτηριστικών και έκθεσης σε συνθήκες βιομηχανικής εργασίας καθώς και οικονομικά κριτήρια που σχετίζονται με τα αποτελέσματα στον τομέα της υγείας. Βρέθηκαν 18 δημοσιεύσεις που περιγράφουν 15 ερευνητικές μελέτες σχετικές με το πρόβλημα. Παρατηρήθηκαν

ποσοτικοί συσχετισμοί μεταξύ τραυματισμών της πλάτης και κριτηρίων καταπόνησης της σπονδυλικής στήλης. Τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν από μηχανικούς ασφαλείας ώστε να εφαρμοστούν στις εκάστοτε συνθήκες εργασίας προκειμένου να εκτιμηθεί το κόστος και τα οφέλη εργονομικών καινοτομιών, πριν ακόμα αυτές εφαρμοστούν [75].

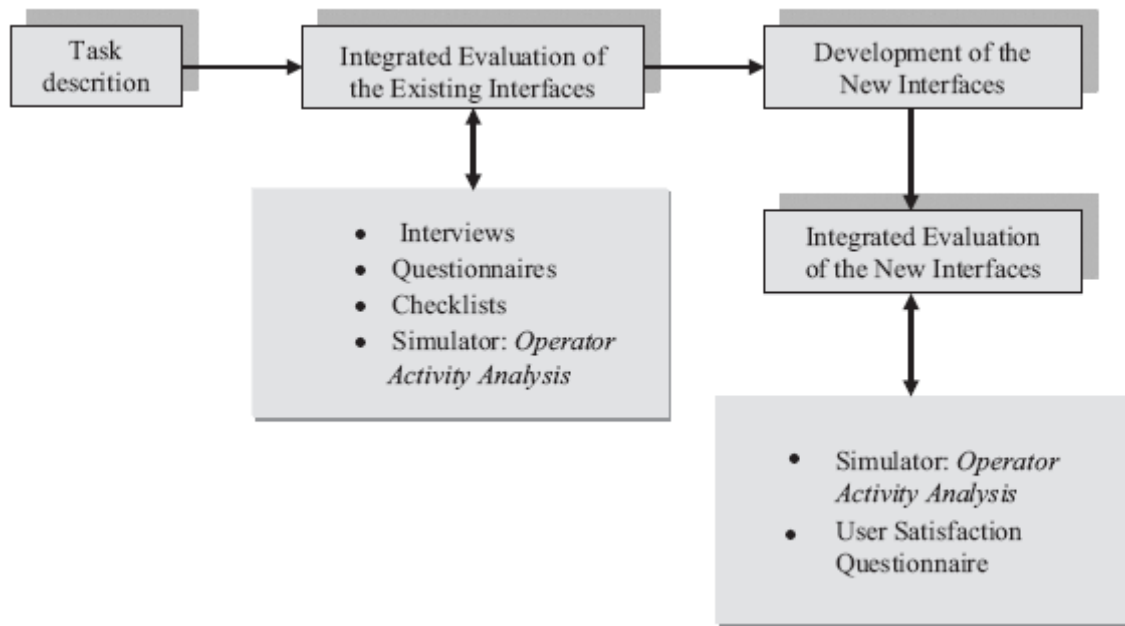
Το Ινστιτούτο Πυρηνικής Μηχανικής στο Πανεπιστήμιο του Rio de Janeiro, σε συνεργασία με το Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής, ασχολήθηκαν με την έρευνα σε θέματα που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα, για τον σχεδιασμό δωματίου ελέγχου πυρηνικών εγκαταστάσεων. Η τεχνολογία παίζει σημαντικό ρόλο στον σχεδιασμό εγκαταστάσεων δωματίων ελέγχου που βρίσκονται σε χώρους με πολύπλοκο τεχνολογικό εξοπλισμό. Τα ανθρώπινα λάθη έχουν πολλές και σημαντικές επιπτώσεις όπως στον σχεδιασμό διεπιφανειών, στην διεκπεραίωση διαμόρφωσης συνισταμένων για την εκάστοτε διεργασία και την οργάνωσή τους. Σε αυτή την περίπτωση είναι εύκολα αντιληπτό το πόσο μεγάλη σημασία έχει ο ορθός σχεδιασμός των εγκαταστάσεων ώστε να παρέχουν την απαραίτητη άνεση και χρηστικότητα, μειώνοντας έτσι πιθανούς λανθασμένους χειρισμούς. Το πλαίσιο της μεθοδολογίας περιλαμβάνει καθοδηγήτριες γραμμές που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα. Βοηθητικό εργαλείο ήταν η χρήση της εργονομίας βασισμένη στη διαχείριση ενεργής ανάλυσης. Περιγράφηκε η εφαρμογή και η προτεινόμενη μεθοδολογία για μία τέτοιου τύπου εγκατάσταση [77].



