

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΥΨΩΤΙΚΟΥ ΓΕΡΑΝΟΥ ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΑΚΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΙΡΚΑΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στο μηχανολογικό σχεδιασμό ανυψωτικού γερανού, με προοπτική να τοποθετηθεί στο εργαστήριο εργαλειομηχανών CNC.

Ζητείται λοιπόν να σχεδιαστεί, να μελετηθεί και να αναλυθεί με τη βοήθεια προσομοιώσεων ένας ανυψωτικός μηχανισμός, ο οποίος θα δώσει λύση στην μετακίνηση του βαρέως εργαστηριακού εξοπλισμού. Η κατασκευή και η τοποθέτηση του συστήματος ανύψωσης στον εργαστηριακό χώρο είναι εκτός του πλαισίου της παρούσας εργασίας.

Ο στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η σχεδίαση ενός απλού μηχανισμού γερανού με βραχίονα χαμηλού κόστους, με δυνατότητα μετακίνησης, χειροκίνητης περιστροφής του βραχίονα κατά 360°, χειροκίνητης μεταφοράς του φορτίου ανύψωσης και ηλεκτροκίνητης λειτουργίας του στον κατακόρυφο άξονα. Πρόκειται δηλαδή, για άμεσο χειρισμό του ίδιου του φορτίου. Ο σχεδιασμός των μερών του γερανού, η εικονική συναρμολόγηση τους, καθώς και η προσομοίωση του τελικού μοντέλου σε καταπονήσεις έχει γίνει με τη χρήση του λογισμικού SolidWorks.

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Καμπουρίδη, Πρόεδρο του τμήματος για την ανάθεση του θέματος, καθώς επίσης τον κ. Τσίρκα Σ. και τον κ. Γιαννόπουλο Γ. για την καθοδήγηση και τη βοήθειά τους καθ'όλη τη διάρκεια υλοποίησης της Πτυχιακής μου Εργασίας.

Παπασταματάκης Ελευθέριος

Πάτρα, 2015

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής

(Ονοματεπώνυμο)

.....

(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αφορά την ηλεκτρονική σχεδίαση, τη μελέτη και την ανάλυση ενός ανυψωτικού γερανού με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και απαιτήσεις για εργαστηριακή χρησιμότητα. Πρόκειται για κατασκευή η οποία δεν είναι πακτωμένη στο έδαφος, έχει δυνατότητα περιστροφής του βραχίονα κατά 360° και είναι σε θέση να ανυψώσει φορτία ισοδύναμα μέχρι και 300kg.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή από την εφεύρεση του γερανού και των σταδίων εξέλιξης του στο πέρασμα των χρόνων. Έπειτα αναφέρονται περιγραφικά οι κατηγορίες των γερανών, οι οποίες ποικίλλουν ανάλογα με το μέγεθος και τη χρησιμότητα τους. Το κεφάλαιο κλείνει με τη γνωριμία του γερανού με βραχίονα, του προτύπου δηλαδή της εργασίας. Παρέχονται πληροφορίες σχετικά με τη βασική του λειτουργία, τα αποτελούμενα μέρη, λεπτομέρειες για τον μηχανισμό ανύψωσης, τα πεδία εφαρμογής του γερανού και τα πλεονεκτήματά του.

Η σχεδίαση του μοντέλου του ανυψωτικού γερανού γίνεται στο δεύτερο κεφάλαιο. Τα ξεχωριστά μέρη του σχεδιάζονται με τη βοήθεια του Solidworks και παρουσιάζονται αναλυτικά μαζί με τις διαστάσεις τους. Αρχικά, πραγματοποιείται η σχεδίαση του οριζόντιου βραχίονα, της κολόνας του γερανού και του τμήματος κεφαλής του. Εξηγούνται οι ιδιομορφίες τους, αναφέρονται οι διαστάσεις και οι τυποποιήσεις τους. Η συνέχεια με το έδρανο κυλίσεως παύει για λίγο τη σχεδίαση του σκελετού, για το λόγο του ότι υπάρχει η ανάγκη να κατανοηθεί πως ακριβώς λειτουργεί ο γερανός στο συγκεκριμένο κομμάτι του, το τμήμα κεφαλής. Αφού ολοκληρωθεί αυτό, η σχεδίαση του σκελετού ολοκληρώνεται με την πλάκα βάσης και τη βάση στήριξης και κλείνει με τους κοχλίες, τα υπόλοιπα μεταλλικά μέρη και τον ηλεκτρικό ανυψωτήρα. Μετά την σχεδίαση παρουσιάζεται η συνδεσμολογία των παραπάνω μερών μεταξύ τους, ώστε να προκύψει το τελικό μοντέλο του ανυψωτικού γερανού. Καθ'όλη τη διάρκεια του κεφαλαίου το κείμενο υποστηρίζεται με τις κατάλληλες εικόνες από το πρόγραμμα σχεδίασης σε κάθε φάση της ξεχωριστά για σαφέστατη και καλύτερη κατανόηση.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η ανάλυση σε καταπονήσεις του μοντέλου που σχεδιάστηκε μέσω των κατάλληλων προσομοιώσεων. Σε πρώτο στάδιο γίνεται ο αναγκαίος έλεγχος σε αντοχή και ανατροπή με τη βοήθεια της ισορροπίας δυνάμεων από την μηχανική. Συγκεκριμένα υπολογίζονται οι καταπονήσεις της δοκού του βραχίονα του γερανού και οι καταπονήσεις στο κύριο σώμα του.

Έπειτα εξάγονται τα αποτελέσματα από τις τρεις διαφορετικές προσομοιώσεις, όπου οι δύο πρώτες αφορούν τα ίδια μέρη του γερανού στα οποία έγινε ο έλεγχος με τη βοήθεια υπολογισμών και γίνεται η αντίστοιχη επαλήθευση. Η τελευταία προσομοίωση του κεφαλαίου της ανάλυσης προβάλλει τη συμπεριφορά του μοντέλου της εργασίας σε λυγισμό.

Το τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την οικονομοτεχνική μελέτη του ανυψωτικού γερανού που σχεδιάστηκε και αναλύθηκε σε καταπονήσεις. Ερευνάται από το εμπόριο το κόστος αγοράς όλων των μερών που αποτελούν την κατασκευή. Τα μέρη αυτά υπάγονται σε ομάδες, οι οποίες είναι ο σκελετός του γερανού, η βάση του γερανού, ο ανυψωτικός μηχανισμός και τα διάφορα εξαρτήματα. Οι δαπάνες αυτές αθροίζονται και υπολογίζεται το συνολικό κόστος αγοράς, το οποίο αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό εξόδων για την λειτουργία του γερανού. Ακολουθεί η έρευνα για την αγορά ενός έτοιμου ανυψωτικού γερανού και η σύγκριση του συνολικού κόστους του με αυτό για το μοντέλο της εργασίας.

Η Πτυχιακή Εργασία κλείνει με τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη σχεδίαση, μελέτη και ανάλυση του ανυψωτικού γερανού και την προοπτική χρήσης του στον εργαστηριακό χώρο των CNC εργαλειομηχανών. Μεγάλο ζήτημα τίθεται με τον όγκο της βάσης στήριξης του γερανού με πρόταση για βελτίωση της την χρήση χυτοσιδήρου, ώστε να μειωθεί το μεγάλο βάρος και αντίστοιχα το κόστος της.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	8
1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΕΡΑΝΩΝ	10
1.3 ΓΕΡΑΝΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	19
2. ΣΧΕΔΙΑΣΗ	
2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	26
2.2 ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ	26
2.3 ΚΟΙΛΟΔΟΚΟΣ.....	29
2.4 ΤΜΗΜΑ ΚΕΦΑΛΗΣ	31
2.5 ΕΔΡΑΝΟ ΚΥΛΙΣΕΩΣ	34
2.6 ΠΛΑΚΑ ΒΑΣΗΣ.....	37
2.7 ΒΑΣΗ ΣΤΗΡΙΞΗΣ	38
2.8 ΚΟΧΛΙΕΣ	41
2.9 ΑΛΛΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΜΕΡΗ.....	43
2.10 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΑΝΥΨΩΤΗΡΑΣ.....	44
2.11 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ.....	46
3. ΑΝΑΛΥΣΗ	
3.1 ΈΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΑΝΤΟΧΗ	51
3.2 ΈΛΕΓΧΟΣ ΓΙΑ ΑΝΑΤΡΟΠΗ	58
3.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΥΠΟ ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	61
3.4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟ ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	65
3.5 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΣΕ ΛΥΓΙΣΜΟ.....	70

4. ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	
4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	76
4.2 ΚΟΣΤΟΣ ΣΚΕΛΕΤΟΥ ΓΕΡΑΝΟΥ	77
4.3 ΚΟΣΤΟΣ ΒΑΣΗΣ ΓΕΡΑΝΟΥ	83
4.4 ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΥΨΩΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ.....	87
4.5 ΚΟΣΤΟΣ ΑΛΛΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ.....	93
4.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ.....	99
4.7 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΛΥΣΗ ΕΤΟΙΜΟΥ ΓΕΡΑΝΟΥ.....	100
4.8 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	103
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	105

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάγκη για την απαλλαγή από τις βαριές εργασίες και την υπερβολική κούραση του ανθρώπινου δυναμικού στη βιομηχανία για την περίπτωση μεταφοράς βαρέων αντικειμένων, έχει αντιμετωπιστεί σήμερα με την εγκατεστημένη τεχνολογία των συστημάτων ανυψώσεως και μεταφοράς φορτίων σχεδόν σε κάθε γραμμή παραγωγής. Το μεγαλύτερο στοίχημα ακόμα και σήμερα είναι η ακρίβεια και ευελιξία των συστημάτων αυτών, όχι μόνο στη βιομηχανία, αλλά και σε εκπαιδευτικό επίπεδο.

Ο γερανός είναι ένας μηχανισμός που δημιουργήθηκε για να χρησιμοποιείται συχνά με σκοπό να ανυψώσει εμπορεύματα και υλικά, θεωρείται ως σύνθετος μηχανισμός ανύψωσης και είναι εξοπλισμένος με αλυσίδες ή συρματόσχοινα και τροχαλίες στην πιο απλή μορφή του. Ένας γερανός χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τα υλικά τόσο κάθετα όσο και οριζόντια. Το σύνολο του εξοπλισμού δίνει στο γερανό τη δυνατότητα ύπαρξης μηχανικού πλεονεκτήματος και ως εκ τούτου, τα φορτία που είναι πάνω από την ανθρώπινη δυνατότητα μετακινούνται χωρίς κανένα πρόβλημα.

Ο χειρισμός του φορτίου είναι η πλήρης διαδικασία της κίνησης, αποθήκευσης, ελέγχου και προστασίας των υλικών κατά τη διαδικασία της παραγωγής, της διανομής και τέλος, της απόρριψής τους όταν φτάσουν στο τελικό στάδιο της ζωής τους. Τα συστήματα του χειρισμού αυτού ποικίλλουν από ράφια ελαφριών διεργασιών ή μικρών παλετών έως βαρέων αντικειμένων, μέχρι και συστημάτων αυτόματης αποθήκευσης και ανάκτησης υλικών. Αντιστοίχως, οι μηχανισμοί γερανών υπάγονται σε τύπους και κατηγορίες που θα δούμε παρακάτω.

Υπάρχουν τρία σημαντικά ζητήματα στο σχεδιασμό των γερανών. Πρώτον, ο γερανός πρέπει να είναι σε θέση να σηκώνει το βάρος του φορτίου, δεύτερον, ο γερανός δεν πρέπει να παρουσιάσει αστοχία και τρίτον, δεν πρέπει να καταρρεύσει. Βασικό κομμάτι της παρούσας εργασίας είναι ο έλεγχος και η προσομοίωση της συμπεριφοράς του ανυψωτικού γερανού, ώστε να γίνει η αποφυγή για ανεπιθύμητες και δυσμενείς συνέπειες.

Οι ανυψωτικοί γερανοί απαρτίζονται από τη χρήση ενός ή περισσότερων απλών στοιχείων για να δημιουργήσουν μηχανικό πλεονέκτημα. Τα παρακάτω στοιχεία που περιγράφονται εν συντομία έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην ανυψωτική τους ικανότητα.

- *Ο βραχίονας.* Ένας γερανός αποτελείται από μια οριζόντια δοκό (τον μοχλό) που περιστρέφεται σε μια σταθερή άρθρωση. Η λειτουργία αυτή επιτρέπει σε ένα βαρύ φορτίο που συνδέεται με το βραχύτερο άκρο της δοκού να ανυψωθεί από μια μικρότερη δύναμη που εφαρμόζεται στην αντίθετη κατεύθυνση προς το μεγαλύτερο άκρο της δοκού. Η αναλογία του βάρους του φορτίου προς την εφαρμοσμένη δύναμη είναι ίση με την αναλογία των μηκών του μακρύτερου βραχίονα και του κοντύτερου βραχίονα, και είναι το μηχανικό πλεονέκτημα που αναφέρθηκε παραπάνω.

- *Η τροχαλία.* Στην οριζόντια ή κεκλιμένη δοκό του γερανού περιέχεται ένα σύστημα τροχαλίας με τυλιγμένα καλώδια και συνδέονται με το φορτίο. Όταν το ελεύθερο άκρο του καλωδίου τραβιέται με το χέρι ή με μία μηχανή περιέλιξης, το σύστημα τροχαλίας παραδίδει μια δύναμη στο φορτίο που είναι ίση με την εφαρμοζόμενη δύναμη πολλαπλασιασμένη με τον αριθμό του μήκους του καλωδίου που είναι τυλιγμένο γύρω από την τροχαλία.

Οι γερανοί, όπως και όλοι οι παρόμοιοι μηχανισμοί, υπακούουν στην αρχή της διατήρησης της ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια που παρέχεται στο φορτίο δεν μπορεί να υπερβεί την ενέργεια που παρέχεται στο μηχανήμα. Η ίδια αρχή όμως μπορεί να λειτουργήσει αντίστροφα. Σε περίπτωση κάποιου προβλήματος, ο συνδυασμός του βαρέος φορτίου και μεγάλου ύψους μπορεί να επιταχύνει μικρά αντικείμενα με τεράστια ταχύτητα όπως ένας καταπέλτης. Τέτοια βλήματα μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρή βλάβη παρακείμενων δομών και ανθρώπων.

Για λόγους σταθερότητας, το άθροισμα όλων των ροπών στη βάση του γερανού πρέπει να είναι κοντά στο μηδέν, έτσι ώστε ο γερανός να μην ανατραπεί. Στην πράξη και όπως φαίνεται απολύτως λογικό, το μέγεθος του φορτίου που επιτρέπεται να ανυψωθεί είναι κάποιας αξίας μικρότερο από το φορτίο που θα προκαλέσει ανατροπή στον γερανό, παρέχοντας έτσι ένα περιθώριο ασφαλείας.

Προβλήματα στη διατήρηση της σταθερότητας αποτελούν συχνό φαινόμενο, ειδικότερα στην περίπτωση των μεγαλύτερων γερανών που σηκώνουν μεγάλα φορτία και πρέπει να ληφθεί σοβαρή μέριμνα για την αποφυγή ανατροπής. Γι'αυτό το λόγο τα πρότυπα για γεραμούς μονίμως εγκατεστημένους σε πλοία ή σε υπεράκτιες εξέδρες είναι κάπως αυστηρότερα λόγω του δυναμικού φορτίου επί του γερανού λόγω της κίνησης του σκάφους. Επιπλέον, πρέπει να εξεταστεί η σταθερότητα του πλοίου ή της πλατφόρμας, αντίστοιχα με την κοινή περίπτωση που ο γερανός εγκατασταθεί στο έδαφος.

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

1.1.1 Αρχαία Ελλάδα

Ο γερανός για την ανύψωση βαρέων φορτίων εφευρέθηκε από τους αρχαίους Έλληνες στα τέλη του 6^{ου} αιώνα π.Χ.. Η αρχαιολογική ιστορία δείχνει ότι από το 515 π.Χ. διακριτικά σημάδια από τις λαβίδες ανύψωσης των γερανών αυτών αρχίζουν να εμφανίζονται σε ογκόλιθους ελληνικών ναών. Δεδομένου ότι αυτά τα σημάδια υποδεικνύουν τη χρήση μιας συσκευής ανύψωσης και εφόσον βρίσκονται είτε πάνω από το κέντρο βάρους των λίθων, είτε σε ζεύγη σε ίση απόσταση από ένα σημείο πάνω από το κέντρο βάρους, αυτά θεωρούνται από τους αρχαιολόγους ως αποδεικτικά στοιχεία για την ύπαρξη γερανών.

Η εισαγωγή του βαρούλκου και της τροχαλίας σύντομα οδήγησε σε ευρεία αντικατάσταση των κεκλιμένων επιπέδων (ράμπες) ως κύριο μέσο της κατακόρυφης κίνησης. Στα τα επόμενα διακόσια χρόνια, στα ελληνικά εργοτάξια παρατηρήθηκε μια απότομη πτώση στο χειρισμό βάρους, καθώς η νέα τεχνική ανύψωσης έκανε τη χρήση πολλών μικρότερων λίθων πιο πρακτική σε σχέση με τους λιγότερους και μεγαλύτερους. Σε αντίθεση με την αρχαϊκή περίοδο που είχε την τάση να αυξάνει συνεχώς το μέγεθος των ογκόλιθων, οι Ελληνικοί ναοί της κλασικής εποχής όπως ο Παρθενώνας χαρακτηρίζονται κατά κανόνα από τη χρήση ογκόλιθων που ζυγίζουν λιγότερο από 15-20 τόνους.

Αν και οι ακριβείς συνθήκες της μετάβασης από τη ράμπα στην τεχνολογία γερανού παραμένουν ασαφείς, έχει υποστηριχθεί ότι οι κοινωνικές και πολιτικές συνθήκες στην Ελλάδα οδήγησαν στην απασχόληση μικρών, επαγγελματικών ομάδων κατασκευής παρά των πολυπληθών ανειδίκευτων εργατικών δυναμικών, καθιστώντας τον γερανό προτιμότερο στις πόλεις-κράτη από την ράμπα υψηλής έντασης εργασίας που υπήρχε στις αυταρχικές κοινωνίες της Αιγύπτου ή της Ασσυρίας.

1.1.2 Αρχαία Ρώμη

Στην Αρχαία Ρώμη η μεγάλη ακμή του γερανού ήρθε κατά τη διάρκεια της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, όταν η κατασκευαστική δραστηριότητα αυξήθηκε και τα κτήρια κατείχαν τεράστιες διαστάσεις, έτσι Οι Ρωμαίοι υιοθέτησαν τον ελληνικό γερανό και τον ανέπτυξαν περαιτέρω.

1.1.3 Μεσαίωνας

Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα, ένα είδος γερανού με τροχό επανέρχεται σε μεγάλη κλίμακα αφού είχε προηγηθεί μεγάλη παύση στην εξέλιξη των ανυψωτικών μηχανών και η παλαιότερη αναφορά του εμφανίζεται στη Γαλλία κοντά στο 1225. Στην ναυσιπλοΐα, οι πρώτες χρήσεις των γερανών λιμανιών έχουν καταγραφεί στην Ουτρέχτη το 1244, έπειτα σε Αμβέρσα, Μπρίζ, Αμβούργο και αργότερα σε περιοχές της Αγγλίας. Γενικά, η κατακόρυφη μεταφορά μπορεί να γίνει με μεγαλύτερη ασφάλεια και χωρίς έξοδα με γερανούς από ό, τι με τις συνήθεις μεθόδους. Τυπικές περιοχές εφαρμογής ήταν λιμάνια, ορυχεία και ιδίως, εργοτάξια όπου ο γερανός με τροχό διαδραμάτισε καίριο ρόλο στην κατασκευή των καθεδρικών ναών.

Σε αντίθεση με τους σύγχρονους γερανούς, τα ανυψωτικά μηχανήματα της μεσαιωνικής περιόδου ήταν κυρίως ικανά για κάθετη κίνηση και δεν χρησιμοποιούνταν για οριζόντιες μετακινήσεις φορτίων. Κατά συνέπεια, η άρση τους στο χώρο εργασίας γινόταν με διαφορετικό τρόπο. Γερανοί που επέτρεπαν την περιστροφή του φορτίου εμφανίστηκαν το 1340 και φάνηκαν ιδιαίτερα χρήσιμοι σε αποβάθρες και λιμάνια.

1.1.4 Πρώιμη σύγχρονη εποχή

Ένα άλλο είδος γερανού, ο πύργος ανύψωσης, είχε χρησιμοποιηθεί για να μεταφέρει των 361 τόνων οβελίσκο του Βατικανού στη Ρώμη. Από την έκθεση του έργου γίνεται φανερό ότι ο συντονισμός του ανυψωτήρα μεταξύ των διαφόρων εργαζόμενων ομάδων απαιτεί ένα σημαντικό ποσό συγκέντρωσης και πειθαρχίας, αφού, εάν η δύναμη δεν εφαρμοστεί ομοιόμορφα η υπερβολική πίεση στα σχοινιά θα τους κάνει να υποστούν ρήξη.

1.1.5 Βιομηχανική επανάσταση

Με την έναρξη της Βιομηχανικής Επανάστασης, οι πρώτοι σύγχρονοι γερανοί εγκαταστάθηκαν στα λιμάνια για τη φόρτωση του φορτίου. Το 1838, ο βιομήχανος και επιχειρηματίας *William Armstrong* σχεδίασε ένα υδραυλικό, τροφοδοτούμενο από νερό γερανό. Στη συνέχεια τον βελτίωσε και χάρη της επιτυχίας αυτής δημιούργησε εταιρία για την παραγωγή υδραυλικών μηχανημάτων για γερανούς και γέφυρες το 1847. Ο Armstrong πέρασε τις επόμενες δεκαετίες βελτιώνοντας συνεχώς το σχεδιασμό των γερανών του και η σημαντικότερη καινοτομία του ήταν ο υδραυλικός συσσωρευτής. Η παρούσα εφεύρεση επέτρεψε πολύ μεγαλύτερες ποσότητες νερού εξαναγκασμένης κίνησης και σταθερής πίεσης, αυξάνοντας σημαντικά έτσι τη ανυψωτική ικανότητα του γερανού.

1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΕΡΑΝΩΝ

1.2.1 Γερανογέφυρα

Η γερανογέφυρα είναι ένα είδος γερανού όπου το φορείο του ανυψωτήρα κινείται κατά μήκος μιας οριζόντιας δοκού η οποία τρέχει κατά μήκος δύο παράλληλων διαχωρισμένων σιδηροτροχιών. Την συναντάμε συνήθως στην βιομηχανία σιδήρου και χάλυβα, στην αυτοκινητοβιομηχανία για το χειρισμό των πρώτων υλών, σε χαρτοβιομηχανίες καθώς και σε μικρότερες εγκαταστάσεις για ελαφρύτερα φορτία. Σε πολλές περιπτώσεις, το κόστος μιας γερανογέφυρας μπορεί να αντισταθμιστεί σε μεγάλο βαθμό με εξοικονόμηση, συγκριτικά ακόμη και από την χρήση πολλών κινητών γερανών για την κατασκευή μιας εγκατάστασης που απαιτεί πολύ βαρύ εξοπλισμό.



Εικόνα 1.1 : Γερανογέφυρα

1.2.2 Κινητός γερανός

Ένας γερανός μπορεί να τοποθετηθεί πάνω σε ένα φορητό ώστε να παρέχει κινητικότητα και αποτελείται από δύο μέρη: τον φορέα και το εξάρτημα ανύψωσης που περιλαμβάνει το βραχίονα. Γενικά, οι κινητοί γερανοί είναι σε θέση να ταξιδεύουν στις εθνικές οδούς, εξαλείφοντας την ανάγκη για ειδικό εξοπλισμό για τη μεταφορά του γερανού, η ανυψωτική τους ικανότητα κυμαίνεται περίπου από 13 έως 1180 τόνους και περιστρέφονται συνήθως 360°.



Εικόνα 1.2 : Κινητός γερανός

1.2.3 Γερανός για ανώμαλο έδαφος

Τέτοιος τύπος γερανού μπορεί να τοποθετηθεί σε όχημα με ελαστικά σχεδιασμένα για εκτός δρόμου ανάγκες και ανώμαλο έδαφος. Για την σταθεροποίηση του οχήματος αυτού κατά την ανύψωση χρησιμοποιούνται ποδαρικά. Πέραν αυτού, ο κινητήρας του εκτός απο το να κινεί το όχημα, αναλαμβάνει να κινήσει και τον ίδιο τον γερανό, όπως γίνεται και με μια άλλη κατηγορία, τους ερπυστριοφόρους. Τα περισσότερα οχήματα έχουν τέσσερις μεγάλους τροχούς που τους επιτρέπουν να διασχίζουν έδαφος που είναι απαγορευτικά προσβάσιμο για τα τυπικά είδη κινητών γεραμών.



Εικόνα 1.3 : Γερανός για ανώμαλο έδαφος

1.2.4 Πτυσσόμενος γερανός

Οι πτυσσόμενοι φορτωτές είναι σαν περνοφόρα οχήματα που έχουν τηλεσκοπικό βραχίονα επέκτασης σαν γερανό. Οι μηχανές αυτές χρησιμοποιούνται συχνά για να χειριστούν παλέτες τούβλων και να εγκαταστήσουν δικτυώματα πλαισίου για πολλά νέα εργοτάξια, καθώς ξεχωρίζουν για τις εκτός δρόμους δυνατότητες τους και την ευελιξία τους.



Εικόνα 1.4 : Πτυσσόμενος γερανός

1.2.5 Γερανός παντός εδάφους

Είναι ένας κινούμενος γερανός, όπου με τον απαραίτητο εξοπλισμό μπορεί να ταξιδέψει σε δημόσιες οδούς καθώς και σε ανώμαλο έδαφος στα εργοτάξια, ενώ έχει σχεδιαστεί για την ανύψωση φορτίων ως και 1200 τόνους. Ουσιαστικά, έχει τα χαρακτηριστικά των προαναφερθέντων γερανών με το προτέρημα της ανύψωσης βαρύτερων φορτίων και τον καθιστά καθοριστικά χρήσιμο για το πεδίο εφαρμογής του.



Εικόνα 1.5 : Γερανός παντός εδάφους

1.2.6 Ερπυστριοφόρος γερανός

Ο συγκεκριμένος τύπος είναι ένα όχημα με ερπύστριες και συναρμολογημένο γερανό πάνω στο σώμα του οχήματος, το οποίο παρέχει σταθερότητα και κινητικότητα. Τέτοιου τύπου μηχανές έχουν ανυψωτική ικανότητα που κυμαίνεται περίπου από 40 έως 3000 τόνους. Πλεονέκτημα του ερπυστριοφόρου γερανού μπορεί να θεωρηθεί η κίνηση του σε μεγάλο χώρο όπου δύναται να κάνει ανυψώσεις καθώς και να μεταφέρει το φορτίο, αφού το όχημα είναι πολύ σταθερό και δεν χρειάζεται ποδαρικά. Από την άλλη, το βάρος του καθιστά ασύμφορη τη μετακίνηση του από ένα εργοτάξιο σε ένα άλλο και επιβάλλει την αποσυναρμολόγηση του.



Εικόνα 1.6 : Ερπυστριοφόρος γερανός

1.2.7 Σιδηροδρομικός γερανός

Αυτός ο τύπος γερανού είναι ειδικό όχημα που κινείται πάνω σε σιδηροδρομικές γραμμές, με τον μηχανισμό ανύψωσης να ποικίλλει ανάλογα με τις εργασίες που πρέπει να εκτελέσει. Γενικά ο τύπος αυτός έχει χρησιμοποιηθεί για εργασίες συντήρησης, λειτουργίες ανάκτησης υλικών και φόρτωση εμπορευμάτων σε ναυπηγεία και εγκαταστάσεις διακίνησης. Πλέον, καταλήγει να είναι έκθεμα στα μουσεία και επανετροχιάζεται σε λίγες περιπτώσεις, όπως για μετεγκατάσταση της τροχιάς ή για αποκατάσταση των αμαξιών.



Εικόνα 1.7 : Σιδηροδρομικός γερανός

1.2.8 Πλωτός γερανός

Οι πλωτοί γερανοί είναι είτε γερανοί τοποθετημένοι επάνω σε πλωτήρα, είτε φορηγίδες με μηχανισμό ανυψωτικής ικανότητας κοντά στους 10.000 τόνους. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή τμημάτων λιμενικών εγκαταστάσεων και γεφυρών, τις οποίες σε κάποιες περιπτώσεις μπορούν να τις μεταφέρουν ολόκληρες. Έχουν επίσης βρει χρησιμότητα στην περίπτωση βυθισμένων πλοίων.



Εικόνα 1.8 : Πλωτός γερανός

1.2.9 Εναέριος γερανός

Συνήθως είναι ελικόπτερα που αποσκοπούν στην άρση μεγάλων φορτίων και είναι ικανά να ανυψώσουν και να ταξιδέψουν με το φορτίο τους σε περιοχές που δεν είναι προσβάσιμες από τους συμβατικούς γεραμούς. Μπορούν να ανταπεξέλθουν με οποιοδήποτε φορτίο βρίσκεται στην ικανότητα τους και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών όπως πυρκαγιών.



Εικόνα 1.9 : Εναέριος γερανός

1.2.10 Πυργογερανός

Ο πυργογερανός ή αλλιώς ο οικοδομικός γερανός στερεώνεται στο έδαφος σε μια τσιμεντένια πλάκα και είναι αυτός που δίνει τον καλύτερο συνδυασμό ύψους και ανυψωτικής ικανότητας για την κατασκευή ψηλών κτιρίων. Στην κορυφή της μονάδας περιστροφής υπάρχουν τρία κύρια μέρη τα οποία είναι: ο οριζόντιος βραχίονας, η επέκταση του στην αντίθετη κατεύθυνση με το αντίβαρο και η καμπίνα του χειριστή. Ο μακρύς οριζόντιος βραχίονας είναι το τμήμα του γερανού που φέρει το φορτίο, ενώ από την αντίθετη πλευρά φέρει το αντίβαρο, συνήθως από τσιμεντόλιθους. Ο χειριστής του γερανού βρίσκεται είτε σε μια καμπίνα στην κορυφή του πύργου, είτε τον ελέγχει με τηλεχειρισμό από το έδαφος. Το άγκιστρο ανύψωσης λειτουργεί από το χειριστή του γερανού με τη βοήθεια ηλεκτροκινητήρων, με τα καλώδια να περνάνε από ένα σύστημα τροχαλιών.



Εικόνα 1.10 : Πυργογερανός

1.2.11 Αυτο-συναρμολογούμενος γερανός

Ονομάζεται επίσης και γερανός "κανγκουρό", ενώ σε γενικές γραμμές είναι ένας πυργογερανός με δυνατότητα να ανυψώνεται από το έδαφος, ή να άρει ένα ανώτερο τηλεσκοπικό τμήμα, επιτρέποντας έτσι στο επόμενο τμήμα του πύργου να υψωθεί σε θέση ακριβώς πάνω το ίδιο εν μέρει ανεγερμένο γερανό. Μπορεί έτσι να συναρμολογηθεί χωρίς εξωτερική βοήθεια, και να ανεγερθεί ταυτόχρονα με το κτίριο.



Εικόνα 1.11 : Αυτο-συναρμολογούμενος γερανός

1.2.12 Τηλεσκοπικός γερανός

Ο τηλεσκοπικός γερανός έχει ένα βραχίονα που αποτελείται από σωλήνες, τοποθετημένους ο ένας μέσα στον άλλο. Ένας υδραυλικός συνήθως μηχανισμός εκτείνει ή μαζεύει τους σωλήνες για να ρυθμίσει το συνολικό μήκος του βραχίονα. Αυτός ο τύπος βρίσκει συχνά χρήση σε σύντομα κατασκευαστικά έργα και έχει δυνατότητα μετακίνησης.



Εικόνα 1.12 : Τηλεσκοπικός γερανός

1.2.13 Σφυροκέφαλος γερανός

Ο "σφυροκέφαλος" ή αλλιώς γιγάντιος πρόβολος, είναι ένας γερανός με σταθερό βραχίονα και ενισχυμένο χαλύβδuno πύργο. Ο βραχίονας που περιστρέφεται φέρει το φορείο ανύψωσης, ενώ απο την αντίθετη μεριά, επεκτείνεται προς τα πίσω, προκειμένου να σχηματίσει βάρος αντιστάθμισης. Πέραν από τις συνηθισμένες και προγραμματισμένες κινήσεις ανύψωσης και περιστροφής, ο σφυροκέφαλος γερανός μπορεί κάνει το φορείο ανύψωσης να κινηθεί μαζί με το φορτίο που έχει ήδη ανυψώσει μέσα και έξω κατά μήκος του βραχίονα χωρίς να μεταβληθεί το ύψος του φορτίου. Τέτοια οριζόντια κίνηση είναι χαρακτηριστική του μετέπειτα σχεδιασμού των γερανών. Ως επί το πλείστον, αυτοί οι γερανοί κατασκευάζονται σε μεγάλα μεγέθη και μπορεί να ζυγίζουν μέχρι 350 τόνους. Χρησιμοποιήθηκαν κυρίως σε ναυπηγεία για την εγκατάσταση μεγάλων κομματιών πάνω στα θωρηκτά πλοία και πλέον 15 από αυτά παραμένουν μέχρι και σήμερα σε όλον τον κόσμο.



Εικόνα 1.13 : Σφυροκέφαλος γερανός

1.2.14 Γερανός φορτωτής

Ένας γερανός φορτωτής έχει έναν υδραυλικά κινούμενο αρθρωτό βραχίονα, τοποθετημένο σε φορτηγό ή ρυμουλκούμενο και χρησιμοποιείται για τη φόρτωση / εκφόρτωση του οχήματος. Τα τμήματα του γερανού μπορούν να αναδιπλωθούν και να κατέχουν ελάχιστο χώρο πάνω στο όχημα όταν ο γερανός δεν είναι σε χρήση. Για ακόμα περισσότερη εργονομία, ο γερανός μπορεί να έχει ένα βαθμό αυτοματοποίησης και να είναι σε θέση να ξεφορτώνει ή να στοιβάζει το φορτίο μόνος του χωρίς τις εντολές του χειριστή. Όπως και να έχει όμως, ο χειριστής πρέπει να κινείται γύρω από το όχημα για να έχει πλήρη εικόνα του φορτίου και για αυτό το λόγο οι σύγχρονοι γερανοί είναι εφοδιασμένοι με φορητό σύστημα ελέγχου.



Εικόνα 1.14 : Γερανός φορτωτής

1.2.15 Γερανός βραχίονα

Ένας γερανός βραχίονα είναι ένας τύπος γερανού που χρησιμοποιεί ένα τοποθετημένο βραχίονα να άρει, να μετακινήσει και να κατεβάσει ένα υλικό. Ο βραχίονας αυτός, τοποθετημένος είτε κάθετα, είτε σε οξεία γωνία προς τα πάνω από ένα στύλο ή τοίχο, μπορεί να περιστρέφεται κατά μήκος του κεντρικού άξονά του μέσα από ένα περιορισμένο τόξο ή ένα πλήρη κύκλο. Βρίσκει αμέτρητες εφαρμογές σε γραμμές παραγωγής εργοστασίων και βιομηχανιών και θα αναλυθεί η χρησιμότητα του εκτενέστερα παρακάτω.



Εικόνα 1.15 : Γερανός βραχίονα

1.2.16 Γερανός στοίβαξης

Είναι γερανός περνοφόρου τύπου που χρησιμοποιείται σε αυτοματοποιημένης λειτουργίας αποθήκες. Ο γερανός κινείται σε τροχιά σε ένα διάδρομο της αποθήκης και ο μηχανισμός που πιάνει τα εμπορεύματα σαν πιρούνι, μπορεί να ανυψώνεται ή να χαμηλώνει σε οποιοδήποτε από τα ράφια για την αποθήκευση και την ανάκτηση του προϊόντος. Το προϊόν μπορεί, σε ορισμένες περιπτώσεις, να είναι τόσο μεγάλο όσο ένα αυτοκίνητο. Συνήθως τους γερανούς αυτούς τους συναντάμε σε μεγάλες αποθήκες-ψυγεία κατεψυγμένων τροφίμων.



Εικόνα 1.16 : Γερανός στοίβαξης

1.3 ΓΕΡΑΝΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑ

1.3.1 Γενικές πληροφορίες

Η θεμελιώδης αρχή του γερανού αυτού πηγάζει από την έννοια του μηχανικού πλεονεκτήματος. Μηχανικό πλεονέκτημα είναι η ιδέα ότι μια μηχανή, όπως μια τροχαλία, μπορεί να πολλαπλασιάσει τη δύναμη που εφαρμόζεται πάνω της με ένα ορισμένο συντελεστή. Γι 'αυτό είναι δυνατό, για παράδειγμα, για έναν και μόνο άνθρωπο χρησιμοποιώντας μια τροχαλία να άρει ένα βαρύ κιβώτιο που θα ανάγκαζε μια ολόκληρη ομάδα ανθρώπων να το ανυψώσουν με τα χέρια τους. Οι γερανοί βραχίονα ενσωματώνουν ένα σύστημα από τροχαλίες και άλλες απλές μηχανές, ώστε να αυξηθεί σημαντικά η ανυψωτική τους ικανότητα.

Σε έναν σύγχρονο γερανό βραχίονα μια ισχυρή μεταλλική καλωδίωση είναι τυλιγμένη δίπλα από τα άκρα του στηρίγματος του βραχίονα, με το άκρο της να συνδέεται συνήθως με ένα άγκιστρο και το άλλο άκρο συνδεδεμένο σε ένα βαρούλκο. Όταν ενεργοποιείται το βαρούλκο, οι τροχαλίες προσφέρουν μια ανυψωτική δύναμη ίση με την πραγματική δύναμη που εφαρμόζεται από το βαρούλκο, πολλαπλασιαζόμενη με τον αριθμό των μηκών καλωδίου τυλιγμένο γύρω από τις τροχαλίες. Σε πολλούς γεραμούς, ο ανυψωτήρας μπορεί να είναι σε θέση να κινηθεί προς τα έξω και προς τα μέσα κατά μήκος του στελέχους, που προσφέρει ακόμα μεγαλύτερη ευελιξία στην κίνηση.

Οι γερανοί βραχίονα δεν περιορίζονται σε σταθερές θέσεις, και μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα κινητό σασί για να χρησιμοποιηθούν σε προσωρινές θέσεις εργασίας ή σε στρατιωτικές επιχειρήσεις και γενικά θυσιάζουν ανυψωτική ικανότητα για κινητικότητα. Τα ποδαρικά είναι απαραίτητα για ένα κινητό γερανό βραχίονα για να διατηρηθεί η σταθερότητα υπό φορτίο, σε αντίθεση με τα σταθερά συστήματα που είναι βαθιά ριζωμένα στη θέση τους ή είναι στηριγμένοι σε βάσεις που μπορούν να μεταφερθούν, χωρίς δηλαδή την ύπαρξη θεμελίων, όπως ο γερανός που θα μας απασχολήσει.

