

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΥ ΓΕΡΑΝΟΥ 3 tons ΜΕ ΒΡΑΧΙΟΝΑ



ΟΝΟΜΑ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΔΗΜΑΣ ΦΙΛΙΠΠΟΣ

ΟΝΟΜΑ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΟΣ: ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2018

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μελέτη αποτελεί πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αποτελεί την στατική μελέτη και την σχεδίαση ενός γερανού με βραχίονα, ανυψωτικής ικανότητας 3 τόνων.

Ο γερανός με βραχίονα αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της βιομηχανίας και των μεταφορών, δημιουργεί τεράστια αύξηση της παραγωγικότητας και ασφάλεια των εργαζομένων, χάρης στην ευκολία ανύψωσης των αντικειμένων, συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στην ραγδαία βιομηχανική πρόοδο κατά την πάροδο του χρόνου. Για το λόγο αυτόν σχεδιάζονται συνεχώς καινούριοι γερανοί και εξελίσσονται οι υπάρχοντες.

Η μελέτη αυτή ξεκινά με τον στατικό υπολογισμό των βασικών μελών του γερανού, συνεχίζει με την αντοχή αυτών, καθώς και με την αντοχή των συγκολλήσεων και των εδράνων που θα τοποθετηθούν, καταλήγοντας στον λεπτομερή σχεδιασμό τους. Το αποτέλεσμα είναι ο σχεδιασμός ενός γερανού ικανού να εκπληρώσει το σκοπό σχεδίασης του και με περιθώρια βελτίωσης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου για την στήριξη που μου πρόσφεραν από την αρχή μέχρι την ολοκλήρωση της μελέτης αυτής, καθώς και τον καθηγητή μου Γιαννόπουλο Ανδρέα ο οποίος ήταν δίπλα μου διαρκώς καθοδηγώντας με και βοηθώντας με σε οποιαδήποτε δυσκολία.

Δήμας Φίλιππος

Δεκέμβρης 2018

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

Στην παρούσα μελέτη γίνεται στατικός υπολογισμός αντοχής του Γερανού και στην συνέχεια έλεγχος των συγκολλήσεων και επιμέρους εξαρτημάτων. Το ύψος του στύλου είναι 3 μέτρα και του βραχίονα 2.5 μέτρα. Ο γερανός είναι σταθερά συνδεδεμένος με το δάπεδο από μπετόν με κοχλίες. Η βάση του στύλου περιλαμβάνει ενισχυτικά νεύρα. Ο βραχίονας έχει την δυνατότητα οριζόντιας περιστροφής. Τοποθετείται βαρούλκο με κινητήρα ηλεκτροκίνητο που επιτρέπει την ανάρτηση των φορτίων έως και 3 τόνων με άγκιστρο που φέρει στο κάτω μέρος του. Το φορείο του βαρούλκου είναι τυποποιημένο του εμπορίου και υπάρχουν τα λεπτομερή σχέδια και χαρακτηριστικά του. Στο τέλος γίνονται τα κατασκευαστικά σχέδια του γερανού με όλες τις λεπτομέρειες και διαστάσεις.

Η μελέτη ξεκινά με τις βασικές προδιαγραφές οι οποίες είναι το ύψος του στύλου το μήκος του βραχίονα και το φορτίο ανάρτησης. Γίνεται στατικός υπολογισμός των δυνάμεων που δημιουργούνται με την κατασκευή να ισορροπεί και το φορτίο να βρίσκεται στην δυσμενέστερη θέση. Υπολογίζονται οι δυνάμεις καθώς και οι ροπές που δημιουργούνται στα 3 βασικά του μέλη, το στύλο το βραχίονα και το υποστήριγμα. Έπειτα επιλέγεται μια τυποποιημένη διάσταση κυλινδρικής διατομής για τον στύλο, μια τυποποιημένη διατομή IPN για την δοκό του βραχίονα η οποία καταπονείται σε κάμψη και διαμορφώνεται μια ίδια για το υποστήριγμα για να ικανοποιήσει τις ανάγκες της κατασκευής. Η αντοχή των διατομών ελέγχεται με κατάλληλες διαδικασίες βάση των γερμανικών κανονισμών. Για τμήματα όπως η πλάκα της βάσης τα οποία φέρουν μεγάλα φορτία έχουν αρκετά μεγάλες διαστάσεις και πάχη ώστε να μην τίθεται θέμα ασφάλειας.

Στην συνέχεια επιλέγονται τα κομμάτια που θα συνδεθούν με συγκολλήσεις μεταξύ τους και ελέγχονται αυτά που πρόκειται να φέρουν τα πιο μεγάλα φορτία. Οι συγκολλήσεις αυτές, είναι μεταξύ του βραχίονα και του υποστηρίγματος, του στύλου και της κεφαλής η οποία θα επιτρέψει την οριζόντια περιστροφή η πλάκα του υποστηρίγματος όπου θα τοποθετηθεί ο εξοπλισμός περιστροφής και φυσικά η σύνδεση του στύλου με την πλάκα της βάσης. Επιλέγεται δηλαδή το είδος ραφής, το μήκος αυτής και το πάχος της και γίνεται υπολογισμός καθεμιάς από αυτές στα αντίστοιχα φορτία που ασκούνται σε αυτές.

Απαραίτητα εξαρτήματα που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή όπως τα ρουλεμάν, επιλέγονται βάσει των απαιτήσεων της κατασκευής και αφού γίνει έλεγχος της αντοχής τους γίνεται επιλογή τυποποιημένων του εμπορίου. Το βαρούλκο της κατασκευής θα είναι έτοιμο του εμπορίου.

Τέλος γίνεται η τρισδιάστατη σχεδίαση και απεικόνιση αυτών μέσω του προγράμματος solidworks και στην συνέχεια κατασκευάζονται μέσω αυτού τα λεπτομερή σχέδια των μελών αυτών. Το αποτέλεσμα της μελέτης είναι η κατασκευή ενός γερανού με βραχίονα ικανό να ανυψώσει φορτίο 3 τόνων και με δυνατότητες περαιτέρω βελτίωσης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΓΕΡΑΝΟΥΣ

1.1	Ο γερανός και η ιστορία του.....	(1)
1.2	Κατηγορίες γερανών.....	(2)
1.2.1	Κινητοί γερανοί	(3)
1.2.2	Γερανογέφυρες.....	(4)
1.2.3	Πυργογερανοί	(5)
1.2.4	Γερανός βραχίονα.....	(6)
1.3	Κατηγορίες γερανών με βραχίονα.....	(6)
1.3.1	Γενικά.....	(6)
1.3.2	Γερανοί σταθμού εργασίας	(7)
1.3.3	Γερανοί βραχίονα τύπου κατάρτι.....	(8)
1.3.4	Γερανοί βραχίονα τοποθετούμενοι σε στύλο.....	(9)
1.3.5	Γερανοί βραχίονα τοποθετούμενοι σε τοίχο.....	(11)
1.3.6	Ειδικοί γερανοί βραχίονα.....	(12)

2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

2.1	Προδιαγραφές πριν τον σχεδιασμό	(15)
2.2	Υλικό	(16)
2.3	Δεδομένα σχεδιασμού.....	(17)
2.4	Μελέτη φορτίων και αντοχών.....	(18)
2.4.1	Μελέτη βραχίονα.....	(19)
2.4.2	Μελέτη στύλου.....	(23)
2.4.3	Μελέτη υποστηρίγματος.....	(27)

2.5	Έλεγχος συγκολλήσεων	(28)
2.5.1	Γενικά.....	(28)
2.5.2	Συγκόλληση υποστηρίγματος και βραχίονα.....	(29)
2.5.3	Συγκόλληση πλάκας υποστηρίγματος	(33)
2.5.4	Συγκόλληση βάσης	(35)
2.5.5	Συγκόλληση ενισχυτικών νεύρων.....	(37)
2.5.6	Συγκόλληση κεφαλής.....	(38)
2.6	Υπολογισμός εδράνων	(39)
2.6.1	Επιλογή εδράνων πλάκας υποστηρίγματος	(39)
2.6.2	Επιλογή εδράνων πλάκας κεφαλής	(42)

3. Σχεδιασμός

3.1	Βραχίονας	(45)
3.2	Λάμες συγκράτησης	(46)
3.3	Πλάκα κεφαλής.....	(47)
3.4	Καπάκι κεφαλής.....	(48)
3.5	Υποστήριγμα	(49)
3.6	Πλάκα υποστηρίγματος.....	(50)
3.7	Δακτύλιος κύλισης	(51)
3.8	Γρανάζια μετάδοσης	(52)
3.9	Στύλος	(53)
3.10	Πλάκα βάσης.....	(54)
3.11	Ενισχυτικά νεύρα.....	(55)
3.12	Βάση στήριξης κινητήρα περιστροφής	(56)
3.13	Άξονας και έδρανο κεφαλής.....	(57)
3.14	Άξονας εδράνων και έδρανα πλάκας υποστηρίγματος.....	(59)

4. ΛΟΙΠΑ ΜΕΡΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

4.1	Μέσα συγκράτησης	(61)
4.1.1	Κοχλίες και περικόχλια	(61)
4.1.2	Βίδες	(63)
4.1.3	Κοχλίες αγκύρωσης	(63)
4.1.4	Δακτύλιος συγκράτησης	(64)
4.2	Σύστημα ανύψωσης	(65)
4.3	Κινητήρας περιστροφής.....	(68)
4.4	Συνδεσμολογία κεφαλής	(68)
4.5	Συνδεσμολογία συστήματος περιστροφής.....	(70)
4.6	Ολοκληρωμένο σχέδιο κατασκευής	(72)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

(73)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

(75)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

(83)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....

(89)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το αντικείμενο της παρούσας μελέτης που είναι ο σχεδιασμός ενός περιστρεφόμενου γερανού βραχίονα αποτελεί ένα αντικείμενο με τεράστιο ενδιαφέρον καθώς αποτελεί μια πρόκληση για έναν μηχανικό, ο οποίος καλείται να φτιάξει ένα μηχάνημα όπου θα συμμετέχει ένας συνδυασμός μηχανολογικού και ηλεκτρολογικού μηχανισμού το οποίο θα είναι ήδη εμπορευματοποιημένο και ανταγωνιστικό στην αγορά και πρέπει να πληρεί αυστηρές προδιαγραφές.

Ο συνδυασμός των κλάδων της στατικής και της αντοχής υλικών οι οποίοι απαιτούν πλήρη κατανόηση ώστε να εφαρμοστούν καθώς και ο λεπτομερής σχεδιασμός ο οποίος δεν πρέπει να έχει την παραμικρή απόκλιση από την πραγματικότητα ώστε να λειτουργήσει με ασφάλεια η κατασκευή, ανεβάζουν το επίπεδο δυσκολίας.

Στην παρούσα μελέτη γίνεται προσπάθεια ώστε να δίνονται επεξηγηματικά όλοι οι υπολογισμοί καθώς και οι απαραίτητες επεξηγήσεις ώστε να είναι πλήρως κατανοητό από τον καθένα, για πιο λόγο έγινε με συγκεκριμένο τρόπο ο κάθε σχεδιασμός καθώς και πώς αποφασίστηκε η επιλογή του κάθε εξαρτήματος. Επίσης η πλειοψηφία των διατομών και των εξαρτημάτων είναι τυποποιημένες του εμπορίου και δίνονται απαραίτητες πληροφορίες των προτύπων που ακολουθούν καθώς και ένα παράρτημα με όλα τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν και δεν ενσωματώθηκαν στο κύριο μέρος, ώστε να ανατρέξει ο αναγνώστης σε περίπτωση που χρειαστεί περαιτέρω πληροφορίες.