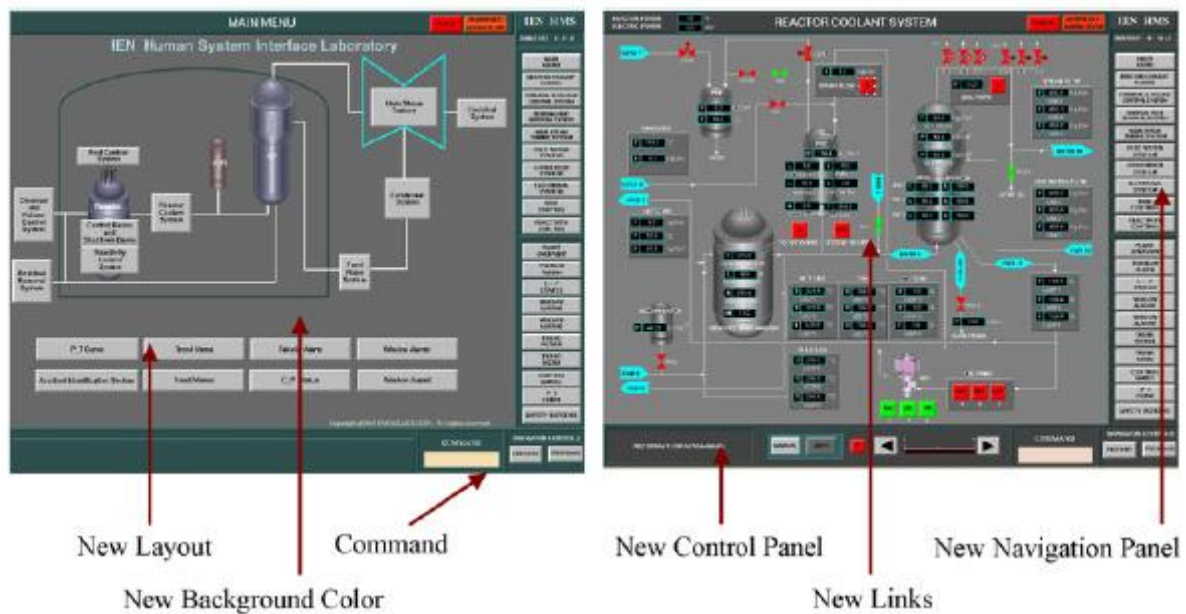
Σχήμα 4.22: Διάταξη προηγμένου δωματίου έλεγχου της συσκευής προσομοίωσης πυρηνικού αντιδραστήρα.



Σχήμα 4.23: Ήδη υπάρχων σχεδιασμός διεπιφάνειας

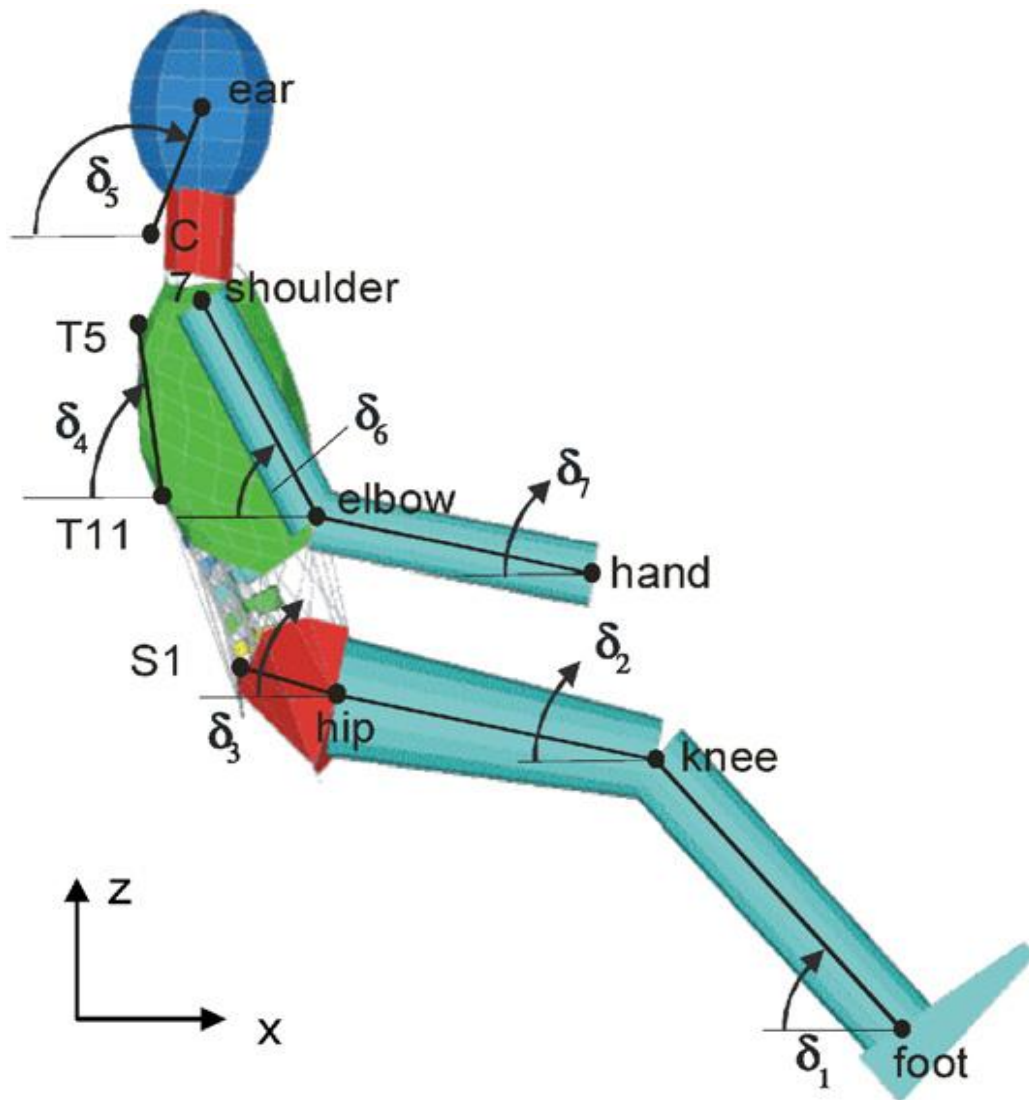


Σχήμα 4.24: Μεθοδολογικό πλαίσιο εργασίας.



Σχήμα 4.25: Νέος σχεδιασμός διεπιφάνειας.