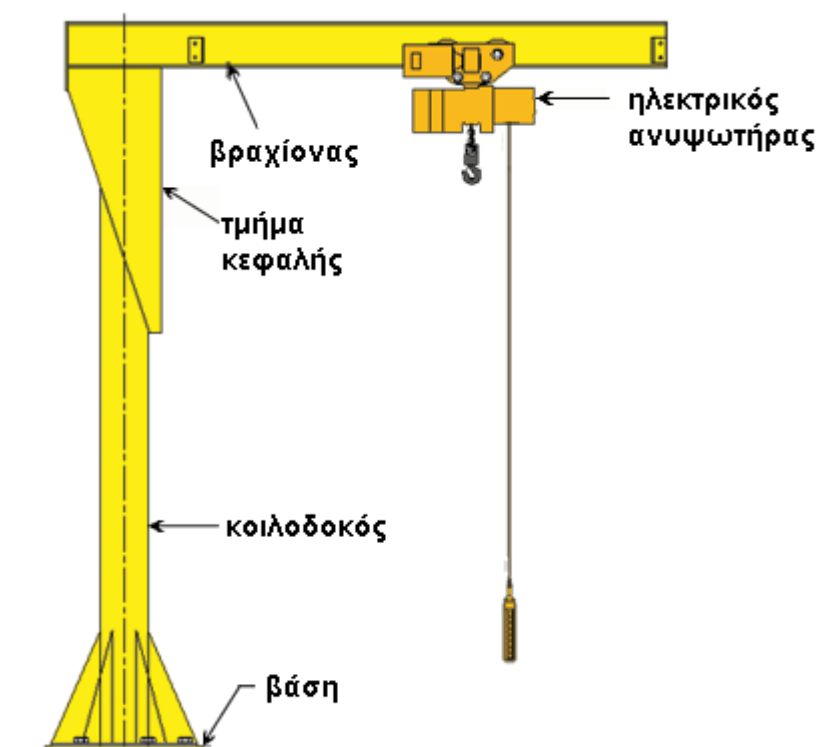


Εικόνα 1.17 : Γερανός βραχίονα

Έχουν επίσης σχεδιαστεί με σκοπό να αναλάβουν την προσπάθεια ανύψωσης και φόρτωσης σε κλειστούς αλλά και σε υπαίθριους χώρους, καταλαμβάνουν ελάχιστο χώρο στο δάπεδο, μπορούν εύκολα να εκτείνονται σε μια ακτίνα ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις και μπορούν να ανυψώσουν φορτία βάρους μέχρι και πέντε τόνων, όμως σε ακραίες περιπτώσεις έως και είκοσι τόνους. Υπάρχει μια μεγάλη γκάμα διαφορετικών σχεδίων με σκοπό να λειτουργούν σε πολλές και απαιτητικές εφαρμογές. Αντίστοιχα, η έκταση του βραχίονα μπορεί να ξεπεράσει τα δέκα μέτρα σε ελαφριά φορτία. Τέλος, η περιστροφή τους δεν έχει να αντιμετωπίσει προκλήσεις, διότι στις περισσότερες των περιπτώσεων οι γερανοί αυτοί εκτελούν κύκλο περιστροφής του βραχίονα κατά 360°.

1.3.2 Αποτελούμενα μέρη

Μία απλή μορφή γερανού βραχίονα με τον μόλις απαραίτητο εξοπλισμό (εικόνα 1.18) αποτελείται από τα παρακάτω μέρη: την κατακόρυφο κοιλοδοκό ή κολόνα, η οποία είναι κατασκευασμένη από χάλυβα, στρογγυλής κοίλης διατομής με μέγεθος πάχους τοιχώματος τέτοιο, ώστε να ελαχιστοποιείται η παραμόρφωση. Τον βραχίονα ή δοκό, με πλατύ πέλμα θερμής έλασης, εφοδιασμένη με ελάσματα στα άκρα της δοκού για να εμποδίσουν την πτώση του ανυψωτήρα. Το τμήμα κεφαλής, ένας άκαμπτος χάλυβας τύπου πλαισίου με συγκολλημένη πρόσθετη κατασκευή για ελάχιστη παραμόρφωση μεταξύ βραχίονα και κολόνας. Θα μπορούσε και να είναι απλά δυο πλάκες με κοχλίες ως μέσο σύνδεσης, όπως ακριβώς είναι και το μοντέλο της εργασίας. Ένα επιπλέον κομμάτι του γερανού βραχίονα είναι η πλάκα βάσης. Η πλάκα βάσης μεγάλης διαμέτρου είναι οπλισμένη με βαριές χαλύβδινες γωνιακές ενισχύσεις για συνεχή ευθυγράμμιση και ακαμψία. Τελευταίο αλλά όχι ασήμαντο κομμάτι είναι ο ηλεκτρικός ανυψωτήρας, για τον οποίο ακολουθεί εκτενέστερη αναφορά.



Εικόνα 1.18 : Μέρη γερανού βραχίονα

1.3.3 Ηλεκτρικός ανυψωτήρας

Ο ηλεκτρικός ανυψωτήρας είναι μέρος του εξοπλισμού του γερανού βραχίονα, που χρησιμοποιείται για να ανυψώσει, να χαμηλώσει, να μετακινήσει και να κρατήσει σταθερά τα μεγάλα φορτία. Αποτελούμενος από μια σειρά με τροχαλίες και γρανάζια, αποκτά μηχανικό πλεονέκτημα το οποίο επιτρέπει σε ένα μεγάλο φορτίο να ανυψωθεί με λίγη προσπάθεια.

Ένα είδος ταξινόμησης τον διακρίνει σε ανυψωτήρα με τροχαλία τριβής και ανυψωτήρα με τροχαλία τύμπανο. Στην πρώτη περίπτωση ένα συρματόσχοινο περνά πάνω από την τροχαλία και προωθείται μέσω της τριβής μεταξύ των δυο στοιχείων, ενώ στη δεύτερη το συρματόσχοινο τυλίγεται ή ξετυλίγεται στο περιστρεφόμενο τύμπανο.

Οι ηλεκτρικοί ανυψωτήρες τριβής είναι το πιο δημοφιλές είδος ανυψωτήρων διότι μπορούν να σηκώσουν γρήγορα με ελεγχόμενο τρόπο. Λειτουργούν με τον ίδιο σχεδόν τρόπο όπως οι μηχανικοί ανυψωτήρες, με τη διαφορά ότι παράγεται ενέργεια από τον ηλεκτροκινητήρα προτού πολλαπλασιαστεί από τη διάταξη οδόντωσης. Τέλος, οι ανυψωτήρες αυτοί χρησιμοποιούν συρματόσχοινο ή αλυσίδα, έχουν δυνατότητα ανύψωσης έως 20 τόνους, απαιτούν χαμηλό κόστος συντήρησης και διατίθενται για μονοφασικό και τριφασικό ρεύμα.

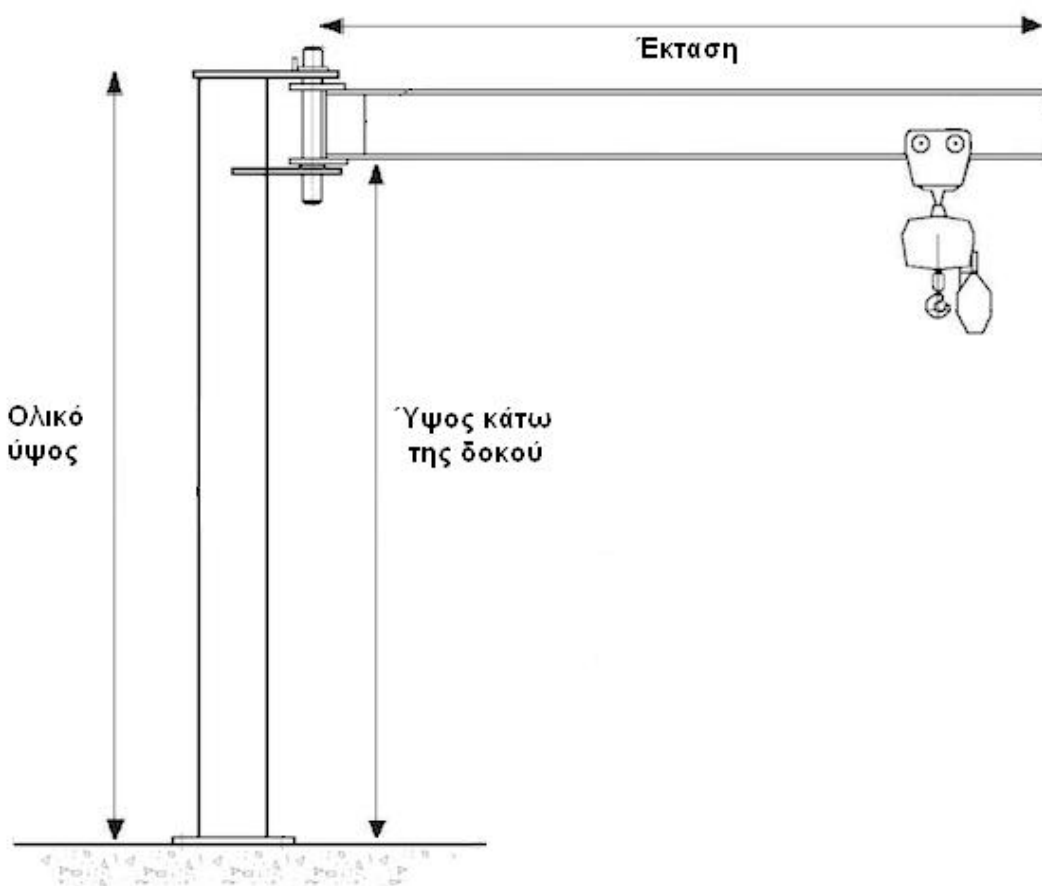


Εικόνα 1.19 : Ηλεκτρικός Ανυψωτήρας

1.3.4 Χρήσιμοι παράγοντες-διαστάσεις

Κατά την επιλογή ενός γερανού βραχίονα πρέπει να ληφθούν υπόψιν το είδος λειτουργίας, ο διαθέσιμος χώρος λειτουργίας και το κόστος της μονάδας ανύψωσης, εγκατάστασης και συντήρησης που απαιτεί, έτσι ώστε να αποδώσει τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Οι ακόλουθοι παράγοντες είναι απαραίτητο να εξεταστούν προκειμένου να γίνει η επιλογή του κατάλληλου γερανού βραχίονα.

Ανυψωτική Ικανότητα. Το μέγιστο βάρος που εφαρμόζεται πρέπει να φτάνει και απαγορευτικά, να μην υπερβαίνει το προβλεπόμενο μέγιστο βάρος που έχει δοθεί από τον κατασκευαστή. Η αξιολόγηση της συνολικής ανυψωτικής ικανότητας βασίζεται σε ένα υπολογισμένο μοντέλο που περιλαμβάνει την αρχική ανυψωτική ικανότητα, συν ένα 15% για το βάρος του ηλεκτρικού ανυψωτήρα και ένα 25% για την αναγκαία υπερδιαστασιολόγηση.



Σχήμα 1.1 : Χρήσιμες διαστάσεις

Ακτίνα Περιστροφής. Οι γερανοί βραχίονα στηριζόμενοι σε κοιλοδοκό ή κολόνα προσφέρουν περιστροφή 360°, ενώ οι τοποθετημένοι σε τοίχο ή κολόνα τοίχου έχουν δυνατότητα για 200° περιστροφή.

Έκταση βραχίονα. Η έκταση του βραχίονα είναι το μήκος του από το κέντρο της κολόνας μέχρι το τέλος του βραχίονα. Αυτό το μήκος είναι λίγο μεγαλύτερο από την πραγματική ή χρήσιμη έκταση του βραχίονα, η οποία είναι η συνολική απόσταση που μπορεί να μετακινηθεί και να εργαστεί ο μηχανισμός ανύψωσης με το φορτίο. Η έκταση είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας επιλογής μετά την ανυψωτική ικανότητα και γι'αυτό οι κατασκευαστές οριοθετούν το μέγεθός της αντίστοιχα, ώστε να μην υπάρξει το παραμικρό ενδεχόμενο αστοχίας στο σύνολο του μηχανισμού.

Ύψος κάτω της δοκού. Η απόσταση από το δάπεδο μέχρι την κάτω πλευρά του βραχίονα και θα πρέπει να υπερβαίνει ή να είναι ίση με την απόσταση που απαιτείται για τον αποτελεσματικό χειρισμό του φορτίου. Είναι δηλαδή η διάσταση που οριοθετεί το μέγιστο ύψος που μπορεί να φτάσει το φορτίο και είναι ένα από τα βασικά κριτήρια στην επιλογή του ανυψωτικού γερανού, διότι είναι αυστηρά τυποποιημένο. Ένα τυπικό ύψος αυτής της διάστασης που το συναντάμε σε γεραμούς σε κλειστούς χώρους είναι τρία μέτρα.

Ολικό ύψος. Είναι η συνολική απόσταση από τη βάση έως το ανώτερο σημείο του γερανού. Βρίσκεται από το ύψος κάτω της δοκού συν το ύψος του τυποποιημένου βραχίονα.

Διάμετρος κοιλοδοκού. Καθάρά εξαρτώμενη από την ανυψωτική ικανότητα του γερανού, κυμαίνεται μεταξύ 20 με 75 εκατοστά για τις πιο συνηθισμένες εφαρμογές λειτουργίας.

1.3.5 Πεδία εφαρμογής

Με τα παραπάνω δεδομένα είναι εύκολο να καταλάβουμε την ευρεία χρήση του συγκεκριμένου μοντέλου γερανού και την απήχρησή του σε κάθε είδος εφαρμογής.

Ενδεικτικά, ο γερανός βραχίονα με ηλεκτρικό ανυψωτήρα συναντάται σε αποθήκες, μηχανουργεία, εργοστάσια, γραμμές παραγωγής και συναρμολόγησης, χαλυβουργεία, μικρά εργαστήρια, λιμάνια, αποβάθρες, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, χαρτοποιίες και τεχνικά έργα.

Πέραν από αυτά, έχει παρατηρηθεί η χρησιμότητά του ακόμα και σε πυρηνικά εργοστάσια και στρατιωτικά οχήματα.

1.3.6 Πλεονεκτήματα

Η σημερινή βιομηχανία απαιτεί ευέλικτο, αποτελεσματικό και οικονομικά αποδοτικό εξοπλισμό, ενώ την ίδια στιγμή πρέπει να παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία σε συνδυασμό με σημαντική εξοικονόμηση πόρων μέσω της αύξησης της παραγωγικότητας. Ένας γερανός βραχίονα μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του χειρισμού υλικών και της ροής των εργασιών. Θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη η περίπτωση εφαρμογών με απαιτήσεις επαναλαμβανόμενης ανύψωσης και μεταφοράς φορτίου μέσα σε ένα σταθερό τόξο περιστροφής.

Έτσι λοιπόν, οι γερανοί βραχίονα ελαφρού, μεσαίου και βαρέως τύπου είναι μια οικονομική λύση για τη μετακίνηση υλικών μέσα σε ένα σταθμό εργασίας, για τη μεταφορά υλικών από περιοχή εργασίας ώστε να εργαστούν σε άλλη περιοχή, για την εύκολη περιστροφή του φορτίου κατά 360°, για τη χρήση ως βοηθητικής συσκευής ανύψωσης κάτω από γερανογέφυρες και γενικώς σε κάθε είδους απαιτήσεις και εφαρμογές.

Τα είδη τους ποικίλλουν από εντελώς αυτοστηριζόμενους γεραμούς μέχρι προσαρτημένους σε κολόνες ή δοκάρια κτιρίων με αποτέλεσμα το χαμηλό κόστος σε σύγκριση με κάποια άλλα συστήματα ανύψωσης, ειδικά όταν πρόκειται για βραχυπρόθεσμες εργασίες μεταφοράς. Η αξιοπιστία που τους διακρίνει τους δίνει την ικανότητα να εργαστούν σε εξωτερικές συνθήκες εργασίας με μεγάλη αποτελεσματικότητα.

Για χειρισμό φορτίου γενικής χρήσεως οι ανυψωτικές ικανότητες είναι συνήθως από 1,5 τόνο έως 5 τόνους με μέγιστη εμβέλεια 30 μέτρων. Από εκεί και πέρα, για βαρύτερες εφαρμογές, η χωρητικότητα κυμαίνεται από 3 έως 20 τόνους και το ύψος άρσης μπορεί να είναι 30 μέτρα ή περισσότερο. Τα δεδομένα αυτά καθιστούν τους γεραμούς βραχίονα ένα σημαντικότερο εργαλείο καθημερινής και επαναλαμβανόμενης χρήσης.



Εικόνα 1.20 : Γραμμή παραγωγής

2. ΣΧΕΔΙΑΣΗ

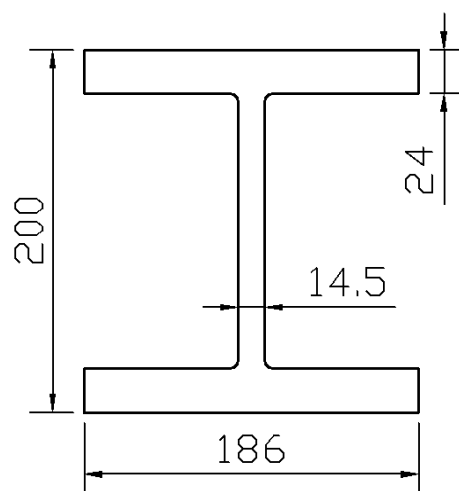
2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει εκτενής αναφορά στα αποτελούμενα μέρη του γερανού βραχίονα της πτυχιακής εργασίας, που έχουν σχεδιαστεί μέσω του λογισμικού Solidworks. Τα μέρη αυτά, ή parts όπως αποκαλούνται στο λογισμικό, είναι ηλεκτρονικά αρχεία 3D CAD μορφής που απεικονίζουν τρισδιάστατα σχέδια, τα οποία είναι τα αποτελούμενα κομμάτια, ένα-ένα ξεχωριστά, του γερανού αυτού. Η σχεδίαση του καθενός από αυτά κομματιού και οι διαστάσεις που επιλέχθηκαν, έγιναν με βάση κριτήρια όπως: η απαιτούμενη δυνατότητα του γερανού να ανυψώνει φορτίο βάρους 300 κιλών, η περιστροφή του βραχίονα κατά τουλάχιστον 180° και η τοποθέτηση του γερανού πάνω σε βάση στήριξης και όχι σε θεμέλιο στο έδαφος.

2.2 ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ

Ο βραχίονας είναι μια δοκός από χάλυβα τύπου H με πλατύ πέλμα και αποτελεί μια απλή μορφή βραχίονα σε αυτού του είδους γερανών. Το συνολικό του μήκος είναι 2,165m, με την έκταση του να περιορίζεται στα 1,8m, η οποία κρίθηκε επαρκής για την λειτουργία του γερανού στον εργαστηριακό χώρο.

Από πλευράς τυποποίησης, η ποιότητα του χάλυβα είναι κατηγορίας DIN 17100 ή ισοδύναμα EN 10025, ενώ υπάγεται σε πρότυπα παραγωγής EN 10034. Παρακάτω φαίνονται οι τυποποιημένες διαστάσεις της δοκού (σχήμα 2.1), οι οποίες απεικονίζονται σε mm και εξηγούνται λεπτομερώς.

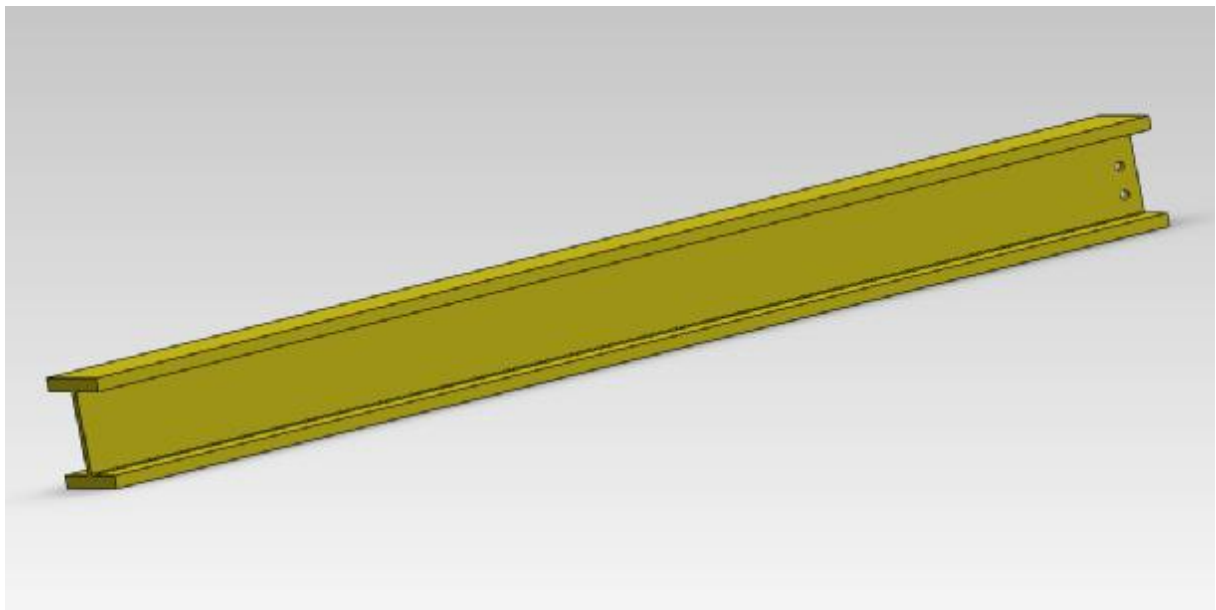


Σχήμα 2.1 : Πρόσοψη δοκού

Συνοπτικά οι διαστάσεις της δοκού είναι οι εξής:

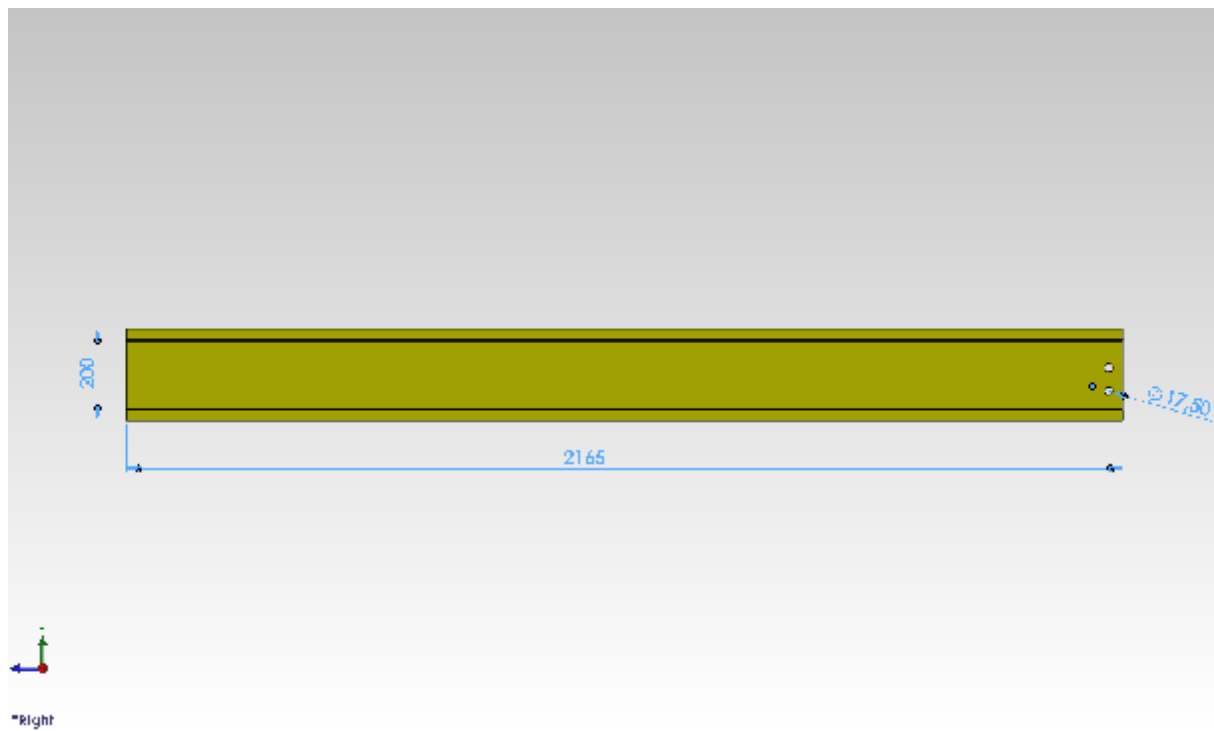
- Μήκος δοκού = 2165mm
- Ύψος δοκού = 200mm
- Πλάτος δοκού = 186mm
- Ύψος άνω-κάτω πέλματος = 24mm
- Πλάτος κάθετου πέλματος = 14,5mm
- Διάμετρος οπών = 17,5mm

Η δοκός αυτή σχεδιάστηκε στο Solidworks με βάση τις ανώτερες τυποποιημένες διαστάσεις που πάρθηκαν, με τη μοναδική παρέμβαση να αποτελεί η δημιουργία δυο οπών στο τέλος του κάθετου πέλματος της δοκού, ώστε να τοποθετηθούν ελάσματα με κοχλιοσυνδέσεις για να σταματούν τον μηχανισμό του ηλεκτρικού ανυψωτήρα και να μην εκτραπεί από τη δοκό.

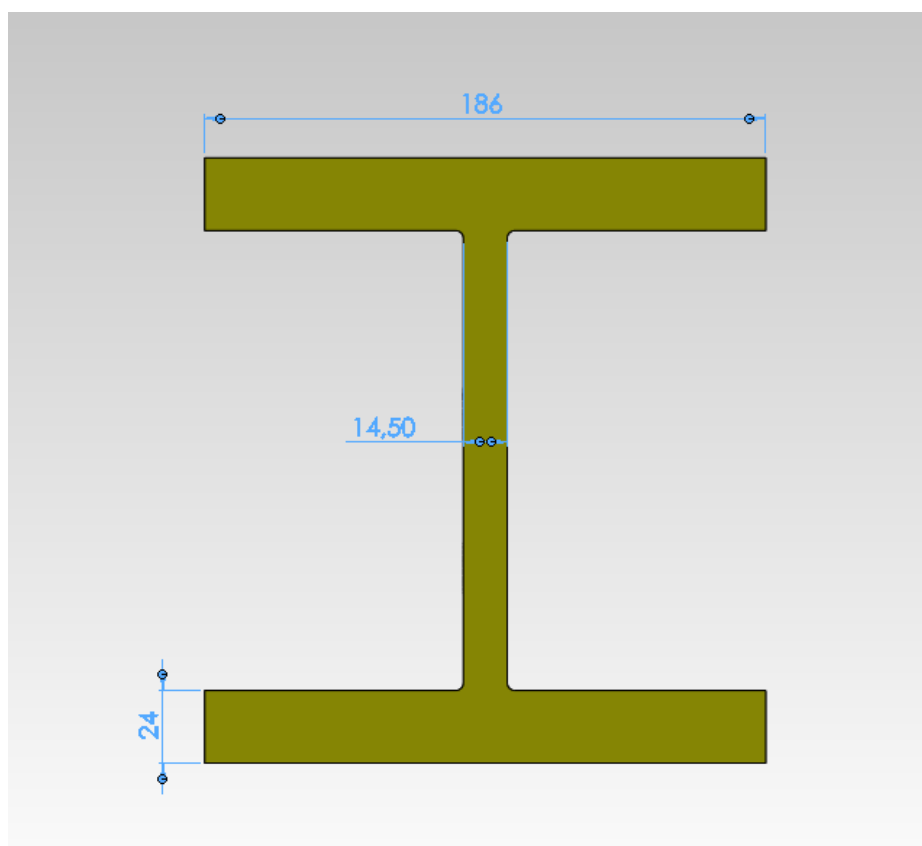


Εικόνα 2.1 : Δοκός

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται η σχεδιασμένη οριζόντια δοκός σε δυο όψεις με τις ανάλογες τυποποιημένες διαστάσεις της, εκφρασμένες σε χιλιοστά.



Εικόνα 2.2: Πλάγια όψη δοκού



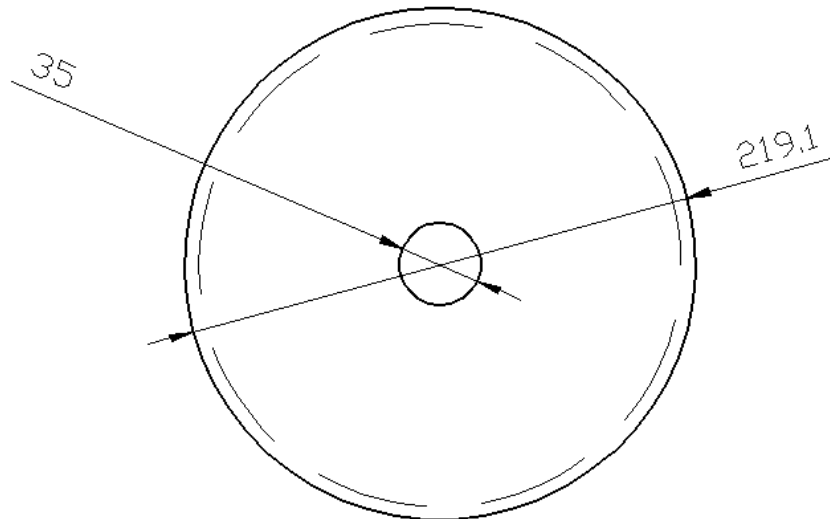
Εικόνα 2.3: Πρόσοψη δοκού

2.3 ΚΟΙΛΟΔΟΚΟΣ

Η κοιλοδοκός του γερανού είναι απλά μια κολόνα στήριξης του βραχίονα κατασκευασμένη από χάλυβα. Κόβεται απο μακριές κοιλοδοκούς που παράγονται στα εργοστάσια, οι οποίες κυμαίνονται από 6 έως 13 μέτρα και στη συνέχεια καλύπτεται από τη μια πλευρά με έναν πείρο απο το ίδιο υλικό κατασκευής για να στηριχθεί πάνω του το έδρανο κυλίσεως.

Όσο αφορά την τυποποίηση της κοιλοδοκού, η ποιότητα του χάλυβα είναι κατηγορίας EN 10219-1 και EN 10210-1 για ψυχρή ή θερμή έλαση αντίστοιχα.

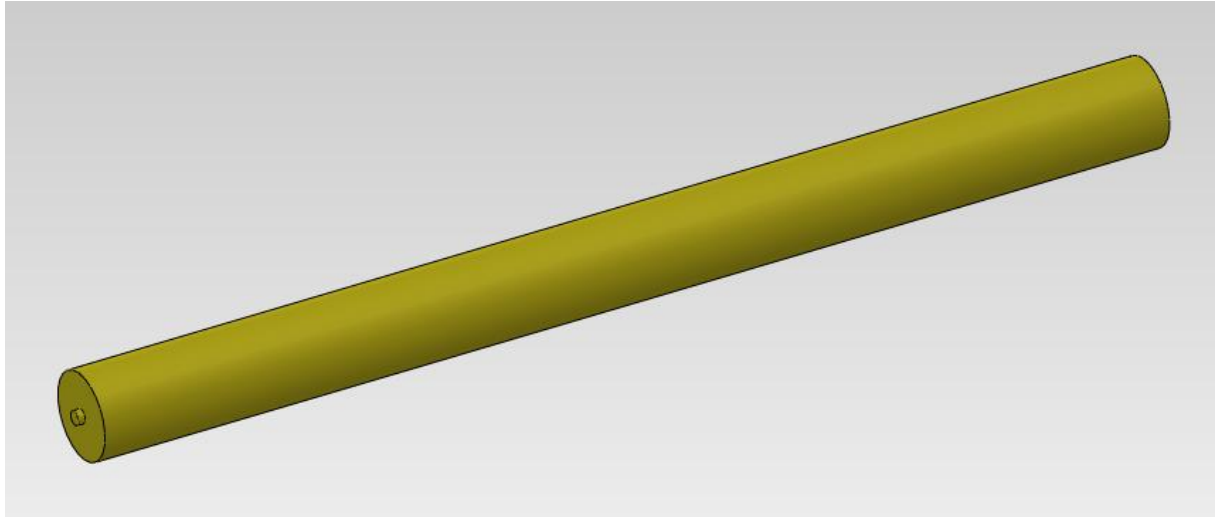
Στην κάτοψη της κολόνας που ακολουθεί (Σχήμα 2.2) φαίνεται με διακεκομμένη γραμμή το πάχος και το κοίλο μέρος της, καθώς από την σχεδίαση και την τελική συναρμολόγηση της στο Solidworks, αυτό δεν είναι δυνατό να απεικονιστεί. Οι διαστάσεις είναι σε mm.



Σχήμα 2.2 : Κάτοψη κοιλοδοκού

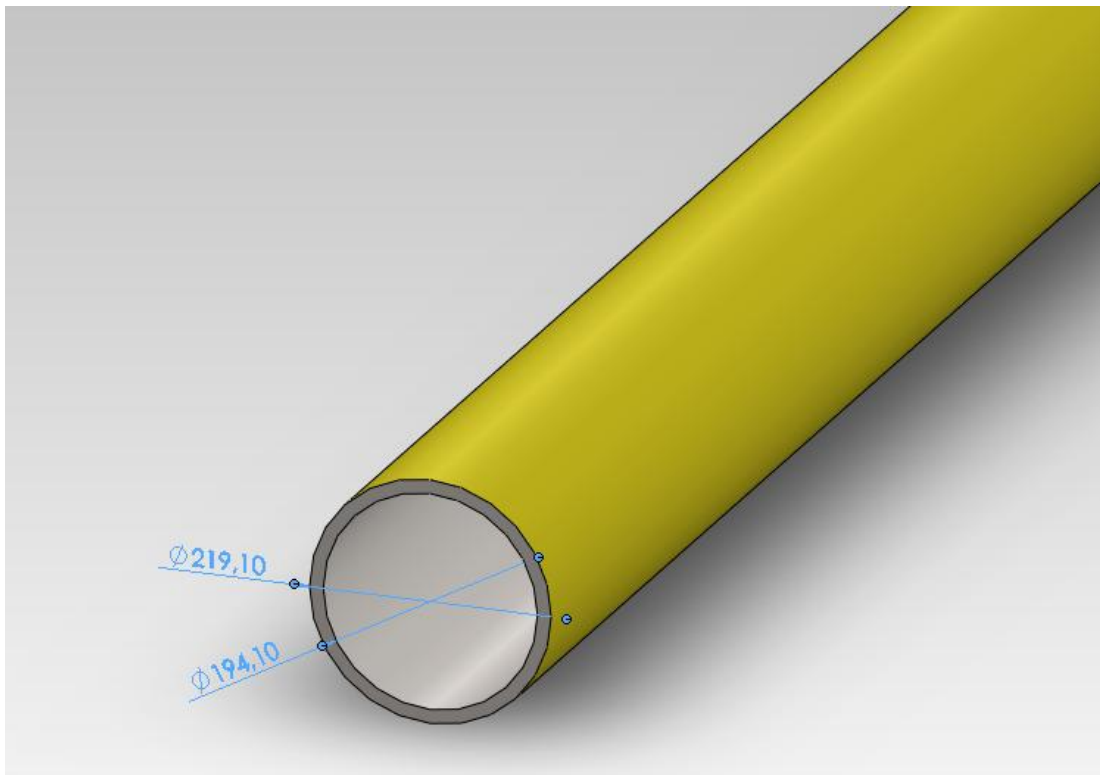
Συνοπτικά οι διαστάσεις της κοιλοδοκού:

- Μήκος κοιλοδοκού = 2777mm
- Διάμετρος κοιλοδοκού = 219,1mm
- Εσωτερική διάμετρος = 194,1mm
- Πάχος κοιλοδοκού = 12,5mm
- Διάμετρος πείρου = 35mm
- Ύψος πείρου = 18mm

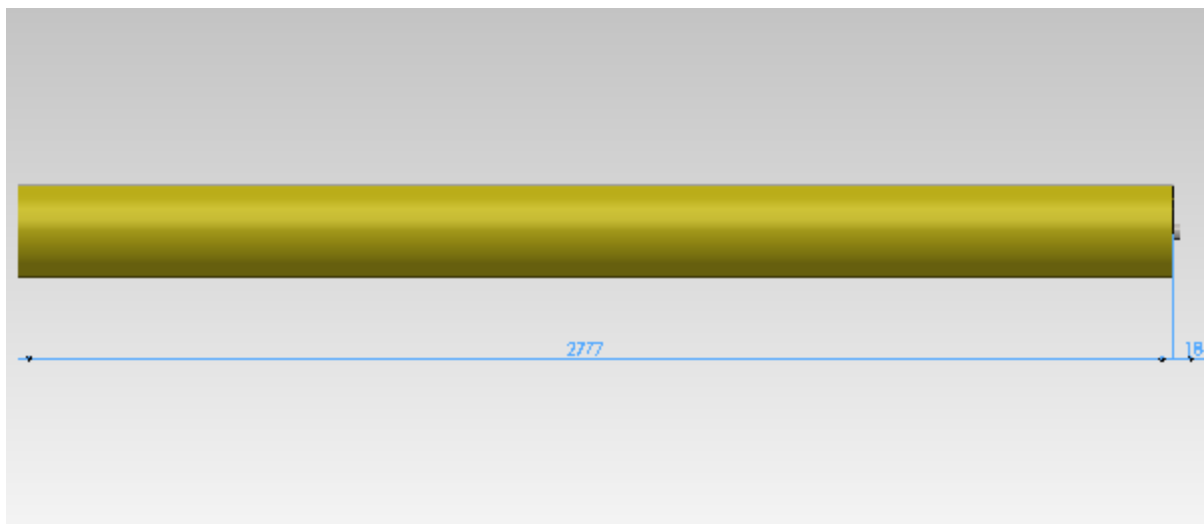


Εικόνα 2.4: Κοιλοδοκός

Οι διαστάσεις του σώματος της κοιλοδοκού του ανυψωτικού γερανού απεικονίζονται στις παρακάτω εικόνες με περισσότερη λεπτομέρεια. Στην εικόνα 2.5 φαίνεται η βάση του μοντέλου με τοποθετημένες τις διαστάσεις της εσωτερικής και εξωτερικής διαμέτρου.



Εικόνα 2.5: Βάση κοιλοδοκού



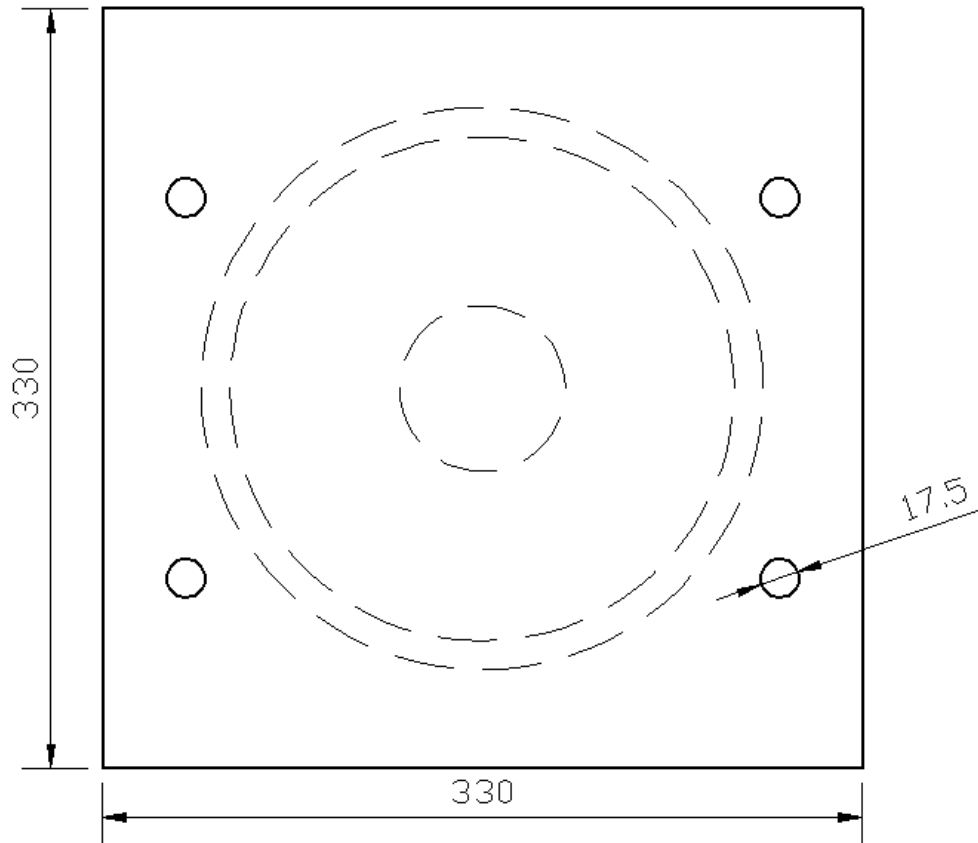
Εικόνα 2.6: Πλάγια όψη κοιλοδοκού

2.4 ΤΜΗΜΑ ΚΕΦΑΛΗΣ

Το τμήμα κεφαλής αποτελεί το μέσο σύνδεσης της κολόνας στήριξης και του βραχίονα, με τον οποίο είναι πακτωμένο και περιστρέφεται. Κύριο ρόλο σε αυτό παίζει το έδρανο κυλίσεως (ρουλεμάν) που είναι τοποθετημένο στον πείρο της κοιλοδοκού, ενώ το εξωτερικό του μέρος είναι πρεσαρισμένο στο τμήμα της κεφαλής. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η περιστροφή του τμήματος αυτού γύρω από την κολόνα στήριξης, αφού συμπεριφέρεται σαν ένα σώμα.