Για την καλύτερη κατανόηση του αντικειμένου η μελέτη ξεκινά με μια ιστορική αναδρομή για τους γεραμούς καθώς και τα κύρια είδη γεραμών που κυκλοφορούν και στην συνέχεια επικεντρώνεται στους γεραμούς με βραχίονα.. Η τεράστια γκάμα που κυκλοφορεί στην αγορά, οι διαφορετικοί σχεδιασμοί, τα διαφορετικά υλικά και χαρακτηριστικά, αλλά και διαφορετικοί τρόποι πάκτωσης μας κάνουν αμέσως να αντιληφθούμε την σπουδαιότητα αυτού του είδους γεραμού για έναν βιομηχανικό χώρο λόγω της λειτουργικότητας του και για τον λόγο που η χρήση του έχει καθιερωθεί από την αρχή της βιομηχανικής επανάστασης εως και σήμερα, διαρκώς εξελισσόμενο σε όλο αυτό το διάστημα.

Έπειτα, σε σημεία όπου απαιτούνται περαιτέρω γνώσεις για την κατανόηση του θέματος όπως σχετικά με τις συγκολλήσεις, τα έδρανα ολίσθησης, την λειτουργία του βαρούλκου ή οποιοσδήποτε επεξηγήσεις, αυτές δίνονται στην εκάστοτε παράγραφο.

Τελειώνοντας εδώ, όλες οι τυποποιήσεις εξαρτημάτων όπως κοχλίες και ρουλεμάν, δίνονται στο κύριο μέρος της εργασίας και ακολουθεί λεπτομερής σχεδιασμός όλων των εξαρτημάτων τα οποία σχεδιάστηκαν στο τέλος της μελέτης.

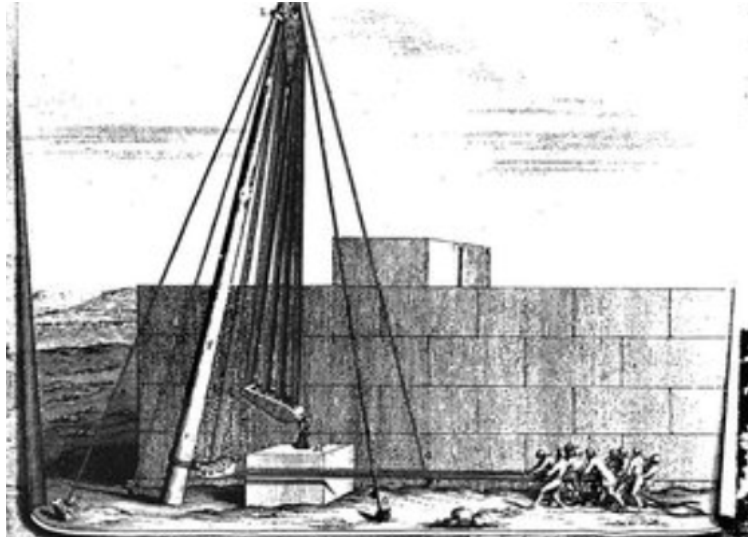
1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΓΕΡΑΝΟΥΣ

1.1 Ο ΓΕΡΑΝΟΣ ΚΑΙ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ

Ο γερανός είναι ένας είδος ισχυρής ανυψωτικής μηχανής η οποία βασιζόμενη στην εφαρμογή μηχανικών αρχών και συνδυάζοντας διάφορους μηχανισμούς όπως τροχαλίες, πολύσπαστα, αλυσίδες, συρματόσχοινα και δοκούς, είναι δυνατόν να ανυψώσει και μεταφέρει βαρέως τύπου αντικείμενα από ένα μέρος σε ένα άλλο.

Οι πρώτοι γερανοί έκαναν την εμφάνιση τους στην Αρχαία Ελλάδα όταν παρουσιάστηκε η ανάγκη για ανύψωση μεγάλων Μνημείων και παλατιών. Οι Αρχαίοι Έλληνες, με την χρήση σχοινιών και τροχαλιών και ξύλινων δοκαριών, και βασιζόμενοι στην αρχή του μοχλού, κατάφεραν να εφεύρουν τους πρώτους οικοδομικούς γεραμούς.

Μετά την εφεύρεση του η χρήση του εξαπλώθηκε στην Αίγυπτο και στην Ρώμη όπου και εξακολούθησε να χρησιμοποιείται ως οικοδομικός γερανός του οποίου το μηχανικό πλεονέκτημα διαρκώς εξελισσόταν με διάφορους μηχανισμούς. Ένας τέτοιος γερανός φαίνεται στην εικόνα 1.1



Εικόνα 1.1: Μονόκωλος ανυψωτική μηχανή στην βυζαντινή περίοδο

Σημείο αναφοράς στην εξέλιξη του αποτελεί η βιομηχανική επανάσταση , όπου ο σχεδιασμός του γερανού εξελίχθηκε για να καλύψει τις βιομηχανικές ανάγκες στους χώρους αυτούς καθώς και στα λιμάνια.

Πλέον στην σύγχρονη εποχή τα είδη των γερανών ποικίλουν και με διάφορα επιμέρους συστήματα επιτυγχάνονται σύνθετες τεχνικές ανύψωσης και γερανοί με πολύ μεγάλο μηχανικό πλεονέκτημα.

1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΕΡΑΝΩΝ

Οι Κατηγορίες των γερανών που μπορούμε να συναντήσουμε ποικίλουν ανάλογα με την εργασία που πρόκειται να εκτελεστεί, τον χώρο στον οποίο πρέπει να λειτουργήσει καθώς και το βάρος το οποίο πρέπει να ανεγερθεί. Μπορεί κανείς να τους συναντήσει τοποθετημένους πάνω σε σταθερά μέρη, (είτε αυτά βρίσκονται στο έδαφος , είτε σε ένα ψηλό σημείο κάποιας κατασκευής), τοποθετημένους πάνω σε κινητά μέρη ή να είναι ακόμη και αυτοκινούμενοι. Παρακάτω ακολουθούν μερικοί ευρέως διαδεδομένοι τύποι γερανών.

1.2.1 Κινητοί γερανοί

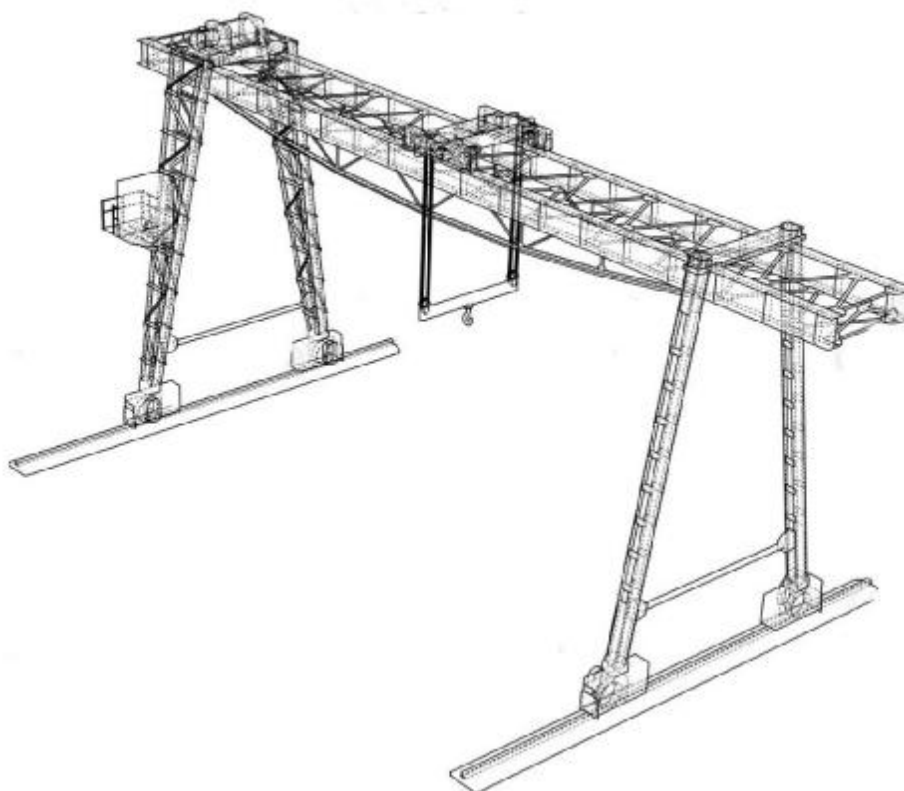
Είναι οι γερανοί αυτοί οι οποίοι έχουν σχεδιαστεί για να μπορούν να μεταφερθούν εύκολα σε μια τοποθεσία για την εκτέλεση της εκάστοτε εργασίας. Οι γερανοί αυτοί είναι είτε αυτοκινούμενοι (με ελαστικά ή ερπύστριες) είτε τοποθετημένοι πάνω σε κάποιο όχημα (ένα φορτηγό ή ένα πλοίο) για να διευκολυνθεί η μεταφορά τους. Μπορεί να χρειάζονται κάποια εγκατάσταση αλλά μπορεί και να μην χρειάζονται. Οι γερανοί αυτοί έχουν ένα βραχίονα (πτυσσόμενο ή όχι), στο τέλος του οποίου υπάρχει ένα άγκιστρο πιασμένο με συρματόσχοινο. Στην εικόνα 1.2 παρακάτω, έχουμε ένα παράδειγμα κινητού γερανού.



Εικόνα 1.2: Τηλεσκοπικός γερανός ανώμαλου εδάφους

1.2.2 Γερανογέφυρες

Οι γερανογέφυρες είναι ένας τύπος εναέριου γερανού. Αποτελείται από παράλληλους διαδρόμους και μια κινητή γέφυρα κινούμενη πάνω σε σιδηροτροχιές στην οποία τοποθετείται ένας ανυψωτήρας. Οι γερανογέφυρες έχουν χρήση σε εσωτερικούς βιομηχανικούς χώρους (συνήθως στηριζόμενες πάνω στην δομή ενός κτηρίου ή σε πυλώνες που καταλήγουν πάνω σε ρόδες) καθώς και σε χώρους όπου εκτελούνται πολύ βαριές εργασίες όπως εργοτάξια, ναυπηγεία και σταθμοί φόρτωσης. Είναι οι γερανοί με την μεγαλύτερη ανυψωτική ικανότητα, με επίσημη καταγεγραμμένη ανύψωση 20046 τόνων και ανυψωτική ικανότητα έως και 80 μέτρων. Στην παρακάτω εικόνα του σχήματος 1.3, βλέπουμε μια γερανογέφυρα φόρτωσης αντίστοιχη με αυτές σε χώρους φόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων.