Στο Βερολίνο, στο Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο για την Υγιεινή και Ασφάλεια στην Εργασία, διεξήχθη μία έρευνα σχετικά με την σημασία των ανθρωπομετρικών παραμέτρων και των μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων για τη δημιουργία βάσεων δεδομένων στην έκθεση των εργαζομένων σε περιβάλλον ταλαντώσεων. Η διαμόρφωση της απόκρισης του ανθρώπινου σώματος σε εργασιακές δονήσεις σε όλο το σώμα παρέχει την πιθανότητα πρόβλεψης των δυνάμεων που ασκούνται στο δίσκο και/ή στις νευρικές απολήξεις (endplates) οσφυϊκών σπονδύλων. Λόγω της πολύπλοκης δομής του ανθρώπινου σώματος, απαιτούνται σύνθετα δυναμικά μοντέλα βασισμένα στην ανθρώπινη ανατομία, για να αντανακλούν επαρκώς τις δυναμικές ιδιότητες του σώματος. Βασιζόμενοι σε πειραματικά αποτελέσματα, περιγράφεται η επιρροή της κορμοστασίας και του τυπικού ανθρώπινου ύψους (stature) στη βιοδυναμική συμπεριφορά των ανθρώπινων υποκειμένων. Ένα υπάρχον μοντέλο υιοθετήθηκε σε 5 τυπικές διαφορετικές στάσεις σώματος και 10 αντιπροσωπευτικά ύψη καταγράφηκαν από Ευρωπαίους οδηγούς βαρέων μηχανών για να αντανακλούν τη βιοδυναμική απόκριση διαφορετικών εργασιακών ομάδων εργαζομένων εκτεθειμένων σε δονήσεις όλου του σώματος. Τα 50 μοντέλα που προέκυψαν, δοκιμάστηκαν με σήματα λευκού θορύβου σε τρεις κατευθύνσεις ως συνεισφορά στις 4 διεπιφάνειες: γοφός, πλάτη, πόδια και χέρια. Τα αποτελέσματα των στατικών και δυναμικών μεριδίων των προβλεπόμενων ραχιαίων δυνάμεων σε 6 ραχιαία επίπεδα δείχνουν ισχυρές επιρροές των παραγόντων κορμοστασία και ύψους. Παράγοντες επικινδυνότητας που υπολογίστηκαν για την εκτίμηση της πιθανότητας τραυματισμών αντανακλούν την επιρροή αυτών των παραγόντων. Βασισμένοι σε αυτά τα ευρήματα, μια καμπύλη συχνότητας (weighting) για την αξιολόγηση της έκθεσης σε δονήσεις δεν είναι αρκετή για να ανταποκριθεί στη μεταβλητότητα των κινδύνων που προκαλούνται από διαφορετικές κορμοστασιές και ύψη [76].



Σχήμα 4.26: Οι γωνίες χαρακτηρίζουν τη στάση των μοντέλων.

Στα πλαίσια του προγράμματος John Deere αναπτύχθηκε το εργαλείο ERGONAUT με σκοπό την εργονομική ανάλυση προϊόντων (κυρίως αυτοκινήτων) και την χρήση εικονικής πραγματικότητας για την απόκτηση δεδομένων κίνησης από τον εμπυθισμένο χρήστη. Επίσης, αναπτύχθηκε το ψηφιακό ανθρωποειδές VirtualANTHROPOS για την εκτέλεση των πειραμάτων και την απόκτηση εργονομικών αποτελεσμάτων. Η εκτέλεση των πειραμάτων έγινε με χρήση φυσικού πρωτότυπου αυτοκινήτου. Τα δεδομένα από την καταγραφή των κινήσεων του πραγματικού χρήστη οδηγήθηκαν στο σώμα ενός

ανθρωποειδούς με σκοπό την εκτέλεση της κίνησης από αυτό. Το σύστημα παρείχε μια περιορισμένη δυνατότητα εφαρμογής των επιθυμητών ανθρωπομετρικών δεδομένων στο ψηφιακό ανθρωποειδές και εμφάνιζε μετά το τέλος της διαδικασίας αποτελέσματα που αφορούσαν κυρίως το οπτικό πεδίο του χρήστη, την δυνατότητα πιασίματος ενός συγκεκριμένου σημείου και τα όρια κίνησης των μελών του σώματος [78].

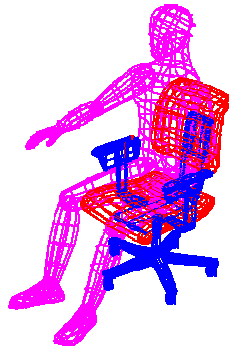
Υπάρχουν αρκετές εφαρμογές ελέγχου εργονομίας, οι κυριότερες των οποίων αφορούν στον σχεδιασμό αυτοκινήτων, αεροσκαφών ή επίπλων γραφείου [79]. Το Ramsis έχει χρησιμοποιηθεί από τη βιομηχανία αυτοκινήτων Volkswagen για τον εργονομικό έλεγχο της θέσης του οδηγού, σε όλα τα μοντέλα της εταιρείας, κατά τη φάση του σχεδιασμού. Ειδικότερα, εξετάστηκε το οπτικό πεδίο του οδηγού και η ελευθερία των κινήσεών του .



Σχήμα 4.27: Έλεγχος εργονομίας θέσης οδηγού σε αυτοκίνητο της VW με το Ramsis

Η εταιρία Deneb Robotics (σήμερα Delmia) υλοποίησε το λογισμικό Robcad, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου ενός χώρου εργασίας με την χρήση ενός ψηφιακού ανθρωποειδούς. Το 1994 η αυτοκινητοβιομηχανία Audi χρησιμοποίησε το εργαλείο αυτό σε συνεργασία με την εταιρία Ingolstadt για έλεγχο διαδικασιών συγκόλλησης σε μικρές επιφάνειες ενός αυτοκινήτου. Το εργαλείο Robcad χρησιμοποιήθηκε και από τις εταιρίες General Motors και Mercedes Benz, για τον έλεγχο του σχεδιασμού των κλειδαριών των αυτοκινήτων.