Όπως και στην κολόνα στήριξης, έτσι και στο τμήμα κεφαλής η τυποποίηση της κοιλοδοκού είναι η ίδια, έχουμε δηλαδή ποιότητα χάλυβα κατηγορίας EN 10219-1 και EN 10210-1. Η πλάκα που είναι πακτωμένη στο ανώτερο σημείο του τμήματος έχει ποιότητα χάλυβα DIN 17100 / EN 10025 και πρότυπα κατασκευής DIN 1013 - DIN 1014 / EN 10060 - EN 10059 για θερμή έλαση, ή DIN 671-DIN 178-DIN 176 / EN 10277 - EN10278 για ψυχρή έλαση. Ο εξωτερικός δακτύλιος του εδράνου κυλίσεως συμβολίζεται ως 30207-A, με διαστάσεις τυποποιημένες κατά DIN ISO 355/DIN 720.

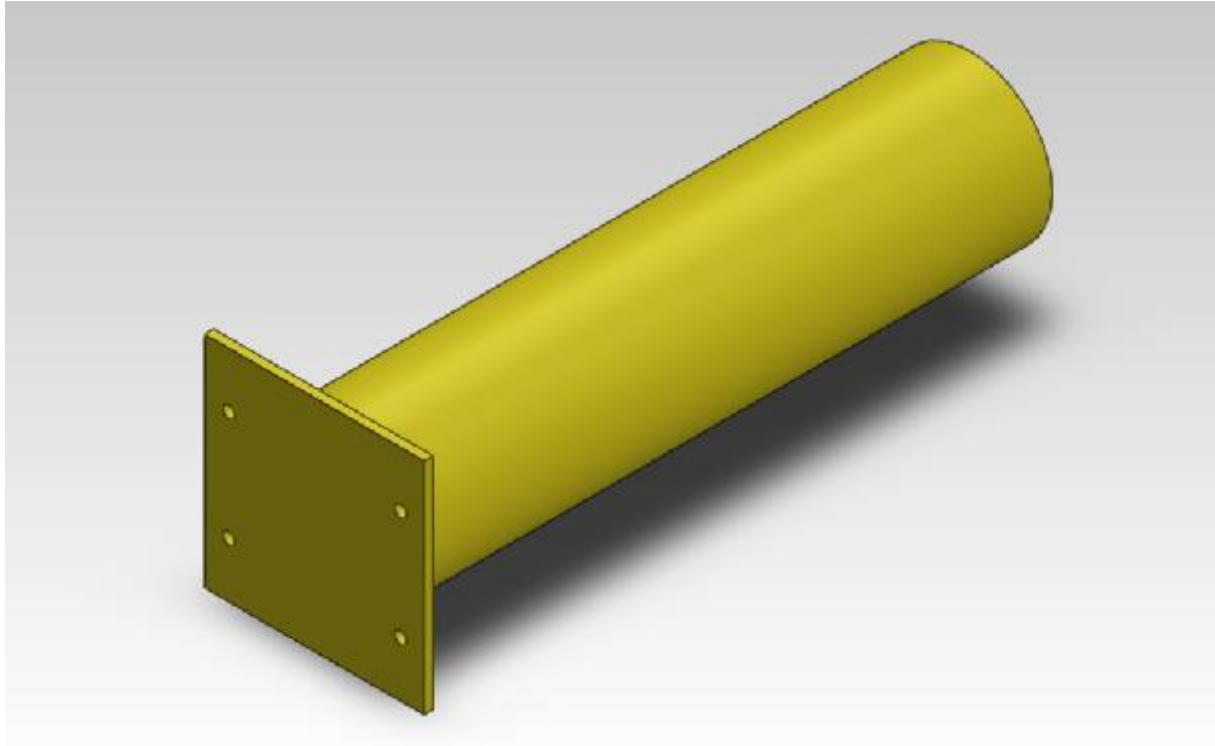
Στο κομμάτι της σχεδίασης, αρχικά επιλέχθηκε κοιλοδοκός από τον ίδιο πίνακα τυποποιήσεων με την κολόνα στήριξης, με τη διαφορά ότι το μέγεθος της διαμέτρου είναι το αμέσως μεγαλύτερο τυποποιημένο μέγεθος από αυτό της κολόνας, έτσι ώστε να εισχωρήσει το ένα μέρος στο άλλο και να “κουμπώσουν” μεταξύ τους στο έδρανο κύλισης. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα στην κάτοψη που ακολουθεί (σχήμα 2.3), με την εξωτερική και εσωτερική του διάμετρο με διακεκομμένες γραμμές. Στο κέντρο απεικονίζεται επίσης και το εξωτερικό μέρος του εδράνου κυλίσεως. Οι διαστάσεις είναι σε mm.



Σχήμα 2.3 : Κάτοψη σχεδίου τμήματος κεφαλής

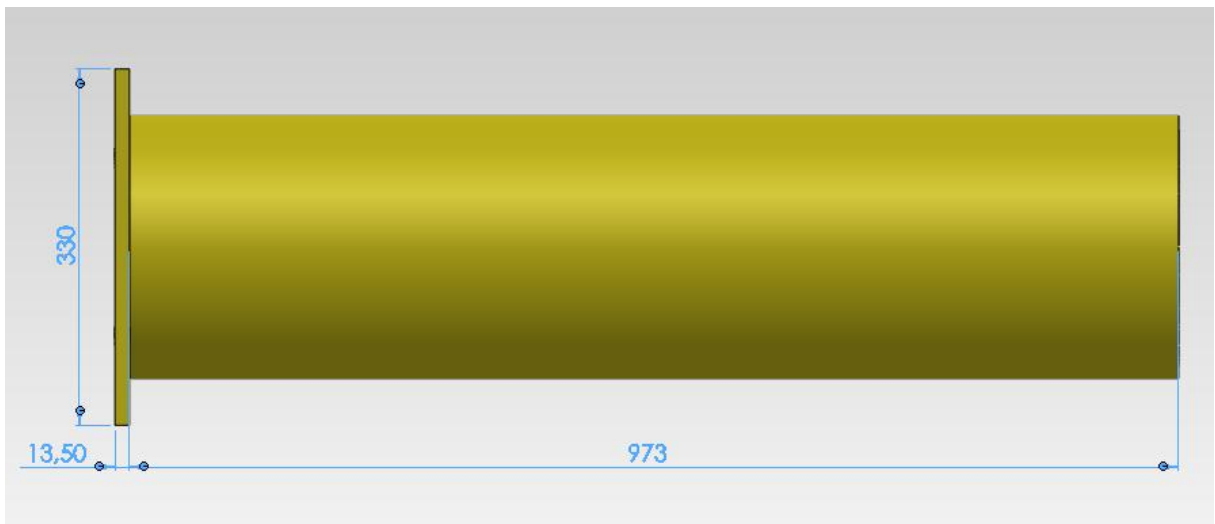
Συνοπτικά οι διαστάσεις του τμήματος κεφαλής είναι οι εξής:

- Συνολικό ύψος = 986,5mm
- Ύψος κοιλοδοκού = 973mm
- Εξωτερική διάμετρος κοιλοδοκού = 244,5mm
- Εσωτερική διάμετρος κοιλοδοκού = 219.5mm
- Πάχος τοιχώματος κοιλοδοκού = 12,5mm
- Ύψος πλάκας = 13,5mm
- Μήκος πλευράς = 330mm
- Διάμετρος οπών = 17,5mm

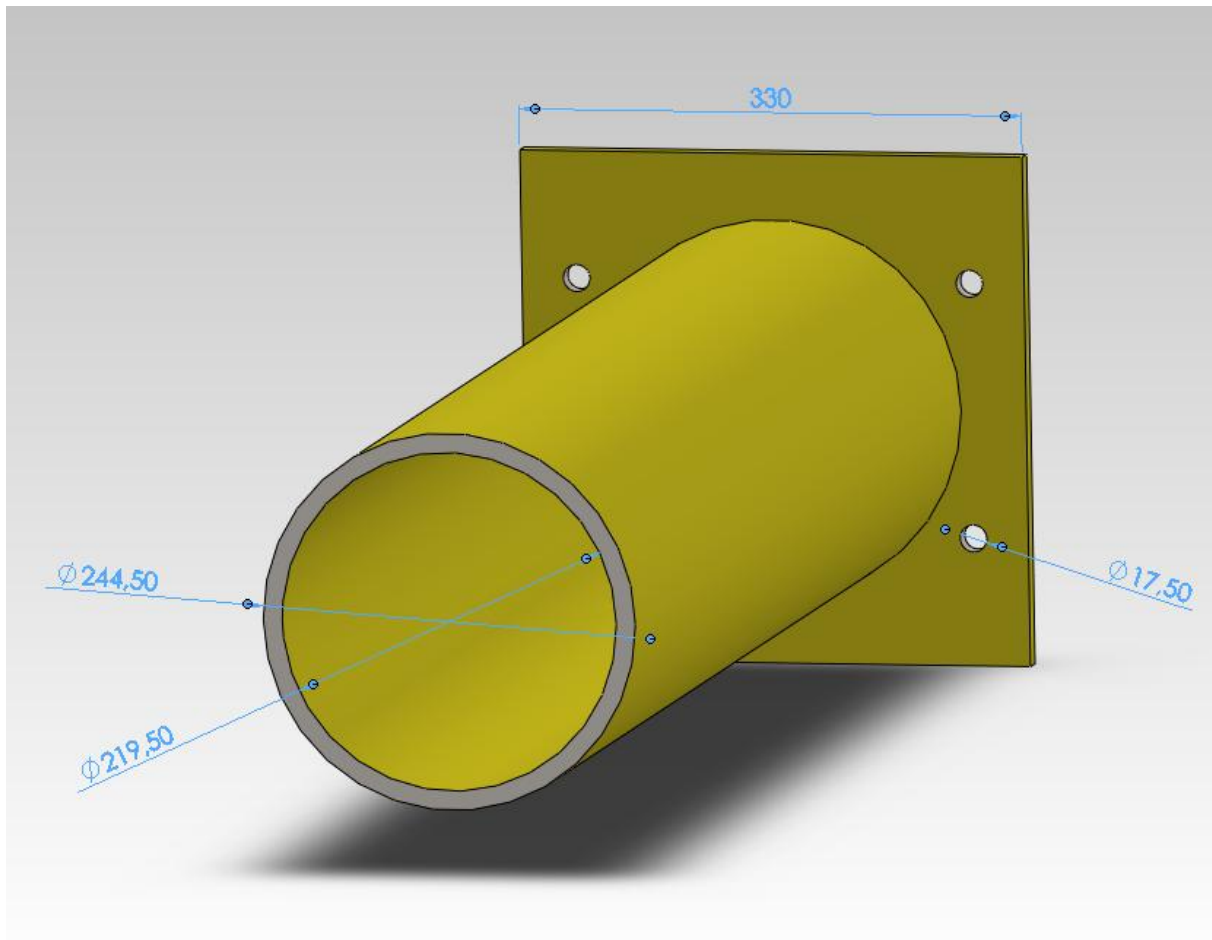


Εικόνα 2.7 : Τμήμα κεφαλής

Το μοντέλο του τμήματος κεφαλής σχεδιάστηκε αποκλειστικά ως ένα σώμα και όχι με σύνδεση δυο μερών. Αρχικά, παρατίθενται οι κατάλληλες διαστάσεις της πλάγιας όψης του μοντέλου (εικ. 2.7) και αμέσως μετά οι διαστάσεις με τις διαμέτρους της κοιλοδοκού.



Εικόνα 2.7: Πλάγια όψη τμήματος κεφαλής

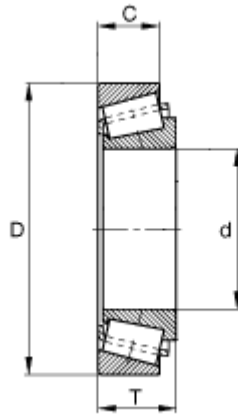


Εικόνα 2.8: Διαστάσεις τμήματος κεφαλής

2.5 ΕΔΡΑΝΟ ΚΥΛΙΣΕΩΣ

Το έδρανο κυλίσεως ή ρουλεμάν παίζει καθοριστικό ρόλο στην περιστροφή του γερανού και η επιλογή του κωνικού προφίλ έγινε με κριτήριο την καλύτερη αντιμετώπιση των φορτίσεων και καταπονήσεων που επιδρούν στη συγκεκριμένη περίπτωση και θα αναλύσουμε στο επόμενο κεφάλαιο. Συμβολίζεται ως 30207-A και η τυποποίηση του είναι κατά DIN ISO 355 / DIN 720.

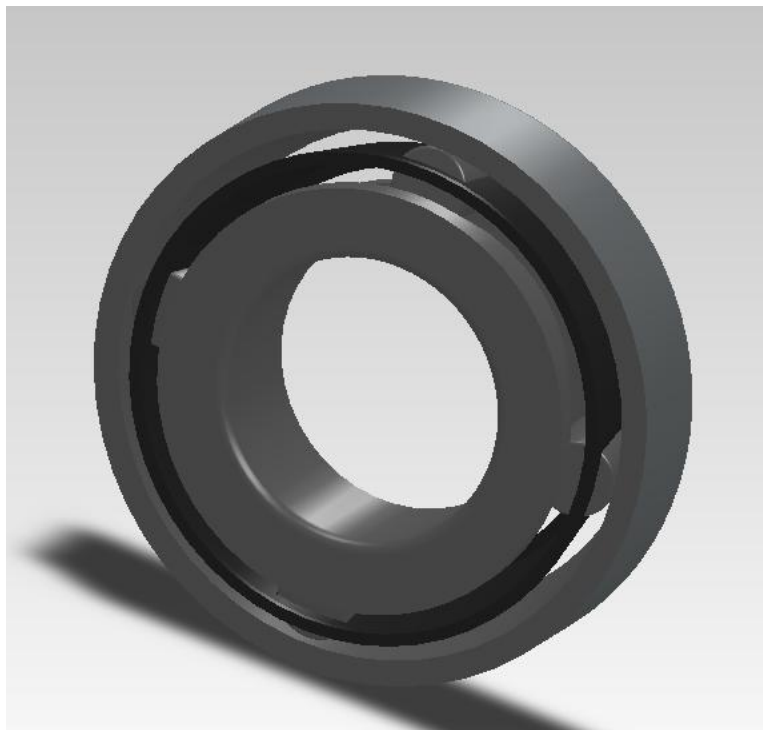
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο εξωτερικός δακτύλιος είναι πρεσαρισμένος μέσα στο τμήμα κεφαλής, ενώ το υπόλοιπο μέρος είναι στερεωμένο στον πείρο της κολόνας στήριξης. Για το κομμάτι της σχεδίασης όμως, το στοιχείο απεικονίζεται ως ενιαίο και συναρμολογημένο από τέσσερα διαφορετικά μέρη που το αποτελούν. Με αυτόν τον τρόπο θα εφαρμοστεί μέσα στο τμήμα κεφαλής κατά το τελευταίο στάδιο της σχεδίασης, την τελική συναρμολόγηση.



Σχήμα 2.4 : Όψη σε τομή του εδράνου κυλίσεως

Συνοπτικά, οι κύριες διαστάσεις του εδράνου κυλίσεως είναι οι εξής:

- Εσωτερική διάμετρος $d = 35\text{mm}$
- Εξωτερική διάμετρος $D = 72\text{mm}$
- Πλάτος εδράνου $T = 18,25\text{mm}$
- Πλάτος εξωτερικού δακτυλίου $C = 15\text{mm}$

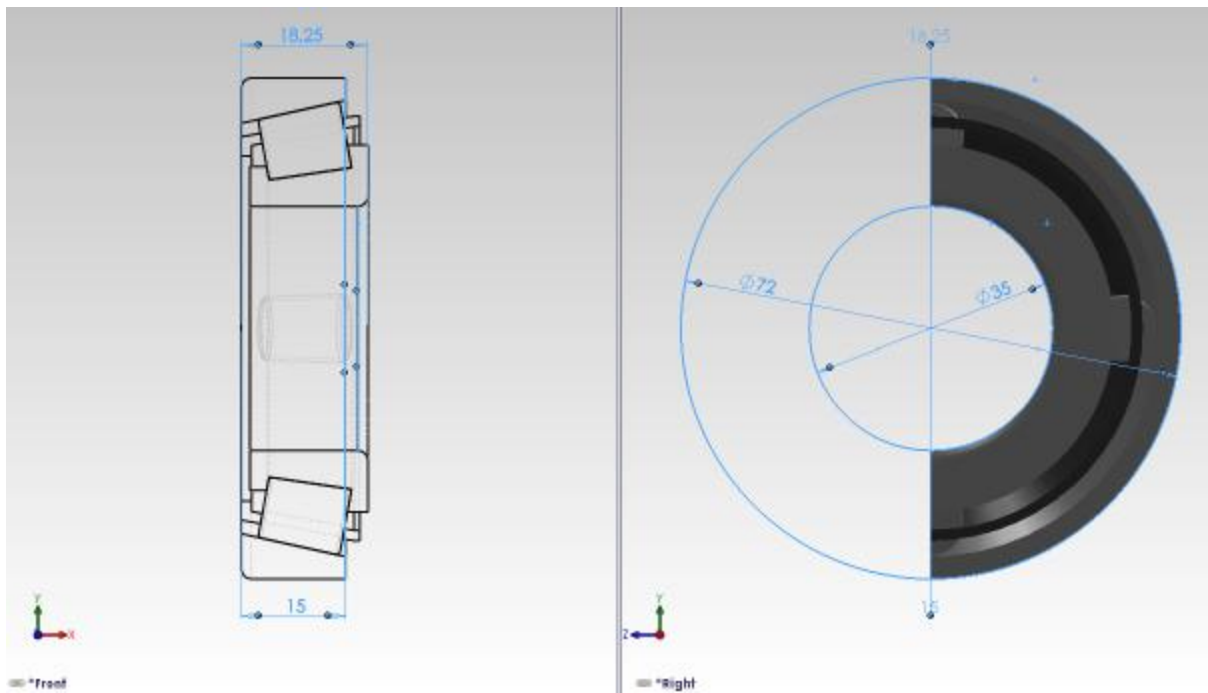


Εικόνα 2.9: Έδρανο κυλίσεως

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται δυο όψεις του ολόκληρου εδράνου κυλίσεως με τις διαστάσεις του να είναι εκφρασμένες σε χιλιοστά (mm).

Στα αριστερά το ρουλεμάν είναι με τη μορφή σχεδίου και φαίνεται η πλάγια του όψη σε τομή. Έχουν τοποθετηθεί οι διαστάσεις που είναι αναγκαίο να γνωρίζονται, όπως το πλάτος του εδράνου με συμβολισμό T και το πλάτος του εξωτερικού δακτυλίου του εδράνου με το συμβολισμό C. Εδώ επίσης μπορεί να διακριθεί η μορφή των στοιχείων κύλισης, τα οποία είναι κωνικοί κύλινδροι.

Στο δεξί μέρος της εικόνας το έδρανο κυλίσεως βρίσκεται σε διαφορετική οπτική γωνία, επίσης σε τομή. Στην εμπρός όψη του τοποθετούνται οι δυο διαστάσεις που αφορούν την εσωτερική διάμετρο του ρουλεμάν, καθώς και την εξωτερική διάμετρο του, η οποία δεν είναι άλλη από την διάμετρο του εξωτερικού δακτυλίου που είναι πρεσαρισμένος μέσα στο τμήμα κεφαλής του ανυψωτικού γερανού.

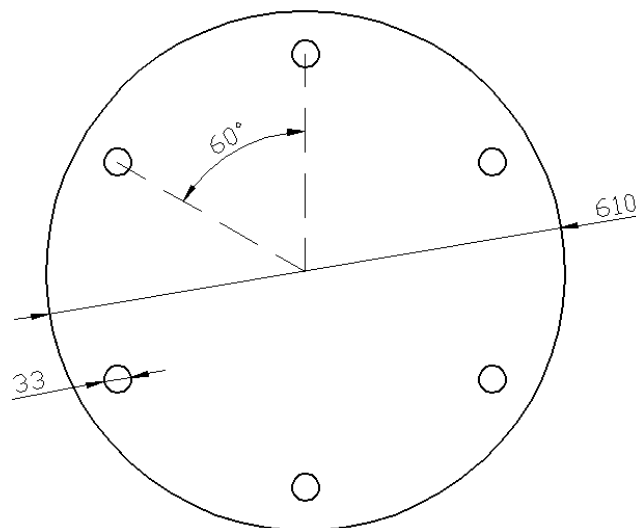


Εικόνα 2.10: Έδρανο κυλίσεως σε δυο όψεις

2.6 ΠΛΑΚΑ ΒΑΣΗΣ

Ακόμα ένα κύριο μέλος του γερανού που πρόκειται να σχεδιαστεί είναι η πλάκα βάσης. Μέσα από μια ευρεία έκταση επιλογών, επιλέχθηκε για λόγους απλότητας η στρογγυλή μορφή βάσης που θα ενώνει την κοιλοδοκό με το κατώτερο μέρος του γερανού, την μεγαλύτερη βάση με δυνατότητα μετακίνησης, όπου θα δούμε και παρακάτω.

Αντιθέτως με την επιλογή του σχήματος της πλάκας της βάσης, οι οπές, η διάμετρος τους, καθώς και το πλήθος τους έγιναν με κριτήριο την κατηγορία του γερανού και συγκεκριμένα την ανυψωτική ικανότητα του, η οποία θεωρείται ελαφρών βαρών. Όπως απεικονίζεται και στο σχήμα της κάτοψης, η απόσταση μεταξύ των κέντρων τους είναι 60° και η διάμετρος τους οριοθετήθηκε από την επιλογή τυποποιημένων κοχλιών. Οι διαστάσεις είναι σε mm.

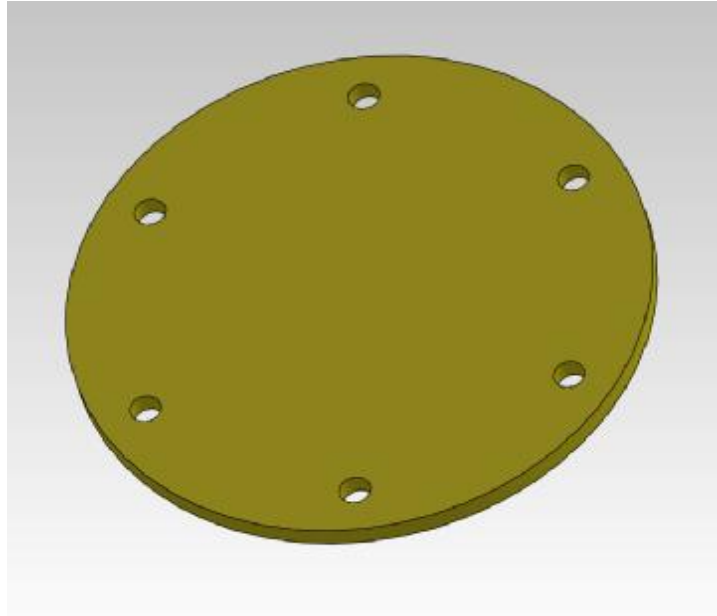


Σχήμα 2.5 : Κάτοψη πλάκας βάσης

Η πλάκα βάσης ακολουθεί τα ίδια χαρακτηριστικά τυποποίησης με τον βραχίονα, είναι δηλαδή χάλυβας ποιότητας EN 10025, ενώ το πρότυπο παραγωγής του είναι κατά EN 10060 – EN 10059 για θερμή έλαση και αντίστοιχα EN 10277 – EN 10278 για ψυχρή έλαση.

Αναλυτικά οι διαστάσεις της πλάκας βάσης:

- Διάμετρος πλάκας = 610mm
- Ύψος πλάκας = 25,4mm
- Διάμετρος οπών = 33mm

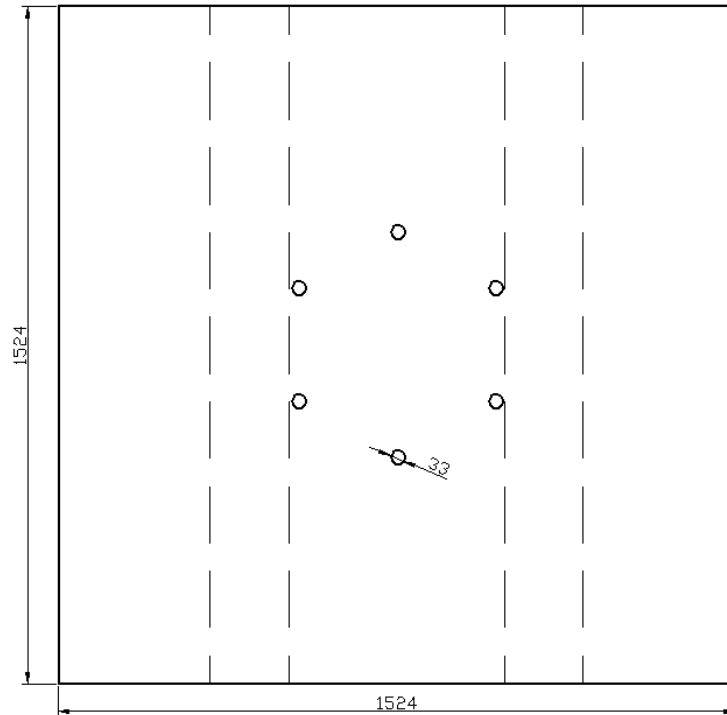


Εικόνα 2.11 : Πλάκα βάσης

2.7 ΒΑΣΗ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Εφόσον κρίθηκε απαραίτητη η αποφυγή ανοίγματος θεμελίου και η δυνατότητα μετακίνησης του γερανού από ένα σημείο σε ένα άλλο, αν φυσικά χρειαστεί, η καλύτερη δυνατή επιλογή είναι αυτή της συγκεκριμένης βάσης. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η στοιβαρότητα και η αντοχή του συνόλου της κατασκευής, παρόλο που δεν θα είναι πακτωμένη στο έδαφος, αλλά επίσης υποστηρίζεται κάθε σκέψη και επιθυμία για μια ενδεχόμενη μελλοντική μετακίνηση του γερανού σε διαφορετικό χώρο από αυτόν που αρχικά πρόκειται να τοποθετηθεί.

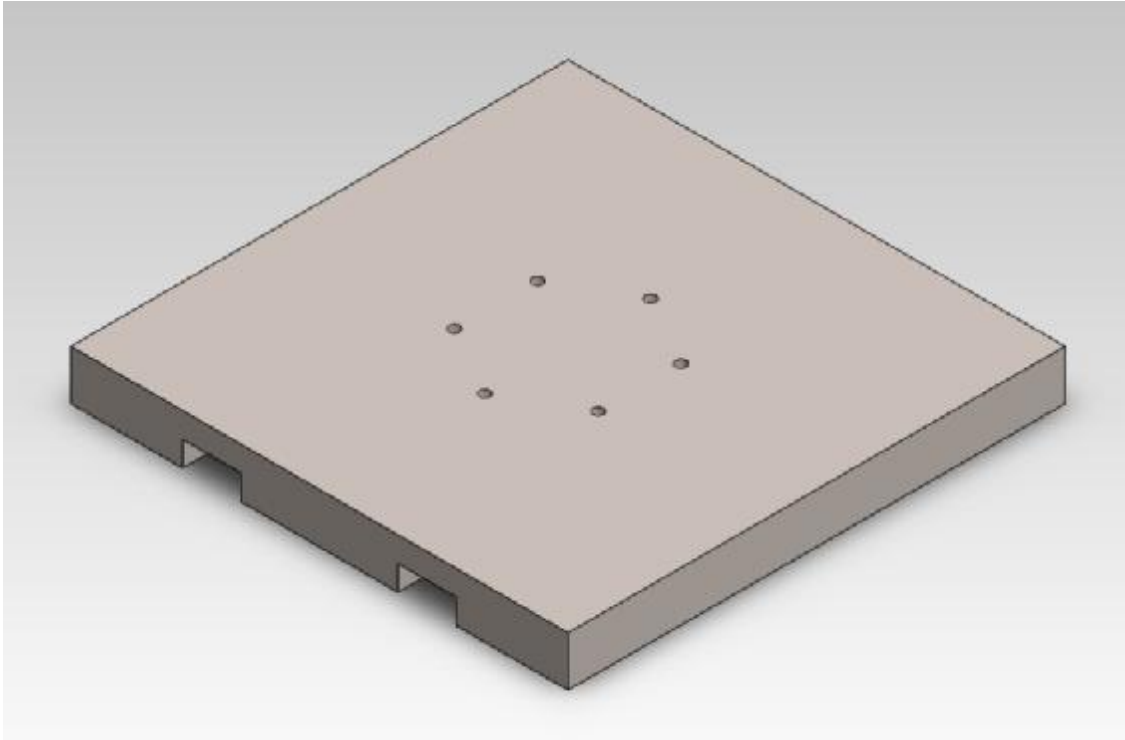
Για να γίνει αυτό πράξη έχουν σχεδιαστεί δύο παράλληλες εγκοπές στο κατώτερο μέρος σε ίση απόσταση από τα πλάγια της βάσης και έξω από πεδίο των απαραίτητων οπών, όπου θα γίνει η κοχλιοσύνδεση. Οι εγκοπές αυτές φαίνονται στην κάτωψη που ακολουθεί με τις διακεκομμένες γραμμές. Οι διαστάσεις είναι σε χιλιοστά (mm).



Σχήμα 2.6 : Κάτοψη βάσης

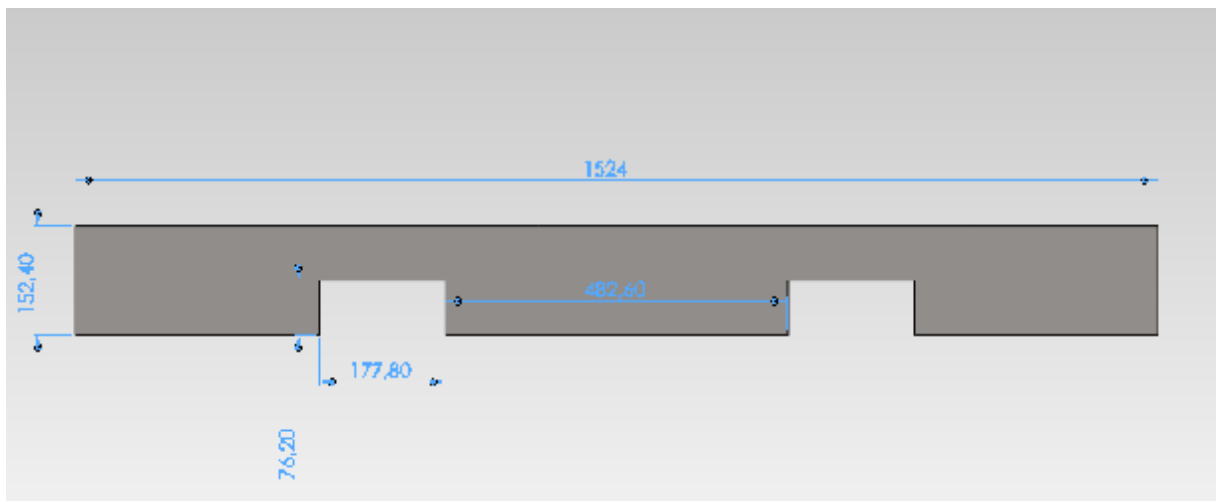
Αναλυτικά οι διαστάσεις της βάσης είναι οι παρακάτω:

- Μήκος βάσης = 1524mm
- Πλάτος βάσης = 1524mm
- Ύψος βάσης = 152,4mm
- Διάμετρος οπών = 33mm
- Απόσταση κέντρων μεταξύ των εγκοπών = 660,4mm
- Μήκος εγκοπής = 1524mm
- Πλάτος εγκοπής = 177,8mm
- Ύψος εγκοπής = 76,2mm



Εικόνα 2.12: Βάση στήριξης

Στην εικόνα 2.13 φαίνεται η πρόσοψη της βάσης που σχεδιάστηκε μαζί με τις αντίστοιχες διαστάσεις των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της. Κάτι που πρέπει επίσης να επισημανθεί είναι πως οι εγχοπές εκτός από το να αποτελούν τον τρόπο μετακίνησης της βάσης σε ένα άλλο πιθανό σημείο, αφαιρούν και υλικό για να μειωθεί το ήδη μεγάλο βάρος της.



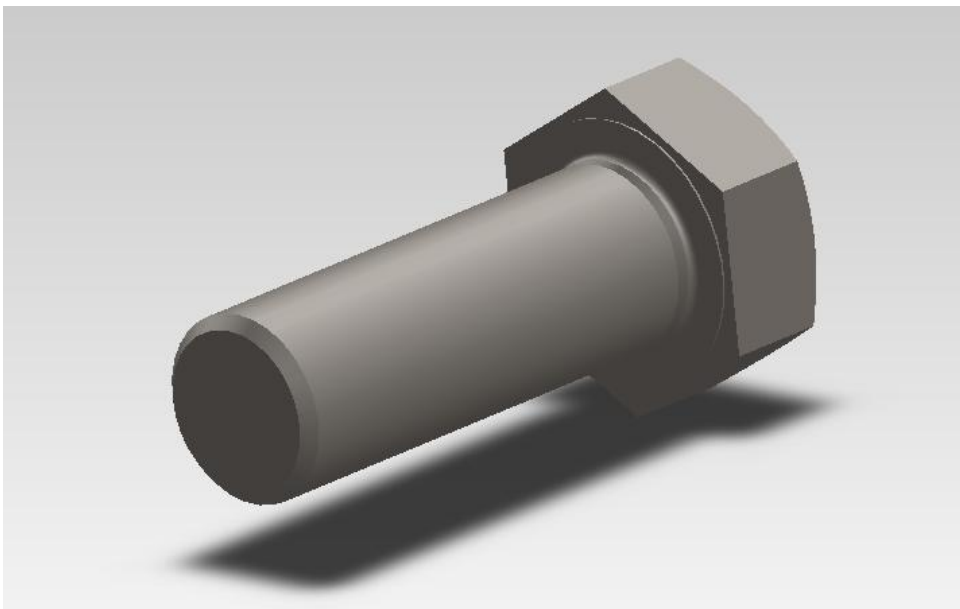
Εικόνα 2.13: Πρόσοψη βάσης

2.8 ΚΟΧΛΙΕΣ

Στην κατασκευή διακρίνονται τρία διαφορετικά σημεία που εμφανίζονται κοχλιοσυνδέσεις. Το πρώτο βρίσκεται στη σύνδεση του τμήματος κεφαλής με μια μεταλλική πλάκα, η οποία είναι πακτωμένη στο άκρο του βραχίονα και έχει σαν αποτέλεσμα την κίνηση και περιστροφή των δυο μερών σαν ένα σώμα. Το δεύτερο σημείο βρίσκεται στην απέναντι πλευρά του βραχίονα, όπου δυο ελάσματα τοποθετούνται μέσω κοχλιών στο κάθετο πέλμα του με σκοπό να αποτρέψουν τον οδηγό του ηλεκτρικού ανυψωτήρα από το να εκτραπεί. Το τρίτο και τελευταίο σημείο βρίσκεται στο κατώτερο μέρος του γερανού και συνδέει την πλάκα βάσης με την μεγαλύτερη βάση στήριξης του γερανού.

Όλοι οι περαστοί κοχλίες που εφαρμόζονται στις παραπάνω περιπτώσεις έχουν εξαγωνική κεφαλή κατά DIN EN 24017 και σχηματίζουν τριγωνικό μετρικό σπείρωμα κατά ISO – DIN 13-1, το οποίο καταλαμβάνει ολόκληρο το μήκος του κορμού του κοχλία.

Η ένωση του τμήματος κεφαλής με τον βραχίονα απαιτεί τέσσερις κοχλίες M16x45, ενώ στη σύνδεση των ελασμάτων με το άκρο του βραχίονα βρίσκονται δύο όμοιου μεγέθους κοχλίες. Περιλαμβάνονται οι ροδέλες και τα περικόχλιά τους με συμβολισμό 07300-16 και 07210-16 αντίστοιχα. Όσο αφορά την σύνδεση στη βάση του ανυψωτικού γερανού, τοποθετούνται έξι μεγαλύτεροι κοχλίες κεφαλής M30x120. Τα μέσα σύνδεσης των κοχλιώσεων βρέθηκαν έτοιμα σχεδιασμένα και συμβατά με το λογισμικό του Solidworks. Ταιριάζουν απόλυτα με τις τυποποιημένες διαστάσεις που επιλέχθηκαν στο σχέδιο του μοντέλου της εργασίας.

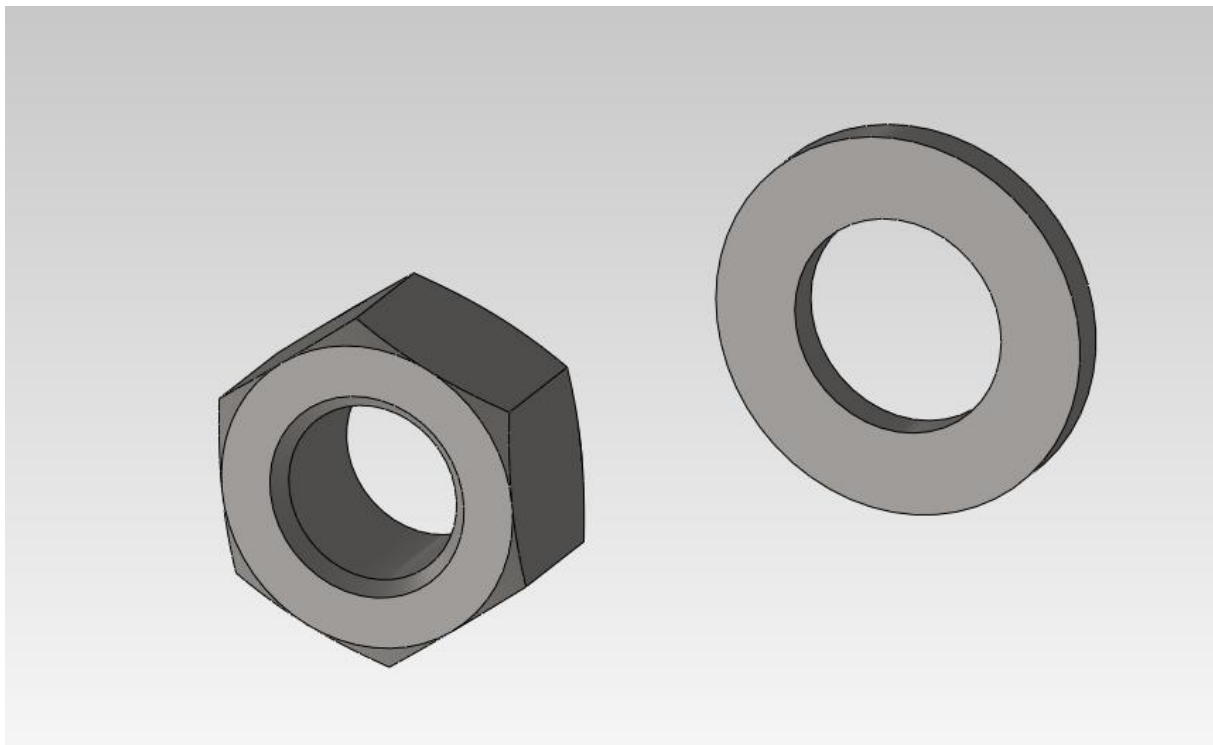


Εικόνα 2.14: Κοχλίας M16x45

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά οι διαστάσεις σε χιλιοστά (mm) για όλους τους κοχλίες, περικόχλια και ροδέλες που χρησιμοποιήθηκαν στη σχεδίαση και τη συνδεσμολογία του γερανού.