Εικόνα 1.3: Γερανογέφυρα φόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων

1.2.3 Πυργογερανοί

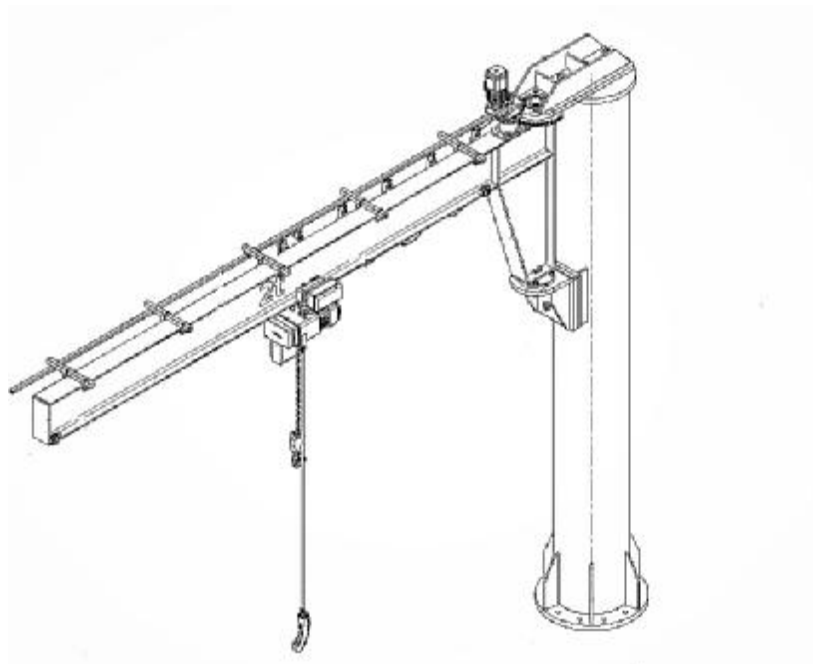
Οι πυργογερανοί ή αλλιώς οικοδομικοί γερανοί, χρησιμοποιούνται εκτενώς στον κατασκευαστικό τομέα για την ανύψωση και μετακίνηση υλικών, με σκοπό την κατασκευή ψηλών κτιρίων. Συνήθως τοποθετούνται στο έδαφος, σε μια πλάκα από τσιμέντο και δίνουν τον καλύτερο συνδυασμό ύψους και ανυψωτικής ικανότητας. Τα κύρια τμήματα από τα οποία αποτελείται ένας πυργογερανός, είναι η κύρια δοκός, η οριζόντια δοκός (ο βραχίονας), το αντίβαρο το οποίο τοποθετείται στο ένα άκρο της οριζόντιας δοκού (συνήθως από πλάκες τσιμέντου), η καμπίνα του χειριστή (αν ο χειρισμός δεν γίνεται με τηλεχειριστήριο από το έδαφος) και το συγκρότημα του βαρούλκου. Στην παρακάτω εικόνα 1.4 ακολουθεί παράδειγμα ενός πυργογερανού.



Εικόνα 1.4: Πυργογερανός

1.2.4 Γερανός Βραχίονα

Ένας γερανός βραχίονα, είναι ένας τύπος γερανού όπου ένα οριζόντιο μέλος (βραχίονας), που υποστηρίζει έναν κινητό ανυψωτήρα, είναι στερεωμένο σε έναν τοίχο, ή σε έναν πυλώνα τοποθετημένο στο δάπεδο ή με οποιοδήποτε άλλο τρόπο. Οι γερανοί βραχίονα χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικούς χώρους κυρίως. Είναι το είδος γερανού με το οποίο θα ασχοληθούμε εκτενέστερα στα παρακάτω κεφάλαια. Στην εικόνα 1.5 ακολουθεί ένα συνηθισμένο μοντέλο γερανού βραχίονα.



Εικόνα 1.5: Γερανός βραχίονα

1.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΕΡΑΝΩΝ ΜΕ ΒΡΑΧΙΟΝΑ

1.3.1 Γενικά

Η σημερινή βιομηχανία απαιτεί ευέλικτο, αποτελεσματικό και οικονομικά αποδοτικό εξοπλισμό, ενώ ταυτόχρονα, παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία και σημαντική

εξοικονόμηση μέσω της αυξημένης παραγωγικότητας. Ένας γερανός με βραχίονα μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του χειρισμού υλικών και της ροής εργασίας. Οι γερανοί με βραχίονα είναι οικονομική λύση για κίνηση υλικών σε ένα μεμονωμένο σταθμό εργασίας, για την μεταφορά υλικών από χώρο εργασίας σε χώρο εργασίας ή μπορούν να χρησιμεύσουν ως βοηθητικές συσκευές ανύψωσης κάτω από γερανογέφυρες.

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν μερικά από τα πιο διαδεδομένα είδη γερανών βραχίονα που κυκλοφορούν και θα γίνει λόγος για τις διαφορετικές τους ιδιότητες. Οι τύποι που κυκλοφορούν ποικίλουν ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής, την διαθέσιμη δομή (αν υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης σε υπάρχουσα δομή, ή πρέπει να δημιουργηθεί), τον τρόπο σταθεροποίησης, την ικανότητα ανύψωσης, τον τρόπο λειτουργίας (μηχανοκίνητο, χειροκίνητο ή συνδυασμό), το κόστος αγοράς και εγκατάστασης, καθώς και άλλους παράγοντες, οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψιν ώστε να γίνει η καλύτερη δυνατή επιλογή.

1.3.2 Γερανοί βραχίονα σταθμού εργασίας

Οι γερανοί βραχίονα είναι ελαφριές κατασκευές με σχετικά μικρή ικανότητα ανύψωσης. Τοποθετούνται ακριβώς στο σημείο των εργασιών και τις περισσότερες φορές δεν χρειάζονται οπλισμένο σκυρόδεμα παρά μια απλή πάκτωση της βάσης στο υπάρχον σκυρόδεμα. Η υποστήριξη στο πάνω μέρος προσδίδει αρκετά μεγάλο μήκος βραχίονα. Η τοποθέτησή τους είναι εύκολη, το ίδιο και η περιστροφή τους και ο χειρισμός τους που γίνεται με το χέρι. Οι ρόδες του φορείου, που ολισθαίνουν μέσα στην δοκό, προφυλάσσονται από σκόνες και βρωμιές και ολισθαίνουν με μεγαλύτερη άνεση. Πολλές φορές επίσης αντί να διαθέτουν άγκιστρα για πρόσδεση φορτίων, τους συναντάμε με συστήματα κενού αέρος, για ανύψωση κιβωτίων και ηλεκτροδότηση στα άκρα για πρόσδεση διαφόρων εργαλείων. Λόγο των παραπάνω ο τύπος αυτός καθίσταται πολύ οικονομικός και αποδοτικός. Στην εικόνα 1.6 και 1.7 βλέπουμε μερικούς σχεδιασμούς γερανών σταθμού εργασίας.



Εικόνα 1.6: Γερανοί σταθμού εργασίας τοποθετημένοι σε στύλο

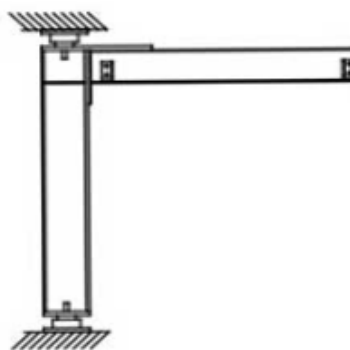


Εικόνα 1.7: Γερανοί σταθμού εργασίας τοποθετημένοι στον τοίχο

1.3.3 Γερανοί βραχίονα τύπου κατάρτι

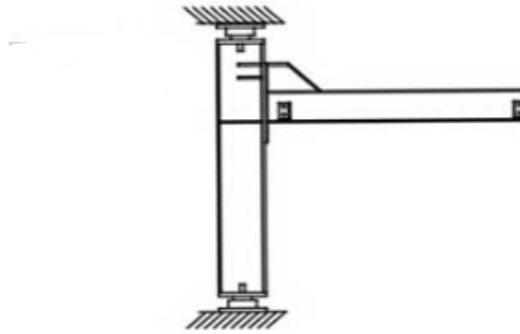
Οι γερανοί βραχίονα τύπου κατάρτι, αποτελούνται από μια κύρια δοκό και έναν βραχίονα τύπου Η ή Ι. Η κύρια δοκός στηρίζεται στο πάνω μέρος της και στο δάπεδο και με την βοήθεια διαφόρων τύπων εδράνων έχει την ικανότητα περιστροφής 360°. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους αντίστοιχης ανυψωτικής ικανότητας, είναι ότι δεν χρειάζεται η δημιουργία της βάσης στήριξης από το οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο έχει πολύ υψηλό κόστος.

Στην εικόνα 1.8 απεικονίζεται ένας γερανός τύπου κατάρτι του οποίου ο βραχίονας είναι τοποθετημένος στο ψηλότερο σημείο της δοκού έτσι ώστε να γίνει η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση χώρου, κάτω από τον βραχίονα.



Εικόνα 1.8: Γερανός τύπου κατάρτι με ανώτατο ύψος βραχίονα

Στην εικόνα 1.9 βλέπουμε έναν άλλο είδος βραχίονα τύπου κατάρτι ίδιο με τον προηγούμενο, με την μόνη διαφορά ότι γίνεται υποστήριξη του βραχίονα με πλευρικές πλάκες πάνω στην δοκό, οι οποίες επιτρέπουν την τοποθέτηση σε αυτή, πάνω σε ένα καθορισμένο σημείο, έτσι ώστε να γίνει αποφυγή διαφόρων εμποδίων στο πάνω μέρος.

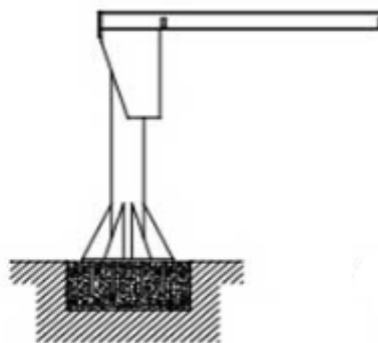


Εικόνα 1.9: Γερανός τύπου κατάρτι με μεταβλητό ύψος βραχίονα

1.3.4 Γερανοί βραχίονα τοποθετούμενοι σε στύλο

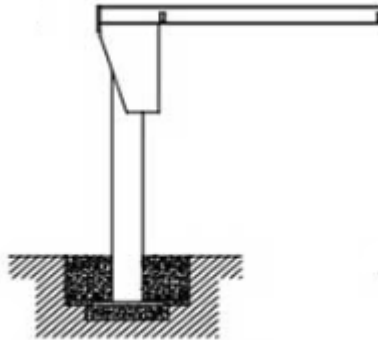
Οι Γερανοί βραχίονα τοποθετούμενοι σε στύλο, συναντώνται τόσο σε κλειστούς όσο και ανοιχτούς χώρους, πολλές φορές κάτω από γερανογέφυρες, σταθμούς φόρτωσης και συναρμογής εξαρτημάτων ή σε μέρη όπου εξυπηρετούν πολλούς σταθμούς εργασίας. Η δοκός του στύλου είναι τετράγωνη ή στρογγυλή και του βραχίονα τύπου Η ή Ι. Έχουν μεγάλη ανυψωτική ικανότητα σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους και μπορούν να έχουν μηχανοκίνητη κίνηση φορείου και περιστροφής. Οι τρόποι τοποθέτησής τους είναι οι εξής:

- Στην εικόνα 1.10 φαίνεται ένας γερανός του οποίου η κύρια δοκός είναι προσκολλημένη σε μια βάση στήριξης, η οποία με την σειρά της στερεώνεται σε μια βάση οπλισμένου σκυροδέματος με κοχλίες αγκύρωσης. Η μέθοδος αυτή είναι η πιο διαδεδομένη σε περίπτωση που δεν υπάρχει κάποιος άλλος περιοριστικός παράγοντας.