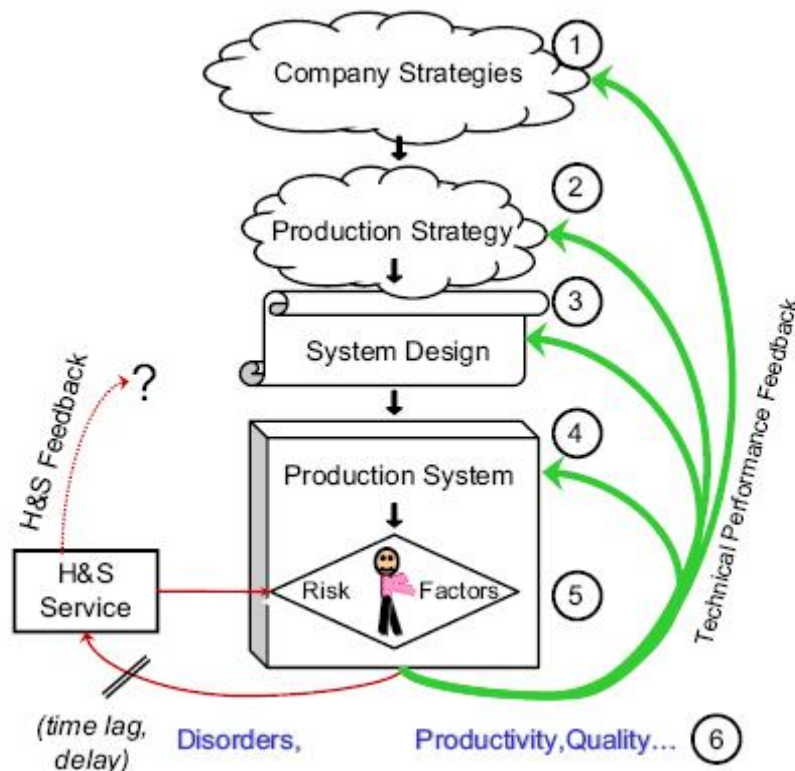
Η εταιρία Intergraph's Industrial Design χρησιμοποίησε ένα ειδικά αναπτυγμένο για τις ανάγκες της εργαλείο ψηφιακών ανθρωποειδών για τον έλεγχο των προϊόντων της [80]. Αυτή ήταν η πρώτη χρήση του λογισμικού Ergoman (Σχήμα 8), το οποίο αργότερα χρησιμοποιήθηκε και από τις Boeing και McDonnell Douglas για τη μελέτη εργονομίας χώρων εργασίας.



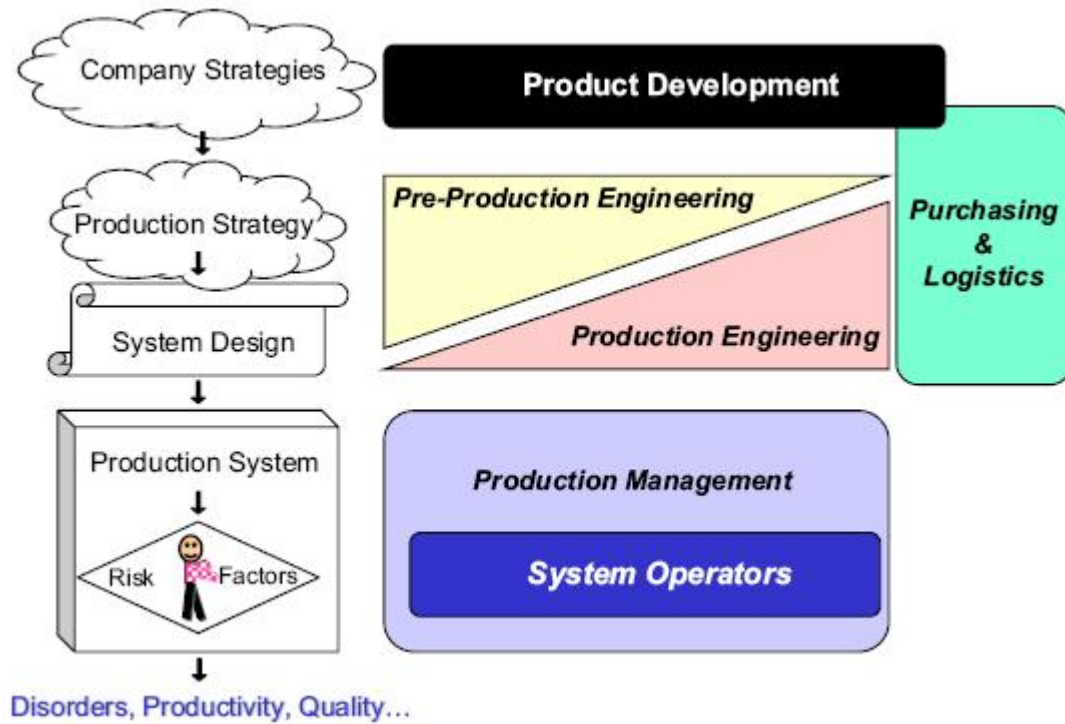
Σχήμα 4.28: Έλεγχος εργονομίας καθίσματος με το Ergoman