	M16x45	M30x120
Ονομαστική διάμετρος	16	30
Μήκος σπειρώματος	45	120
Ύψος κεφαλής	10	18,7
Βήμα σπειρώματος	2	3,5
Γωνία σπειρώματος	60°	60°
Εσωτερική διάμετρος σπειρώματος	13,55	25,71
Μέση διάμετρος σπειρώματος	14,70	22,7
Διάμετρος οπής	17,50	33
Ύψος περικοχλίου	13	-
Εσωτερική διάμετρος περικοχλίου	13,84	-
Ύψος ροδέλας	3	-
Εσωτερική διάμετρος ροδέλας	17	-

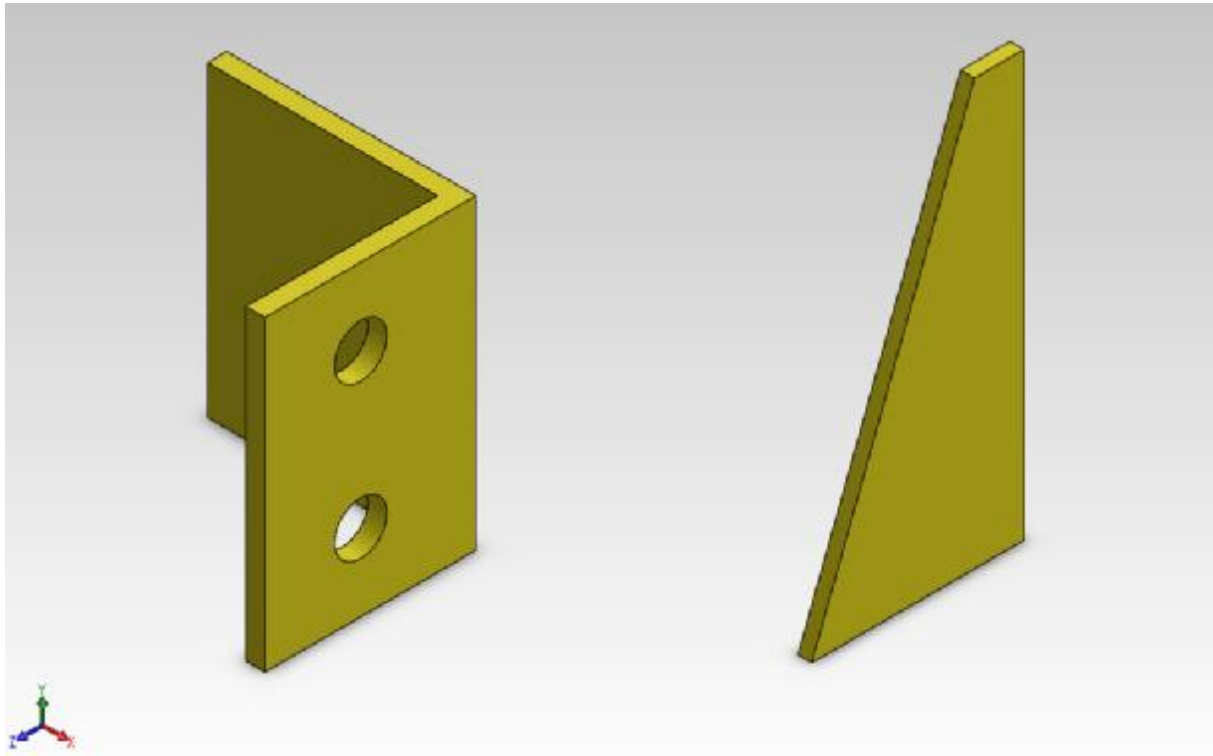
Πίνακας 2.1: Διαστάσεις κοχλίων



Εικόνα 2.15: Περικόχλιο και ροδέλα

2.9 ΑΛΛΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΜΕΡΗ

Στη σχεδίαση του ανυψωτικού γερανού περιλαμβάνονται ακόμα κάποια μεταλλικά αντικείμενα τα οποία πλαισιώνουν την κατασκευή σαν αναγκαία εξαρτήματα ή σαν αντικείμετα υποστήριξης άλλων μερών. Αυτά είναι οι δύο γωνίες που τοποθετούνται με κοχλιοσυνδέσεις στο άκρο του βραχίονα και σταματούν το φορείο με τον ανυψωτήρα από το να εκτραπεί. Τα υπόλοιπα αντικείμενα είναι τέσσερα ελάσματα που αποτελούν στηρίγματα για την βάση της κολόνας του γερανού και τοποθετούνται σε δύο ζεύγη το ένα απέναντι απο το άλλο.



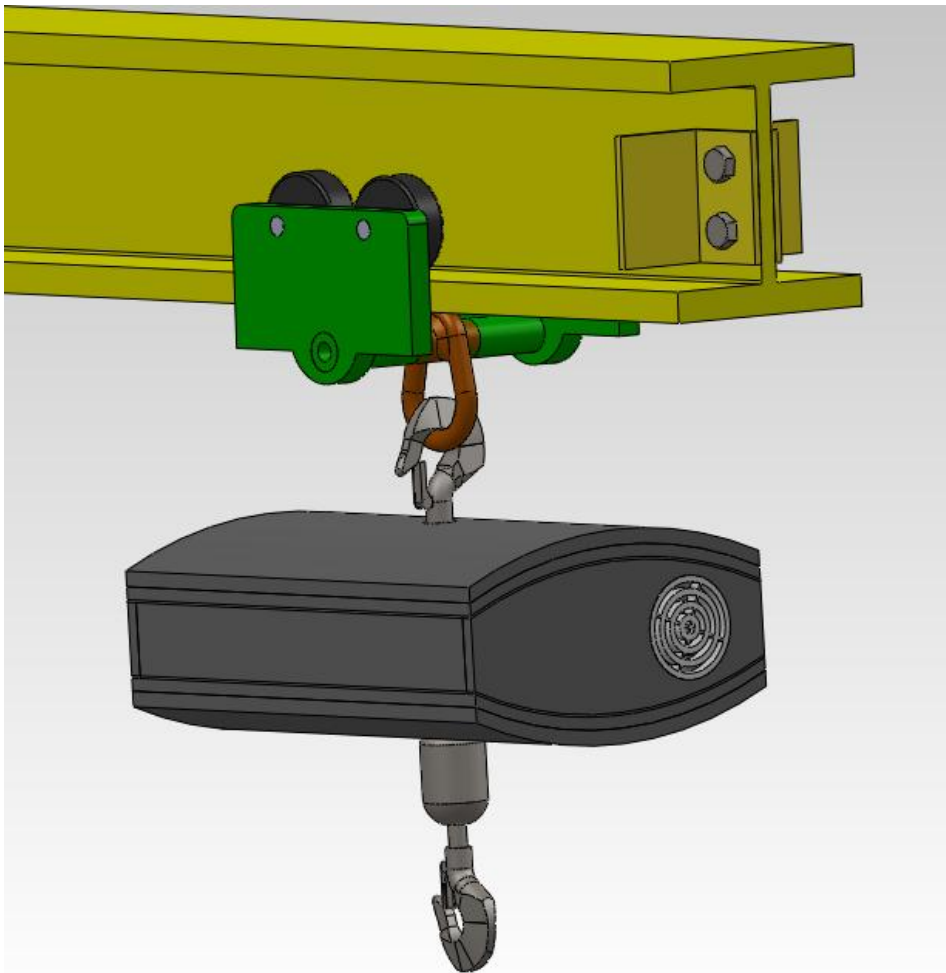
Εικόνα 2.16: Γωνία και στήριγμα

Σχετικά με την απόδοση των διαστάσεων δίνονται παρακάτω αυτές που θεωρούνται σημαντικές και απαραίτητες να είναι γνωστές. Μεγαλύτερη σημασία δίνεται στις γωνιές που αποτελούν και βασικό κομμάτι στη λειτουργία του γερανού.

- Ύψος γωνιάς = 101,6mm
- Μήκος μεγάλου πέλματος = 76,2mm
- Διάμετρος οπής = 17,5mm
- Ύψος στηρίγματος = 390,9mm
- Μήκος στηρίγματος = 195,45mm

2.10 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΑΝΥΨΩΤΗΡΑΣ

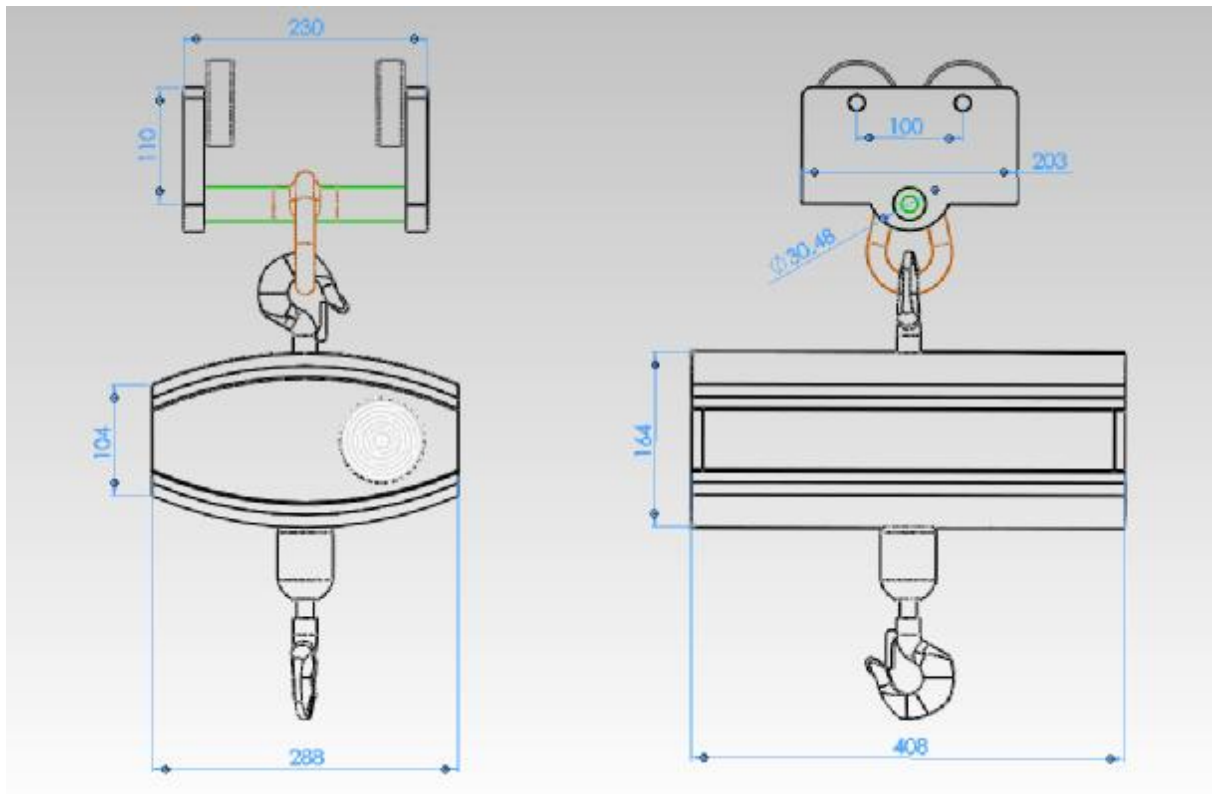
Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο μαζί με τον ηλεκτρικό ανυψωτήρα σχεδιάζονται και περιλαμβάνονται τα δυο άγκιστρα που εφαρμόζουν στο σώμα του μηχανισμού, καθώς και το σύστημα μετάδοσης κίνησης του ανυψωτήρα (φορείο) που κινείται κατά μήκος του οριζόντιου βραχίονα. Το σύστημα αυτό αποτελεί ουσιαστικά έναν οδηγό, ο οποίος μέσω του ηλεκτρικού ανυψωτήρα φέρει το φορτίο και είναι ικανό να το μετακινήσει ευθύγραμμα υπό τον χειροκίνητο έλεγχο του χειριστή. Η οριζόντια κίνηση του φορείου γίνεται απλά με την περιστροφή δυο ζευγαριών από τροχούς πάνω στο πέλμα της δοκού και εκτείνεται στην μέγιστη απόσταση των δυο μέτρων από τον άξονα του γερανού. Το φορείο αποτελείται στο κάτω μέρος από έναν μεταλλικό κρίκο, πάνω στον οποίο στερεώνεται το άγκιστρο μαζί με τον μηχανισμό του ανυψωτήρα.



Εικόνα 2.17 : Ηλεκτρικός ανυψωτήρας

Στο κομμάτι της σχεδίασης, τα δυο άγκιστρα και ο μεταλλικός κρίκος βρέθηκαν από έτοιμα, τυποποιημένα τρισδιάστατα σχέδια, με την επιλογή τους να γίνεται με βάση την αντοχή τους στην εφαρμογή φορτίου μεγέθους 500 κιλών. Η αλυσίδα του ανυψωτήρα δεν σχεδιάστηκε καθώς θεωρείται ότι βρίσκεται τυλιγμένη μέσα στο σώμα του μηχανισμού. Επίσης δεν σχεδιάστηκε αλλά είναι δεδομένη η ύπαρξη ενός χειριστηρίου συνδεδεμένο με τον μηχανισμό, το οποίο δίνει την δυνατότητα στον χειριστή να ελέγχει την ανύψωση του φορτίου.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει τις βασικές διαστάσεις του ηλεκτρικού ανυψωτήρα και του οδηγού που είναι προσαρτημένος, με σκοπό να κατανοηθεί το μέγεθος της συνολικής κατασκευής. Οι διαστάσεις είναι σε mm.



Εικόνα 2.18 : Γενικές διαστάσεις μηχανισμού ανύψωσης

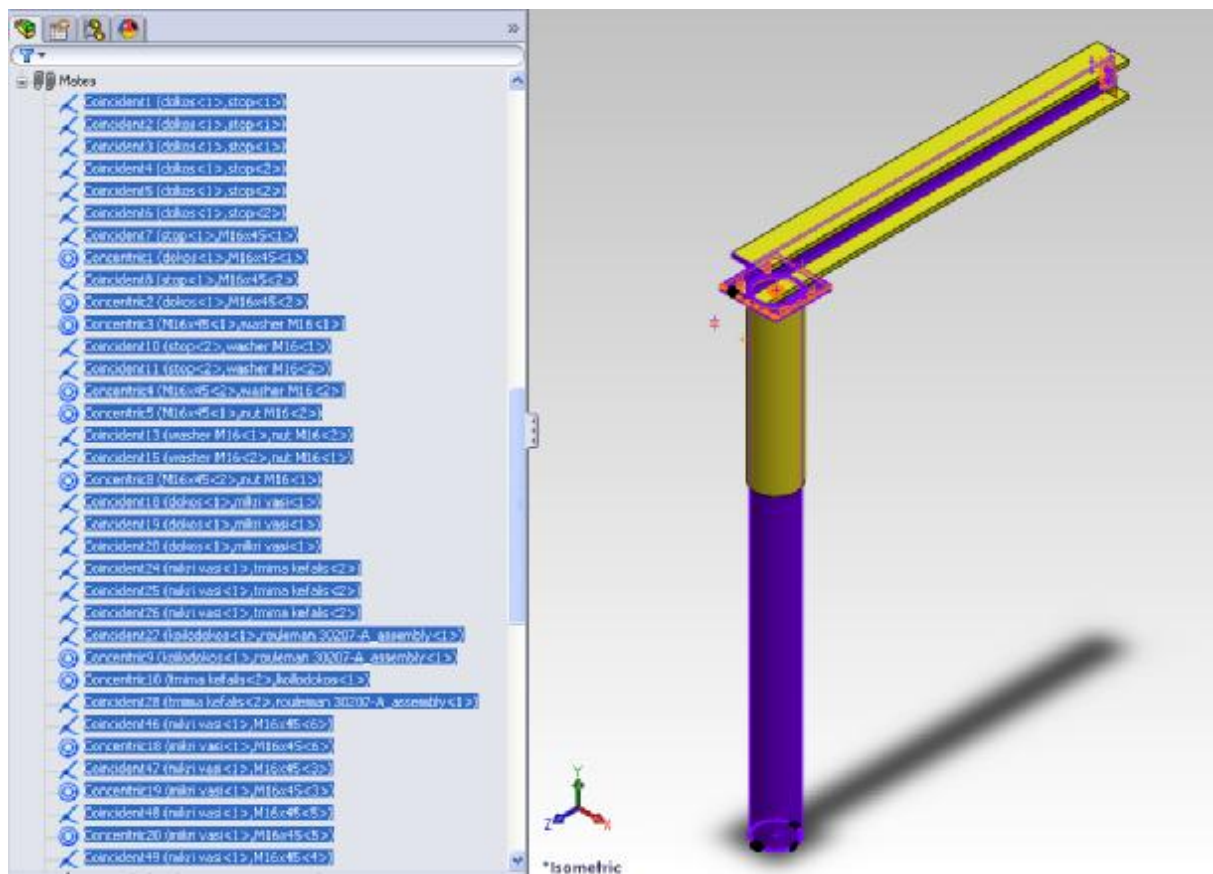
2.11 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ

2.11.1 Σύνδεση μερών βασικού κορμού

Με την επιτυχημένη ολοκλήρωση της σχεδίασης των μερών του ανυψωτικού γερανού, μπορεί να γίνει πλέον η συνδεσμολογία μεταξύ τους με σκοπό να δημιουργηθεί το τελικό μοντέλο. Η διαδικασία της συνδεσμολογίας (assembly) επιτυγχάνεται με λεγόμενα “ζευγάρια” (mates), όπου ουσιαστικά γίνεται η επιλογή συγκεκριμένων γεωμετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ δυο σχεδιασμένων αντικειμένων και πραγματοποιείται η ένωση μεταξύ τους. Η ένωση αυτή, γίνεται στα επιλεγμένα σημεία και για να επιτευχθεί εντελώς χρειάζονται συνήθως περισσότερα από ένα ζευγάρια.

Το στάδιο της συνδεσμολογίας χωρίζεται σε τρεις μεγάλες φάσεις, όπου σε κάθε μια γίνεται η σύνδεση μερικών μερών του ανυψωτικού γερανού. Το ολοκληρωμένο μοντέλο παρουσιάζεται στο τέλος της τρίτης φάσης.

Η αρχή αφορά τη σύνδεση των μερών του βασικού κορμού του ανυψωτικού γερανού, όπως η κατακόρυφη κοιλοδοκός, το τμήμα κεφαλής, το έδρανο κυλίσεως (ρουλεμάν), ο οριζόντιος βραχίονας, οι ενδιάμεσες πλάκες, οι συνδεδεμένοι κοχλίες τους και τέλος, τα ελάσματα και οι κοχλίες που τοποθετούνται στο άκρο του βραχίονα.

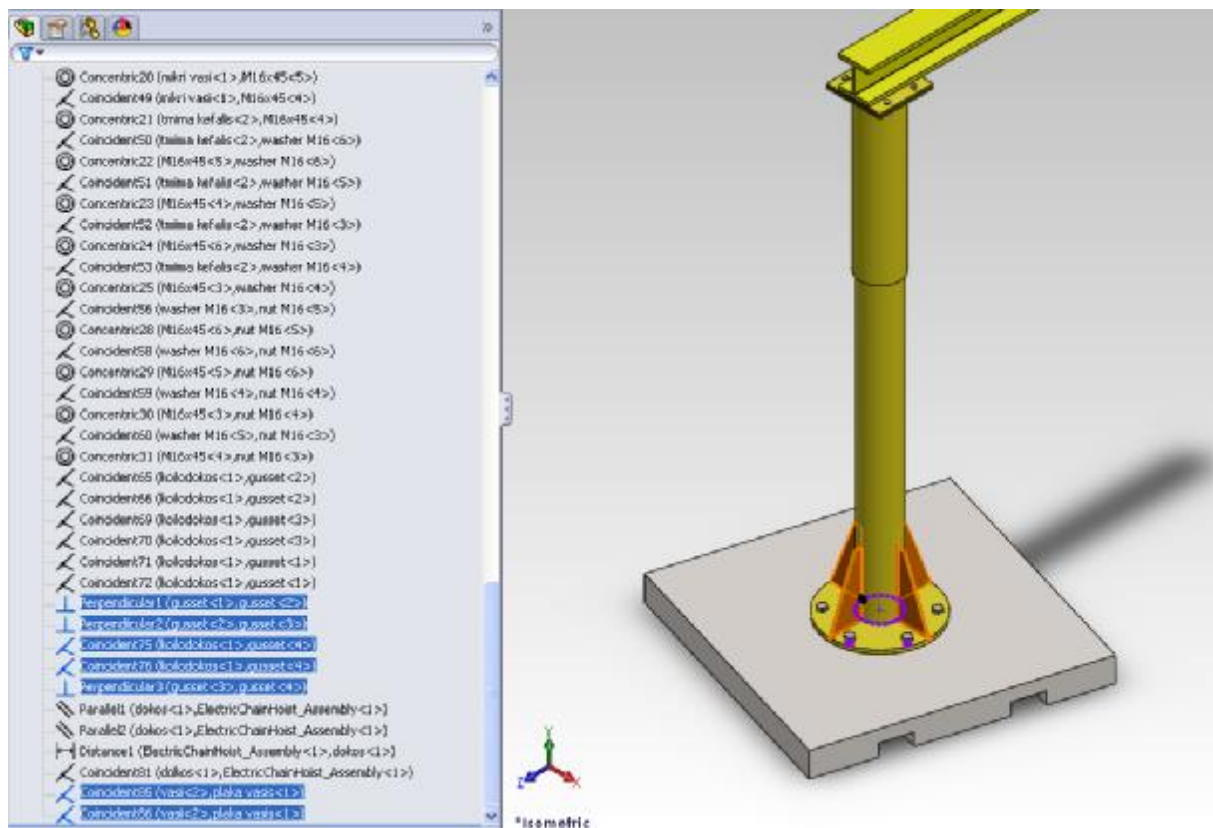


Εικόνα 2.19 : Σύνδεση μερών βασικού κορμού

Η παραπάνω εικόνα δείχνει το αποτέλεσμα της πρώτης φάσης για την συνδεσμολογία του ανυψωτικού γερανού. Οι χρωματικές αποχρώσεις υποδεικνύουν την χρήση ζευγαριών σύνδεσης πάνω στις συγκεκριμένες επιφάνειες. Τα περισσότερα από τα ζευγάρια που απαιτήθηκαν για να ολοκληρωθεί η πρώτη φάση συνδεσμολογίας για τον βασικό κορμό του ανυψωτικού γερανού φαίνονται στο αριστερό μέρος της εικόνας. Συνολικά χρειάστηκαν 58 ζευγάρια σύνδεσης για τον βασικό κορμό του ανυψωτικού γερανού, με τα περισσότερα από αυτά να εντοπίζονται στο σημείο που ενώνεται το τμήμα κεφαλής με τις ενδιάμεσες πλάκες και τον οριζόντιο βραχίονα.

2.11.2 Σύνδεση βάσης στήριξης

Με την πρώτη φάση να έχει ολοκληρωθεί επιτυχώς, το επόμενο βήμα είναι η προσθήκη της βάσης στήριξης, της πλάκας της βάσης, των έξι κοχλιών που συνδέουν τις βάσεις, καθώς και των ελασμάτων-στηριγμάτων της κατακόρυφης κοιλοδοκού. Με αυτόν τον τρόπο συμπληρώνεται το κατώτερο μέρος του γερανού, το οποίο είναι και το πιο ογκώδες. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται συναρμολογημένη η βάση στήριξης με τα σχεδιασμένα αντικείμενα που μόλις αναφέρθηκαν.

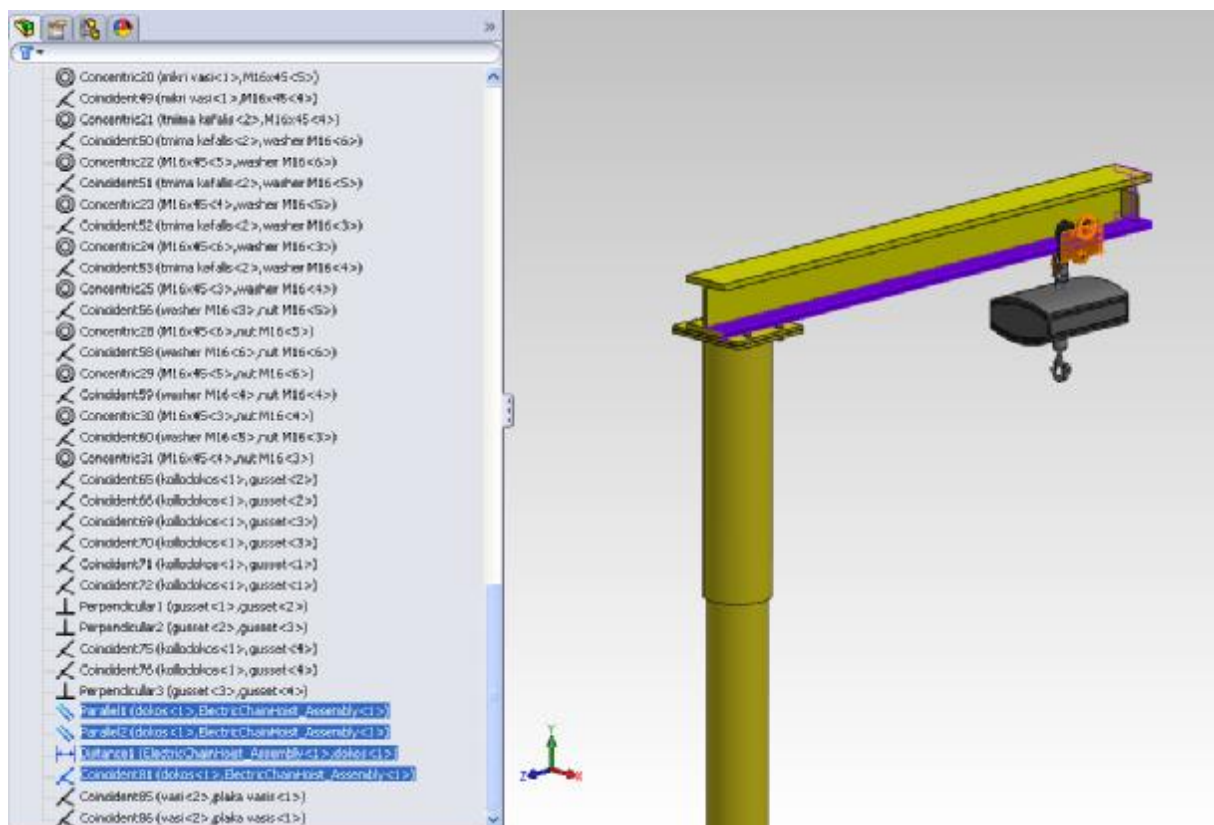


Εικόνα 2.20 : Σύνδεση βάσης στήριξης

Όπως και προηγουμένως, έτσι και σε αυτή τη φάση φαίνονται οι προσθήκες με τις κατάλληλες χρωματικές αποχρώσεις. Λεπτομέρεια δόθηκε στη συνδεσμολογία των έξι κοχλιών μιας και το πλήθος τους απαιτούσε 12 ζευγάρια ένωσης με την πλάκα βάσης. Συνολικά σε αυτή τη φάση, έγινε η εισαγωγή 19 ζευγαριών ένωσης, όπου κάποια απο αυτά απεικονίζονται για να προκύψει το αποτέλεσμα της εικόνας 2.11.

2.11.3 Σύνδεση μηχανισμού ανύψωσης

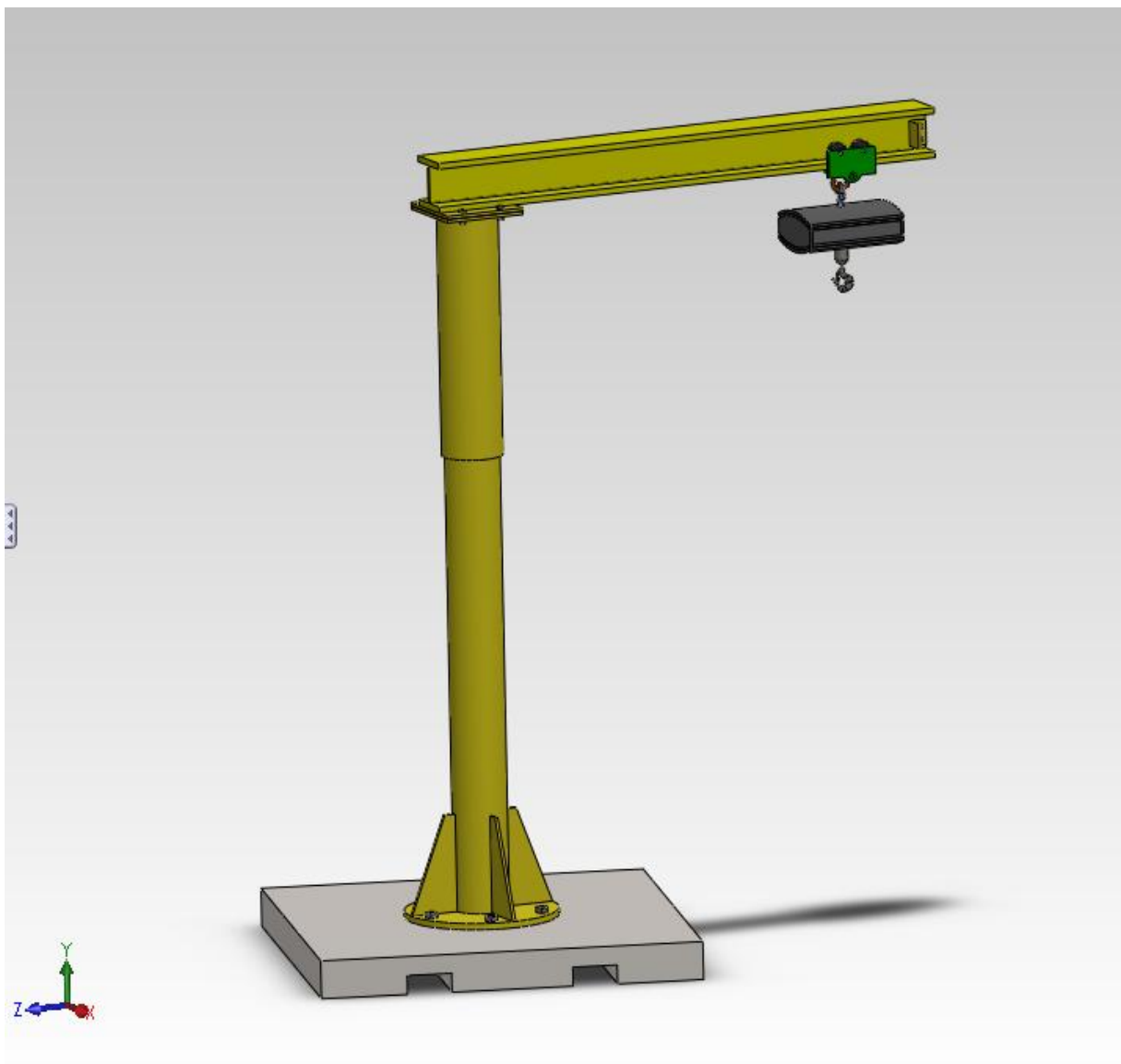
Για να ολοκληρωθεί η διαδικασία της συνδεσμολογίας του ανυψωτικού γερανού απαιτείται η τρίτη και τελευταία φάση, η οποία είναι η προσθήκη του ηλεκτρικού ανυψωτήρα. Στο κομμάτι της σχεδίασης του, έγινε ήδη μια συναρμολόγηση με το σώμα του ανυψωτήρα και το σύστημα μετάδοσης κίνησης (φορείο). Το αποτέλεσμα ήταν ένα assembly με τον μηχανισμό ανύψωσης, στο οποίο δόθηκε πολύ μεγάλη προσοχή με την εισαγωγή των ζευγαριών σύνδεσης, εφόσον αποτελείται απο πολλά κινούμενα μέρη. Όλο το “πακέτο” αυτό λοιπόν, έρχεται να προστεθεί στο υπάρχον έτοιμο μοντέλο του ανυψωτικού γερανού για να ολοκληρωθεί και η τελευταία φάση της σύνδεσης.



Εικόνα 2.21 : Σύνδεση μηχανισμού ανύψωσης

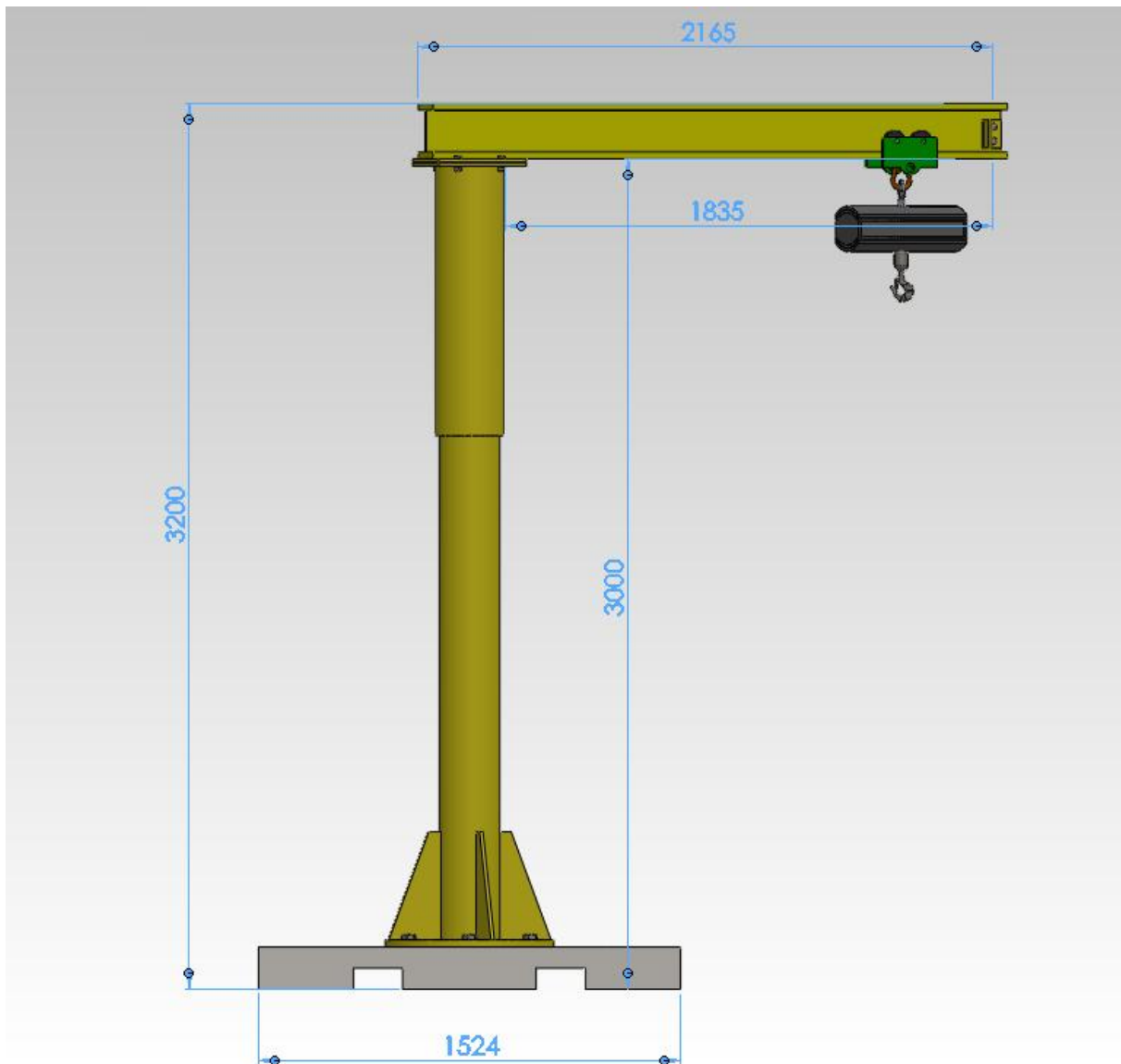
Στην εικόνα 2.21 απεικονίζεται η προσθήκη του μηχανισμού ανύψωσης στον οριζόντιο βραχίονα του ανυψωτικού γερανού. Αυτό έγινε με τη βοήθεια τεσσάρων ζευγαριών σύνδεσης μεταξύ του συστήματος μετάδοσης κίνησης και του βραχίονα, όπως φαίνεται και απο τις χρωματικές ενδείξεις στα συγκεκριμένα μέρη. Μπορεί η προσάρτηση του μηχανισμού ανύψωσης να είχε ανάγκη από μόλις τέσσερα ζευγάρια σύνδεσης, αλλά όπως προαναφέρθηκε, ο ίδιος ο μηχανισμός αυτός για να σχηματιστεί όπως πρέπει, απαιτήθηκαν πολλά περισσότερα ζευγάρια (mates).

Το αποτέλεσμα λοιπόν όλης αυτής της διαδικασίας, η οποία ξεκίνησε από το σχεδιασμό των μεμονομένων αντικειμένων και ολοκληρώθηκε με την κατάλληλη σύνδεση μεταξύ τους φαίνεται στις παρακάτω εικόνες. Το μοντέλο του ανυψωτικού γερανού που σχηματίστηκε χρειάστηκε περισσότερα απο 90 ζεύγη ενώσεων ώστε να έχει την τελική μορφή του.



Εικόνα 2.22 : Ανυψωτικός γερανός

Οι βασικές διαστάσεις του ανυψωτικού γερανού αναφέρθηκαν στην σχεδίαση των κάθε τρισδιάστατων αντικειμένων ξεχωριστά και φαίνονται συνοπτικά στην παρακάτω εικόνα, στην συνδεδεμένη πλέον κατασκευή.



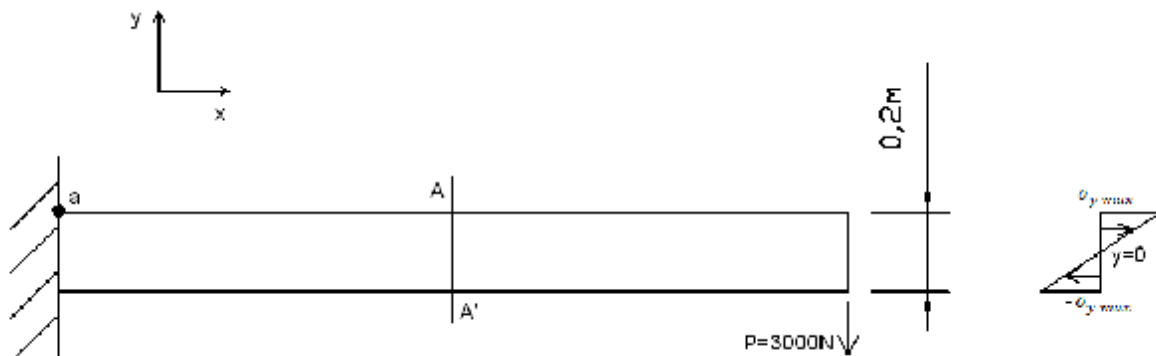
Εικόνα 2.23 : Βασικές διαστάσεις ανυψωτικού γερανού

3. ΑΝΑΛΥΣΗ

3.1 ΈΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΑΝΤΟΧΗ

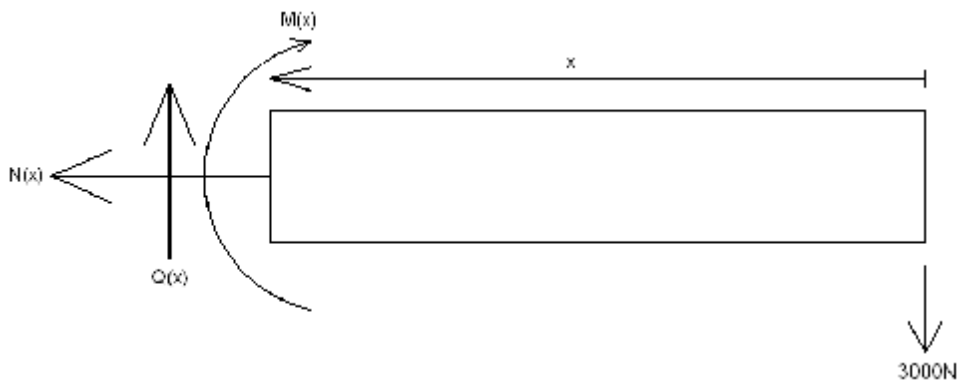
3.1.1 Υπολογισμός καταπονήσεων του βραχίονα

Προτού πραγματοποιηθεί το στάδιο της ανάλυσης μέσω του Solidworks, θα πρέπει αρχικά να γίνει ένας έλεγχος σε αντοχή της οριζόντιας δοκού, τύπου Η που βρίσκεται στο ανώτερο τμήμα του γερανού, η οποία καταπονείται σε κάμψη και διάτμηση κατά την εφαρμογή του προδιαγραφόμενου φορτίου $P=300\text{kg}$. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η οριζόντια δοκός, όπως και η τομή όπου έπειτα από αυτήν προκύψουν οι συγκεκριμένες τάσεις.