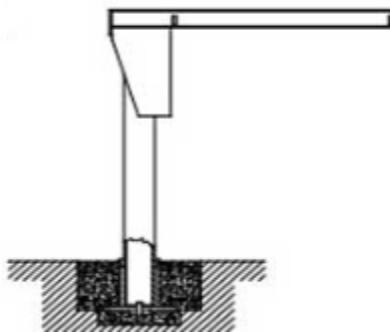
Εικόνα 1.10: Γερανός τοποθετημένος πάνω σε πλάκα βάσης

- Η βάση του γερανού συγκολλάται σε μία πλάκα, έπειτα, τοποθετείται πάνω μια πρώτη στρώση σκυροδέματος στο ύψος που θέλουμε να σταθεί ο γερανός και αγκυρώνεται. Στην συνέχεια μια δεύτερη στρώση οπλισμένου σκυροδέματος την καλύπτει μέχρι το επίπεδο του δαπέδου. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι εξασφαλίζεται πλήρως η χρήση του χώρου εργασίας, σε περίπτωση που η βάση εμπόδιζε. Η απεικόνιση του ακολουθεί στην παρακάτω εικόνα 1.11



Εικόνα 1.11: Γερανός θεμελιωμένος

- Η διαδικασία τοποθέτησης είναι ίδια με τον θεμελιωμένο γερανό , με την μόνη διαφορά ότι δεν γίνεται θεμελίωση του κύριου κορμού του γερανού αλλά μιας δοκού η οποία θα χρησιμοποιηθεί σαν μανίκι και στην συνέχεια θα γίνει ένθεση του στύλου του γερανού και συγκόλληση του. Η μέθοδος αυτή πέρα από το ότι επιτρέπει την χρήση του εδάφους γύρω από τον γερανό, δίνει την δυνατότητα για την επανατοποθέτηση του γερανού σε άλλο σημείο στο μέλλον. Το είδος του γερανού αυτού φαίνεται στην εικόνα 1.12

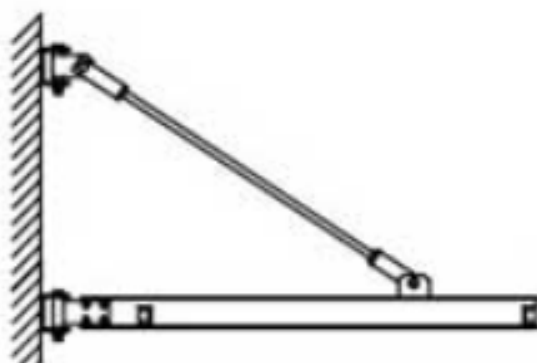


Εικόνα 1.12: Γερανός με ένθεση στύλου μέσα σε μανίκι

1.3.5 Γερανοί βραχίονα τοποθετούμενοι στο τοίχο

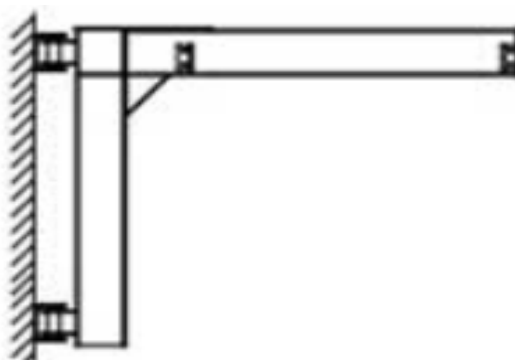
Οι γερανοί αυτού του τύπου, τοποθετούνται στον τοίχο είτε αυτός είναι από σκυρόδεμα είτε είναι κάποια μεταλλική δοκός η οποία στηρίζει το κτήριο, με την προϋπόθεση ότι η δομή στήριξης θα αντέξει τις δυνάμεις που θα δημιουργηθούν και επιτρέπουν ανάλογα την στήριξη, μέχρι και 220° περιστροφή. Με την μέθοδο αυτή, δεν δεσμεύεται χώρος στο έδαφος και δεν απαιτούνται επιπλέον έξοδα δημιουργίας βάσης στήριξης.

Ένα τέτοιος γερανός είναι της εικόνας 1.13. Αποτελείται από έναν βραχίονα τύπου H ή I και από μία ράβδο στήριξης η οποία την συγκρατεί. Η μέθοδος αυτή είναι η πλέον οικονομικότερη αλλά απαιτεί αρκετό ύψος πάνω από την θέση του βραχίονα ώστε να αναρτηθεί η ράβδος.



Εικόνα 1.13: Βραχίονας τοίχου κρεμασμένος σε ράβδο

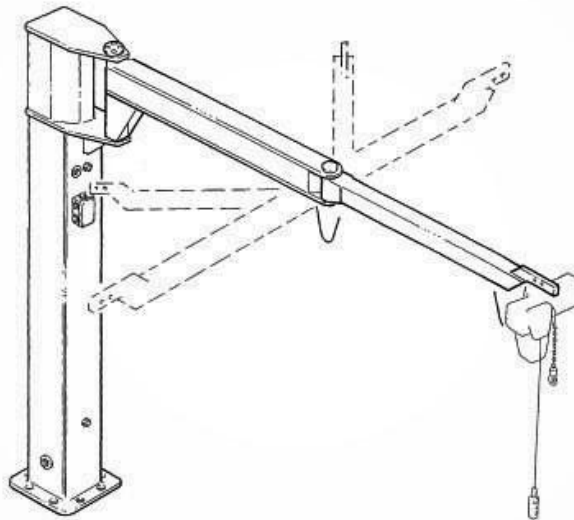
Ο παραπάνω βραχίονας τοίχου, κυκλοφορεί και σε μία άλλη εκδοχή όπως φαίνεται στην εικόνα 1.14 για μέγιστη εκμετάλλευση ύψους.



Εικόνα 1.14: βραχίονας τοίχου μέγιστης εκμετάλλευσης ύψους

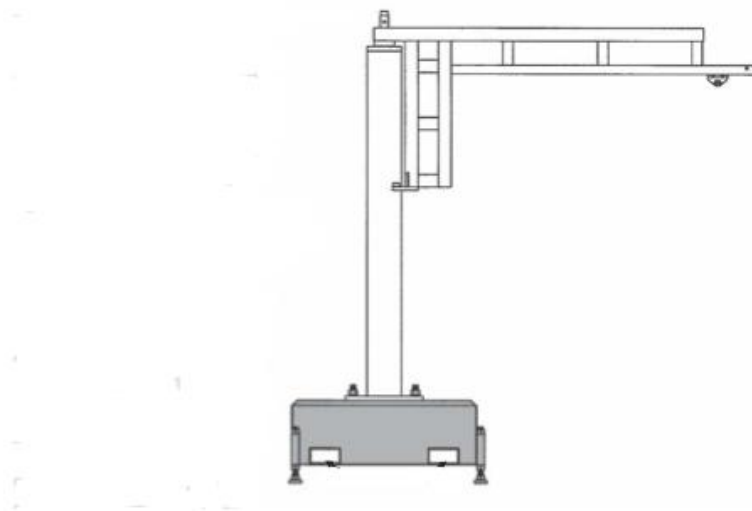
1.3.6 Ειδικοί γερανοί βραχίονα

- Οι **αρθρωτοί βραχίονες** αποτελούν ένα πολύ χρηστικό είδος γερανού. Αποτελούνται από δύο βραχίονες, ο ένας σαν προέκταση του άλλου. Μπορούν να μεταφέρουν φορτία γύρω από γωνίες και κολώνες, να φτάνουν μηχανήματα, να μεταφέρουν αντικείμενα μέσα από ανσανσέρ αφού ο κάθε βραχίονας μπορεί να περιστραφεί 360°. Τα αρθρωτά άγκιστρα μπορούν να είναι γερανός στύλου, τοίχου ή οροφής. Πολλές φορές έχουν συστήματα πεπιεσμένου αέρα και ηλεκτροδότησης για επιπλέον εφαρμογές. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένας αρθρωτός βραχίονας τοποθετημένος σε στύλο.



Εικόνα 1.14: Γερανός στύλου με αρθρωτό βραχίονα

- Οι **κινούμενοι γερανοί**, είναι γερανοί των οποίων ο στύλος έχει τοποθετηθεί σε μία επιπρόσθετη βάση η οποία είναι κινητή λειτουργεί και ως αντίβαρο. Η βάση του γερανού βιδώνεται με κοχλίες πάνω στην επιπρόσθετη βάση. Οι γερανοί αυτοί συνήθως έχουν σχετικά μικρή ανυψωτική ικανότητα, αλλά είναι αρκετά ευέλικτοι και αποδοτικοί, αφού έχουν την δυνατότητα να μεταφερθούν ανά πάσα στιγμή σε διαφορετικό μέρος και ο χειρισμός τους δεν απαιτεί καθόλου δύναμη λόγω του μικρού βάρους τους. Ένας τέτοιου είδους γερανός φαίνεται στην εικόνα 1.15.



Εικόνα 1.15: Γερανός σταθμού εργασίας με κινούμενη βάση

- Οι **γερανοί στύλου με διπλό βραχίονα** αποτελούνται από ένα στύλο και δύο βραχίονες πάνω σε αυτόν. Με αυτό τον τρόπο μπορούν δύο γερανοί να δουλεύουν πάνω στον ίδιο χώρο εργασίας με μία μόνο εγκατάσταση, κάνοντας την εργασία δύο φορές πιο αποδοτική. Επίσης χρησιμοποιούνται σε κάποιο σταθμό εργασίας ή πάνω από κάποια εργαλειομηχανή για την εκτέλεση διαφόρων ειδικών εργασιών και εργασιών που απαιτούν την ταυτόχρονη ανύψωση διαφορετικών αντικειμένων. Πχ την ταυτόχρονη ανύψωση δύο εξαρτημάτων μια συναρμογής και σύνδεση τους.



Εικόνα 1.16: Γερανός στύλου με διπλό βραχίονα

2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

2.1 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Υπάρχουν τρεις σημαντικοί παράγοντες στο σχεδιασμό των γερανών. Πρώτον ο γερανός πρέπει να μπορεί να ανυψώσει το βάρος του φορτίου. Δεύτερον, ο γερανός δεν πρέπει να ανατραπεί. Τρίτον, ο γερανός δεν πρέπει να καταρρεύσει από κάποια αστοχία.

Ο γερανός που πρόκειται να κατασκευαστεί ανήκει στην κατηγορία των σταθερών περιστρεφόμενων με βραχίονα στηριζόμενο σε στύλο και πακτωμένο στο έδαφος. Το φορτίο που θα δεχθεί ο γερανός είναι 3 τόνων και με μια σύντομη έρευνα στους γεραμούς αυτής της ανυψωτικής ικανότητας του εμπορίου, η πλειοψηφία διαθέτει και ένα υποστήριγμα όπως φαίνεται ένας γερανός της εταιρίας Ellsen jib cranes στην εικόνα 2.1.