Το Πανεπιστήμιο Gothenburg της Σουηδίας, το Τμήμα Industrial Engineering του Πανεπιστημίου Ryerson στον Καναδά, το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Στοκχόλμης και το Διεθνές Κέντρο Ερευνών της Κοπεγχάγης, διεξήγαγαν μία έρευνα στην ανάπτυξη του συστήματος παραγωγής της Volvo powertrain για την κατανόηση των φραγμών και ενισχύσεων στην ένταξη της εργονομίας στο σύστημα παραγωγής. Οι ερευνητές δούλεψαν σε συνεργασία με την εταιρία σε μια προσπάθεια βελτίωσης της ικανότητας της εταιρίας να χειρίζεται την εργονομία στην καθημερινή της εργασία για την βελτίωση και ανάπτυξη συστημάτων παραγωγής. Οι ερευνητές παρατήρησαν και αναλογίστηκαν συλλογικά πάνω στη διαδικασία αλλαγής χρησιμοποιώντας σημειώσεις πεδίου και καταγραφές για να στηρίξουν τις παρατηρήσεις τους. Παρατηρούμενοι φραγμοί ολοκλήρωσης συμπεριέλαβαν και θέματα ατομικού επιπέδου, όπως συμβάντα στη ζωή και οργανωτικές απόψεις, όπως επικοινωνιακοί φραγμοί ανάμεσα σε ομάδες ή ανάθεση καθηκόντων σε ανθρώπους που δεν σχετίζονταν με τη λήψη αποφάσεων. Οι παρατηρούμενες ενισχύσεις συμπεριέλαβαν την

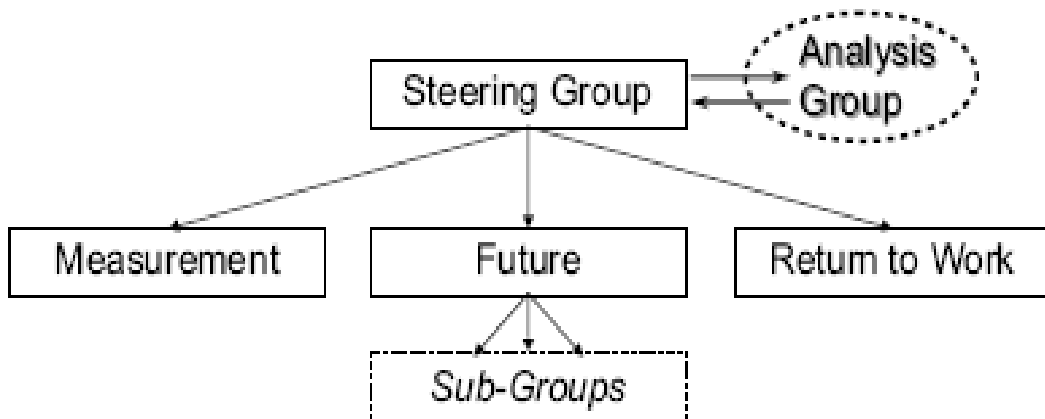
«political reflective navigation» από τον ιδιοκτήτη του προγράμματος, για να βρεθούν νέοι τρόποι να υπερνικηθούν οι φραγμοί και να εγκατασταθούν τα εργονομικά μέσα στην οργάνωση. Ενώ ειδικές ομάδες «εργονομίας» δεν επέζησαν για πολύ, παρατηρήθηκε πρόοδος στο να συμπεριληφθεί η εργονομία σε τακτικές ομάδες σχεδιασμού. Ένα πολυ - λειτουργικό εργαστήριο, το οποίο καλλιεργούσε συζητήσεις σε όλα τα οργανωτικά όρια, βοήθησε στη μεταστροφή ενδιαφέροντος από οπισθοδρομικά (retrofitting) συστήματα σε μελλοντικά συστήματα παραγωγής και στη βελτίωση της δέσμευσης ομάδων μηχανικών. Η πρόοδος σημειώθηκε από επιτυχίες και αναποδιές και η πλήρης ολοκλήρωση φαίνεται να απαιτεί περισσότερο από μια περίοδο 2 ετών. Συμπεραίνεται ότι η υποστήριξη από ανώτερους διευθυντές θα έπρεπε να περιλαμβάνει σχεδιασμό διαδοχής για το προσωπικό που είναι σημαντικό στην προσπάθεια αλλαγής [57].



Σχήμα 4.29: Αλυσίδα αποφάσεων



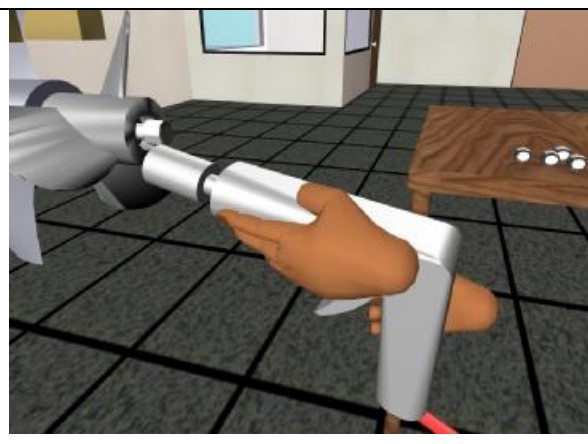
Σχήμα 4.30: Χάρτης οργάνωσης



Σχήμα 4.31: Σχηματικό διάγραμμα ομάδων που αναπτύχθηκαν.

Στο Πανεπιστήμιο Πατρών, Εργαστήριο Συστημάτων Παραγωγής και Αυτοματισμού-LMS (Laboratory Of Manufacturing Systems) αναπτύχθηκε ένα περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας για τον έλεγχο της εργονομίας κατά την εκτέλεση διαδικασιών συναρμολόγησης (*virtual assembly work cell*) [81], [82], [83]. Το περιβάλλον προσομοίωσης επιτρέπει στο χρήστη να “εισάγει” όλα τα απαραίτητα μοντέλα και δεδομένα και να ετοιμάσει εύκολα τη διάταξη του