Σχήμα 3.1: Καταπόνηση οριζόντιας δοκού σε κάμψη

Η κρίσιμη διατομή βρίσκεται στην πάκτωση της δοκού και η παρακάτω τομή θα βοηθήσει στον υπολογισμό της ορθής τάσης λόγω κάμψης.



Σχήμα 3.2: Τομή A-A'

Έτσι λοιπόν, με την εφαρμογή της ισορροπίας δυνάμεων ισχύουν τα εξής:

$$(+\rightarrow) \Sigma F_x = 0 \Rightarrow N_x = 0$$

$$(+\uparrow) \Sigma F_y = 0 \Rightarrow Q_x - 3000 = 0 \Rightarrow Q_x = 3000N \quad (3.1)$$

όπου: ΣF_x = Σύνολο δυνάμεων στον άξονα x

ΣF_y = Σύνολο δυνάμεων στον άξονα y

N_x = Αξονική δύναμη

Q_x = Τέμνουσα δύναμη

Ροπές δυνάμεων, αριστερόστροφες ως θετικές:

$$\Sigma M_{A-A'} = 0 \Rightarrow M_x + 3000 \cdot x = 0 \Rightarrow M_x + 3000 \cdot 2,165m = 0$$

$$\Rightarrow M_x + 6495 = 0 \Rightarrow M_x = -6495Nm \quad (3.2)$$

όπου: $\Sigma M_{A-A'}$ = Σύνολο ροπών στην τομή A-A'

M_x = Καμπτική ροπή

Με την εισαγωγή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της δοκού γίνεται ο υπολογισμός της δευτεροβάθμιας ροπής αδρανείας I_x . Δηλώνεται η απόσταση μεταξύ των άνω και κάτω πελμάτων, το πλάτος του πέλματος, το πάχος του πέλματος, το πάχος του ενδιάμεσου πέλματος, το μήκος της δοκού και η πυκνότητα του χάλυβα. Εκτός από την δευτεροβάθμια ροπή αδρανείας βρίσκεται και μία άλλη χρήσιμη παράμετρος, η οποία είναι η επιφάνεια διατομής (A) της δοκού.

Αφού βρεθεί το I_x , εφαρμόζεται στην εξίσωση για τον υπολογισμό της τάσης λόγω κάμψης στο σημείο α, δηλαδή την πάκτωση της δοκού. Η επιφάνεια διατομής A χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της τάσης λόγω διάτμησης που καταπονεί την οριζόντια δοκό σε πολύ μικρότερο βαθμό. Τα αποτελέσματα αυτά θα βοηθήσουν στη συνέχεια για τον υπολογισμό της ισοδύναμης τάσης κατά Von Mises.

Unit System (Quick selection) Metric Inch

INPUT PARAMETERS

Parameter	Symbol	Value	Unit
Flange-flange inner face height	H	152	mm ▼
Width	B	186	
Flange thickness	h	24	
Web thickness	b	14.5	
Length	L	2165	
Density	p	7.850	kg/m ³ ▼

Calculate

OUTPUT PARAMETERS

Parameter	Symbol	Value	Unit
Cross section area	A	111.32	cm ² ▼
Mass	M	0.189	kg ▼
Second moment of area	I _{xx}	7381.041	cm ⁴ ▼
Second moment of area	I _{yy}	2577.804	

Εικόνα 3.1: Παράμετροι υπολογισμού I_z

Υπολογισμός τάσης $\sigma_{y\alpha}$ λόγω κάμψης:

$$\sigma_{y\alpha} = \frac{-M_x}{I_z} * y = \frac{6495Nm}{73,8 * 10^6 mm^4} * 0,1m \Rightarrow \sigma_{y\alpha} = 8,8MPa \quad (3.3)$$

όπου: y = απόσταση από το κέντρο διατομής έως το σημείο α

Υπολογισμός τάσης τ_{xy} λόγω διάτμησης:

$$\tau_{xy} = \frac{Q_x}{A} = \frac{3000N}{0,0112m^2} \Rightarrow \tau_{xy} = \mathbf{0,27MPa} \quad (3.4)$$

Υπολογισμός ισοδύναμης τάσης $\sigma_{\text{eq VM}}$ κατά Von Mises που προκύπτει έπειτα από απλοποίηση:

$$\sigma_{\text{eq VM}} = \sqrt{\sigma_{y,a}^2 + 3 * \tau_{xy}^2} = \sqrt{8,8^2 + 3 * 0,27^2} = \mathbf{8,81MPa} \quad (3.5)$$

Με δεδομένο στοιχείο το μέτρο ελαστικότητας του υλικού $\sigma_y = \mathbf{250MPa}$, υπολογίζεται ο προσωρινός συντελεστής ασφαλείας n_1 :

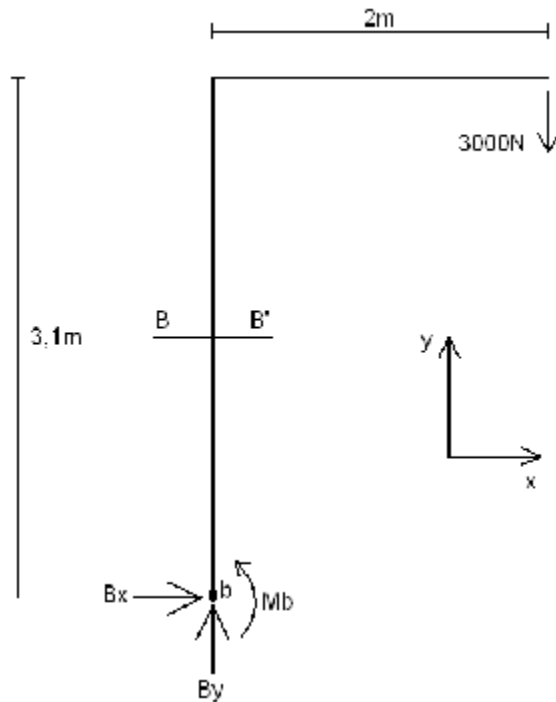
$$\sigma_{\text{eq VM}} \leq \frac{\sigma_y}{n_1} \Rightarrow \sigma_{\text{eq VM}} \leq \frac{250}{n_1} \Rightarrow n_1 = \mathbf{28,37 \approx 28} \quad (3.6)$$

Ο συντελεστής ασφαλείας δεν είναι ο τελικός συντελεστής, επειδή στους υπολογισμούς που ακολουθούν θα βρεθούν ακόμα δυο τιμές. Τελικός συντελεστής ασφαλείας εκλέγεται αυτός με την μικρότερη τιμή.

3.1.2 Υπολογισμός καταπονήσεων του κατακόρυφου τμήματος

Αντιστοίχως, ο ίδιος έλεγχος πρέπει να πραγματοποιηθεί και για το κατακόρυφο σώμα του γερανού, την κοιλοδοκό κυκλικής διατομής. Σε αυτήν την περίπτωση, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.4 οι τάσεις που ασκούνται στην διατομή αυτή είναι θλιπτικές από την πλευρά που ασκείται το φορτίο, ενώ εφελκυστικές από την αντίθετη πλευρά.

Στο διάγραμμα του σχήματος που ακολουθεί απεικονίζονται οι κεντροβαρικοί άξονες του γερανού μαζί με το εφαρμοσμένο φορτίο και τις αντιδράσεις στο σημείο στήριξης b, όπου και θα υπολογιστούν.



Σχήμα 3.3: Διάγραμμα ελευθέρου σώματος

Με την εφαρμογή της ισορροπίας δυνάμεων ισχύουν και εδώ τα εξής:

$$(+\rightarrow) \Sigma F_x = 0 \Rightarrow B_x = 0$$

$$(+\uparrow) \Sigma F_y = 0 \Rightarrow B_y - 3000 = 0 \Rightarrow B_y = 3000N \quad (3.7)$$

όπου: B_x = Αντίδραση στον άξονα x

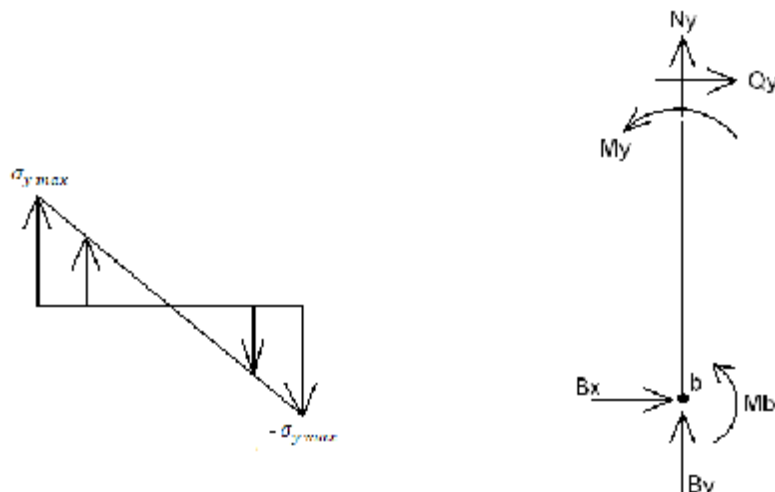
B_y = Αντίδραση στον άξονα y

Ροπές δυνάμεων, αριστερόστροφες ως θετικές:

$$\Sigma M_b = 0 \Rightarrow -M_b + 3000 * 2m = 0 \Rightarrow M_b = 6000Nm \quad (3.8)$$

όπου: ΣM_b = Σύνολο ροπών στο σημείο b

M_b = Καμπτική ροπή στο σημείο b



Σχήμα 3.4: Τομή B-B'

Με την εφαρμογή της ισορροπίας δυνάμεων στην τομή B-B' του σχήματος 3.4 προκύπτουν τα εξής:

$$(+\rightarrow) \Sigma F_x = 0 \Rightarrow B_x + Q_y = 0 \Rightarrow Q_y = 0$$

$$(+\uparrow) \Sigma F_y = 0 \Rightarrow B_y + N_y = 0 \Rightarrow 3000 + N_y = 0 \Rightarrow N_y = -3000\text{N} \quad (3.9)$$

όπου: Q_y = Τέμνουσα δύναμη

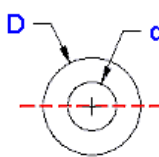
N_y = Αξονική δύναμη

Ροπές δυνάμεων, αριστερόστροφες ως θετικές:

$$\Sigma M_b = 0 \Rightarrow -M_b - M_y = 0 \Rightarrow -6000 - M_y = 0 \Rightarrow M_y = -6000\text{Nm} \quad (3.10)$$

όπου: M_y = Καμπτική ροπή

Όπως και στον πρώτο έλεγχο, με την εισαγωγή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της κοιλοδοκού γίνεται ο υπολογισμός της δευτεροβάθμιας ροπής αδρανείας I_z , όπως δείχνει και η παρακάτω εικόνα.



Engineering Section Properties Tube/Pipe Calculator

Variables

Inputs:	Metric (mm) ▾
"D" (O.D.)	= 219.1
"d" (I.D.)	= 194.1

Properties:

Moment of Inertia (Units ⁴)	= 43368453.2554
Section Modulus (Units ³)	= 395878.16755
Radius of Gyration (Units)	= 73.1777
Extreme Point (Units)	= 109.55
Area (Units ²)	= 8113.182

Calculate Reset

Εικόνα 3.2: Παράμετροι υπολογισμού I_z

Υπολογισμός τάσης $\sigma_{y b}$ λόγω κάμψης:

$$\sigma_{y b} = \frac{-M_y}{I_z} * y = \frac{6000Nm}{43,4 * 10^6 mm^4} * 0,1m \Rightarrow \sigma_{y b} = 13,8MPa \quad (3.11)$$

Υπολογισμός τάσης $\sigma_{y_{max} b}$ λόγω θλίψης:

$$\sigma_{y_{max} b} = \frac{N_y}{A} = \frac{-3000N}{0,0081m^2} \Rightarrow \sigma_{y_{max} b} = -0,37MPa \quad (3.12)$$

Οι συνολικές τάσεις σ_b που ασκούνται στο συγκεκριμένο τμήμα της δοκού είναι:

$$\sigma_b = \sigma_{y b} + \sigma_{y_{max} b} = -13,8 + (-0,37) \Rightarrow \sigma_b = -14,17MPa \quad (3.13)$$

Υπολογισμός ισοδύναμης τάσης $\sigma_{\text{ε}q \text{ VM}}$ κατά Von Mises έπειτα από απλοποίηση:

$$\sigma_{\text{ε}q \text{ VM}} = \sqrt{\sigma_b^2} = \sqrt{14,17^2} \Rightarrow \sigma_{\text{ε}q \text{ VM}} = 14,17 \text{ MPa} \quad (3.14)$$

Υπολογίζεται ο προσωρινός συντελεστής ασφαλείας n_2 :

$$\sigma_{\text{ε}q \text{ VM}} \leq \frac{\sigma_y}{n_2} \Rightarrow \sigma_{\text{ε}q \text{ VM}} \leq \frac{250}{n_2} \Rightarrow n_2 = 17,64 \approx 18 \quad (3.15)$$

3.2 ΈΛΕΓΧΟΣ ΓΙΑ ΑΝΑΤΡΟΠΗ

Ταυτόχρονα με τον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε για αντοχή των μερών του γερανού, πρέπει τώρα να μελετηθεί το μέγεθος του φορτίου που θα οδηγήσει σε μια πιθανή ανατροπή του συστήματος.

Αρχικά, με τη βοήθεια του τρισδιάστατου σχεδίου που προηγήθηκε, έγινε ο ορισμός του υλικού των μερών του γερανού και επιλέχθηκε από το Solidworks για όλα τα αναγκαία μέρη ο απλός ανθρακούχος χάλυβας. Μέσω των καταχωρημένων στο πρόγραμμα ιδιοτήτων του, προέκυψε για την κάθε μάζα ξεχωριστά το μέγεθός της, όπως εξηγείται παρακάτω και φαίνεται στην εικόνα 3.3.

$$W_1 = 259,2 \text{ kg} = 2592 \text{ N}$$

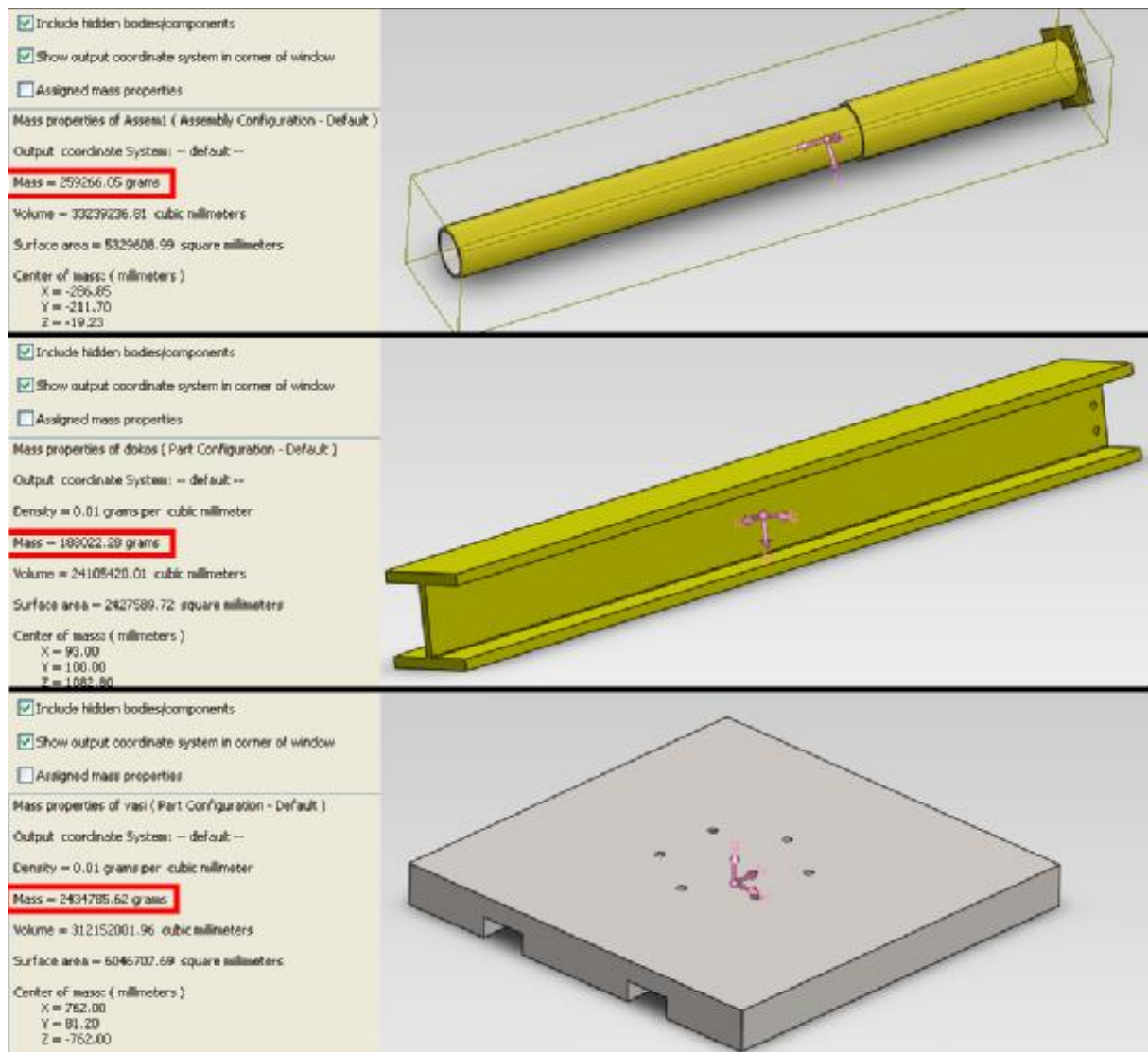
$$W_2 = 188 \text{ kg} = 1880 \text{ N}$$

$$W_b = 2435 \text{ kg} = 24350 \text{ N}$$

όπου: W_1 = Μάζα κοιλοδοκού στήριξης

W_2 = Μάζα πλατύπελμης δοκού

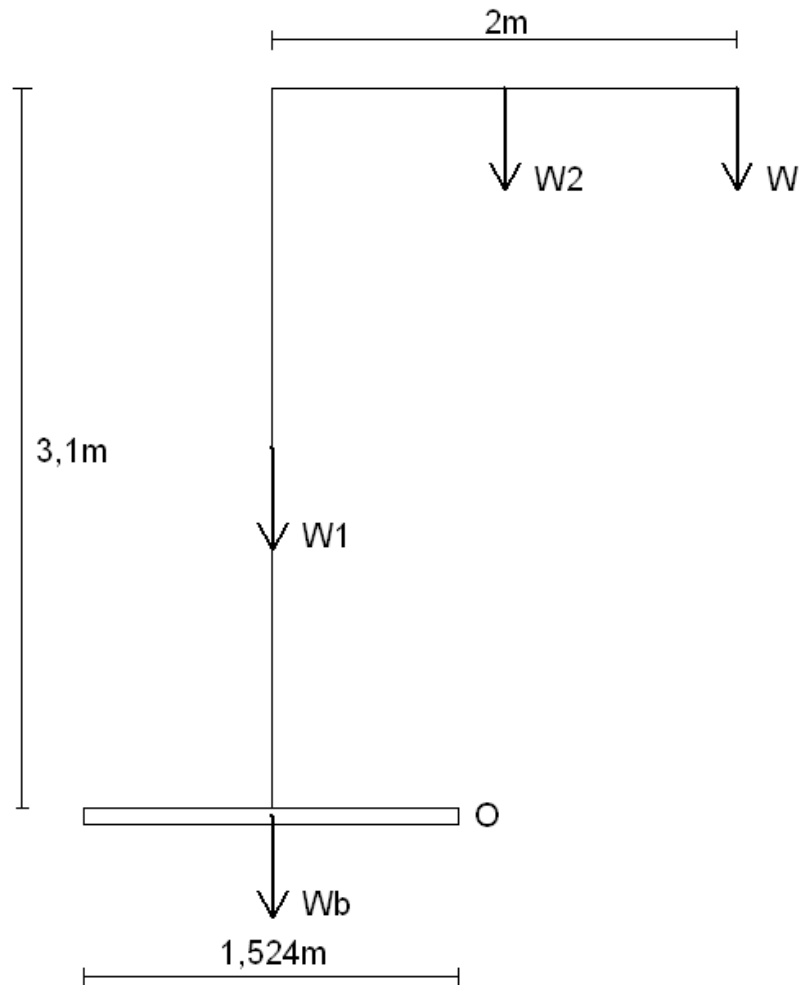
W_b = Μάζα βάσης στήριξης



Εικόνα 3.3: Ιδιότητες μαζών

Οι δυνάμεις αυτές απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα μαζί με το άγνωστο φορτίο W , το οποίο θα υπολογιστεί με τη μέθοδο της ισορροπίας δυνάμεων.

Επίσης, στο διάγραμμα του ελεύθερου σώματος απεικονίζονται οι κεντροβαρικοί άξονες του γερανού, όπως αντίστοιχα έγινε και στην προηγούμενη περίπτωση.



Σχήμα 3.5: Διάγραμμα ελεύθερου σώματος

Για να αποφύγουμε ενδεχόμενη ανατροπή με την εφαρμογή του φορτίου W , κατά την οποία η δύναμη στο αριστερό άκρο της βάσης γίνεται μηδενική, ενώ η δύναμη στο δεξί άκρο της βάσης που διέρχεται από το σημείο O προκαλεί μηδενική ροπή, θα πρέπει με ροπές δυνάμεων αριστερόστροφες ως θετικές να ισχύει ότι:

$$\Sigma M_O \leq 0 \Rightarrow -W_b \cdot 0,762 - W_1 \cdot 0,762 + W_2 \cdot 0,238 + W \cdot 1,238 \leq 0$$

$$\Rightarrow -24350 \cdot 0,762 - 2592 \cdot 0,762 + 1880 \cdot 0,238 + 1,238 \cdot W \leq 0$$

$$\Rightarrow -18554,7 - 1975,1 + 447,4 + 1,238 \cdot W \leq 0$$

$$\Rightarrow -20082,4 + 1,238 \cdot W \leq 0 \Rightarrow 1,238 \cdot W \leq 20082,4$$

$$W \leq 16221,6N \Rightarrow W \leq 1622kg \Rightarrow W_{max} = 1622kg \quad (3.17)$$

όπου: W_{max} = Μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος

Υπολογισμός προσωρινού συντελεστή ασφαλείας n_{av} :

$$n_{av} = \frac{W_{max}}{W} = \frac{1622}{300} \Rightarrow n_{av} = 5,41 \approx 5 \quad (3.18)$$

Με βάση τους συντελεστές ασφαλείας που υπολογίστηκαν παραπάνω, οι οποίοι είναι $n_1 = 28$, $n_2 = 18$ και $n_{av} = 5$, προκύπτει ο τελικός συντελεστής ασφαλείας της κατασκευής:

$$n = 5$$

3.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΥΠΟ ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

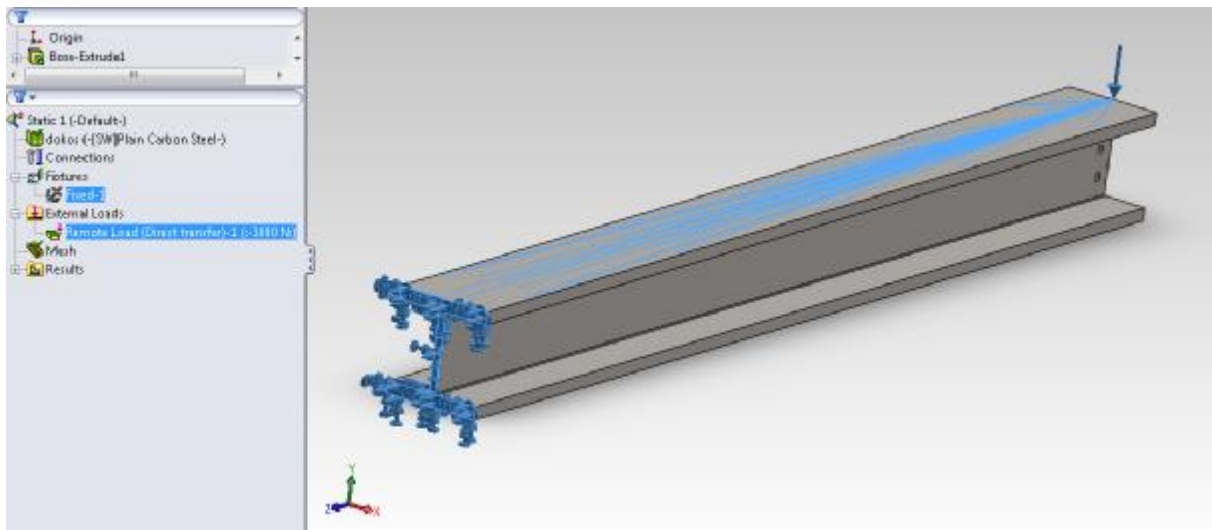
Η πρώτη μελέτη που πραγματοποιείται μέσω του λογισμικού Solidworks στο κομμάτι της προσομοίωσης και συμπεριφοράς του γερανού αφορά το τμήμα της οριζόντιας δοκού. Αφού δοθούν στον βραχίονα τα κατάλληλα δεδομένα, που θα εξηγηθούν παρακάτω, αναλύεται υπό φόρτιση και παρουσιάζει τα αντίστοιχα αποτελέσματα. Αυτά συγκρίνονται με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τον υπολογισμό καταπονήσεων στον βραχίονα και φαίνονται στο κεφάλαιο 3.1.1.

Εισαγωγή δεδομένων

- Υλικό αντικειμένου: Είναι αναγκαίο και πολύ βασικό να δοθεί το υλικό κατασκευής στο μοντέλο που αναλύουμε. Μέσα από μια μεγάλη λίστα επιλογών του λογισμικού επιλέχθηκε ο *απλός ανθρακούχος χάλυβας*. Από τις ιδιότητές του πρέπει να αναφερθεί η πυκνότητα του, η οποία προκύπτει 7800kg/m^3 .
- Μορφή στερέωσης: Στο δεύτερο βήμα γίνεται η εισαγωγή των τρόπων στήριξης του μοντέλου. Το λογισμικό πρέπει να καταλάβει πως στηρίζεται το αντικείμενο για να γίνει σωστά η προσομοίωση. Στην περίπτωση της οριζόντιας δοκού ορίζεται μια *πάκτωση* από τη μια πλευρά της σαν σταθερή γεωμετρία και συμβολίζεται με πολλά μικρά βέλη συνωστισμένα πάνω στην επιφάνεια της δοκού.
- Εξωτερικά φορτία: Αφού οριστούν όλες οι μορφές στήριξης του μοντέλου, μπορούν να οριστούν πλέον τα εξωτερικά φορτία που βρίσκουν εφαρμογή και αλληλεπιδρούν μαζί του. Έχει μεγάλη σημασία η σωστή τοποθέτηση τους στο σχέδιο, ώστε να γίνει επίσης σωστά η προσομοίωση των καταπονήσεων και να εξαχθούν τα ακριβή αποτελέσματα.

Στην περίπτωση που μας απασχολεί, γίνεται η εφαρμογή εξωτερικής δύναμης για μια ακραία κατάσταση. Τοποθετείται δηλαδή, ένα φορτίο ίσο με 3000N ή 300kg, δηλαδή ίσο με το απαιτούμενο και μέγιστο φορτίο προς ανύψωση. Η εφαρμογή του γίνεται με τη βοήθεια συντεταγμένων στο άκρο της δοκού, ώστε το αποτέλεσμα που θα προκύψει να προσδιορίζει επακριβώς τις μέγιστες τάσεις που θα αναπτυχθούν στην πραγματικότητα πάνω στη δοκό, κατάσταση η οποία είναι ζητούμενο σε κάθε φάση της ανάλυσης του ανυψωτικού γερανού.

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται η οριζόντια δοκός αφού έχουν εισαχθεί τα απαραίτητα δεδομένα για να ξεκινήσει η διαδικασία της προσομοίωσης.



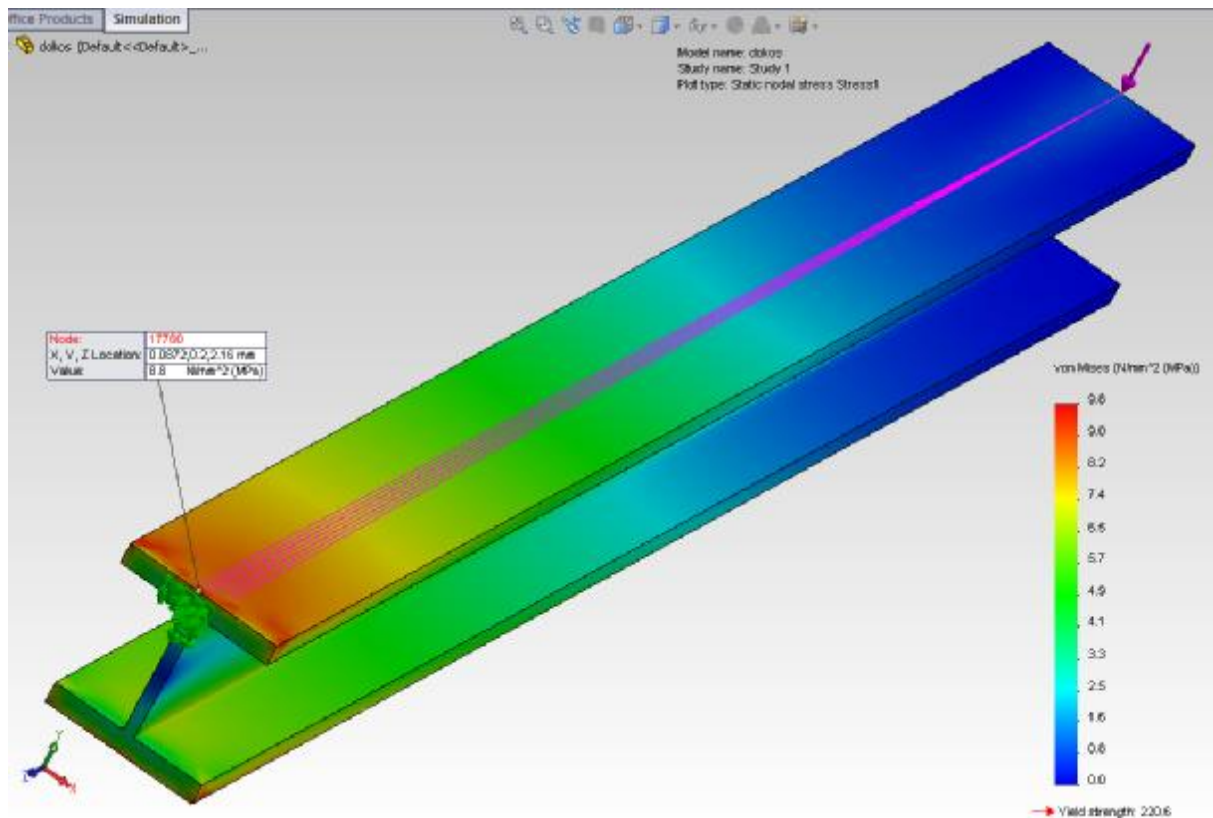
Εικόνα 3.4: Οριζόντια δοκός προς ανάλυση

Αποτελέσματα

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της ανάλυσης, παρουσιάζεται το χρωματικό μοντέλο του βραχίονα μαζί με την κλίμακα της ισοδύναμης τάσης κατά Von Mises. Η χρωματική αναπαράσταση δείχνει ξεκάθαρα τα μέρη όπου ο οριζόντιος βραχίονας δέχεται μηδενικές, ελάχιστες, μεσαίες και υψηλές τάσεις.

Σύμφωνα με αυτήν την χρωματική αναπαράσταση, η οποία εκφράζεται από μεγέθη τάσεων, οι κόκκινες περιοχές δείχνουν και τις μεγαλύτερες καταπονήσεις. Αυτές εντοπίζονται στην πάκτωση της δοκού, εκεί ουσιαστικά που “πονάει” το αντικείμενο μας, χαρακτηρίζονται από *εφελκυστικές τάσεις* στο άνω μέρος της δοκού και αντίστοιχα από *θλιπτικές τάσεις* στο κάτω μέρος της.

Με την δυνατότητα μέτρησης σε επιθυμητά σημεία πάνω στο τρισδιάστατο σχέδιο που παρέχεται από το λογισμικό του Solidworks, βρέθηκε ότι η μέγιστη τιμή της τάσης από την καταπόνηση που ασκείται στο σημείο της εικονικής πάκτωσης είναι ισοδύναμο με αυτό που προέκυψε σαν αποτέλεσμα κατά την φάση του υπολογισμού καταπονήσεων του βραχίονα που πραγματοποιήθηκε στο κεφάλαιο 3.1.1.

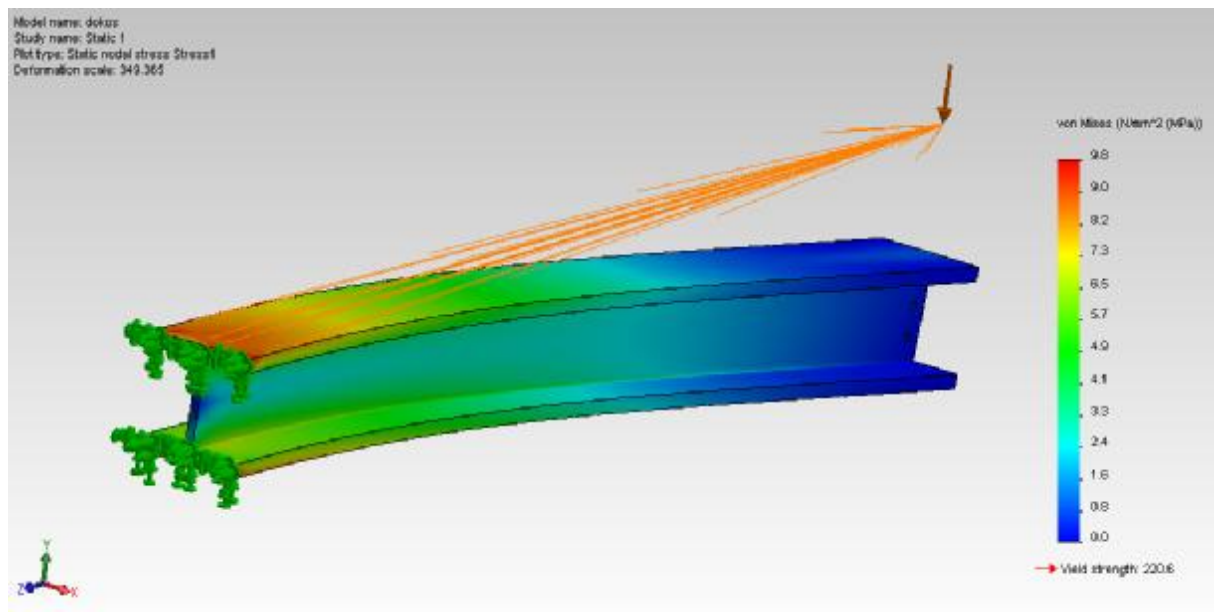


Εικόνα 3.5: Αποτέλεσμα στατικής μελέτης της δοκού

Πιο συγκεκριμένα, από τους ανωτέρω υπολογισμούς η τάση λόγω κάμψης στο κρίσιμο σημείο της πάκτωσης βρέθηκε να είναι ίση με **8,8 MPa**. Η παραπάνω ανάλυση ουσιαστικά επαληθεύεται από τον υπολογισμό αυτό, αφού η μέτρηση στο αντίστοιχο σημείο του τρισδιάστατου σχεδίου, η οποία φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα, δείχνει το ίδιο μέγεθος και επιβεβαιώνει την ορθότητα της διαδικασίας κατά την ανάλυση της οριζόντιας δοκού του γερανού.

Απο τις επιπλέον πληροφορίες που μπορούμε να πάρουμε απο το παραπάνω στάδιο της ανάλυσης, είναι πως το όριο διαρροής του υλικού που εξετάζουμε είναι ισοδύναμο με 220,6 MPa. Αυτό σημαίνει ότι εφόσον οι καταπονήσεις περιορίζονται μέχρι και αυτό το όριο, όπως προέκυψε και από το αποτέλεσμα, τότε μιλάμε ξεκάθαρα για ελαστικές παραμορφώσεις στην οριζόντια δοκό. Αν όμως, προέκυπτε αποτέλεσμα μεγαλύτερο ή ακόμα και ίσο με το όριο διαρροής, τότε θα υπήρχαν πλαστικές και μόνιμες παραμορφώσεις στην δοκό με ανεπιθύμητες συνέπειες.

Είναι ορατή η διαφορά στα μεγέθη της τάσης λόγω κάμψης και στο όριο διαρροής κυρίως λόγω της μικρής σχετικά εξωτερικής δύναμης που εφαρμόζεται στην άκρη της δοκού, με αποτέλεσμα αυτή η μέγιστη τάση λόγω κάμψης που ισούται με 8,8 MPa να μην επηρεάζει σε καμία περίπτωση την αντοχή του χάλυβα που είναι φτιαγμένη η οριζόντια δοκός.



Εικόνα 3.6: Αποτέλεσμα παραμόρφωσης οριζόντιας δοκού

Μια ακόμη δυνατότητα που προσφέρει η προσομοίωση του Solidworks είναι η εμφάνιση του αποτελέσματος της ανάλυσης υπό παραμορφώσιμη μορφή. Με την ενεργοποίηση της επιλογής αυτής παρουσιάζεται το αντικείμενο παραμορφωμένο από την επίδραση της δύναμης που εφαρμόστηκε υπό κάποια κλίμακα παραμόρφωσης. Η κλίμακα παραμόρφωσης είναι ο λόγος της παραμόρφωσης που απεικονίζεται προς την πραγματική παραμόρφωση. Είναι ουσιαστικά ένας παράγοντας υπερβολής, εμφανίζει δηλαδή ένα αποτέλεσμα ακραίας κατάστασης σε τέτοιο βαθμό, που το κάνει να φαίνεται ακόμα και σαν ζελέ, με σκοπό να δείξει το μοντέλο παραμορφωμένο, εξαρτώμενο πάντα από την εφαρμογή της δύναμης. Για σκληρά υλικά κατασκευής προκύπτουν υψηλότεροι βαθμοί στην κλίμακα παραμόρφωσης, ενώ αντίθετα για μαλακότερα υλικά, τα αντίστοιχα μεγέθη είναι σαφώς μικρότερα.

Στην περίπτωση μας, για να προκύψει το αποτέλεσμα που φαίνεται στην παραπάνω εικόνα (εικ. 3.6), θα πρέπει το μοντέλο να καταπονηθεί σε κάμψη σύμφωνα με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, κατά 349 φορές περίπου παραπάνω από το κανονικό.

Το μέγεθος αυτό από την κλίμακα παραμόρφωσης δείχνει να είναι αρκετά μεγάλο για το σχέδιο αλλά και την κατασκευή του βραχίονα του ανυψωτικού γερανού, αλλά αν κρίνουμε από την μικρή δύναμη που ζητήθηκε να εφαρμοστεί, τότε δικαιολογείται και είναι αναμενόμενο.