Εικόνα 2.1: Γερανός βραχίονα με υποστήριγμα

Οπότε αποφασίστηκε και στην δική μας περίπτωση να ενσωματωθεί ένα υποστήριγμα που θα μεταφέρει τα ασκούμενα φορτία και σε χαμηλότερα σημεία του στύλου κάνοντας την κατασκευή πιο εργονομική και ασφαλή και πρόκειται να υπολογιστεί στο κεφάλαιο αυτό. Οι βασικές απαιτήσεις της κατασκευής μας είναι οι εξής:

- § Μέγιστο φορτίο ανύψωσης: 3 tons
- § Ικανότητα περιστροφής: 360⁰
- § Τοποθέτηση Βαρούλκου: Ηλεκτροκίνητου
- § Ύψος στύλου: 3m
- § Μήκος βραχίονα: 2,5m
- § Βάση στύλου: Ενισχυτικά νεύρα
- § Τρόπος στερέωσης: Σε βιομηχανικό δάπεδο με κοχλίες αγκύρωσης

2.2 ΥΛΙΚΟ

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που πρέπει να ληφθεί υπόψιν πριν από τον σχεδιασμό μιας κατασκευής είναι το υλικό το οποίο πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Η επιλογή του κατάλληλου υλικού είναι αυτή που θα μας διασφαλίσει ότι η κατασκευή μας θα φέρει τα φορτία τα οποία πρόκειται να αναπτυχθούν χωρίς να υποστεί οποιαδήποτε ζημιά και θα εκπληρώσει τον σκοπό σχεδιασμού της και φυσικά θα λειτουργήσει με ασφάλεια, χωρίς τον κίνδυνο πρόκλησης κάποιου σοβαρού ατυχήματος.

Επίσης το υλικό είναι αυτό που θα μας διασφαλίσει την ευκολία δημιουργίας της κατασκευής ανάλογα της κατεργασιμότητας και της ευκολίας εύρεσης του στην αγορά και αυτό που θα καθορίσει σημαντικό μέρος του κόστους κατασκευής.

Είναι προφανές ότι λόγω της υψηλής αντοχής σε εφελκυσμό, θλίψη και διάτμηση, λόγω της ανθεκτικότητας σε κάμψη και διάτμηση, και λόγω της ελατότητας, της συγκολλητότητας και της αυξημένης σκληρότητας που έχουν οι δομικοί χάλυβες, σε συνδυασμό με την ευρεία διαθεσιμότητα τους, τους καθιστά ιδανικούς για την συγκεκριμένη κατασκευή.

Πιο συγκεκριμένα, το υλικό κατασκευής θα είναι ο δομικός χάλυβας S235JR κατά τα ευρωπαϊκά πρότυπα και είναι ίδια ποιότητας με τον St37 βάσει του γερμανικού κανονισμού, ο οποίος είναι ευρέως διαθέσιμος στην αγορά, είναι κατεργάσιμος και έχει χαμηλό κόστος.

2.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Παρακάτω ακολουθεί ένα φύλο υπολογισμού το οποίο έχει συγκεντρωμένα όλα τα απαραίτητα στοιχεία που θα χρειαστούν για τους υπολογισμούς που θα ακολουθήσουν. Τα βάρη των μερών του γερανού προκύπτουν με την βοήθεια του πίνακα 1 και του πίνακα 3 του παραρτήματος Β βάσει του μήκους τους και με την βοήθεια του προγράμματος τρισδιάστατης σχεδίασης solidworks.

Μήκος βραχίονα: 2500 mm

Απόσταση βραχίονα από το κέντρο του στύλου: 2322 mm

Ύψος στύλου: 3000 m

Ύψος υποστηρίγματος: 700 mm

Απόσταση κέντρου υποστηρίγματος από κέντρο στύλου: 367,8 mm

Ονομαστικό φορτίο: 3000 kg

Μέγιστο βάρος εξοπλισμού ανύψωσης: 240 kg

Βάρος βραχίονα: 190,24 kg

Βάρος υποστηρίγματος και εξοπλισμού που συγκρατεί: 77,76 kg

Βάρος στύλου: 624 kg

Βάρος λοιπών εξαρτημάτων: 10kg

Επιτρεπόμενες τάσεις υλικού:

$$\text{Σε θλίψη: } 1400 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Σε διάτμηση: } 900 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Σε συνδυασμένη καταπόνηση: } 1800 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Οι επιτρεπόμενες τάσεις υλικού για συγκόλληση με εξωραφές:

$$\text{Σε θλίψη: } 1350 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

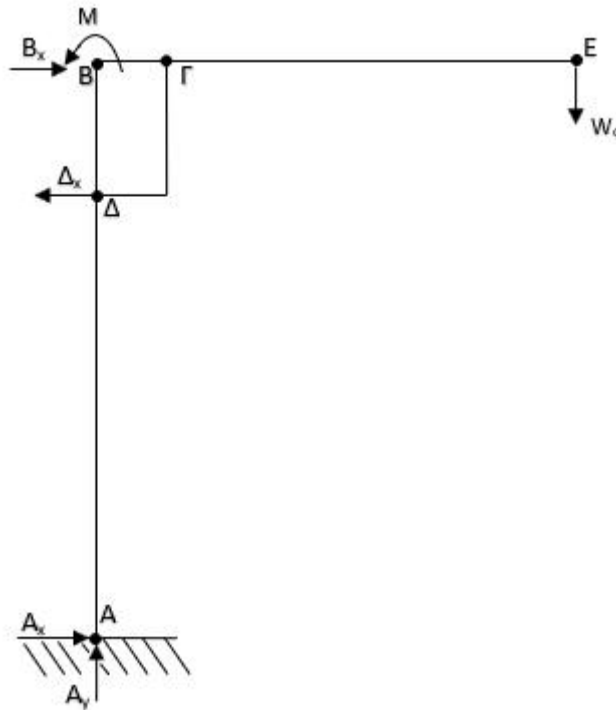
Σε διάτμηση: $1350 \frac{kp}{cm^2}$

Τάση συγκρίσεως: $1350 \frac{kp}{cm^2}$

2.4 ΜΕΛΕΤΗ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΟΧΩΝ

Στην μελέτη που ακολουθεί, θα γίνει υπολογισμός όλων των δυνάμεων που ασκούνται και καταπονούν τα επιμέρους τμήματα και στην συνέχεια αφού βρεθούν οι διατμητικές και οι ορθές τάσεις, θα γίνει έλεγχος αυτών με τις επιτρεπόμενες τάσεις και έπειτα θα χρησιμοποιηθεί η θεωρία του μεγίστου έργου παραμόρφωσης (Von Mises) έτσι ώστε να βρεθεί μια ισοδύναμη τάση από την διαξονική αυτή φόρτιση και να γίνει ο τελικός έλεγχος με την αντίστοιχη επιτρεπόμενη τάση.

Στο σχήμα 2.1 που ακολουθεί, βλέπουμε τον γερανό πακτωμένο στο έδαφος και το φορτίο τοποθετημένο στην δυσμενέστερη θέση. Έτσι με αυτό τον τρόπο το φορτίο δημιουργεί μια καμπτική ροπή που προσπαθεί να ανατρέψει την κατασκευή μας και καταπονεί τα επιμέρους τμήματα.



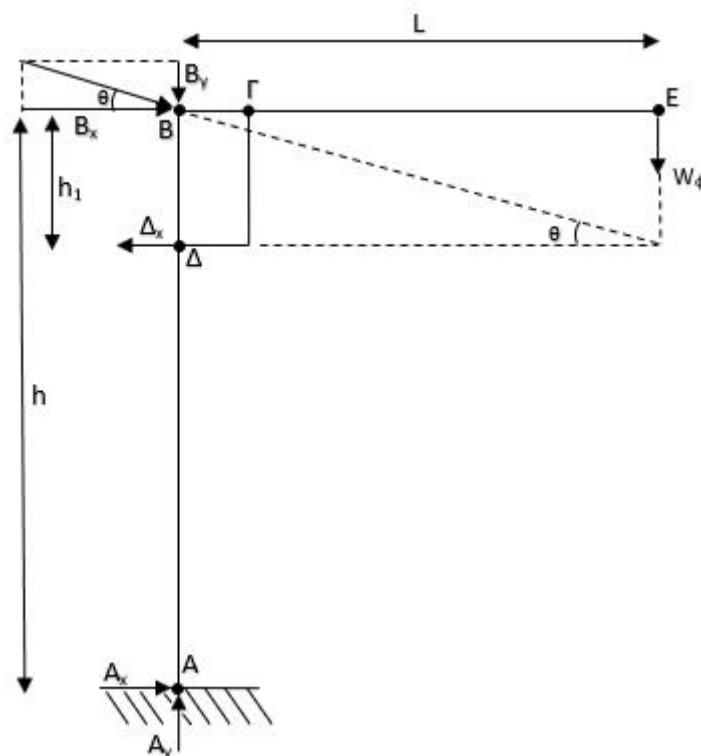
Σχήμα 2.1: Ασκούμενες Δυνάμεις γερανού

Έπειτα, ο βραχίονας ο οποίος επικοινωνεί με τον στύλο σε δυο σημεία, στο πάνω μέρος μέσω ενός άξονα και του εδράνου ολίσθησης ασκεί μια δύναμη σε αυτόν και στο κάτω μέρος στην προέκταση ενός υποστηρίγματος μέσω κυλίστρων ασκεί μια όμοια αντίρροπη δύναμη.

Επίσης μία δύναμη αντίδρασης δημιουργείται στην πάκτωση του γερανού λόγω του φορτίου ανύψωσης και του βάρους των μελών και των εξαρτημάτων.

2.4.1 Μελέτη βραχίονα

Οι δυνάμεις τις οποίες δέχεται ο βραχίονας, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.2, είναι μια δύναμη στο σημείο E η οποία οφείλεται στο φορτίο ανύψωσης και στο βάρος του ανυψωτικού εξοπλισμού (φορείο, κινητήρας, συρματόσχοινο κτλ), μια δύναμη η οποία μεταφέρεται ως αντίδραση από το υποστήριγμα, και μια διαγώνια δύναμη στο B που προσπαθεί να ανατρέψει την κατασκευή μας εφόσον είναι πακτωμένη.



Σχήμα 2.2: Ανάλυση δυνάμεων γερανού

- Υπολογισμός ροπής

Η ροπή την οποία χρειαζόμαστε προκειμένου να γίνει έλεγχος της αντοχής του βραχίονα, είναι η ροπή που ασκείται στο σημείο Γ, μιας και εκεί είναι το δυσμενέστερο σημείο. Χρησιμοποιώντας την εφαπτομένη της γωνίας θ στο σημείο Β έχουμε:

$$\varepsilon\varphi\theta = \frac{B_y}{B_x} = \frac{h_1}{L} \quad (2.1)$$

Επίσης έχουμε:

$$B_y = W_1 \quad (2.2)$$

$$B_x = \Delta_x \quad (2.3)$$

Όπου:

$W_1 = 3000 + 240 + 77,76 + 190,24 = 3508 \text{ kp}$ δηλαδή ίσο με το άθροισμα του φορτίου w_φ , του βάρους του βραχίονα, του βάρους του υποστηρίγματος και του εξοπλισμού ανύψωσης.