εργασιακού χώρου με βάση τις ανάγκες της διαδικασίας. Για την προσομοίωση αναπτύχθηκαν λειτουργικά εργαλεία τα οποία διευκολύνουν την διεκπεραίωση της και περιλαμβάνουν διαδραστικές λειτουργίες για την εξελιγμένη μελέτη της διεπαφής του χρήστη με τα αντικείμενα του χώρου, λειτουργία «μαγνήτη» που επιτρέπει τη σωστή τοποθέτηση ενός εξαρτήματος όταν βρεθεί σε κοντινή θέση και με κατάλληλο προσανατολισμό, τον εντοπισμό σύγκρουσης κινούμενων και ακίνητων αντικειμένων στο χώρο με το χρήστη, την καταγραφή σε πραγματικό χρόνο της διαδικασίας και τέλος την ανάπτυξη χρονομετρήτη για την χρονομέτρηση της διαδικασίας. Για τον εργονομικό έλεγχο χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι NIOSH και Garg. Για την επίδειξη και τον έλεγχο του περιβάλλοντος συναρμολόγησης αναπτύχθηκε μια εφαρμογή πραγματικής διαδικασίας. Το πείραμα περιλαμβάνει τη συναρμολόγηση μιας προπέλας πλοίου υψηλών ταχυτήτων. Αυτή επιτεύχθηκε με μετακίνηση της προπέλας από ένα εργασιακό πάγκο, την τοποθέτησή της στη μηχανή του πλοίου και την συναρμολόγηση της με τη χρήση μηχανικού κλειδιού και περικοχλίου. Τα αποτελέσματα του πειράματος ήταν ο υπολογισμός του συνολικού χρόνου που χρειάστηκε για την εργασία και οι εργονομικοί περιορισμοί σε εργασίες συναρμολόγησης όσον αφορά στην ανύψωση και την καταναλισκόμενη ενέργεια. Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται ο χώρος και η διαδικασία συναρμολόγησης της προπέλας (στερέωση του περικοχλίου).

**Σχήμα 4.29:** Χώρος συναρμολόγησης**Σχήμα 4.30:** Στερέωση του περικοχλίου

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] “Ελληνικό Λεξικό”, Εκδόσεις Αρμονία, Αθήνα, 1993
- [2] Pheasant St. C, “Bodyspace. Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work”, Taylor & Francis, 2nd edition, 1999
- [3] Bridger R.S. “Introduction to Ergonomics”, Mc Graw-Hill International Editions, General Engineering Series, 1995
- [4] Helander M. “A Guide to the Ergonomics of Manufacturing”, Taylor & Francis, London, 1997
- [5] Chapanis A., “The search for relevance in applied research”, Singleton W., Fox J., Whitfield D., (Eds), “Measurement of Man at Work”, Taylor & Francis, London, pp 1-14, 1971
- [6] <http://www.iea.cc/ergonomics/>
- [7] Drillis R., “Folk_norms and biomechanics”, Human factors, Vol 5, pp 427-441, 1963
- [8] Jastrzebowski W., “Rys Ergonomji, czyli Nauki o Pracy.”, Przyroda Przemysl Tygodnik, Vol 2, No 29, 1857
- [9] Hilf, H.: “Einführung in die Arbeitswissenschaft.“ Berlin /New York: De Gruyter, 1976
- [10] “Ergonomics”, Institute of Ergonomics, Technical University of München, 2002, <http://www.lfe.mw.tu-muenchen.de/lehrstuhl/ergonomie-e.htm#4>
- [11] Chapanis A., “The International Ergonomist Association: its first 30 years”, Ergonomics, Vol 33, pp 275-282, 1990
- [12] Taylor Fr. W. “The Principles of Scientific Management”, <http://www.fordham.edu/halsall/mod/1911taylor.html>
- [13] Konz S., “Work Design”, Industrial Ergonomics, Publishing Horizons, Worthington, 1990
- [14] Norman D. A. “The design of everyday things”, The MIT Press, 1998

- [15] Cross N. “Engineering Design Methods, Strategies for Product Design”, 2nd edition
- [16] Fiell Ch. & P., “Industrial Design A_Z”, TACHEN, 2000
- [17] Henry Dreyfuss “Designing for People”, 1955, in Fiell Ch. & P., “Industrial Design A_Z”, TACHEN, 2000
- [18] ISO DIS 7250, Technical Committee 159
- [19] Sanders M. S., McCormick E. J., “Human Factors In Engineering and Design”, McGraw-Hill, 7th edition
- [20] NIOSH, “TOOLBOX: Tray 9: Proactive Ergonomics, Elements of Ergonomics Programs”, <http://www.cdc.gov/niosh/eptbtr9.html>
- [21] Chrystolouris G “Manufacturing systems, theory and practice.” Springer, New York, 1992
- [22] Lutter D., Streppel A., Kals H.J., “Product information structure as the basis for the control of design and engineering processes”, CIRP Journal of Manufacturing Systems; Vol. 27, No. 2, pp. 199-204; (1998); Faculty press International
- [23] Αδαμίδης Ε. Δ. “Οργάνωση Παραγωγής Ι/ Προγραμματισμός, έλεγχος και βελτίωση παραγωγής”, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών
- [24] Black Rod “Design Manufacture: An Integrated Approach”,
- [25] The Ergonomics Society “Ergonomics: Fit for Human Use”
- [26] Dipboye R. L. Smith C. S. Howell W. C. “Understanding Industrial and Organizational Psychology, An Integrate Approach”, Harcourt College Publishers
- [27] <http://www.opm.wb.utwente.nl/staff/eric/Publications/manufsys97.pdf>
- [28] The Ergonomics Society “Ergonomics: Fit for Human Use”, in Pheasant St. C, “Bodyspace. Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work”, Taylor & Francis, 2nd edition, 1999
- [29] Sagot J.-Cl., Gouin V., Gomes S., “Ergonomics in product design: safety factor”, Safety Science, Vol 41, pp 137-154, 2003