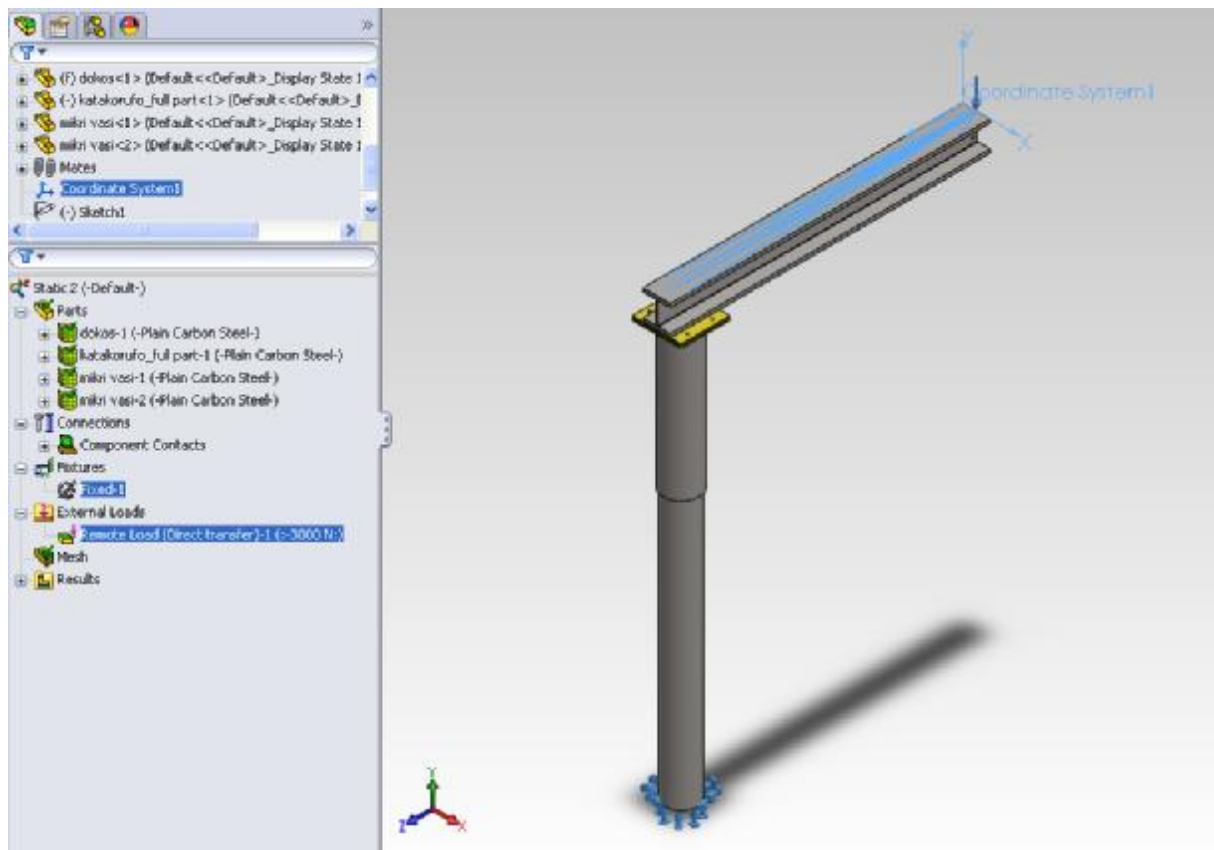
3.4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟ ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Η δεύτερη μελέτη που γίνεται μέσω της προσομοίωσης του λογισμικού του Solidworks αφορά τον βασικό κορμό κατασκευής του ανυψωτικού γερανού. Αποτελείται από δυο κύρια μέρη, την κατακόρυφη κοιλοδοκό, τον οριζόντιο βραχίονα, καθώς και τις συνδετικές πλάκες, οι οποίες δεν επηρεάζουν πουθενά το στάδιο της προσομοίωσης.

Σκοπός της ανάλυσης και σε αυτό το μέρος είναι η χρωματική αναπαράσταση με τις καταπονήσεις στο μοντέλο του βασικού κορμού του γερανού, τα μεγέθη των τάσεων που επιδρούν πάνω του, καθώς και το παραμορφωμένο αποτέλεσμα του. Επίσης γίνεται η σύγκριση με τον υπολογισμό της τάσης λόγω κάμψης στο αντίστοιχο κομμάτι του γερανού από το κεφάλαιο 3.1.2.

Εισαγωγή δεδομένων

- Υλικό αντικείμενου: Επιλέγεται ίδιο υλικό κατασκευής με την περίπτωση της οριζόντιας δοκού. Δηλώνεται λοιπόν απλώς ανθρακούχος χάλυβας. Επισημαίνεται και πάλι η πυκνότητα του χάλυβα, η οποία είναι 7800kg/m^3 .
- Μορφή στερέωσης: Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, η οριζόντια δοκός αποτελεί ένα σώμα πλέον μαζί με την κατακόρυφη κοιλοδοκό και δεν χρειάζεται να δηλωθεί κάποια μορφή στερέωσης ανάμεσά τους. Το σημαντικό που οφείλει να δοθεί σαν δεδομένο σε αυτό το κομμάτι είναι η μορφή στήριξης ολόκληρου του συστήματος. Έτσι λοιπόν, επιλέγεται σαν μορφή στερέωσης μια *πάκτωση* στο κάτω μέρος της κολόνας, στο σημείο που βρίσκεται η πλάκα της βάσης στήριξης. Η πάκτωση αυτή διακρίνεται εικονικά από τα βελάκια γύρω από την περίμετρο της κολόνας. Ο βασικός κορμός δεν χρειάζεται κάποια περαιτέρω μορφή στερέωσης, ούτε κάποιο άλλο κομμάτι-μοντέλο του γερανού αφού η πάκτωση που καταχωρήθηκε είναι επαρκής και δείχνει πλήρως την κατάσταση ισορροπίας του.
- Εξωτερικά φορτία: Μετά την εισαγωγή της μορφής στερέωσης του μοντέλου γίνεται και πάλι η εφαρμογή των εξωτερικών δυνάμεων. Όπως και στην περίπτωση της οριζόντιας δοκού, έτσι και εδώ τοποθετείται μια εξωτερική δύναμη ίση με 3000N ή 300kg . Το μέγεθος της δύναμης αυτής είναι το μέγιστο που ζητήθηκε για τα προς ανύψωση φορτία. Λόγω του ότι το μοντέλο είναι μεγαλύτερο και ελαφρώς πολυπλοκότερο από την προηγούμενη περίπτωση της οριζόντιας δοκού, η εφαρμογή της δύναμης αυτής γίνεται με τη βοήθεια ενός νέου συστήματος συντεταγμένων. Η εισαγωγή του πραγματοποιείται σε ένα σημείο σε μια άκρη της δοκού, ώστε μετά πολύ εύκολα η δύναμη να οριστεί στο σημείο που πρέπει, εφόσον γνωρίζουμε τις διαστάσεις της δοκού. Η εικόνα με τα απαραίτητα δεδομένα που ακολουθεί δείχνει και το σύστημα συντεταγμένων που μόλις αναφέρθηκε.

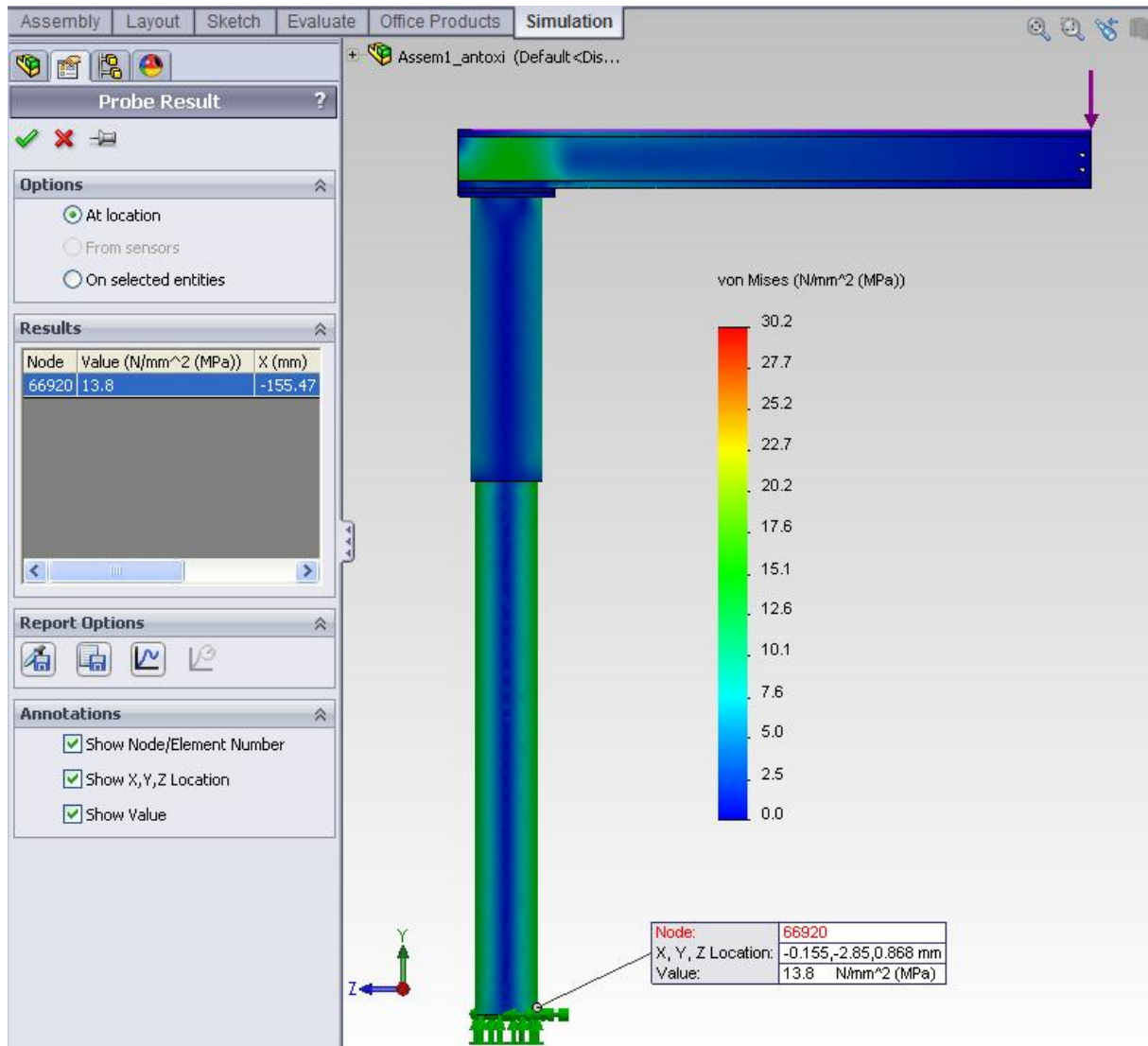


Εικόνα 3.7: Βασικός κορμός προς ανάλυση

Αποτελέσματα

Μετά την δεύτερη ολοκλήρωση της ανάλυσης αυτής από το λογισμικό παρουσιάζονται και πάλι τα αποτελέσματα της με την ίδια μορφή, δηλαδή με το χρωματικό μοντέλο του βασικού κορμού. Η χρωματική αναπαράσταση συνοδεύεται και πάλι από την κλίμακα με την ισοδύναμη τάση κατά Von Mises. Το αποτέλεσμα της ανάλυσης υπό στατική μελέτη του βασικού κορμού παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.

Είναι εμφανές από την χρωματική αναπαράσταση η έλλειψη υψηλών τάσεων πάνω στο μοντέλο της ανάλυσης λόγω της εφαρμογής μικρού εξωτερικού φορτίου, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως. Οι χαμηλές τάσεις που εμφανίζονται σε συγκεκριμένα σημεία στον κορμό και στον βραχίονα του μοντέλου αυτού είναι κατανεμημένες στις πλευρές ως θλιπτικές από την πλευρά εφαρμογής του φορτίου και εφελκυστικές από την αντίθετη πλευρά. Στα υπόλοιπα μέρη δεν παρουσιάζονται σημάδια καταπόνησης και υπάρχουν ασήμαντες ή ακόμα και μηδενικές τάσεις. Το μπλε χρώμα στον βασικό κορμό του γερανού αποδεικνύει τα παραπάνω.



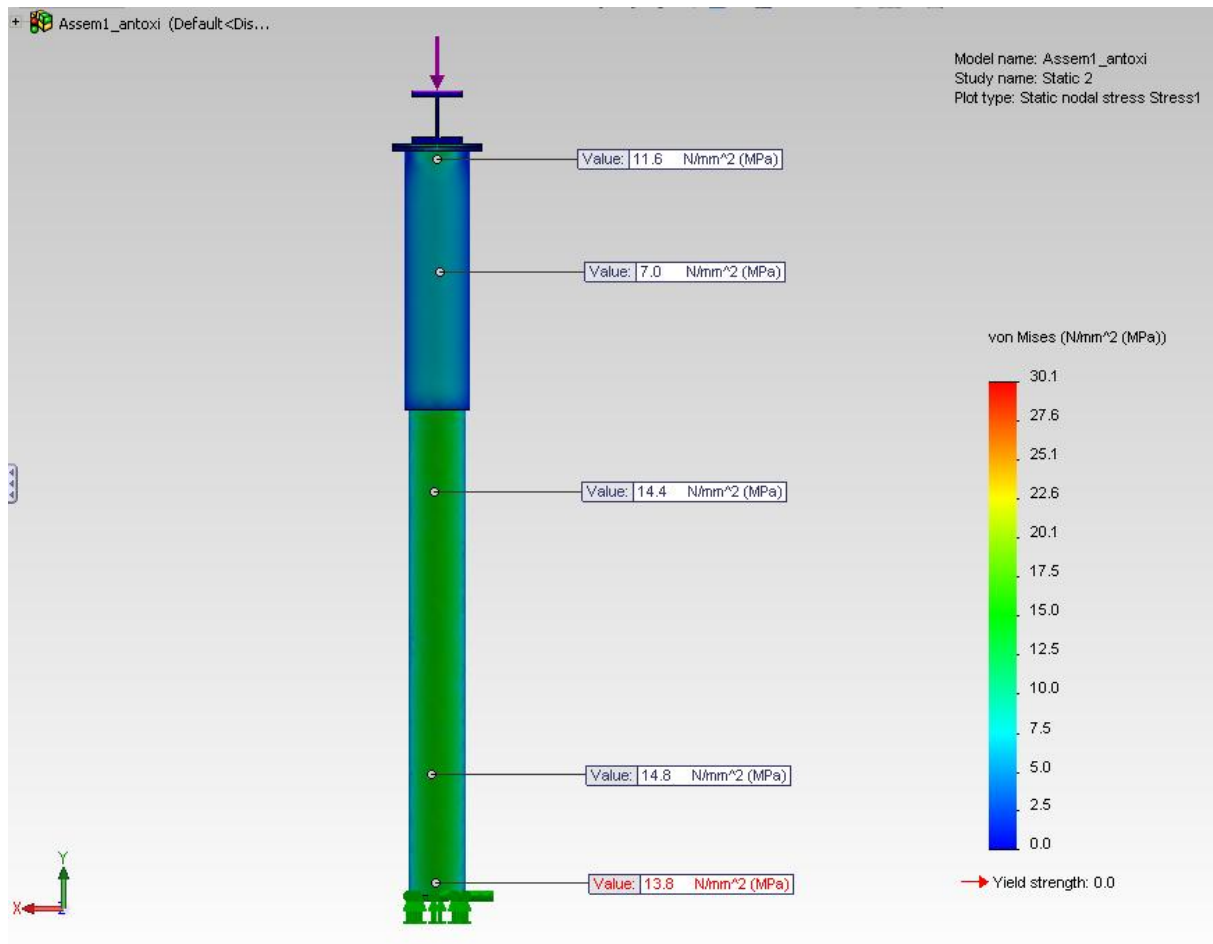
Εικόνα 3.8: Αποτέλεσμα στατικής μελέτης του βασικού κορμού

Με την δυνατότητα μέτρησης της τάσης σε οποιοδήποτε σημείο πάνω στο μοντέλο της ανάλυσης, πάρθηκε το αποτέλεσμα που φαίνεται στην παραπάνω εικόνα. Συγκεκριμένα, έγινε μέτρηση στο κατώτερο σημείο της κοιλοδοκού, στην πλευρά της εφαρμοσμένης εξωτερικής δύναμης, εκεί δηλαδή που παρουσιάζονται οι τάσεις με πράσινο χρώμα. Το αποτέλεσμα του μεγέθους αυτού είναι ίσο με **13,8 MPa** και είναι η μέγιστη τιμή της καμπτικής τάσης στο σημείο της πάκτωσης, το οποίο είναι και το κρίσιμο σημείο.

Αν ανατρέξουμε πίσω στο κεφάλαιο 3.1.2, το οποίο αφορά τον υπολογισμό καταπονήσεων του κατακόρυφου τμήματος του γερανού, ή αλλιώς του αντίστοιχου μέλους του γερανού, θα δούμε ότι η καμπτική τάση των 13,8 MPa επαληθεύεται. Δηλαδή, το αποτέλεσμα του υπολογισμού της τάσης λόγω κάμψης στο σημείο b, άρα στο σημείο της πάκτωσης, είναι και αυτό ίσο με 13,8 MPa.

Η κλίμακα με τις ισοδύναμες τάσεις κατά Von Mises που συνοδεύει το αποτέλεσμα με το μοντέλο της ανάλυσης κατατάσσει τις υπάρχουσες τιμές των τάσεων ως μεσαίου μεγέθους δεδομένα.

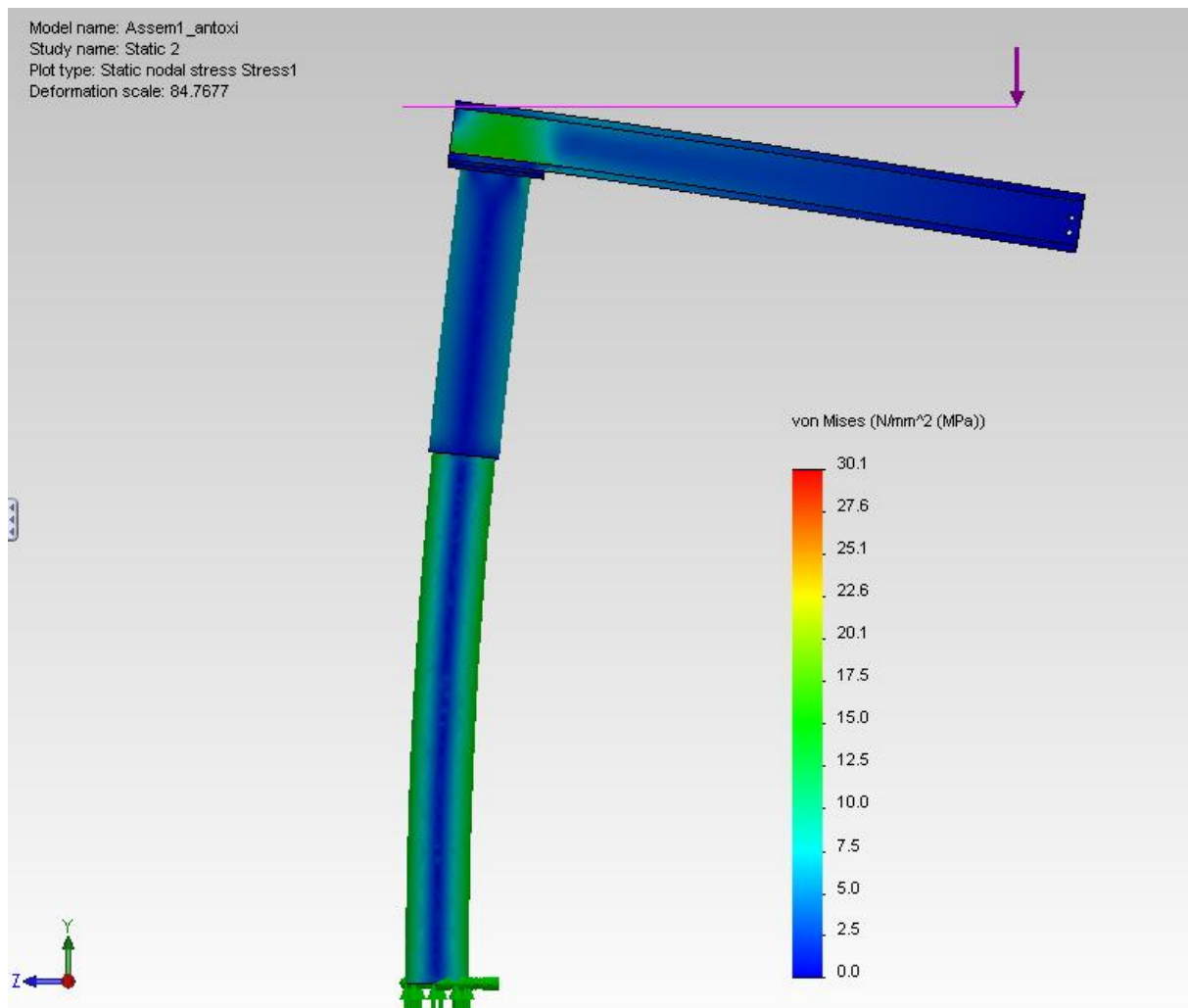
Το συμπέρασμα που προκύπτει γενικά, είναι πως οι τιμές που βρέθηκαν από τις μέχρι τώρα αναλύσεις υπό στατική μελέτη και αφορούν τον οριζόντιο βραχίονα και τον βασικό κορμό του γερανού, είναι σχετικά χαμηλές και δεν αποτελούν πρόβλημα αν συγκριθούν με τις τιμές των χαρακτηριστικών της αντοχής του υλικού κατασκευής.



Εικόνα 3.9: Δείγματα τιμών καμπτικής τάσης

Στην παραπάνω εικόνα πάρθηκαν τυχαίες τιμές μέτρησης της καμπτικής τάσης στην πλευρά που καταπονείται από την εφαρμογή της εξωτερικής δύναμης, η οποία διακρίνεται με το πράσινο χρώμα. Μπορεί οι μετρήσεις να δείχνουν μεγαλύτερα ποσά από αυτό των 13,8 MPa, αλλά είναι αυτό που εξακολουθεί να έχει σημασία διότι βρίσκεται στο κρίσιμο σημείο του μοντέλου, το οποίο είναι η πάκτωση και ξεχωρίζει στην εικόνα από τα συνωστισμένα βέλη που βρίσκονται στην βάση της κοιλοδοκού.

Το αποτέλεσμα της ανάλυσης του σώματος του ανυψωτικού γερανού δεν μπορεί να είναι απο μόνο του επαρκές εαν δεν παρουσιαστεί επιπλέον και το μοντέλο του υπο καθεστώς παραμόρφωσης. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται κατανοητή η συμπεριφορά του αντικειμένου κατά την δράση της εξωτερικής δύναμης. Η παρακάτω εικόνα εξηγεί την κατάσταση αυτή.



Εικόνα 3.10: Αποτέλεσμα παραμόρφωσης βασικού κορμού

Όπως διατυπώθηκε και στην περίπτωση του αποτελέσματος παραμόρφωσης της οριζόντιας δοκού, το μοντέλο του σώματος του γερανού παρουσιάζεται υπο κάποια κλίμακα παραμόρφωσης. Για να υπάρξει λοιπόν το αποτέλεσμα της εικόνας θα πρέπει ο βασικός αυτός κορμός του ανυψωτικού γερανού να καταπονηθεί περίπου 85 φορές παραπάνω απο το δεδομένο φορτίο που του έχει εφαρμοστεί, δηλαδή απο το κανονικό όριο.

Η εμφάνιση του παραμορφωμένου αποτελέσματος της ανάλυσης αυτής δεν γίνεται με σκοπό να φανεί η αλλοιωμένη κατάσταση του μοντέλου, εφόσον είναι μικρή και η επίδραση της εξωτερικής δύναμης, αλλά να γίνει κατανοητή η συμπεριφορά του υπό καμπτική τάση.

3.5 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΣΕ ΛΥΓΙΣΜΟ

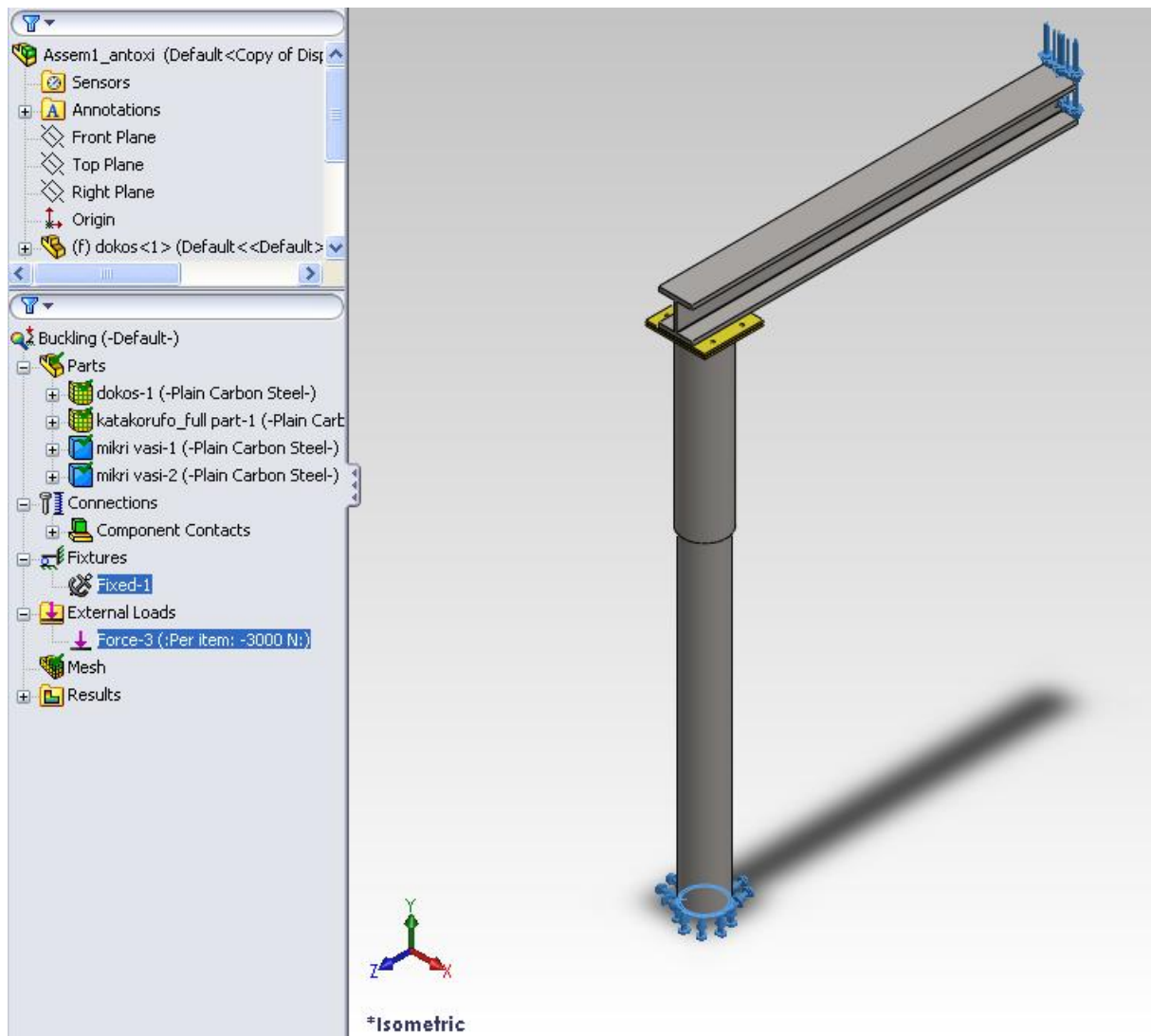
Η τρίτη και τελευταία προσομοίωση που πραγματοποιείται στο στάδιο της ανάλυσης του μοντέλου του ανυψωτικού γερανού αφορά πάλι τον βασικό του κορμό υπό καθεστώς λυγισμού. Αποτελείται από τα ίδια ακριβώς συνδεδεμένα μέλη όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, με τη διαφορά όμως ότι το μοντέλο αυτό αναλύεται για την συμπεριφορά του σε λυγισμό.

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα δεν έχουν πλέον σχέση με τις δυο αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στα αμέσως προηγούμενα στάδια. Στο κομμάτι αυτό της προσομοίωσης η ανάλυση σε λυγισμό υπολογίζει τα κρίσιμα φορτία για αντικείμενα με λεπτές δομές ενώ καταπονούνται. Η κατανόηση της δύναμης λυγισμού σε ένα μοντέλο σχεδίου είναι σημαντική για την πρόβλεψη των πιθανών αιτιών αστοχίας ή για την καλύτερη αντίληψη της απόδοσης του.

Γενικά, η προσομοίωση με το υπάρχον λογισμικό αναλύει τον γραμμικό ελαστικό λυγισμό που προκύπτει από ένα κρίσιμο φορτίο τη στιγμή στην οποία η κατασκευή είναι ανίκανη να υποστηρίξει κάποιο επιπλέον στοιχειώδες φορτίο. Στην κατάσταση αυτή, η παραμικρή διατάραξη καθιστά τη δομή του μοντέλου ασταθής.

Εισαγωγή δεδομένων

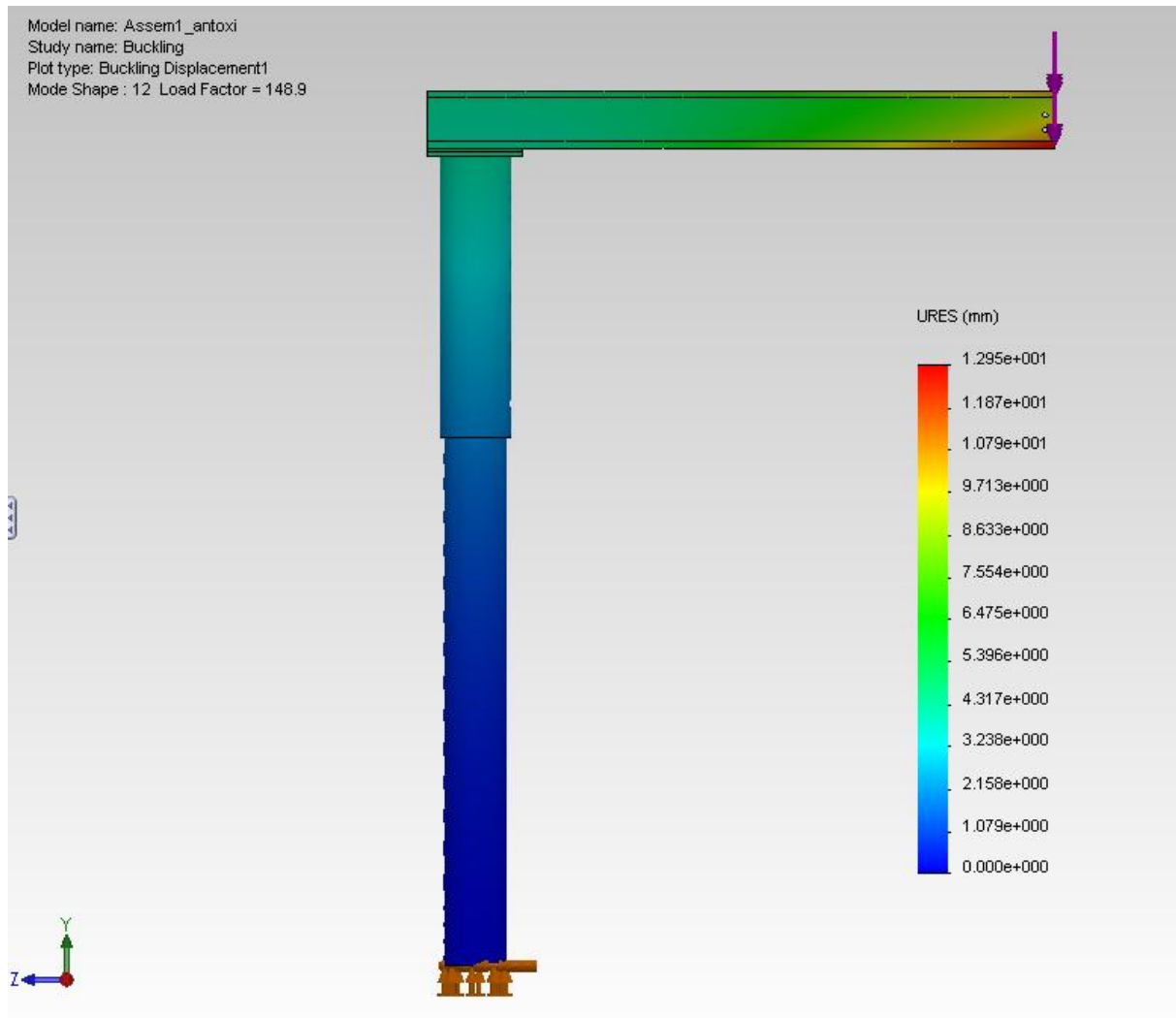
- Υλικό αντικειμένου: Επιλέγεται ίδιο υλικό κατασκευής με τις προηγούμενες περιπτώσεις. Δηλώνεται λοιπόν απλός ανθρακούχος χάλυβας. Η πυκνότητα του χάλυβα είναι 7800kg/m^3 .
- Μορφή στερέωσης: Το μοντέλο που αναλύεται σε λυγισμό είναι το ίδιο ακριβώς με αυτό που αναλύθηκε υπό στατική μελέτη. Οπότε ο τρόπος που στηρίζεται είναι ακριβώς ο ίδιος χωρίς καμία αλλαγή. Δηλώνεται δηλαδή, σαν μορφή στερέωσης η πάκτωση που βρίσκεται στο κάτω άκρο της κοιλοδοκού και συμβολίζεται από τα μικρά βέλη που περικυκλώνουν τη διατομή της.
- Εξωτερικά φορτία: Η μοναδική αλλαγή σε σχέση με την ανάλυση του βασικού κορμού υπό στατική μελέτη σημειώνεται στην εφαρμογή των εξωτερικών δυνάμεων. Στην περίπτωση της ανάλυσης σε λυγισμό λοιπόν, τοποθετείται μια δύναμη μεγέθους 3000N στο προφίλ της οριζόντιας δοκού και όχι στο πάνω πέλμα της. Αυτή η δύναμη έχει φυσικά την ίδια φορά με αυτή του δεδομένου φορτίου, βρίσκεται δηλαδή στον Y άξονα με αρνητικό πρόσημο. Η τοποθέτηση της δύναμης με αυτή τη μορφή στο μοντέλο σχετικά με τις προηγούμενες δυο προσομοιώσεις δεν έχει απολύτως καμία διαφορά και έγινε καθαρά για λόγους καλύτερης αντίληψης του παραμορφωμένου αποτελέσματος που θα παρουσιαστεί και θα εξηγηθεί στην συνέχεια. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ξεκάθαρα η εφαρμοσμένη δύναμη συμβολισμένη από πολλά βέλη πάνω στην επιφάνεια του προφίλ της οριζόντιας δοκού.



Εικόνα 3.11: Βασικός κορμός προς ανάλυση σε λυγισμό

Αποτελέσματα

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας της προσομοίωσης παρουσιάζεται το μοντέλο χρωματισμένο ανάλογα με τις μετατοπίσεις που υπολογίστηκαν. Πάνω του εικονίζονται η μορφή στήριξης του σώματος του γερανού και η τοποθετημένη εξωτερική δύναμη. Συνοδεύεται επίσης από την χρωματική κλίμακα με τα μεγέθη της μετατόπισης με μονάδα μέτρησης τα χιλιοστά. Πέρα από αυτά, παρέχεται για πρώτη φορά στην ανάλυση και ο λεγόμενος συντελεστής φορτίου (load factor), καθώς και το σχήμα λειτουργίας (mode shape) που θα μας απασχολήσει στο παραμορφωμένο αποτέλεσμα του προσομοιωμένου μοντέλου. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (3.12).



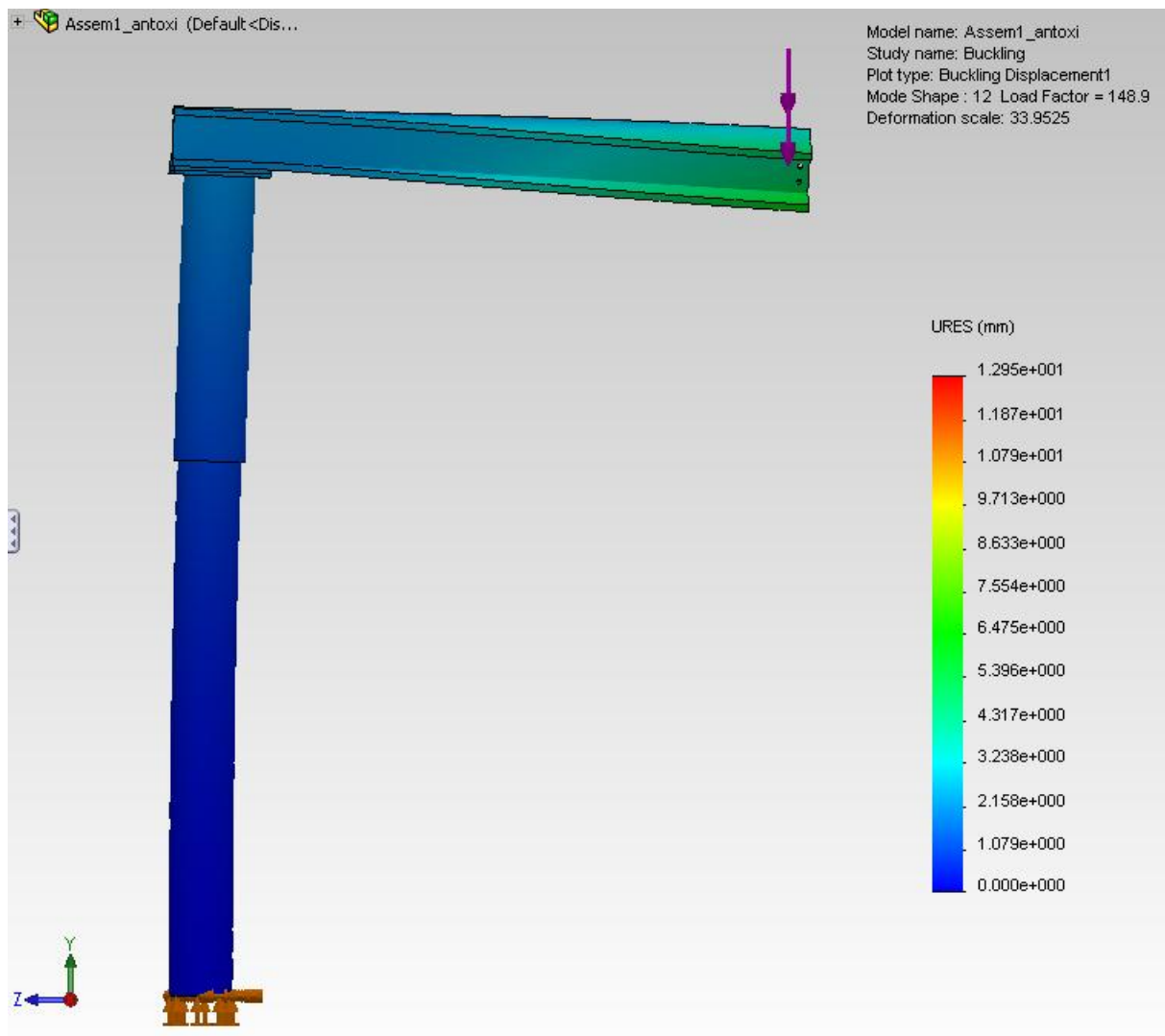
Εικόνα 3.12: Αποτέλεσμα προσομοίωσης βασικού κορμού σε λυγισμό

Η χρωματική κατανομή δείχνει σε ποια σημεία το σώμα του ανυψωτικού γερανού δέχεται μετατοπίσεις. Απο το σχήμα γίνεται αντιληπτό με το κόκκινο χρώμα πως το άκρο του οριζόντιου βραχίονα καταπονείται περισσότερο απο την επιβολή του φορτίου και παρουσιάζει σημάδια λυγισμού.

Απο εκεί και πέρα, όσο προχωράμε προς τον άξονα της κατακόρυφης κοιλοδοκού παρατηρούμε τα χρωματικά στάδια να υποχωρούν και εντέλει να καταλήγουν στο βαθύ μπλε, το οποίο υποδεικνύει τον μηδενισμό των μετατοπίσεων. Δεν υφίσταται δηλαδή καμία απολύτως μετατόπιση της βάσης και του κορμού του μοντέλου. Όλα αυτά εξαρτώνται με βάση την χρωματική κλίμακα δίπλα στο μοντέλο της εικόνας, η οποία δείχνει τις αντίστοιχες μεταβολές. Τα μεγέθη, τα οποία είναι σε (mm) της κλίμακας αυτής δεν είναι ρεαλιστικά.