Και

h_1, L οι αποστάσεις που φαίνονται στο σχήμα 2.2

$$\text{Οπότε από τις (2.1) και (2.2) } \Rightarrow B_x = B_y \cdot \frac{L}{h_1} \Rightarrow B_x = W_1 \cdot \frac{L}{h_1} \quad (2.4)$$

$$\text{Από την (2.4) } \Rightarrow B_x = 3508 \cdot \frac{2322 \text{ mm}}{700 \text{ mm}} = 11636 \text{ kp}$$

$$\text{Έπειτα από (2.3) } \Rightarrow \Delta_x = 11636 \text{ kp}$$

Τέλος, η ροπή M_Γ υπολογίζεται ως εξής:

$$M_\Gamma = W_2 \cdot (L - L_1) = 3430 \text{ kp} \cdot (2500 \text{ mm} - 367,8 \text{ mm}) = 3430 \text{ kp} \cdot 2132 \text{ mm} = 7312760 \text{ kp} \cdot \text{mm}$$

Όπου:

$W_2 = 3000 + 190,24 + 240 = 3430 \text{ kp}$ δηλαδή ίσο με το άθροισμα του φορτίου w_φ , του βάρους του βραχίονα και του βάρους του εξοπλισμού ανύψωσης.

Και

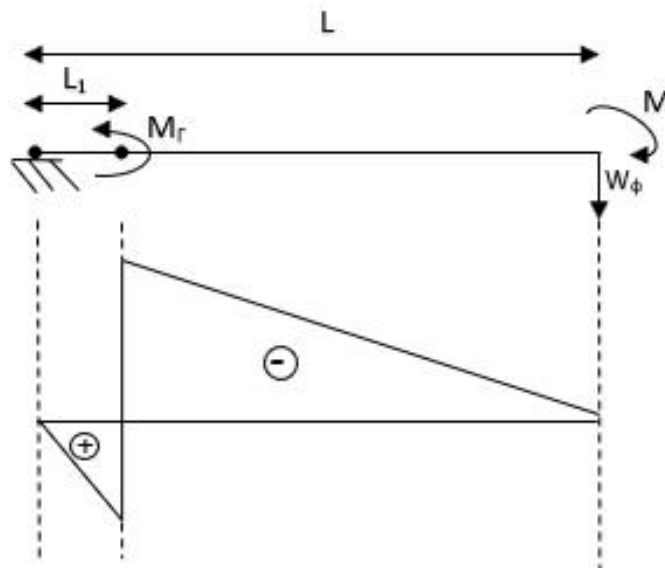
L_1 η απόσταση του κέντρου υποστηρίγματος από το κέντρο του στύλου

Άρα η ροπή που ασκείται στο σημείο Γ και την οποία αναζητούσαμε για τον υπολογισμό της αντοχής του βραχίονα όπως προέκυψε παραπάνω, είναι $M_\Gamma = 731276 \text{kp} \cdot \text{cm}$

- Τάσεις εφελκυσμού και θλίψης λόγω κάμψης

Αρχικά θα γίνει υπολογισμός της τάσης κάμψης η οποία δημιουργείται. Στο διάγραμμα ελευθέρου σώματος του σχήματος 2.3 βλέπουμε τις δυνάμεις που ενεργούν στον βραχίονα. Η κάμψη της δοκού θα δημιουργήσει δύο ορθές τάσεις στη δοκό του βραχίονα. Μια στο πάνω μέρος και μία στο κάτω μέρος της δοκού.

Δεδομένου ότι οι μέγιστες ορθές τάσεις εμφανίζονται στο άνω και κάτω άκρο της δοκού για εφελκυσμό και θλίψη αντίστοιχα και η διατομή της δοκού μας είναι συμμετρική, οι αποστάσεις των απομακρυσμένων αυτών θέσεων προκύπτουν ίδιες, άρα θα γίνει υπολογισμός μόνο της τάσης λόγω θλίψης, μιας και το επιτρεπόμενο όριο λόγω θλίψης, είναι μικρότερο από αυτό του εφελκυσμού.



Σχήμα 2.3: Διάγραμμα ελευθέρου σώματος και ροπών βραχίονα

Συνεπώς λαμβάνοντας το W_d από τον πίνακα 2 του παραρτήματος Β για διατομή ελάσματος IPN360, η τάση λόγω θλίψης υπολογίζεται ως εξής:

$$\sigma_d = \frac{M}{W_d} = \frac{731276 \text{ kp} \cdot \text{cm}}{1090 \text{ cm}^3} = 670 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} < \sigma_{d\epsilon\pi} = 1400 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

σ_d τάση θλίψης λόγω κάμψης

$\sigma_{d\epsilon\pi}$ επιτρεπόμενη τάση σε θλίψη λόγω κάμψης

M Ροπή κάμψεως σε $\text{kp} \cdot \text{cm}$

W_d ροπή αντιστάσεως της διατομής για θλίψη σε cm^3

· Τάση λόγω διάτμησης

Στην συνέχεια θα υπολογιστεί η τάση λόγω διάτμησης η οποία δημιουργείται στην διατομή της δοκού και είναι αποτέλεσμα της τέμνουσας δύναμης Q. Σε αντίθεση με την τάση λόγω κάμψης η οποία είναι πιο υψηλή στα ακριανά σημεία της δοκού, η τάση λόγω διάτμησης σχεδόν μηδενίζεται σε αυτά τα σημεία και παρουσιάζει τις μέγιστες τιμές της κεντρικά της δοκού. Γεγονός που θα μας οδηγήσει στην χρήση μόνο της επιφάνειας του κορμού της δοκού χωρίς να συνυπολογίσουμε τα πέλματα στην διατομή.

Οπότε, εφόσον δεν υπάρχει ουσιώδης μεταβολή της διατμητικής τάσης κατά το μήκος του κορμού θεωρούμε ότι θα λάβουμε σωστά συμπεράσματα υπολογίζοντας την μέση διατμητική τάση του κορμού της δοκού.

Άρα, η μέση διατμητική τάση υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Για } Q = W_1 = 3508 \text{ kp}$$

$$\tau_m = \frac{Q}{F_k} = \frac{3508 \text{ kp}}{37,7 \text{ cm}^2} = 93,05 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} < \tau_{\epsilon\pi} = 900 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Όπου τ_m Μέση τάση λόγω διάτμησης σε $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$

F_k Διατομή κορμού της δοκού σε cm^2

Q Τέμνουσα δύναμη σε kp

$\tau_{\epsilon\pi}$ επιτρεπόμενη τάση διάτμησης $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$

και $F_k = d \cdot s = 29\text{cm} \cdot 1,3\text{cm} = 37,7\text{cm}^2$ όπως προκύπτει από τον πίνακα 1 του παραρτήματος Β

- **Ισοδύναμη Τάση**

Αφού πλέον έχουν υπολογιστεί όλες οι τάσεις οι οποίες καταπονούν την δοκό, ορθές και διατμητικές, θα γίνει υπολογισμός της ισοδύναμης τάσης με βάση την θεωρία έργου παραμόρφωσης von Mises, μιας και το υλικό μας είναι όλκιμο.

Η ισοδύναμη τάση υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{670^2 + 3 \cdot 93,05^2} = \sqrt{448900 + 25974,9075} = \\ &= \sqrt{474874,9075} = 89,11 \frac{kp}{cm^2} < \sigma_{νεπ} = 1800 \frac{kp}{cm^2}\end{aligned}$$

Συνεπώς η διατομή του βραχίονα που επιλέχτηκε είναι επαρκής.

Όπου: σ_v η ισοδύναμη τάση σε $\frac{kp}{cm^2}$

σ η τάση λόγω κάμψης $\frac{kp}{cm^2}$

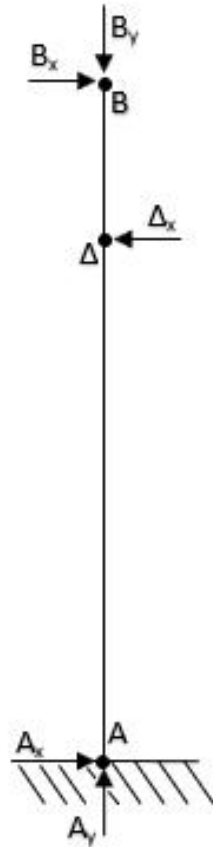
τ η τάση λόγω διάτμησης $\frac{kp}{cm^2}$

2.4.2 Μελέτη Στύλου

Οι δυνάμεις οι οποίες ασκούνται στο στύλο είναι μια δύναμη στο σημείο Β η οποία οφείλεται στο φορτίο καθώς και το βάρος των τμημάτων και του λοιπού εξοπλισμού και δημιουργεί μια αντίδραση αυτής στο σημείο πάκτωσης Α. Επίσης έχουμε δυο ίσες και αντίρροπες δυνάμεις που δημιουργούνται από την δύναμη του βραχίονα και του υποστηρίγματος αυτού. Θα γίνει έλεγχος της αντοχής του στύλου σε θλίψη και κάμψη και έλεγχος λυγισμού.

- **Υπολογισμός ροπής**

Στο Σχήμα 2.4 έχουμε το διάγραμμα ελευθέρου σώματος του στύλου το οποίο θα μας βοηθήσει στο σημείο αυτό όπου θα υπολογίσουμε την ροπή στο σημείο Δ και στο σημείο Α και θα δούμε σε ποιο σημείο είναι δυσμενέστερη ώστε να υπολογίσουμε την αντοχή του στύλου.