- [30] Ciccotelli J., “Vers de machines et de systèmes plus sûrs – quelques perspectives de recherché et de développement”, CND – Hygiène et sécurité du Travail, Vol 166, pp 189-199, 1997
- [31] Karhu O., Kansi P., Kuorinka I., “Correcting working postures in industry: examples of OWAS application”, Applied Ergonomics, Vol 8, No 4, pp 199-201, 1977
- [32] Karhu O., Hakonen R., Sorvali P., Vepsalainen P., “Observing working postures in industry: examples of OWAS method”, Applied Ergonomics, Vol 12, No 1, pp 13-17, 1981
- [33] Mattila M.K., “Job load and hazard analysis: A method for the analysis of workplace conditions for occupational health care”, British Journal of Industrial Medicine, Vol 42, pp 659-666, 1985
- [34] Kivi P., Mattila M., “Analysis and improvement of work postures in building industry: application of the computerised OWAS method”, applied Ergonomics, Vol 22, No 1, pp 43-48, 1991
- [35] Foreman T. K., Davies J. C., Troup J. D. G., “A posture and activity classification system using a microcomputer”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol 2, pp 285-289, 1988
- [36] Chen J.-G., Peacock J. B., Schlegel R., E., “An observational technique for physical work stress analysis”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol 3, pp 167-176, 1979
- [37] Hignett S., “Using computerized OWAS for postural analysis of nursing work.” In: Robertson S., (Ed.), Taylor & Francis, London, pp 253-258, 1994
- [38] Waters T., Putz-Anderson V., Grag A., “Application Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation”, U.S. Department of Health and Human Services, National Institute of Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio, 1994
- [39] <http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html>

- [40] Arun Garg “A Metabolic Rate Prediction Model for Manual Materials Handling Jobs”, Ph. D. Thesis, University of Michigan, 1976
- [41] McAtamney L., Corlett N., “RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders”, Applied Ergonomics, Vol 24, No 2, pp 91-99, 1993
- [42] McPhee B. J., “Work-related musculoskeletal disorders of the neck and upper extremities in workers engaged in light, highly repetitive work”, in Osterholz U., Karmaus W., Hullman B., Ritz B., Procedure Integral Symptoms Work-Related Musculoskeletal disorders, Bonn, pp 244-258, 1987
- [43] Drury C.G., “A biomechanical evaluation of the repetitive motion injury potential jobs”, Semin Occupational Medicine, Vol 2, No 1, pp 41-47, 1987
- [44] Hignett S., McAtamney L., “Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA)”, Applied Ergonomics, Vol 31, pp 201-205, 2000
- [45] McAtamney L., Hignett S., “REBA: a Rapid Entire Body Assessment method for investigation of work-related upper limb disorders”, Proceedings of the Ergonomics Society of Australia, Adelaide, pp 45-51, 1993
- [46] Snook S., Ciriello V., “The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces”, Ergonomics, Vol 34, No 9, pp 1197-1213, 1991
- [47] Snook S., Ciriello V., “Survey of manual handling tasks”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol 23, pp 149-156, 1999
- [48] Swat K., Krzychowicz Gr., “ERGONOM: Computer-aided working posture analysis system for workplace designers”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol 18, pp 15-26, 1996
- [49] Luczak, H., Volpert, W., Raithel, A., Schwier, W. 1987. Arbeitswissenschaftliche Kerndefinition, Gegenstandskatalog, Forschungsgebiete. Edingen-Neckarsulm, RKW.

- [50] Boothroyd G., Dewhurst P., 1987. Product Design for Assembly. Boothroyd Dewhurst, Inc.
- [51] Neufert P., 1992. Οικοδομική & Αρχιτεκτονική σύνθεση. Ελληνική έκδοση Μ. Γκιούρδας, από την 33^η Γερμανική έκδοση 1992, Vieweg.
- [52] Eadric Bressel, Shantelle Bliss, John Cronin, 2008. A field-based approach for examining bicycle seat design effects on seat pressure and perceived stability, *Applied Ergonomics xxx* (2008) 1–5.
- [53] L.F.M. Kuijt-Evers, K.P.N. Morel, N.L.W. Eikelenberg, P. Vink, 2008. Application of the QFD as a design approach to ensure comfort in using hand tools: Can the design team complete the House of Quality appropriately?, *Applied Ergonomics xxx* (2008) 1–8.
- [54] Zoe Nivolianitou, Myrto Konstandinidou, Chris Kiranoudis, Nikolas Markatos, 2006. Development of a database for accidents and incidents in the Greek petrochemical industry, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries 19* (2006) 630–638.
- [55] Lea A. Saarni, Arja H. Rimpela, Tapio H. Nummic, Anneli Kaukiainen, Jouko J. Salminen, Clas-Hekan Nyger, 2008. Do ergonomically designed school workstations decrease musculoskeletal symptoms in children? A 26-month prospective follow-up study, *Applied Ergonomics xxx* (2008) 1–9.
- [56] Irmeli Pehkonen, Esa-Pekka Takala, Ritva Ketola, Eira Viikari-Juntura, Paivi Leino-Arjas, Leila Hopsu, Tuija Virtanen, Eija Haukka, Merja Holtari-Leino, Elina Nykyri, Hilikka Riihimaki, 2008. Evaluation of a participatory ergonomic intervention process in kitchen work, *Applied Ergonomics 40* (2009) 115–123.
- [57] W. Patrick Neumann, Marianne Ekman, Jürgen Winkel, 2008. Integrating ergonomics into production system development – The Volvo Powertrain case, *Applied Ergonomics xxx* (2008) 1–11.