Ακολουθεί το παραμορφωμένο μοντέλο της προσομοίωσης του γερανού σε λυγισμό με την αντίστοιχη χρωματική κλίμακα, η οποία φυσικά είναι ίδια σε όλο το στάδιο της παρούσας ανάλυσης και *οι τιμές της είναι ενδεικτικές*.

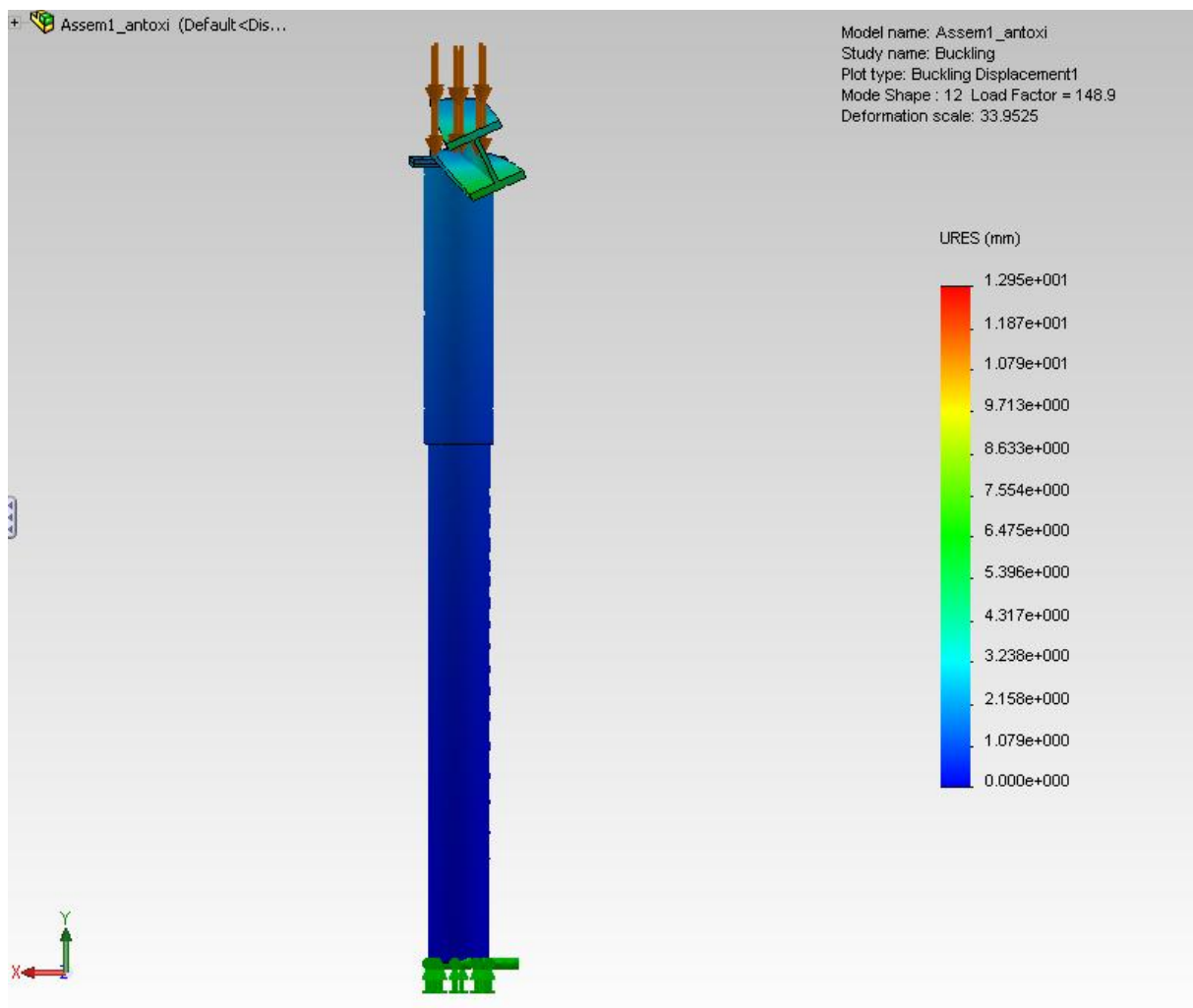
Το πρώτο πράγμα που φαίνεται ξεκάθαρα απο την παρακάτω εικόνα είναι η εμφάνιση μιας τάσης που υποβάλλει το άκρο του οριζόντιου βραχίονα σε στρέψη. Η κατάσταση αυτή δεν είναι παρά μια υπερβολική τιμή στην κλίμακα παραμόρφωσης για να γίνει εμφανής μια πιθανή στρέβλωση στο σημείο που εφαρμόζεται η εξωτερική δύναμη. Για να προκύψει το παρακάτω αποτέλεσμα στο σώμα του ανυψωτικού γερανού, θεωρείται πως η στρέβλωση αυτή που εμφανίζεται είναι περίπου 34 φορές μεγαλύτερη. Το αποδεικνύει η τιμή της κλίμακας παραμόρφωσης (deformation scale), η οποία είναι ίση με 33,95.



Εικόνα 3.13: Πλάγια όψη παραμορφωμένου αποτελέσματος

Η προσομοίωση του λογισμικού Solidworks υπολογίζει επίσης τον συντελεστή φορτίου σε λυγισμό (load factor), ο οποίος αποτελεί παράγοντα κλίμακας για το εφαρμοζόμενο φορτίο να αποκτήσει το μέγεθος του κρίσιμου φορτίου. Ο συντελεστής αυτός έχει σημασία και είναι παρόμοιας φύσης με τον συντελεστή ασφαλείας. Έχει άμεση σχέση με τη μορφή του αποτελέσματος που δείχνει το μοντέλο του ανυψωτικού γερανού στις εικόνες 3.13 και 3.14.

Όμως για να προκύψει ο συντελεστής φορτίου, θα πρέπει αρχικά, πριν ξεκινήσει η διαδικασία της προσομοίωσης να δηλωθεί ο απαραίτητος αριθμός των σχημάτων λειτουργίας του μοντέλου. Ο όρος αυτός που αναφέρθηκε και παραπάνω μπορεί καλύτερα να οριστεί ως ιδιομορφή (mode shape) και εκφράζεται από μια ιδιοτιμή (mode number) που έχει επιλεγεί ανάμεσα σε άλλες για τον καθορισμό του κατάλληλου συντελεστή φορτίου.



Εικόνα 3.14: Πρόσωση παραμορφωμένου αποτελέσματος

Στην περίπτωση της παρούσας ανάλυσης δηλώθηκε εξ αρχής ένα σεβαστό πλήθος ιδιοτιμών, από τα οποία επιλέχθηκε η ιδιομορφή ή το σχήμα λειτουργίας που είναι δωδέκατο κατά σειρά (mode shape: 12). Η απόφαση για αυτή την επιλογή έγινε λόγω του ότι η συγκεκριμένη ιδιομορφή προβάλλει το καταλληλότερο και ρεαλιστικότερο μοντέλο του γερανού κατά την παραμορφωμένη εκδοχή του. Ο σημαντικότερος παράγοντας που παίζει ρόλο σε αυτό είναι ο συντελεστής φορτίου (load factor) και εξηγήθηκε παραπάνω. Ο συντελεστής φορτίου για την προσομοίωση σε λυγισμό είναι ίσος με 148,9, ο οποίος βρέθηκε στην ιδιομορφή με το νούμερο 12.

Η εικόνα 3.14 παρουσιάζει το ίδιο αποτέλεσμα του παραμορφωμένου μοντέλου από μια άλλη οπτική γωνία. Η στρέβλωση που προέκυψε από την προσομοίωση φαίνεται καλύτερα και παρατηρείται με βάση την χρωματική κατανομή πως ακόμα και υπό συνθήκες της ενδεικτικής κλίμακας παραμόρφωσης (deformation scale: 33,95), οι μετατοπίσεις λόγω λυγισμού κυμαίνονται σε χαμηλά μεγέθη, όπως υποδεικνύει και η σχετική χρωματική κλίμακα με το πράσινο χρώμα.

4. ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η πτυχιακή εργασία ολοκληρώνεται με το κεφάλαιο της οικονομοτεχνικής μελέτης. Μέχρι και αυτό το σημείο έχει γίνει με επιτυχία η σχεδίαση, η ανάλυση της συμπεριφοράς και η μελέτη των αποτελεσμάτων της ανάλυσης αυτής του ανυψωτικού γερανού. Πλέον, αυτό που έχει σημασία είναι να καθοριστεί αν μπορεί το γενικό σχέδιο του ανυψωτικού γερανού που έχει δημιουργηθεί να προχωρήσει στην κατασκευή του, να γίνει δηλαδή πράξη.

Στο παρών κεφάλαιο πρόκειται λοιπόν να πραγματοποιηθεί η οικονομοτεχνική μελέτη του μοντέλου που σχεδιάστηκε, σύμφωνα πάντα με τις τυποποιήσεις που επιλέχθηκαν κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού του κάθε ενός αντικειμένου που είναι μέρος του ανυψωτικού γερανού. Θα γίνει λοιπόν μια έρευνα στο εμπόριο για την εκτίμηση του κόστους από τα πραγματικά μέλη και εξαρτήματα που πλαισιώνουν την κατασκευή ενός αντίστοιχου γερανού ανύψωσης με τις ίδιες ακριβώς λειτουργίες και απαιτούμενα χαρακτηριστικά. Τα δεδομένα αυτά καταγράφονται μαζί με οποιαδήποτε σημαντική πληροφορία που τα συνοδεύει και υπολογίζεται το συνολικό κόστος που θα είναι το αποτέλεσμα της κατασκευής του γερανού αυτού.

Η παραπάνω διαδικασία θα αποκτήσει νόημα μόνο εάν παρουσιαστεί και μια μικρότερη έρευνα σχετικά με την αγορά από το εμπόριο ενός έτοιμου ανυψωτικού γερανού με χαρακτηριστικά ίδια με αυτά της παρούσας κατάστασης. Έχει μεγάλη σημασία η σύγκριση που θα προκύψει ανάμεσα στον έτοιμο ανυψωτικό γερανό που θα εκτιμηθεί το κόστος του σαν “πακέτο” και στην κατασκευή του μοντέλου με τις ανάλογες τυποποιήσεις του από την πτυχιακή εργασία.

Ένας αρκετά σημαντικής σημασίας σκοπός λοιπόν που ζητείται να επιτευχθεί είναι να αποφασιστεί εάν η κατασκευή του ανυψωτικού γερανού με τα δεδομένα της εργασίας αυτής, δηλαδή το μοντέλο που σχεδιάστηκε και αναλύθηκε, είναι συμφέρουσα λύση για τις απαιτήσεις του εργαστηριακού χώρου που πρόκειται να λειτουργήσει. Για την διαπίστωση αυτή το μεγάλο βάρος πέφτει, όπως είναι λογικό, στην κοστολόγηση του έτοιμου ανυψωτικού γερανού που θα εντοπιστεί στο εμπόριο, ο οποίος σαν κατασκευή και πέραν από τις απαραίτητες τυποποιήσεις και εγγυήσεις, θα είναι συναρμολογημένος και έτοιμος προς χρήση. Αυτό το κριτήριο ήδη δίνει ένα ελαφρύ μειονέκτημα στην κατασκευή του μοντέλου της εργασίας, αλλά η τελική οικονομοτεχνική μελέτη που πρόκειται να ξεκινήσει παρακάτω θα καθορίσει το τελικό αποτέλεσμα. Η δομή της χωρίζεται σε κατηγορίες, οι οποίες ομαδοποιούν κατάλληλα τα μέλη του ανυψωτικού γερανού.

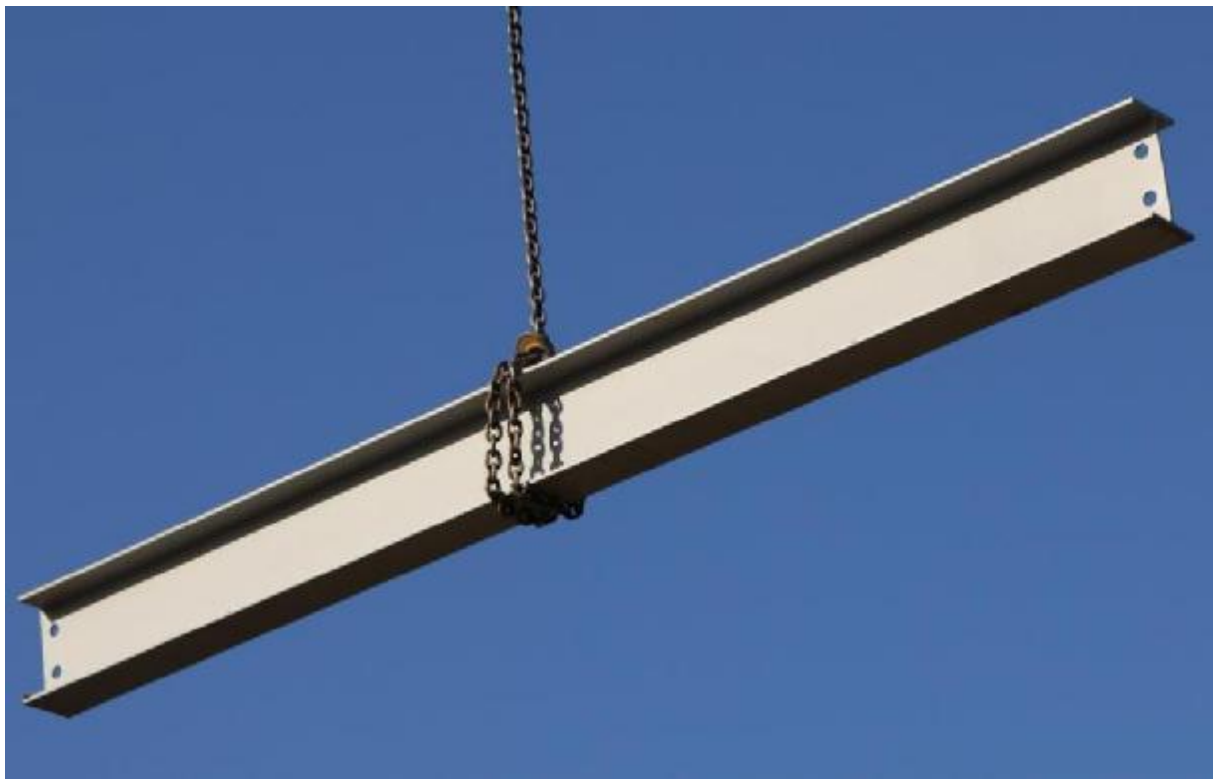
Το κόστος αγοράς που ερευνήθηκε, προκύπτει για το κάθε αντικείμενο ακριβώς όπως αυτό σχεδιάστηκε και μετρήθηκε στο κεφάλαιο 2 της σχεδίασης. Δηλώθηκαν δηλαδή οι διαστάσεις, το υλικό κατασκευής και οι τυποποιήσεις του, ώστε να βρεθεί μια αντιπροσωπευτική και ρεαλιστική τιμή κόστους του αντικειμένου από το εμπόριο.

4.2 ΚΟΣΤΟΣ ΣΚΕΛΕΤΟΥ ΓΕΡΑΝΟΥ

4.2.1 Δοκός με πλατύ πέλμα

Η πρώτη έρευνα μαζί με τον υπολογισμό που γίνεται στο κεφάλαιο της οικονομοτεχνικής μελέτης αφορά τον σκελετό του ανυψωτικού γερανού, ο οποίος αποτελείται από τον οριζόντιο βραχίονα, την κολόνα ή κοιλοδοκό και το τμήμα κεφαλής. Τα μέρη αυτά μπορεί να συνοδεύονται μαζί με χρήσιμες πληροφορίες, όπως πχ τυποποιήσεις, υλικό κατασκευής, όνομα κατασκευαστή και ότι ακόμα μπορεί να κριθεί απαραίτητο.

Αρχικά, το ευκολότερο κομμάτι του ανυψωτικού γερανού ώστε να ξεκινήσει το στάδιο της οικονομοτεχνικής ανάλυσης είναι η πλατύπελμη δοκός από χάλυβα βαρέως τύπου. Οι διαστάσεις τις αναγράφονται λεπτομερώς στο κεφάλαιο 2 και λαμβάνονται υπόψιν για το κόστος αγοράς.



Εικόνα 4.1: Πλατύπελμη δοκός

Ζητείται λοιπόν η εύρεση μιας δοκού όπως αυτή της παραπάνω φωτογραφίας, η οποία θα αποτελέσει τον οριζόντιο βραχίονα του ανυψωτικού γερανού. Η δοκός της οποίας το προφίλ φαίνεται στην παρακάτω εικόνα είναι μια από τις πρότυπες χαλύβδινες διατομές θερμής έλασης. Χρησιμοποιείται σαν στοιχείο και στηρίζει μεταλλικές κατασκευές που δέχονται φορτία, είτε σαν αυτή του ανυψωτικού γερανού, είτε σε κτίρια και συμπληρωματικές κατασκευές τους.

Στους καταλόγους προϊόντων με τους πλατύπελμους δοκούς αναγράφονται ανά κατηγορία (ΙΡΕ, ΗΕΑ, ΗΕΒ, κ.α.) οι διαστάσεις, τα στατικά χαρακτηριστικά, οι πλαστικές ροπές αντίστασης και οι ελαστικές ροπές αντίστασης. Επισημαίνονται και πάλι η ποιότητα του χάλυβα με πρότυπο EN 10025 και τα πρότυπα παραγωγής σύμφωνα με EN 10034.



Εικόνα 4.2: Προφίλ δοκού

Ο υπολογισμός της αξίας της χαλύβδινης δοκού γίνεται με την κοστολόγηση της μάζας σε κιλά ανά μέτρο. Έπειτα πολλαπλασιάζεται με το απαιτούμενο μήκος, το οποίο στην περίπτωση μας είναι 2,165m.

Κόστος αγοράς:

Πλατύπελμη δοκός	Τεμάχια: 1	Τιμή: 108,48 €
------------------	------------	-----------------------

4.2.2 Κοιλοδοκοί κυκλικής διατομής

Η κατασκευή του ανυψωτικού γερανού στηρίζεται σε μια μεγάλη κοιλοδοκό κυκλικής διατομής, για την οποία θα γίνει έρευνα κόστους ξεχωριστά από αυτήν που αποτελεί το τμήμα κεφαλής. Από το κεφάλαιο της σχεδίασης είχαν παρθεί ήδη τυποποιημένα μεγέθη για την διάμετρό της και αποτελούν τα δεδομένα για την εύρεση της κατάλληλης κοιλοδοκού από το εμπόριο.



Εικόνα 4.3: Κοιλοδοκοί κυκλικής διατομής

Η αγορά για κοιλοδοκό στρογγυλής διατομής που θα αποτελέσει τον κορμό του ανυψωτικού γερανού βασίζεται σε μερικά κριτήρια, τα οποία θα επισημανθούν ονομαστικά. Κατά κύριο λόγο οι κοίλοι δοκοί από χάλυβα χαρακτηρίζονται από υψηλή αντοχή και είναι κατάλληλοι για τις αρκετές κατασκευαστικές εφαρμογές που απαιτούν αυστηρές τεχνικές προδιαγραφές. Εξασφαλίζουν σημαντική οικονομία βάρους, μεγάλη συγκολλησιμότητα για κάθε απαιτούμενη εφαρμογή και παρουσιάζουν πολύ καλή ποιότητα γαλβανίσματος.

Μετά την κατασκευή τους υπάγονται σε διάφορους ελέγχους, όπως πχ. σε έλεγχο για εφελκυσμό, χημικές αναλύσεις, δοκιμές σκληρότητας, δοκιμές πρόσκρουσης, καθώς και σε διαστασιολογικούς ελέγχους και επιθεωρήσεις. Πρέπει οπωσδήποτε να φέρουν στοιχεία σήμανσης, όπως το σήμα εγγύησης και ποιότητας, τις διαστάσεις του προϊόντος, την ποιότητα του χάλυβα και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 10219, το οποίο επισημάνθηκε και στο κεφάλαιο σχεδίασης της κοίλης δοκού.

Αναφέρονται μερικές εφαρμογές του κατασκευαστικού, αλλά και άλλων τομέων που βρίσκουν χρήση οι κοιλοδοκοί: Αίθουσες κατασκευών, αεροδρόμια, γέφυρες, ναυπηγική βιομηχανία, κατοικίες, ακόμα και διακόσμηση. Βρίσκουν χρήση στην αυτοκινητοβιομηχανία, σε γεωργικά μηχανήματα, στα φωτοβολταϊκά, σε διυλιστήρια πετρελαίου, σε ορυχεία, σε χειρισμό υλικών, στον τομέα των μεταφορών, σε υδραυλικές πλατφόρμες, σε μεγάλα θερμοκήπια και γενικότερα σε βαρέα μηχανολογικά στοιχεία.



Εικόνα 4.4: Κοιλοδοκοί κυκλικής διατομής

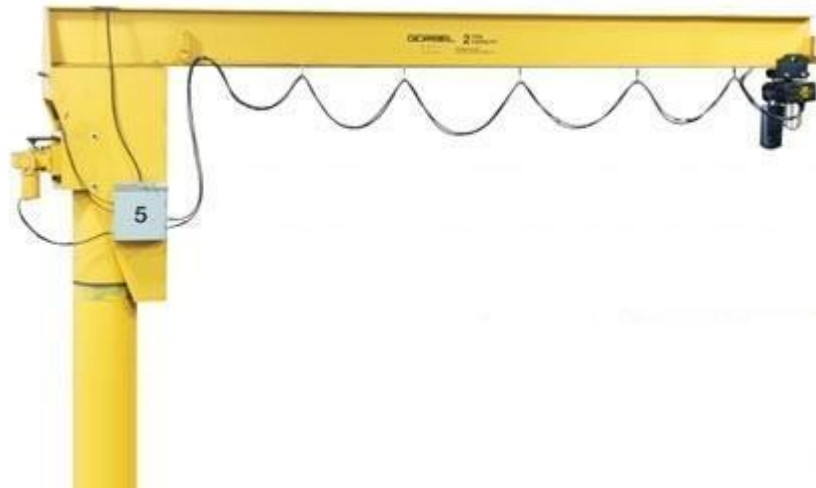
Στην περίπτωση των σωλήνων από χάλυβα, ο υπολογισμός της αξίας τους είναι διαφορετικός από τα υπόλοιπα μεταλλικά μέρη. Η κοστολόγησή τους δεν εξαρτάται από τη μάζα τους, παρά μόνο από το μήκος τους και τιμολογούνται με το μέτρο. Η παρακάτω τιμή αφορά για κοιλοδοκό κυκλικής διατομής μήκους τριών μέτρων, η οποία θα κοπεί στην επιθυμητή διάσταση.

Κόστος αγοράς:

Στρογγυλή κοιλοδοκός 1	Τεμάχια: 1	Τιμή: 386,46 €
------------------------	------------	-----------------------

4.2.3 Τμήμα κεφαλής

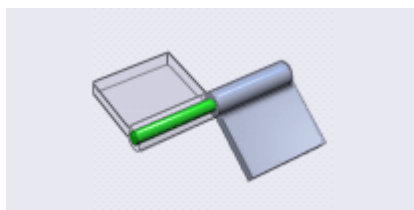
Το τμήμα κεφαλής είναι το σημείο ένωσης του οριζόντιου βραχίονα με τον κορμό του ανυψωτικού γερανού. Συμπεριφέρεται ως ένα σώμα με τον βραχίονα και περιστρέφεται κατά 360° πάνω στο σταθερό κομμάτι της κατασκευής. Το τμήμα κεφαλής του παρόντος ανυψωτικού γερανού είναι πολύ απλής μορφής και αποτελείται από μια κοιλοδοκό κυκλικής διατομής, λίγο μεγαλύτερης σε διάμετρο από αυτή της κολόνας στήριξης και από ένα κομμάτι χάλυβα τετραγωνικής διατομής, το οποίο έχει τέσσερις οπές για τις κοχλιώσεις. Τα δυο αυτά μέρη συγκολλούνται μεταξύ τους και δημιουργούν το τμήμα κεφαλής που φέρει πρεσαρισμένο στο εσωτερικό του το εξωτερικό στοιχείο του εδράνου κυλίσεως για να επιτύχει τη σύνδεση με τον κορμό του ανυψωτικού γερανού.



Εικόνα 4.5: Τμήμα κεφαλής γερανού με βραχίονα

Για την κοιλοδοκό που αποτελεί και το μεγαλύτερο μέρος του τμήματος κεφαλής ισχύουν τα στοιχεία και οι πληροφορίες που έχουν σημειωθεί παραπάνω. Απαιτεί δηλαδή τα ίδια κριτήρια αναζήτησης του αντικειμένου από το εμπόριο, ακολουθεί τις ίδιες τεχνικές προδιαγραφές και τα αντίστοιχα πρότυπα τυποποίησης. Σχετικά με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κοιλοδοκού πρέπει να έχει διάμετρο λίγο μεγαλύτερη από αυτή της κολόνας στήριξης, ώστε εκείνη να εισχωρήσει και να εφαρμόσει κατάλληλα με τα στοιχεία του κωνικού ρουλεμάν. Έτσι με την απαραίτητη λίπανση το εξωτερικό μέρος του τμήματος κεφαλής θα περιστρέφεται χωρίς να αναπτύσσονται δυνάμεις τριβής, οι οποίες θα είναι καταστροφικές για την κατασκευή.

Μια απλή εφαρμογή παρόμοιας συνεργασίας μεταξύ δυο στοιχείων δείχνει το σχήμα που ακολουθεί (σχήμα 4.1). Ουσιαστικά είναι ένα σταθερό κυλινδρικό σχήμα, γύρω από το οποίο περιστρέφεται ένα άλλο. Τα συνδεδεμένα εξαρτήματα της πόρτας και του πλαισίου της (μεντεσέδες) θυμίζουν την ίδια απλή περίπτωση.



Σχήμα 4.1: Στροφέας

Το κομμάτι της κοιλοδοκού που βρέθηκε είναι από την ίδια εταιρία εμπορίας σιδήρου η οποία προμηθεύει όλα τα μεταλλικά μέρη του ανυψωτικού γερανού και εδρεύει στην Πάτρα. Πρόκειται για σωλήνα με διάμετρο 245mm και μήκος ενός μέτρου, το οποίο θα κοπεί στις διαστάσεις του σχεδίου. Η τιμολόγησή του γίνεται με το μέτρο.



Εικόνα 4.6: Τμήματα κεφαλής γερανού με βραχίονα

Κόστος αγοράς:

Στρογγυλή κοιλοδοκός 2	Τεμάχια: 1	Τιμή: 154,25 €
Λαμαρίνα ST37	Τεμάχια: 2	Τιμή: 31,19 €
	ΣΥΝΟΛΟ:	185,44 €

4.3 ΚΟΣΤΟΣ ΒΑΣΗΣ ΓΕΡΑΝΟΥ

4.3.1 Τετράγωνη βάση

Η οικονομοτεχνική μελέτη περνάει στο πλέον δαπανηρό μέρος του ανυψωτικού γερανού, το οποίο είναι η κινητή βάση στήριξης με την πλάκα βάσης κυκλικής διατομής. Τα δυο αυτά μέρη που έχουν βρεθεί τυποποιημένα και έχουν σχεδιαστεί αναλόγως, πρέπει τώρα να βρεθούν στο εμπόριο.

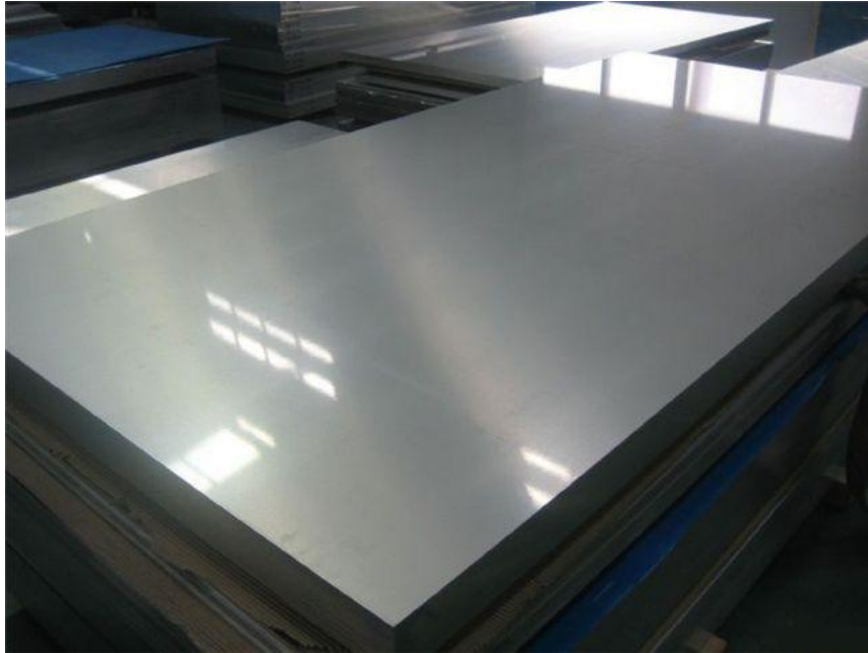
Λόγω του μεγέθους της και του υλικού κατασκευής της, η βάση στήριξης παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλό κόστος αγοράς. Ο ανθρακούχος χάλυβας πολύ καλής ποιότητας σε συνδυασμό με το μεγάλο πάχος του φύλλου του ανεβάζει δραματικά το κόστος αυτό. Πρόκειται για φύλλα θερμής έλασης με ποιότητα χάλυβα κατά EN 10025 που παρουσιάζουν μεγάλη συγκολλησιμότητα. Όταν τα κομμάτια αυτά από χάλυβα ενωθούν με τη βοήθεια της συγκόλλησης σχηματίζουν την τετράγωνη βάση στην οποία θα στηρίζεται ο ανυψωτικός γερανός.

Όπως και ο γερανός με βραχίονα της εικόνας, έτσι και το μοντέλο της παρούσας εργασίας έχει στη βάση του δυο διαμπερείς οπές με σκοπό την διευκόλυνση στη μεταφορά της βάσης και την ελάττωση του αρκετά υψηλού βάρους της. Έχουν σχεδιαστεί να βρίσκονται σε μικρή απόσταση δίπλα από τους κοχλίες κεφαλής που συνδέουν το συνολικό κομμάτι της βάσης του ανυψωτικού γερανού. Επίσης, οι διαστάσεις των οπών και των αποστάσεων μεταξύ τους είναι τυποποιημένες ώστε η βάση να έχει τη δυνατότητα να μετακινηθεί από ένα περονοφόρο όχημα.



Εικόνα 4.7: Γερανός με βραχίονα σε κινητή βάση

Όπως προαναφέρθηκε η βάση του ανυψωτικού γερανού σχηματίζεται από χονδρά φύλλα χάλυβα κολλημένα μεταξύ τους με το πάχος τους να φτάνει τα 50mm. Η ποιότητα του χάλυβα τυποποιείται κατά DIN 17100 ή EN 10025, ακριβώς όπως και τα υπόλοιπα μέρη του σκελετού του γερανού.



Εικόνα 4.8: Φύλλα απο ανοξειδωτο χάλυβα

Σαν λύση για την μεγάλη μάζα της τετράγωνης βάσης, το αντικείμενο χωρίζεται σε πέντε επιμέρους κομμάτια, τα οποία βρέθηκαν στο εμπόριο σιδήρου και κοστολογήθηκαν ξεχωριστά. Δύο τεμάχια αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της βάσης με διαστάσεις, άλλα δυο τεμάχια αποτελούν το υλικό στις άκρες των εγκοπών της βάσης και το τελευταίο να αποτελεί το κομμάτι ανάμεσά τους.

Ο υπολογισμός τους κόστους αγοράς των χαλύβδινων κομματιών γίνεται την τιμολόγηση του ενός κιλού. Ο συντελεστής αυτός που δίνει η εταιρία εμπορίας σιδήρου ισούται με 1,15 € και με τον πολλαπλασιασμό του με την απαιτούμενη συνολική ποσότητα υλικού μας δίνει το τελικό κόστος της βάσης στήριξης.



Εικόνα 4.9: Κινητές βάσεις ανυψωτικών γερανών

Η παρακάτω τιμή δείχνει το συνολικό ποσό που δαπανάται για την αγορά της βάσης από τα επιμέρους πέντε κομμάτια χάλυβα, της οποίας το βάρος φτάνει συνολικά τους 2,5 τόνους.

Κόστος αγοράς:

Βάση στήριξης	Τεμάχια: 1	Τιμή: 3270,84 €
---------------	------------	------------------------

4.3.2 Πλάκα βάσης

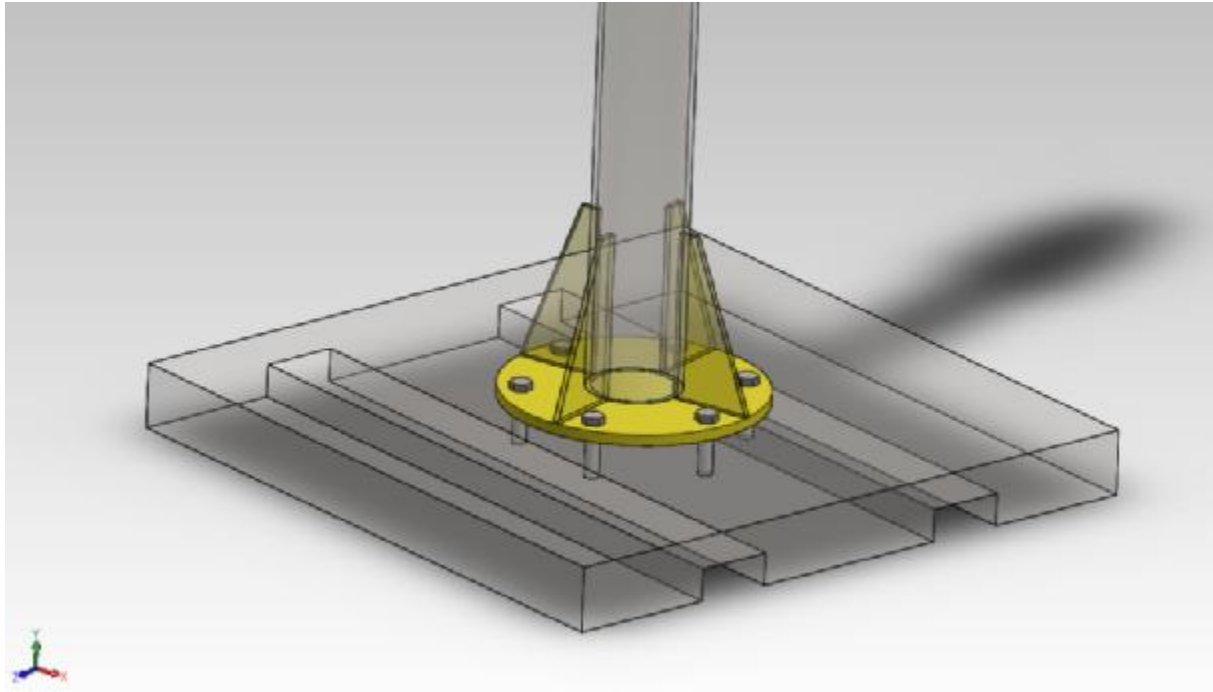
Η πλάκα βάσης κυκλικής διατομής αποτελεί τη σύνδεση του γερανού με ένα σταθερό σημείο. Στην περίπτωση μας ενώνεται με κοχλιώσεις στην τετραγωνική βάση στήριξης, η οποία αποφασίστηκε να μην έχει κάποια μορφή πάκτωσης με το έδαφος. Μπορεί να έχει σχήμα συνήθως κυκλικής ή τετραγωνικής μορφής και να τοποθετηθεί κατάλληλα πάνω σε ενισχυμένο σκυρόδεμα ή μεταλλική επιφάνεια.

Αποτελείται από έναν αριθμό τυποποιημένων οπών, οι οποίες συνήθως είναι 6 ή 12, με τη διάμετρο και τον αριθμό των οπών να εξαρτώνται από το μέγεθος του ανυψωτικού γερανού και το μέγιστο φορτίο ανύψωσης. Στην περίπτωση του μοντέλου της εργασίας, σχεδιάστηκε και βρέθηκε στο εμπόριο πλάκα βάσης κυκλικής διατομής με διάμετρο 610mm και πάχος 25mm, με τυποποιημένα δηλαδή χαρακτηριστικά. Φέρει έξι οπές διαμέτρου 17,5mm, με την κάθε μια να απέχει 60° από την άλλη.



Εικόνα 4.10: Μορφές πλακών βάσης

Στην εικόνα 4.10 αναδεικνύεται η πλάκα βάσης μέσα στο σχέδιο του ανυψωτικού γερανού από το Solidworks. Με τη βοήθεια του λογισμικού έγινε η κατάλληλη προβολή της χαλύβδινης πλάκας, η οποία ξεχωρίζει ανάμεσα στα υπόλοιπα διαφανή συνδεδεμένα στοιχεία. Η εικόνα αυτή θέλει να δείξει τη διαφορά στο μέγεθος μεταξύ της βάσης στήριξης και της πλάκας βάσης του γερανού. Επαναλαμβάνεται πως και τα δυο στοιχεία έχουν βρεθεί με τυποποιημένες διαστάσεις. Διακρίνονται επίσης οι εξάγωνοι κοχλίες που συνδέουν τον ανυψωτικό γερανό και την βάση στήριξης.



Εικόνα 4.11: Πλάκα βάσης μοντέλου σχεδίασης

Όπως φαίνεται και στην εικόνα, εκτός από την βάση στήριξης μεγάλο βάρος παρουσιάζει και η πλάκα βάσης με αποτέλεσμα το κόστος της να είναι αντίστοιχο. Η τιμή του κιλού ορίζεται στα 1,2 € από την εμπορία σιδήρου και η τιμή της πλάκας από χάλυβα φαίνεται παρακάτω.

Κόστος αγοράς:

Πλάκα βάσης	Τεμάχια: 1	Τιμή: 115,26 €
-------------	------------	-----------------------

4.4 ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΥΨΩΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ

4.4.1 Ηλεκτρικός ανυψωτήρας (παλάγκο)

Ο μηχανισμός ανύψωσης περιλαμβάνει τον ηλεκτρικό ανυψωτήρα, γνωστό ως ηλεκτρικό παλάγκο ή και ηλεκτρικό βαρούλκο και το συνδεδεμένο σύστημα μετάδοσης της κίνησης, όπου στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ένα χειροκίνητο φορείο. Αναζητείται λοιπόν ένα ελαφρύ σύστημα ανύψωσης, το οποίο μπορεί να άρει και να μετακινήσει κατά μήκος του βραχίονα φορτία βάρους έως και 300kg.



Εικόνα 4.12: Μοντέλο ανυψωτήρων

Η αρχή της έρευνας στην αγορά γίνεται με το βασικότερο μέρος του συστήματος ανύψωσης, τον ηλεκτρικό ανυψωτήρα. Φαίνεται στην παραπάνω εικόνα και έχει πολλές ομοιότητες με το μοντέλο που σχεδιάστηκε για τον ανυψωτικό γερανό της Πτυχιακής Εργασίας. Αυτό διότι οι ηλεκτρικοί μηχανισμοί της εικόνας έχουν γεωμετρικά χαρακτηριστικά που μπορούν να αποδοθούν εύκολα στην τρισδιάστατη σχεδίαση του μοντέλου. Παρόλα αυτά, στην τελική επιλογή θα παρουσιαστεί ένα διαφορετικό ηλεκτρικό παλάγκο λόγω του χαμηλότερου κόστους αγοράς. Στην πιο απλή μορφή του αποτελείται από τον κινητήρα, το σώμα του ανυψωτήρα, το συρματόσχοινο με το γάντζο, το βαρούλκο που τυλίγεται και το καλώδιο με το χειριστήριο.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού ανυψωτήρα που βρέθηκε στο εμπόριο και θα χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή του ανυψωτικού γερανού. Τα δεδομένα αυτά αναφέρονται στη χρήση του μηχανισμού με διπλό συρματόσχοινο.