Σχήμα 2.4: Διάγραμμα ελευθέρου σώματος του στύλου

Οπότε έχουμε:

$$A_y = B_y = W_1 = 3508 \text{ κρ}$$

Έπειτα εφόσον γνωρίζουμε την B_x και Δ_x από προηγούμενη ενότητα έχουμε:

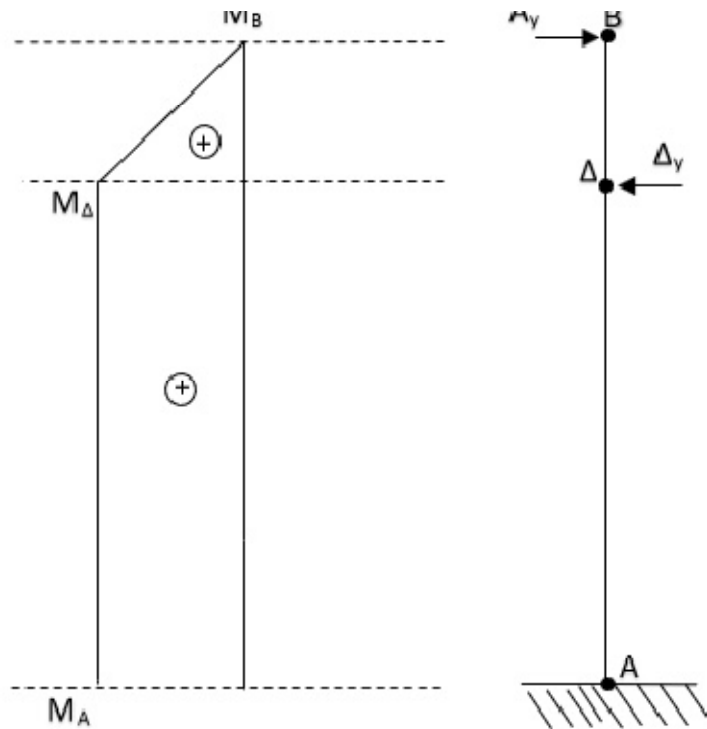
$$M_\Delta = B_x \cdot h_1 = 11636 \cdot 0.7 = 8145 \text{ κρ} \cdot \text{m}$$

$$\text{οπότε } M_\Delta = 814500 \text{ κρ} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Και } M_A = B_x \cdot h - \Delta_x \cdot (h - h_1) = B_x \cdot (h - h + h_1) = B_x \cdot h_1 = 8145 \text{ κρ} \cdot \text{m}$$

$$\text{Άρα } M_A = 814500 \text{ κρ} \cdot \text{cm}$$

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι από το σημείο A έως το σημείο Δ η ροπή έχει μια σταθερή τιμή όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.5



Σχήμα 2.5: Διάγραμμα ελευθέρου σώματος στύλου

- Τάσεις εφελκυσμού και θλίψης λόγω κάμψης

Λαμβάνοντας υπόψιν το W_d από τον πίνακα 3 του παραρτήματος Β για διατομή στύλου διαμέτρου 355,6 mm η τάση κάμψης υπολογίζεται ως εξής:

$$\sigma_d = \frac{M}{W_d} = \frac{814500 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{2007 \text{ cm}^3} = 405,83 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} < \sigma_{d\epsilon\pi} = 1400 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

- Εφαρμογή μεθόδου ω για υπολογισμό λυγισμού

Στο σημείο αυτό θα υπολογίσουμε την τιμή του συντελεστή ω ο οποίος είναι απαραίτητος για το τελικό έλεγχο της ισοδύναμης τάσης η οποία δημιουργείται από κάμψη και λυγισμό, οπότε:

$$S_k = \beta \cdot h = 2 \cdot 300 = 600 \text{ cm}$$

Όπου: S_k είναι το ελεύθερο μήκος λυγισμού της ράβδου σε cm

β συντελεστής

h το πραγματικό μήκος της ράβδου σε cm

Ο συντελεστής β για ράβδο μονόπακτη με το ένα άκρο ελεύθερο, λαμβάνεται από τον πίνακα 4 του παραρτήματος Β.

Έπειτα

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{F}} = \sqrt{\frac{35680}{260}} = 11,7 \text{ cm}$$

Όπου: i_{min} η ελάχιστη ακτίνα αδράνειας της διατομής σε cm

I_{min} είναι η ροπή αδράνειας της ράβδου σε cm^4

F είναι η επιφάνεια διατομής της ράβδου σε cm^2

Και

$$\lambda = \frac{S_{\kappa}}{I_{min}} = \frac{600}{11,7} = 51,22 = 52$$

Όπου λ ο βαθμός λυγηρότητας της ράβδου

Άρα ο συντελεστής ω λαμβάνεται από τον πίνακα 5 του παραρτήματος Β ίσος με 1.13

· Ισοδύναμη Τάση

Τελικά η ισοδύναμη τάση υπολογίζεται ως εξής:

$$\omega \cdot \frac{P}{F} + 0,9 \frac{M}{W_d} = 1,13 \cdot \frac{w}{f} + 0,9 \cdot 405,83 = 1,13 \cdot \frac{3508}{260} + 0,9 \cdot 405,83 =$$
$$380,49 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} < \sigma_{d\epsilon\pi} = 1400 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Συνεπώς η διατομή του στύλου είναι επαρκής.

2.4.3 Μελέτη Υποστηρίγματος

Με αντίστοιχη διαδικασία με αυτή της αντοχής του βραχίονα υπολογίζουμε και την αντοχή του υποστηρίγματος.

- Υπολογισμός ροπής

$$M_{\Delta} = h_1 \cdot \Delta_{\chi} = 700mm \cdot 11636kp = 8145200 \text{ kp} \cdot mm$$

Οπότε τελικά η ροπή στο σημείο Δ είναι $M_{\Gamma} = 814520 \text{ kp} \cdot cm$

- Τάσεις εφελκυσμού και θλίψης λόγω κάμψης

Ο έλεγχος θα πραγματοποιηθεί για την περίπτωση της θλίψης, ως δυσμενέστερη του εφελκυσμού, με τον ίδιο τρόπο που πραγματοποιήθηκε και στην περίπτωση του στύλου και του βραχίονα.

Για διατομή ελάσματος IPN360 από τον πίνακα του παραρτήματος Β $w_d = 1090 \text{ cm}^3$.

Οπότε:

$$\sigma_d = \frac{M}{W_d} = \frac{814500 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{1090 \text{ cm}^3} = 747,24 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} < \sigma_{d\epsilon\pi} = 1400 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

- Τάση λόγω διάτμησης

Αντίστοιχα όπως και στην στους προηγούμενους υπολογισμούς μέσης τάσης, έχουμε:

Για διατομή κορμού της δοκού $F_k = d \cdot s = 29 \text{ cm} \cdot 1,3 \text{ cm} = 37,7 \text{ cm}^2$ όπως

προκύπτει από τον πίνακα του παραρτήματος Β.

$$\tau_m = \frac{Q}{F_k} = \frac{11636 \text{ kp}}{37,7 \text{ cm}^2} = 308,65 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} < \tau_{m\epsilon\pi} = 900 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

- Ισοδύναμη Τάση

Η ισοδύναμη τάση του υποστηρίγματος υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{747,24^2 + 3 \cdot 308,65^2} = \sqrt{558367,6176 + 285794,4675} \\ &= 918,78 \frac{kp}{cm^2} < \sigma_{veπ} = 1800 \frac{kp}{cm^2}\end{aligned}$$

Συνεπώς η διατομή του υποστηρίγματος είναι επαρκής.

2.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

2.5.1 Γενικά

Συγκόλληση είναι μια διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται η μόνιμη ένωση δύο μεταλλικών μερών. Για να γίνει μια συγκόλληση, τα μέλη, στα άκρα τους τήκονται τοπικά μέσω της δημιουργίας υψηλής θερμοκρασίας και ενώνονται με εφαρμογή πίεσης ή πρόσθετου υλικού.

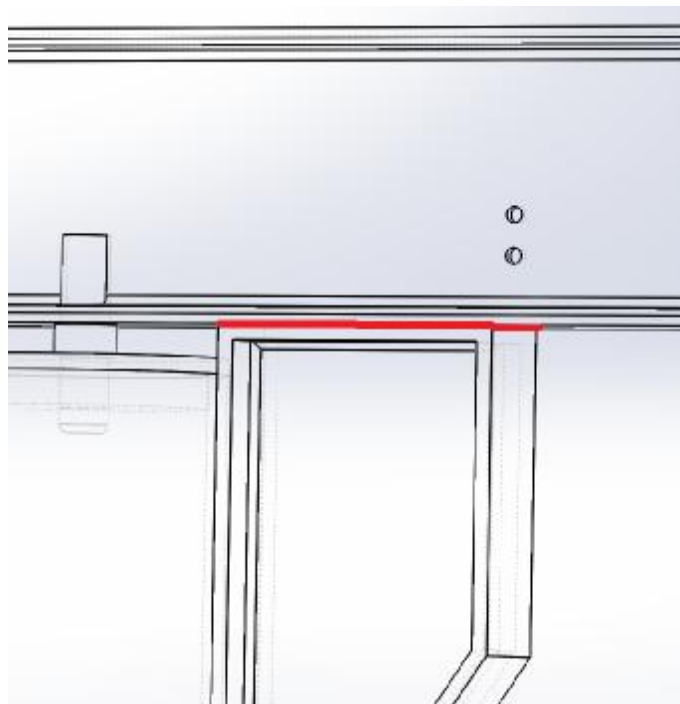
Οι κύριες συγκολλήσεις που έχουν εφαρμογή στις μεταλλικές κατασκευές είναι οι αυτογενείς και μπορούν να επιτευχθούν με την γνωστή σε όλους ηλεκτροσυγκόλληση και οξυγονοκόλληση.

Οι κύριοι τύποι συγκολλήσεων είναι οι εσωραφές και οι εξωραφές. Οι εσωραφές, οι οποίες μπορεί να είναι κυρτές, κοίλες και επίπεδες, είναι αυτές που θα πραγματοποιηθούν στην κατασκευή μας, λόγω του παράλληλου και κάθετου τρόπου σύνδεσης τους που επιτρέπουν εύκολα την δημιουργία τέτοιων ραφών.

Στην κατασκευή μας υπάρχουν πολλά διαφορετικά σημεία τα οποία απαιτούν συγκόλληση. Εμείς θα εξετάσουμε τα πιο σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα, τα σημεία της πλάκας βάσης και του στύλου, τα ενισχυτικά νεύρα, το σημείο σύνδεσης του υποστηρίγματος με την πλάκα που τοποθετείται σε αυτό, την πλάκα κεφαλής που συνδέεται με τον στύλο, καθώς και την σύνδεση του βραχίονα με το υποστήριγμα. Για όλα τα παραπάνω μέρη, θα ελεγχθεί η αντοχή των συγκολλήσεων και θα δοθεί το ακριβές μήκος και πάχος καθεμιάς.

2.5.2 Συγκόλληση υποστηρίγματος και βραχίονα

Η συγκόλληση στα δύο αυτά τμήματα, θα πραγματοποιηθεί με μια ενιαία περιμετρική εξωραφή η οποία θα γίνει στα σημεία επαφής των δυο αυτών μελών. Ουσιαστικά η συγκόλληση αυτή είναι σαν παράλληλη σύνδεση δύο παραλληλόγραμμων ελασμάτων. Αρχικά θα υπολογιστεί το πάχος της συγκόλλησης και λοιπά χαρακτηριστικά και αφού ληφθούν υπόψιν οι εκάστοτε περιορισμοί, θα γίνει έλεγχος της αντοχής της σύνδεσης. Η συγκεκριμένη σύνδεση καταπονείται σε κάμψη και διάτμηση. Η εικόνα 2.2 δείχνει τον τρόπο που θα γίνει η κόλληση περιμετρικά με κόκκινο χρώμα.