- [58] Nancy A. Baker, James R. Cook, Mark S. Redfern, 2007. Rater reliability and concurrent validity of the Keyboard Personal Computer Style instrument (K-PeCS), *Applied Ergonomics* 40 (2009) 136–144.
- [59] Michelle Robertson, Benjamin C. Amick III, Kelly DeRango, Ted Rooney, Lianna Bazzani, Ron Harrist, Anne Moore, 2007. The effects of an office ergonomics training and chair intervention on worker knowledge, behaviour and musculoskeletal risk, *Applied Ergonomics* 40 (2009) 124–135.
- [60] Dan Lamkull, Lars Hanson, Roland Ortengren, 2008. A comparative study of digital human modelling simulation results and their outcomes in reality: A case study within manual assembly of automobiles, *International Journal of Industrial Ergonomics* xxx (2008) 1–14.
- [61] Mike Kolich, 2007. A conceptual framework proposed to formalize the scientific investigation of automobile seat comfort, *Applied Ergonomics* 39 (2008) 15–27.
- [62] Linda Tornstrom, Joakim Amprazis, Marita Christmansson, Jorgen Eklund, 2007. A corporate workplace model for ergonomic assessments and improvements, *Applied Ergonomics* 39 (2008) 219–228.
- [63] Mohand Ouidir Ait El Menceur, Philippe Pudlo, Philippe Gorce, Andre´ Thevenon, Franc-ois-Xavier Lepoutre, 2008. Alternative movement identification in the automobile ingress and egress for young and elderly population with or without prostheses, *International Journal of Industrial Ergonomics* 38 (2008) 1078–1087.
- [64] Micky P. Kerr, David S. Knott, Michael A. Moss, Chris W. Clegg, Robin P. Horton, 2007. Assessing the value of human factors initiatives, *Applied Ergonomics* 39 (2008) 305–315.
- [65] Alan W. Salmoni, Adam P. Cann, E. Kent Gillin, Tammy R. Eger, 2007. Case studies in whole-body vibration assessment in the transportation

- industry—Challenges in the field, *International Journal of Industrial Ergonomics* 38 (2008) 783–791.
- [66] Chin-Bong Choi, Peom Park, Young-Ho Kim, M. Susan Hallbeck, Myung-Chul Jung, 2008. Comparison of visibility measurement techniques for forklift truck design factors, *Applied Ergonomics* 40 (2009) 280– 285.
- [67] Simon Schutte, Jorgen Eklund, 2005. Design of rocker switches for work-vehicles—an application of Kansei Engineering, *Applied Ergonomics* 36 (2005) 557–567.
- [68] Suzanne D. Smith, 2007. Dynamic characteristics and human perception of vibration aboard a military propeller aircraft, *International Journal of Industrial Ergonomics* 38 (2008) 868–879.
- [69] Irina Rivilis, Dwayne Van Eerd, Kimberley Cullen, Donald C. Cole, Emma Irvin, Jonathan Tyson, Quenby Mahood, 2007. Effectiveness of participatory ergonomic interventions on health outcomes: A systematic review, *Applied Ergonomics* 39 (2008) 342–358.
- [70] Ruiqi Maa, David B. Kaber, 2007. Effects of in-vehicle navigation assistance and performance on driver trust and vehicle control, *International Journal of Industrial Ergonomics* 37 (2007) 665–673.
- [71] J.-E. Hansson, 1989. ERGONOMIC DESIGN OF LARGE FORESTRY MACHINES, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 5 (1990) 255-266.
- [72] Stephen Bao, Peregrin Spielholz, Ninica Howard, Barbara Silverstein, 2008. Force measurement in field ergonomics research and application, *International Journal of Industrial Ergonomics*.
- [73] Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto, Eliana Remor Teixeira, 2008. Proposed procedures for measuring the lifting task variables required by the Revised NIOSH Lifting Equation – A case study, *International Journal of Industrial Ergonomics* 39 (2009) 15–22.

- [74] C.R. Mehta, L.P. Gite, S.C. Pharade, J. Majumder, M.M. Pandey, 2007. Review of anthropometric considerations for tractor seat design, *International Journal of Industrial Ergonomics* 38 (2008) 546–554.
- [75] Nancy A. Nelson, Richard E. Hughes, 2008. Quantifying relationships between selected work-related risk factors and back pain: A systematic review of objective biomechanical measures and cost-related health outcomes, *International Journal of Industrial Ergonomics* 39 (2009) 202–210.
- [76] B. Hinz, H. Seidel, J. Hofmann, G. Menzel, 2007. The significance of using anthropometric parameters and postures of European drivers as a database for finite-element models when calculating spinal forces during whole-body vibration exposure, *International Journal of Industrial Ergonomics* 38 (2008) 816–843.
- [77] Isaac Jose´ Antonio Luquetti dos Santos, Douglas Vidal Teixeira, Fernando Toledo Ferraz, Paulo Victor Rodriguez Carvalho, 2007. The use of a simulator to include human factors issues in the interface design of a nuclear power plant control room, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 21 (2008) 227–238.
- [78] Deisinger, J., Breining R, 2000. Ergonaut: A Tool for Ergonomic Analyses in Virtual Environment. Proceedings of the 6th Eurographics Workshop on Virtual Environments 2000, Amsterdam, The Netherlands.
- [79] Dai F. (Editor), 1998. *Virtual Reality for Industrial Applications*. Springer – Vergal, Berlin Heidelberg.
- [80] Ergoman / Web site at
<http://www.mindspring.com/~rob.brown/microstation/ergoman.html>
- [81] Chryssolouris G., Mavrikios D., Fragos D., Karabatsou V., “A Virtual Reality based experimentation environment for the verification of human related factors in assembly processes”, *International Journal of Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 16/4, pp. 267-276 (2000)

- [82] Chryssolouris G., Karabatsou V., Mavrikios D., Fragos D., Pistiolis K., Petrakou E., “A Virtual Environment for Assembly Design and Training”, Proceedings of the 33rd CIRP International Seminar on Manufacturing Systems 2000, Stockholm, Sweden, pp. 326-330, 2000
- [83] Chryssolouris G., Mavrikios D., Karabatsou V., Fragos D., Sarris I., Mourtzis D., “A Virtual Reality based approach for the verification of human related factors in assembly and maintenance processes”, Proceedings of the International Conference on Computer-Aided Ergonomics and Safety 1999, Barcelona, Spain, pp. 19-21, 1999