<u>Τεχνικά Στοιχεία</u>	
Μοντέλο	PA-300
Δυναμικό	230V-50Hz
Ισχύς κινητήρα	600W
Ανυψωτική ικανότητα	300kg
Ταχύτητα ανύψωσης	5m/min
Ύψος ανύψωσης	6m
Μήκος καλωδίου	12,5m
Διάμετρος καλωδίου	3mm
Βάρος	23,5kg

Πίνακας 4.1: Τεχνικά στοιχεία ηλεκτρικού ανυψωτήρα

Έχει μεγάλη και καθοριστική σημασία η χρήση του διπλού συρματόσχοινο στο ηλεκτρικό παλάγκο που επιλέγεται. Στην περίπτωση αυτή εκμεταλλεύεται πλήρως ο μηχανισμός με το τίμημα να είναι η μείωση της ταχύτητας ανύψωσης και του ύψους ανύψωσης κατά 50% σε σχέση με τα αντίστοιχα στοιχεία για ανύψωση φορτίου 150 κιλών. Αποτέλεσμα το οποίο δεν δημιουργεί κανένα ουσιαστικό εμπόδιο για την εργαστηριακή χρήση που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, εφόσον το απαιτούμενο ύψος για την άρση του φορτίου βρίσκεται στα τρία μέτρα.

Σε γενικές γραμμές, το ηλεκτρικό γερανάκι διαθέτει ισχυρό κινητήρα και χαμηλή παραγωγή θερμότητας, τα μέρη του έχουν υψηλή αντοχή και το καθιστούν ασφαλές και ανθεκτικό. Επίσης, σαν επιπλέον στοιχεία, ο μηχανισμός διαθέτει και προστασία υπερθέρμανσης, διπλό διακόπτη ασφαλείας και σύστημα ασφαλείας με εμπλοκή γραναζιών. Έχει ελεγχθεί και πληρεί τις απαιτήσεις των ευρωπαϊκών προδιαγραφών, έχει τη σήμανση CE και το πρότυπο ISO.

Εφόσον κρίθηκε η έρευνα και η αγορά των μερών του μηχανισμού ανύψωσης να γίνει ξεχωριστά για το κάθε κομμάτι, η επιλογή του χειροκίνητου φορείου θα είναι ανεξάρτητη από αυτή του ηλεκτρικού ανυψωτήρα και θα παρουσιαστεί στο επόμενο υποκεφάλαιο. Εναλλακτική λύση θα αποτελούσε να βρεθεί μηχανισμός ανύψωσης που να περιέχει τον ανυψωτήρα και το φορείο μαζί αλλά αυτό δεν προτιμήθηκε.

Ο ηλεκτρικός ανυψωτήρας κινεζικής προελεύσεως που επιλέχθηκε από το εμπόριο για να αναλάβει την άρση και μετακίνηση του ζητούμενου φορτίου των 300kg παρουσιάζεται στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 4.13: Ηλεκτρικός ανυψωτήρας

Η επόμενη φωτογραφία δείχνει τον μηχανισμό προσαρτημένο σε δοκό με πλατύ πέλμα ενώ βρίσκεται σε εργασιακό περιβάλλον.



Εικόνα 4.14: Ηλεκτρικός ανυψωτήρας σε χρήση

4.4.2 Χειροκίνητο φορείο

Μετά την επιλογή του κατάλληλου ηλεκτρικού ανυψωτήρα γίνεται η έρευνα για το χειροκίνητο σύστημα μετάδοσης της κίνησης που είναι προσαρτημένο πάνω του. Το φορείο επιτρέπει την ακριβή τοποθέτηση ή την εύκολη μετατόπιση μεγάλων φορτίων με χειροκίνητο ή μηχανοκίνητο ανυψωτικό εξοπλισμό. Όπως έχει αναφερθεί, όλες οι λειτουργίες του ανυψωτικού γερανού θα είναι χειροκίνητες, οπότε και η έρευνα αυτή επικεντρώνεται σε συγκεκριμένο εύρος εξοπλισμού με ανάλογες απαιτήσεις. Η βασικότερη είναι πως το φορείο αυτό πρέπει να εφαρμόζει στην πλατύπελμη οριζόντια δοκό και να καλύπτει σε διαστάσεις το πλάτος του πέλματος. Ένα αντίστοιχο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 4.15: Χειροκίνητο φορείο

Μερικά από τα χαρακτηριστικά του χειροκίνητου φορείου που θα επιλεγεί για να μεταφέρει τον ηλεκτρικό ανυψωτήρα (παλάγκο) μαζί με το φορτίο είναι τα εξής: Έχει εξαιρετικά χαρακτηριστικά κύλισης που οφείλονται σε μηχανικά κατεργασμένες ρόδες χάλυβα. Είναι ρυθμιζόμενο να χωρέσει σε ένα ευρύ φάσμα πλάτους πέλματος της δοκού, κάτι το οποίο αναφέρθηκε να είναι πολύ σημαντικό. Επίσης, οι ρόδες του φορείου είναι σχεδιασμένες για μέγιστη κλίση της δοκού κατά κάποιο ποσοστό (συνήθως 10-14%).

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται οι τεχνικές πληροφορίες του χειροκίνητου φορτίου που βρέθηκε στο εμπόριο και πρόκειται να τοποθετηθεί στην κατασκευή του γερανού.

<u>Τεχνικά Στοιχεία</u>	
Ανυψωτική ικανότητα	500kg
Πλάτος πέλματος δοκού	50 – 220 mm
Μέγιστο πάχος πέλματος	25mm
Βάρος	8kg

Πίνακας 4.2: Τεχνικά στοιχεία φορείου

Από κατάλογο με ανυψωτικό εξοπλισμό επιλέγεται χειροκίνητο φορείο με δυνατότητα ανύψωσης τα 500kg, το ελαφρύτερο δηλαδή που είναι καταχωρημένο. Επιβεβαιώνεται πως εφαρμόζει στη δοκό με πλατύ πέλμα, η οποία έχει πλάτος πέλματος 186mm και πάχος πέλματος 24mm. Μεγάλο πλεονέκτημα αποτελεί το βάρος του φορείου που ανέρχεται μόλις στα 8kg.



Εικόνα 4.16: Χειροκίνητο φορείο

Υπάρχουν εκδόσεις του χειροκίνητου φορείου όπως είναι αυτή με ανθεκτικότητα στην διάβρωση, καθώς και επιπλέον δυνατότητες ρυθμίσεων του εξοπλισμού. Η παραπάνω εικόνα δείχνει το φορείο με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που έχουν αναφερθεί.

4.4.3 Γάντζος φορτίου

Αμέσως μετά την εκλογή και του χειροκίνητου φορείου πρέπει να βρεθεί και ένας γάντζος φορτίου που θα προσαρτηθεί στο φορείο και θα “κουμπώσει” μέσα στον ηλεκτρικό ανυψωτήρα. Απαραίτητη προϋπόθεση βέβαια είναι να φέρει με ασφάλεια το φορτίο των 300kg που είναι το ζητούμενο. Ο συγκεκριμένος γάντζος που βρέθηκε στο εμπόριο παρουσιάζει ανύψωση φορτίου με ασφάλεια μέχρι 750kg.



Εικόνα 4.17: Γάντζος φορτίου

Κόστος αγοράς:

Ηλεκτρικός ανυψωτήρας	Τεμάχια: 1	Τιμή: 68,65 €
Χειροκίνητο φορείο	Τεμάχια: 1	Τιμή: 65,00 €
Γάντζος φορτίου	Τεμάχια: 1	Τιμή: 1,48 €
	ΣΥΝΟΛΟ:	135,13 €

4.5 ΚΟΣΤΟΣ ΑΛΛΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

4.5.1 Έδρανο κυλίσεως

Εφόσον ολοκληρώθηκε η μελέτη για το κόστος των βασικών μερών του ανυψωτικού γερανού, πρέπει πλέον να βρεθεί και το κόστος για τα υπόλοιπα εξαρτήματα που πλαισιώνουν την κατασκευή. Αυτά είναι τα μέσα σύνδεσης και στερέωσης, όπως οι κοχλίες και τα μέσα υποστήριξης της κίνησης, όπως το έδρανο κυλίσεως (ρουλεμάν).

Ένα έδρανο κυλίσεως αποτελείται από τον εσωτερικό δακτύλιο, τα στοιχεία κύλισης (εδώ κωνικοί κύλινδροι), την θήκη των στοιχείων κύλισης και τον εξωτερικό δακτύλιο. Τα παραπάνω στοιχεία συνεργασίας των ρουλεμάν, εκτός από την θήκη, κατασκευάζονται από κραματωμένους χάλυβες υψηλών απαιτήσεων. Λειαινόνται επιφανειακά και υποβάλλονται σε επιφανειακή θερμική κατεργασία με σκοπό να αποκτήσουν σκληρότητα και να μένουν απαραμόρφωτα κατά την λειτουργία τους.

Τα κωνικά έδρανα κυλίσεως, όπως αυτό που θα τοποθετηθεί μέσα στο τμήμα κεφαλής του ανυψωτικού γερανού, φέρουν μεγάλα ακτινικά και αξονικά φορτία με μεταβαλλόμενο μέγεθος φορτίου. Για να λειτουργήσουν ομαλά είναι απαραίτητη η λίπανση τους.



Εικόνα 4.18: Έδρανο κυλίσεως

Στον πίνακα 4.1 παρατίθενται τα τεχνικά στοιχεία του κωνικού εδράνου κυλίσεως που βρέθηκε στην αγορά. Για πρώτη φορά αναφέρονται και τα μέγιστα επιτρεπόμενα φορτία που μπορεί να φέρει με ασφάλεια.

<u>Τεχνικά Στοιχεία</u>	
Τύπος	30207 A
Εσωτερική διάμετρος	35 mm
Δυναμικό επιτρεπόμενο φορτίο	54000 N
Στατικό επιτρεπόμενο φορτίο	59000 N
Διαστάσεις	35 x 72 x 17 (mm)

Πίνακας 4.3: Τεχνικά στοιχεία εδράνου

Οι κύριες διαστάσεις του εδράνου συμφωνούν με το πρότυπο DIN 720. Λεπτομερής έμφαση των στοιχείων κύλισης από το προβλεπόμενο κωνικό ρουλεμάν φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 4.19: Στοιχεία κύλισης

Κόστος αγοράς:

Κωνικό ρουλεμάν 30207 A	Τεμάχια: 1	Τιμή: 17,95 €
-------------------------	------------	----------------------

4.5.2 Κοχλίες M16x45

Στους κοχλίες σύνδεσης χρησιμοποιούνται μόνο τριγωνικής μορφής σπειρώματα και κατασκευάζονται συνήθως από χάλυβα που σπάνε δύσκολα με διαφορετική αντοχή. Χρησιμοποιούνται εκτενώς γιατί έχουν χαμηλό κόστος και τα συνδεόμενα μέρη μπορούν να αποσυναρμολογηθούν πολύ εύκολα. Ο κύριος στόχος τους είναι να παρέχουν εγγυημένη σταθερότητα συνδεσμολογίας.

Η κατασκευή έχει δυο σημεία κοχλιοσύνδεσης, όπου το ένα συνδέει το τμήμα κεφαλής με την οριζόντια δοκό και το δεύτερο συνδέει τα ελάσματα στο άλλο άκρο της. Στις κοχλιώσεις αυτές εφαρμόζουν έξι κοχλίες M16x45 μαζί με τα περικόχλια και τις ροδέλες τους. Πρόκειται για εξάγωνες χαλύβδινες βίδες με μετρικό σπείρωμα, το οποίο καταλαμβάνει όλο τον κορμό (όλο βόλτα). Οι διαστάσεις τους αναγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο της σχεδίασης.



Εικόνα 4.20: Εξάγωνη βίδα μετρικού σπειρώματος

Το περικόχλιο (ή παξιμάδι) είναι απλά ένας χαλύβδινος σωλήνας που φέρει στο εσωτερικό του σπείρωμα, το οποίο ταιριάζει με αυτό του κοχλίου για να μπορούν να συνεργαστούν.

Αν και η ροδέλα έχει ονομασία M16, η εσωτερική της διάμετρος είναι ίση με 17 χιλιοστά και μαζί το περικόχλιο είναι απαραίτητα στις κοχλιώσεις της κατασκευής του ανυψωτικού γερανού επειδή εφαρμόζουν περαστοί κοχλίες.

Κατά τη σύσφιξη ο κοχλίας καταπονείται σε εφελκυσμό, ενώ τα κομμάτια που συνδέει σε θλίψη. Το περικόχλιο επίσης καταπονείται σε θλίψη. Όσο υπάρχει η κοχλίωση οι δυνάμεις που καταπονούν τον κοχλίο είναι θλιπτικές και εφελκυστικές. Το αποτέλεσμα είναι το σπείρωμα να καταπονείται σε κάμψη.



Εικόνα 4.21: Περικόχλια μετρικού σπειρώματος

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τις ονομασίες των τυποποιήσεων κατά τις οποίες είναι καταχωρημένα τα στοιχεία των κοχλιοσυνδέσεων που ορίστηκαν σε αυτό το υποκεφάλαιο. Οι ονομασίες τους, καθώς και οι διαστάσεις που είναι σχεδιασμένα σύμφωνα με τις τυποποιήσεις αυτές αναφέρονται στο κεφάλαιο 2.

Εξάγωνη βίδα M16x45	DIN 933
Περικόχλιο M16	DIN 934
Ροδέλα M16	DIN 125 INOX A2

Πίνακας 4.4: Τυποποιήσεις στοιχείων σύνδεσης

Κόστος αγοράς:

Εξάγωνη βίδα M16x45	Τεμάχια: 6	Τιμή: 3,80 €
Περικόχλιο M16	Τεμάχια: 6	Τιμή: 1,22 €
Ροδέλα M16	Τεμάχια: 6	Τιμή: 0,92 €
	ΣΥΝΟΛΟ:	5,94 €

4.5.3 Κοχλίες M30x120

Η επιλογή των κοχλιών M30x120 έγινε για την σύσφιξη της βάσης του ανυψωτικού γερανού. Στα τεχνικά χαρακτηριστικά δεν διαφέρουν σε τίποτα από τις εξάγωνες βίδες που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Ανήκουν στην κατηγορία των κοχλιών κεφαλής, το υλικό κατασκευής τους είναι χάλυβας υψηλής αντοχής και έχουν τριγωνικό σπείρωμα.

Οι κατασκευαστικές απαιτήσεις έκριναν το μέγεθός των συγκεκριμένων κοχλιών, το οποίο είναι αρκετά μεγάλο και αυτό θα φανεί στο κόστος αγοράς τους. Η τυποποίηση τους είναι ίδια με αυτή των περαστών κοχλιών, δηλαδή κατά DIN 933. Οι διαστάσεις τους καταγράφονται στο κεφάλαιο της σχεδίασης.

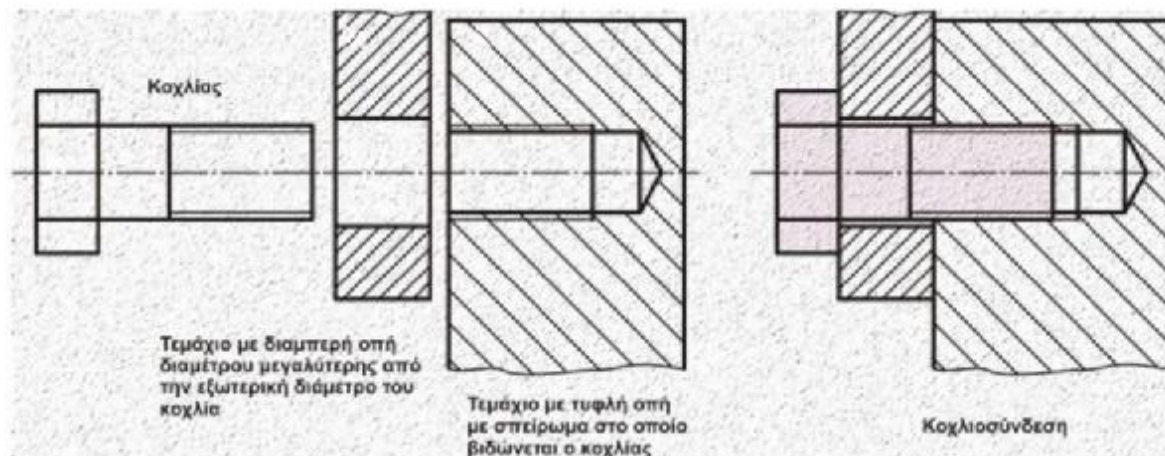


Εικόνα 4.22: Εξάγωνες βίδες μετρικού σπειρώματος

Σημαντικό ζήτημα στην επιλογή των κοχλιών σύσφιξης είναι η αντοχή και η σκληρότητα που θα πρέπει να έχουν ως μηχανικά χαρακτηριστικά. Οι διάφορες κατασκευές, όπως και η συγκεκριμένη του ανυψωτικού γερανού, τείνουν να παραμορφώσουν και να φθείρουν τα μέλη των κοχλιοσυνδέσεων. Υποβάλλονται λοιπόν σε δοκιμές με σκοπό να προσδιοριστούν αυτά τα μηχανικά χαρακτηριστικά. Ανάλογα με τα αποτελέσματα καθιερώνονται σε πρότυπα (πχ. DIN 933 χάλυβας 8.8, DIN 933 χάλυβας 10.9), κοστολογούνται αντίστοιχα και επιλέγονται για τις κατασκευές που είναι κατάλληλοι.

Οι δοκιμές που καθορίζουν τα παραπάνω είναι δοκιμές εφελκυσμού-μέτρηση αντοχής, όπου μετριέται η τάση εφελκυσμού και δοκιμές σκληρότητας, για τις οποίες υπάρχουν τρεις μέθοδοι μέτρησης. Αυτές είναι οι μέθοδοι Brinell, Rockwell και Vickers και έχουν διδαχθεί στο εργαστήριο Μηχανική II – Αντοχή Υλικών.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει τον τρόπο που πραγματοποιείται η κοχλιοσύνδεση ενός κοχλία κεφαλής με τα κομμάτια. Το αριστερό κομμάτι αντιπροσωπεύει την πλάκα βάσης και το δεξί την βάση του ανυψωτικού γερανού. Η πλάκα βάσης δεν έχει εσωτερικό σπείρωμα σε αντίθεση με την βάση, στην οποία σχηματίζεται και συνεργάζεται με το σπείρωμα του κοχλία κεφαλής για να επιτευχθεί η σύσφιξη.



Σχήμα 4.2: Κοχλιοσύνδεση

Ένα βασικό πλεονέκτημα της κοχλιοσύνδεσης είναι ότι αποτελεί λυόμενη σύνδεση, συνεπώς τα κομμάτια μπορούν να συνδεθούν και αποσυνδεθούν όσες φορές χρειάζεται χωρίς να καταστρέφονται ούτε οι κοχλίες ούτε τα κομμάτια. Οπότε η βάση του γερανού και οι κοχλίες μπορούν να αποσυναρμολογηθούν, να αντικατασταθούν και να μετακινηθούν εύκολα και γρήγορα. Επίσης, δεν απαιτεί ούτε ιδιαίτερη δεξιότητα ούτε ειδικά εργαλεία για την πραγματοποίησή της. Τέλος, τα μέσα σύνδεσης κυκλοφορούν στο εμπόριο σε πολλά τυποποιημένα μεγέθη και διάφορες τιμές. Τα δύο βασικά μειονεκτήματα είναι ότι η κοχλιοσύνδεση απαιτεί τρόπο ασφάλισης και ότι η ύπαρξη σπειρώματος στους κοχλίες αδυνατίζει τον κορμό τους με συνέπεια να μειώνεται η αντοχή τους.

Κόστος αγοράς:

Εξάγωνη βίδα M30x120	Τεμάχια: 6	Τιμή: 48,82 €
----------------------	------------	----------------------

4.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ

Η έρευνα στο εμπόριο για τα μέρη του ανυψωτικού γερανού έχει ολοκληρωθεί και βρέθηκε το κόστος αγοράς τους. Τα μέρη αυτά είναι ο σκελετός της κατασκευής του γερανού, η βάση του γερανού, ο μηχανισμός ανύψωσης και τα υπόλοιπα εξαρτήματα όπως το κωνικό ρουλεμάν. Στον πίνακα που ακολουθεί γίνεται η συγκέντρωση του κόστους από τα μέρη αυτά και υπολογίζεται το συνολικό ποσό που πρέπει να δαπανηθεί με σκοπό την κατασκευή του ανυψωτικού γερανού που σχεδιάστηκε και αναλύθηκε με τη βοήθεια προσομοιώσεων.

Ονομασία	Τεμάχια	Τιμή
Πλατύπελμη δοκός	1	108,48 €
Στρογγυλή κοιλοδοκός 1	1	386,46 €
Στρογγυλή κοιλοδοκός 2	1	154,25 €
Λαμαρίνα ST37	2	31,19 €
Βάση στήριξης	1	3.270,84 €
Πλάκα βάσης	1	115,26 €
Ηλεκτρικός ανυψωτήρας	1	68,65 €
Χειροκίνητο φορείο	1	65,00 €
Γάντζος φορτίου	1	1,48 €
Κωνικό ρουλεμάν 30207 A	1	17,95 €
Εξάγωνη βίδα M16x45	6	3,80 €
Περικόχλιο M16	6	1,22 €
Ροδέλα M16	6	0,92 €
Εξάγωνη βίδα M30x120	6	48,82 €
ΣΥΝΟΛΟ:		4.274,32 €

Πίνακας 4.5: Συνολικό κόστος αγοράς

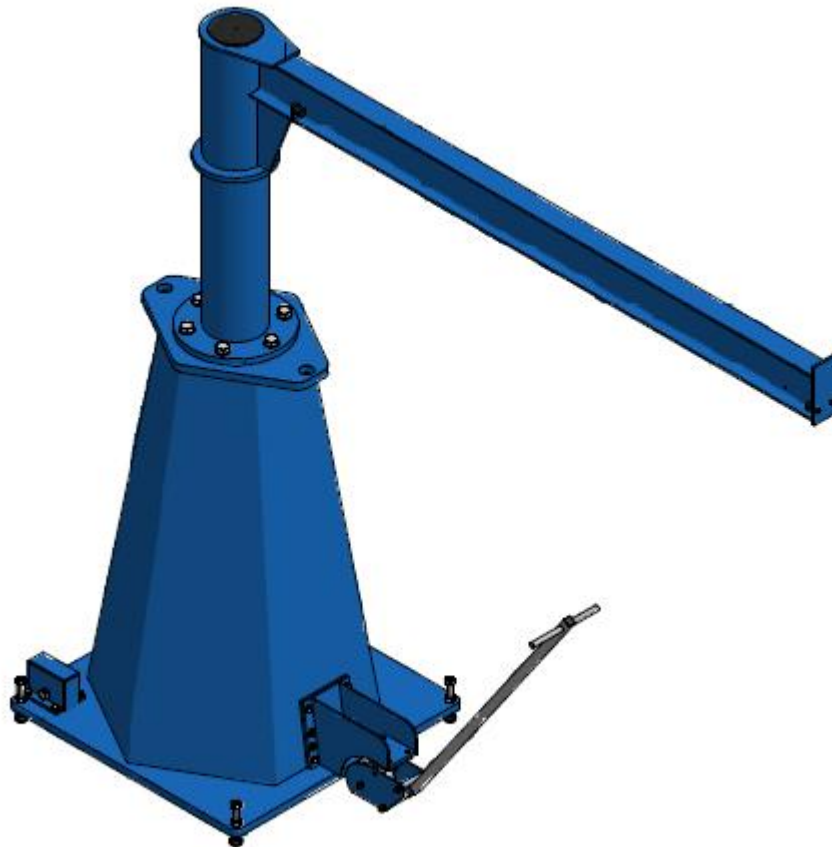
Το τελικό κόστος αγοράς που υπολογίστηκε από τα δεδομένα του πίνακα περιέχει τον φόρο προστιθέμενης αξίας (ΦΠΑ). Επισημαίνεται όμως ότι η παραπάνω τιμή είναι η τιμή κόστους των μερών και εξαρτημάτων του ανυψωτικού γερανού. Δεν αντιπροσωπεύει το τελικό ποσό που πρέπει να δαπανηθεί ώστε ο γερανός αυτός να είναι έτοιμος για λειτουργία. Πρέπει να προστεθούν έξοδα όπως οι εργατοώρες του προσωπικού που θα αναλάβει την εγκατάσταση του ανυψωτικού γερανού, το κόστος της βαφής των μεταλλικών μερών, το κόστος μεταφοράς των αντικειμένων στον εργαστηριακό χώρο και το κόστος των απαραίτητων συγκολλήσεων.

4.7 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΛΥΣΗ ΕΤΟΙΜΟΥ ΓΕΡΑΝΟΥ

4.7.1 Εισαγωγικά

Το τελευταίο σκέλος της οικονομοτεχνικής μελέτης αφορά τη σύγκριση του συνολικού κόστους αγοράς που υπολογίστηκε προηγουμένως ενάντια στην αξία αγοράς ενός έτοιμου ανυψωτικού γερανού με τα πλησιέστερα χαρακτηριστικά από το εμπόριο. Βρέθηκε γερανός και δόθηκε προσφορά για αυτόν από εταιρία με τομέα δραστηριότητας τις ανυψωτικές εφαρμογές, η οποία παρέχει υπηρεσίες σε κατασκευαστικές βιομηχανίες, μεταποιητικές βιομηχανίες, ναυπηγεία, λιμένες και τερματικούς σταθμούς.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η μορφή του κινητού ανυψωτικού γερανού. Μπορεί να εμφανίζει μεγάλες διαφορές με το μοντέλο της εργασίας που σχεδιάστηκε από κατασκευαστικής μορφής, παρόλα αυτά η χρησιμότητα του είναι σχεδόν η ίδια. Παρακάτω θα αναφερθούν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της λύσης αυτής, καθώς επίσης και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της.



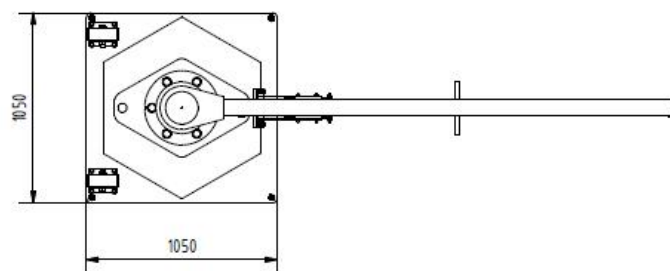
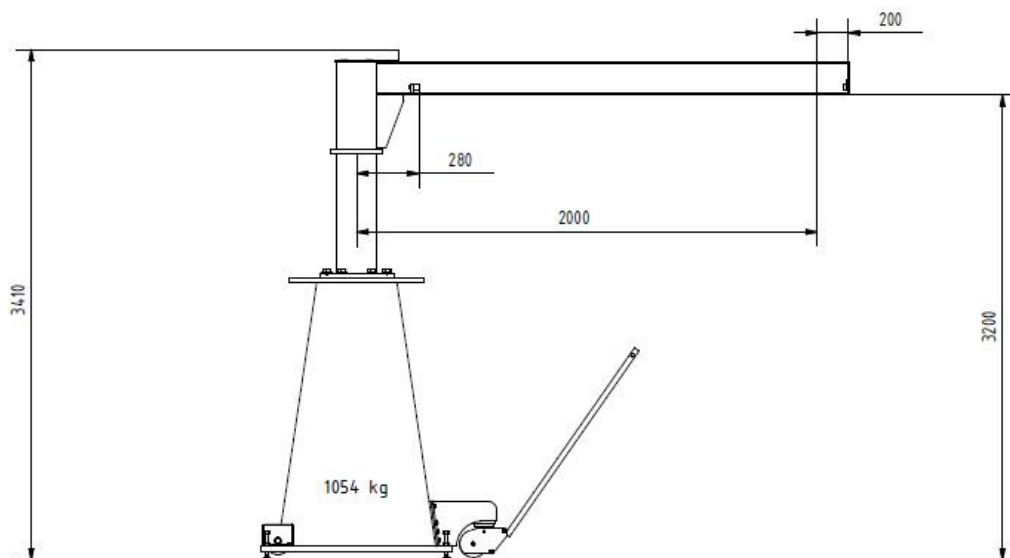
Εικόνα 4.22: Κινητός ανυψωτικός γερανός

4.7.2 Γενικά χαρακτηριστικά

Η προσφορά που δόθηκε από την αγορά αφορά κινητό γερανό με περιστρεφόμενο βραχίονα, υπάγεται στα τελευταία πρότυπα και κανονισμούς όπως ο EN 13001 και είναι κατάλληλος για εσωτερική λειτουργία με δυνατότητα ανύψωσης τα 300kg, όπως ακριβώς και το μοντέλο της παρούσας εργασίας.

Η κατασκευή αυτή περιλαμβάνει κατάλληλη χημική επίστρωση του σκελετού για εσωτερικούς χώρους λειτουργίας, με συγκεκριμένη κατηγορία διάβρωσης. Η επένδυση αυτή γίνεται με αμμοβολή. Η πλήρωση υλικού της κολόνας του κινητού γερανού γίνεται με σφαιρίδια από χάλυβα. Περιλαμβάνεται και το σύστημα μετάδοσης κίνησης μαζί με τον ενσωματωμένο ηλεκτρικό μηχανισμό ανύψωσης, τα οποία συμφωνούν με τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

Τέλος, ο κινητός γερανός συνοδεύεται με τα κατάλληλα πρότυπα έγγραφα που παρέχουν λεπτομερείς οδηγίες τοποθέτησης, οδηγίες λειτουργίας, τη δήλωση συμμόρφωσης με τη σήμανση CE και το πιστοποιητικό του γερανού.



Σχήμα 4.2: Σχέδιο κινητού γερανού

4.7.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά

Ακολουθεί ο πίνακας με τις τεχνικές λεπτομέρειες του κινητού γερανού που ζητήθηκε και βρέθηκε έτοιμος προς χρήση στο εμπόριο. Οι διαστάσεις του πίνακα φαίνονται και στο σχήμα με τις δυο όψεις (σχήμα 4.2).

Τύπος	Κινούμενος γερανός
Πρότυπο γερανού	EN 13001
Ακτίνα περιστροφής	360°
Δυνατότητα ανύψωσης	300kg
Μέγιστο βάρος ανυψωτήρα	40kg
Μέγιστη ταχύτητα ανύψωσης	16m/min
Έκταση βραχίονα	2000mm
Ύψος κάτω του βραχίονα	3200mm
Ολικό ύψος	3410mm
Πλάτος πέλματος	82mm
Ελάχιστη απόσταση φορείου από το άκρο του βραχίονα	200mm
Ελάχιστη απόσταση φορείου από την κολόνα στήριξης	280mm
Βάρος γερανού	1054kg

Πίνακας 4.6: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητού γερανού

Παρατίθεται η τιμή καταλόγου του συστήματος ανύψωσης που βρέθηκε στο εμπόριο. Είναι το συνολικό κόστος αγοράς του έτοιμου προς χρήση γερανού για εσωτερικό χώρο. Τα βασικά χαρακτηριστικά και οι απαιτήσεις του είναι παραπλήσια με αυτά που ζητήθηκαν για την σχεδίαση του ανυψωτικού γερανού της Πτυχιακής Εργασίας.

Τιμή καταλόγου:

Κινητός γερανός	6.423,00 €
-----------------	-------------------

4.8 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

4.8.1 Συμπεράσματα

Μετά και την εμφάνιση του κόστους αγοράς μιας εναλλακτικής λύσης γερανού, αγορασμένο από το εμπόριο και έτοιμο προς χρήση, μπορούμε πλέον να εξάγουμε πλήρη συμπεράσματα για τον ανυψωτικό γερανό που σχεδιάστηκε και μελετήθηκε. Στη διάρκεια συγγραφής της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας παρατηρήθηκαν ορισμένα στοιχεία τα οποία θα σημειωθούν παρακάτω. Έχουν να κάνουν κυρίως με προτάσεις για βελτίωση του ανυψωτικού γερανού της εργασίας και τη σύγκρισή του με τον κινητό γερανό που βρέθηκε έτοιμος στην αγορά έπειτα από έρευνα.

Σε γενικές γραμμές, σχεδιάστηκε και αναλύθηκε επαρκώς ένα σύστημα ανύψωσης με την προοπτική να κατασκευαστεί και να λειτουργήσει στον εργαστηριακό χώρο των μηχανών CNC του Εκπαιδευτικού Ιδρύματος. Αξίζει να σημειωθεί πως παρόλο που προτιμήθηκε ο γερανός να μην είναι πακτωμένος στο έδαφος, παρουσιάζει ακόμα και με την βάση στήριξης σημαντικά ζητήματα που δημιουργούν προβληματισμό.

Επίσης, με μια γρήγορη ματιά φαίνεται μια σημαντική οικονομική διαφορά μεταξύ των δυο περιπτώσεων των συστημάτων ανύψωσης. Οφείλουν όμως οι περιπτώσεις αυτές να εξεταστούν περαιτέρω και να αξιολογηθούν με περισσότερα κριτήρια, όπως ποιά λύση ταιριάζει περισσότερο και θα έχει επιτυχία στο περιβάλλον που πρόκειται να λειτουργήσει.

4.8.2 Σύγκριση

Η τιμή αγοράς που προέκυψε για την εναλλακτική λύση έτοιμου ανυψωτικού γερανού από το εμπόριο ανέρχεται στα 6.423 € και είναι σαφώς υψηλότερη από το κόστος αγοράς του μοντέλου που σχεδιάστηκε και μελετήθηκε. Με κάθε επιφύλαξη πάντως η διαφορά θα παραμείνει σε παρόμοιο επίπεδο, παρόλο που στις δαπάνες των 4.274 € για τα μέρη του γερανού προστεθούν και τα επιπλέον έξοδα που έχουν σημειωθεί παραπάνω.

Η λύση του έτοιμου κινητού ανυψωτικού γερανού παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Ένα από αυτά, το οποίο είναι και οφθαλμοφανές από την εικόνα 4.22, είναι η δυνατότητά του να κινείται με ευελιξία χωρίς κανέναν απολύτως περιορισμό. Εννοείται βέβαια ότι αναφερόμαστε σε εσωτερικό χώρο και επίπεδο έδαφος. Με τη βοήθεια του μοχλού μπορεί να οδηγηθεί εύκολα και άνετα οπουδήποτε στο χώρο. Μπορεί λοιπόν έτσι να μετακινείται ο ίδιος ο γερανός στα σημεία που βρίσκονται τα αντικείμενα που απαιτείται να ανυψωθούν και έπειτα να αλλάξουν θέση. Η εύχρηστη λύση αυτή γλιτώνει σημαντικό χρόνο από την συνολική διαδικασία και είναι σίγουρα εργονομική.

Εκτός των άλλων, το βάρος του κινητού γερανού είναι αρκετά μικρότερο από αυτό του ανυψωτικού γερανού με την μεγάλη ογκο τετράγωνη βάση στήριξης. Μαζί με το ζητούμενο φορτίο δεν ξεπερνάει τα 1.500kg, τη στιγμή που η βάση στήριξης του μοντέλου της εργασίας ζυγίζει μεμονωμένα λίγο περισσότερο από 2.400kg.

Βέβαια, μια ατυχής και πιθανή ανατροπή του κινητού γερανού κατά την φόρτωσή του μπορεί να αντιστρέψει δραματικά το πλεονέκτημα αυτό με αρνητικό αποτέλεσμα. Ο ανυψωτικός γερανός μπορεί να έχει πολύ μεγάλο βάρος για την ανύψωση μόλις 300 κιλών, αλλά έχει εκ προ μελέτης έχει υπερδιαστασιολογηθεί η βάση στήριξης σε μικρή φυσικά κλίμακα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, το οποίο φάνηκε και στην ανάλυση που προέκυψε στο κεφάλαιο 3, την ενδεχόμενη ανατροπή του μόνο σε περίπτωση που το φορτίο ξεπεράσει τα 1.600kg. Το μέγεθος αυτό είναι πολύ μεγάλο για τα δεδομένα της εργασίας και θεωρείται αδύνατο να πραγματοποιηθεί μια ανατροπή της κατασκευής.

4.8.3 Προτάσεις για βελτίωση

Τα κύρια ερωτηματικά για το μοντέλο του ανυψωτικού γερανού εντοπίζονται στην τετραγωνική βάση στήριξης και τον οριζόντιο βραχίονα. Οφείλουν να σημειωθούν λύσεις με σκοπό να μειωθεί όσο γίνεται δυνατό το βάρος της κατασκευής, η οποία είναι εξ'ολοκλήρου από ανθρακούχο χάλυβα.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα παρατηρείται, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως στην βάση στήριξης. Το μέγεθός της, το βάρος της και το κόστος που προκύπτει για να αγοραστεί κρίνονται σχεδόν απαγορευτικά. Υπολογίστηκε και σχεδιάστηκε φυσικά υπό τυποποιημένες διαστάσεις, οι οποίες είναι καλό να παραμείνουν ως έχουν.

Μια πρόταση για βελτίωση είναι λοιπόν η αγορά και χρήση βάσης στήριξης παραγόμενη από χυτοσίδηρο. Ο χυτοσίδηρος (μαντέμι) είναι κράμα σιδήρου με άνθρακα και περιέχει επίσης σε συγκεκριμένα ποσοστά πυρίτιο, μαγγάνιο, νικέλιο και χρώμιο σε ορισμένες περιπτώσεις. Γενικά, ο χυτοσίδηρος παρουσιάζει χρήσιμες ιδιότητες όπως: χαμηλό κόστος παραγωγής, ευκολία χύτευσης σε συγκεκριμένες διαστάσεις, σχετικά καλή αντίσταση στη φθορά και στη διάβρωση, υψηλή ικανότητα απορρόφησης κραδασμών και σχετικά καλή μηχανική αντοχή. Οι ιδιότητες αυτές αποτελούν ένα μεγάλο κίνητρο για ελάττωση υλικού ανθρακούχου χάλυβα από την βάση στήριξης και πλήρωσής της με χυτοσίδηρο. Αποτέλεσμα θα είναι η μείωση του συνολικού βάρους της κατασκευής, καθώς και των συνολικών δαπανών για την αγορά της, ώστε τελικά ο ανυψωτικός γερανός να προσφέρει μια ιδανική λύση στον εργαστηριακό χώρο στον οποίο θα λειτουργεί.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Καρβέλης Ι., Μπαλντούκας Α. και Ντασκαγιάννη Αι., Στοιχεία Μηχανών – Σχέδιο, ΟΕΔΒ, Αθήνα 2006
2. Παπαδόπουλος Χρ., Στοιχεία Μηχανών – Στοιχεία Μεταφοράς Ισχύος, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2009
3. Κερμανίδης Θ., Αντοχή Υλικών, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2009
4. Kittl W. and Wolfgang S., Στοιχεία Ανυψωτικών Μηχανών, Ευρωπαϊκές Τεχνολογικές Εκδόσεις, 1996
5. Στεργίου Κ. και Στεργίου Ι., Ανυψωτικά και Μεταφορικά Μηχανήματα, Σύγχρονη Εκδοτική, 2006
6. <http://www.britannica.com/>
7. <http://www.cam.tuc.gr/>
8. <http://www.ccsarrow.com/>
9. <http://www.cisco-eagle.com/>
10. <http://www.cranes-uk.com/>
11. <http://www.cranewerks.com/>
12. <http://www.ehpope.com/>
13. <http://www.e-metallon.gr/>
14. <http://www.en.wikipedia.org>
15. <http://www.fzc11oktomvri.com.mk/en/>
16. <http://www.jherbertcorp.com/>
17. <http://www.konecranes.gr/>
18. <http://www.kordelos.gr>
19. <http://www.medias.schaeffler.de>

20. <http://www.mie.uth.gr/>
21. <http://www.ritchiewiki.com/>
22. <http://www.sidenor.gr/>
23. <http://www.solidcomponents.com/>
24. <http://www.solidworks.com/>
25. <http://www.spanco.com>
26. <http://www.stafilopatis.gr/>
27. <http://www.towercrane-china.com>
28. <http://www.tracepartsonline.net/>
29. <http://www.tsamouris.gr/>
30. <http://www.viemetal.gr/>
31. <http://www.wisegEEK.com/>