Εικόνα 2.2: Συγκόλληση βραχίονα και υποστηρίγματος

- Υπολογισμός πάχους ραφών

Το πάχος των ελασμάτων των 2 μερών τα οποία πρόκειται να συνδεθούν είναι 19,5mm και 20mm για το υποστήριγμα και για το βραχίονα και θα συμβολιστούν με t_{min} και t_{max} αντίστοιχα. Με βάσει τους περιορισμούς έχω:

$$3 \leq \alpha \leq 0,7 \cdot t_{min} \Rightarrow 3 \leq \alpha \leq 0,7 \cdot 19,5 \Rightarrow 3 \leq \alpha \leq 13,65mm$$

Όπου: α το πάχος ραφών

Επίσης πρέπει

$$a \geq \sqrt{t_{max}} - 0,5 = \sqrt{20} - 0,5 = 3,9mm$$

Το πάχος ραφών που τελικά θα επιλεγεί είναι 10mm

- Υπολογισμός του μήκους ραφών

Εφόσον στις περιμετρικές εξωραφές δεν επιτρέπονται λοξά μέρη και στα σημεία που συναντώνται οι συγκολλήσεις της κάθε πλευράς, το ωφέλιμο μήκος ραφής θα είναι ίσο με το πραγματικό μήκος ραφής

$$l_{n,1} = 143mm \text{ (πλάτος πέλματος διατομής IPN360)}$$

$$l_{n,2} = 360mm \text{ (ύψος διατομής IPN360)}$$

όπου: $l_{n,1}$ το ενεργό μήκος ραφών κάθετων στον άξονα x

$l_{n,2}$ το ενεργό μήκος ραφών παράλληλων στον άξονα x

Για κάθε επιμέρους εξωραφή πρέπει να ισχύει:

$$10 \cdot a \leq l \leq 100 \cdot a$$

Δηλαδή

$$10 \cdot a \leq l_{n,1} \leq 100 \cdot a \Rightarrow 100 \leq 143 \leq 1000$$

Και

$$10 \cdot a \leq l_{n,2} \leq 100 \cdot a \Rightarrow 100 \leq 360 \leq 1000$$

Οπότε συμπεραίνουμε ότι δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα με το πάχος ραφής που επιλέχτηκε.

- Υπολογισμός επιφάνειας ραφών

$$f_{w,1} = 2 \cdot a \cdot l_{n,1} = 2 \cdot 1 \cdot 14,3 = 28,6 \text{ cm}^2$$

$$f_{w,2} = 2 \cdot a \cdot l_{n,2} = 2 \cdot 1 \cdot 36 = 72 \text{ cm}^2$$

Όπου: $F_{w,1}$ η επιφάνεια ραφών κάθετων στον άξονα χ

$F_{w,2}$ η επιφάνεια ραφών παράλληλων στον άξονα χ

- Υπολογισμός διατμητικής τάσης ραφών

Η συγκεκριμένη περιοχή δέχεται μια τέμνουσα δύναμη η οποία είναι παράλληλη προς τον άξονα χ και συνεπώς αυτή η δύναμη θα δεχτούμε ότι θα απορροφηθεί εξ ολοκλήρου από τις ραφές οι οποίες είναι παράλληλες με την διεύθυνση της δηλαδή από την $F_{w,2}$.

$$\tau_m = \frac{Q}{f_{w,2}} = \frac{11636 \text{ kp}}{72 \text{ cm}^2} = 162 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} < \tau_{\text{μεπ}} = 1350 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

- Υπολογισμός ροπής αδράνειας των ραφών

Ο υπολογισμός της ροπής αδράνειας των ραφών είναι αναγκαία για τον υπολογισμό της ροπής κάμψης η οποία ασκείται στην σύνδεση των συγκεκριμένων κομματιών. Στην προκειμένη περίπτωση μιας και οι ραφές έχουν την μορφή ενός παραλληλόγραμμου, η ροπή αδράνειας θα υπολογιστεί βάσει του θεωρήματος Steiner, οπότε:

$$\begin{aligned} I_w &= 2 \cdot a \cdot \frac{l_{n,2}^3}{12} + 2 \cdot \frac{l_{n,1} \cdot a^3}{12} + 2 \cdot a \cdot l_{n,1} \cdot \left(\frac{l_{n,2}}{2}\right)^2 \\ &= 2 \cdot 1 \cdot \frac{36^3}{12} + 2 \cdot \frac{14,3 \cdot 1^3}{12} + 2 \cdot 1 \cdot 14,3 \cdot \left(\frac{36}{2}\right)^2 \\ &= 7776 + 2,38 + 9266,4 = 17045 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Όπου: I_w η ροπή αδράνειας των ραφών σε cm^4

- Υπολογισμός τάσης λόγω κάμψης στις ραφές

Οι ραφές της σύνδεσης μας καταπονούνται από μια ροπή κάμψης M η οποία έχει υπολογιστεί σε προηγούμενη παράγραφο. Η τάση που δημιουργείται στα ραφές λόγω της ροπής αυτής, υπολογίζεται:

$$\sigma_d = \frac{M}{I_w} \cdot e = \frac{M}{I_w} \cdot \left(\frac{36}{2} + a \right) = \frac{814500}{17045} \cdot \left(\frac{36}{2} + 1 \right) = 908 \frac{kp}{cm^2} < \sigma_{d\epsilon\pi} = 1350 \frac{kp}{cm^2}$$

- Υπολογισμός ισοδύναμης τάσης

Προκειμένου να είμαστε σίγουροι ότι οι ραφές μας θα αντέξουν, εφόσον αναπτύσσονται και ορθές λόγω της κάμψης, αλλά και διατμητικές τάσεις, θα υπολογίσουμε την τάση συγκρίσεως έχοντας ήδη υπολογίσει τις δύο αυτές τάσεις.

$$\text{Έχουμε: } \tau_k = tm = 162 \frac{kp}{cm^2}$$

Και

$$\tau_\pi = \frac{Q}{f_{w,1}} = \frac{11636}{28,6} = 407 \frac{kp}{cm^2}$$

όπου: τ_k η διατμητική τάση με κάθετη διεύθυνση με αυτή της ραφής $\frac{kp}{cm^2}$

τ_π η διατμητική τάση με παράλληλη διεύθυνση με αυτή της ραφής $\frac{kp}{cm^2}$

Έπειτα

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + \tau_k^2 + \tau_\pi^2} = \sqrt{908^2 + 162^2 + 407^2} = 1008 \frac{kp}{cm^2} < \sigma_{v\epsilon\pi} = 1350 \frac{kp}{cm^2}$$

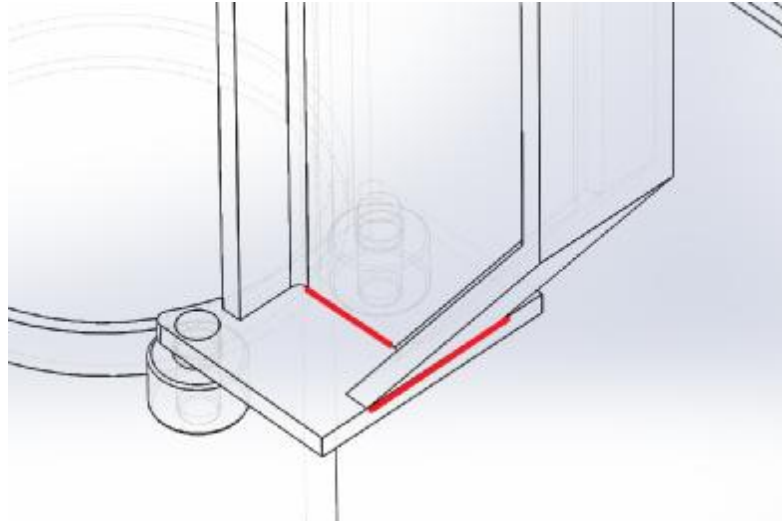
Όπου: σ_v είναι η τάση συγκρίσεως σε $\frac{kp}{cm^2}$

σ η ορθή τάση λόγω κάμψης $\frac{kp}{cm^2}$

Συμπεραίνουμε λοιπόν πως οι ραφές μας θα αντέξουν.

2.5.3 Συγκόλληση πλάκας υποστηρίγματος

Το κάτω μέρος του υποστηρίγματος καταλήγει σε μια διατομή I της οποίας η μόνη διαφορά με την διατομή του βραχίονα είναι στο ότι το μήκος του κορμού είναι εμφανώς μειωμένο σε σχέση με το αρχικό. Η σύνδεση θα πραγματοποιηθεί με δύο εξωραφές στο πέλμα και 2 εξωραφές στον κορμό της δοκού. Η συγκεκριμένη σύνδεση καταπονείται σε διάτμηση. Στην εικόνα 2.3 φαίνεται με κόκκινο χρώμα η κόλληση του κορμού και του πέλματος.



Εικόνα 2.3: σημεία κόλλησης πλάκας υποστηρίγματος

- Υπολογισμός του μήκους ραφών

$$L_1 = 143 \text{ mm}$$

$$L_2 = 98,14 \text{ mm}$$

Όπου: L_1 το πραγματικό μήκος ραφών του πέλματος

L_2 το πραγματικό μήκος ραφών του κορμού

- Υπολογισμός πάχους ραφών

Εφόσον το πάχος των πελμάτων της συγκεκριμένης δοκού είναι $t_{\min} = 19,5 \text{ mm}$, το πάχος του κορμού είναι $s = 13 \text{ mm}$ και $t_{\max} = 20 \text{ mm}$, το πάχος της πλάκας υποστηρίγματος, με βάση τους περιορισμούς έχω:

$$3 \leq \alpha_1 \leq 0,7 \cdot t_{\min} \Rightarrow 3 \leq \alpha_1 \leq 0,7 \cdot 19,5 \Rightarrow 3 \leq \alpha_1 \leq 13,65 \text{ mm}$$

Και

$$3 \leq \alpha_2 \leq 0,7 \cdot s \Rightarrow 3 \leq \alpha_2 \leq 0,7 \cdot 13 \Rightarrow 3 \leq \alpha_2 \leq 9,1mm$$

Όπου: α_1 το πάχος ραφών των πελμάτων

α_2 το πάχος ραφών του κορμού

Επίσης πρέπει

$$\alpha_1, \alpha_2 \geq \sqrt{t_{max}} - 0,5 = \sqrt{20} - 0,5 = 3,9mm$$

Το πάχος ραφών που θα επιλεγεί τελικά για την συγκεκριμένη κόλληση είναι $a = 6mm$

- Υπολογισμός του ενεργού μήκους ραφών

Μιας και κατά την συγκόλληση της κάθε ραφής σε κάθε άκρο αυτής υπάρχουν λοξά μέρη, αυτά δεν μπορούν να θεωρηθούν ωφέλιμο μήκος και θα πρέπει να αφαιρεθούν από το πραγματικό μήκος οπότε:

$$l_{n,1} = l_1 - 2 \cdot a = 143 - 2 \cdot 6 = 131mm$$

και

$$l_{n,2} = l_2 - 2 \cdot a = 98,14 - 2 \cdot 6 = 86,14mm$$

όπου: $l_{n,1}$ το ενεργό μήκος ραφών των πελμάτων

$l_{n,2}$ το ενεργό μήκος ραφών του κορμού

- Υπολογισμός επιφάνειας ραφών

$$f_{w,1} = 2 \cdot a \cdot l_{n,1} = 2 \cdot 0,6 \cdot 13,1 = 15,72cm^2$$

$$f_{w,2} = 2 \cdot a \cdot l_{n,2} = 2 \cdot 0,6 \cdot 8,6 = 10,32cm^2$$

Όπου: $F_{w,1}$ η επιφάνεια ραφών των πελμάτων

$F_{w,2}$ η επιφάνεια ραφών του κορμού

- Υπολογισμός διατμητικής τάσης

Η μόνη δύναμη η οποία καταπονεί τις συγκολλήσεις μας στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι μια τέμνουσα δύναμη η οποία είναι αντίδραση της δύναμης που ασκούν τα κύλιστα στον στύλο, οπότε:

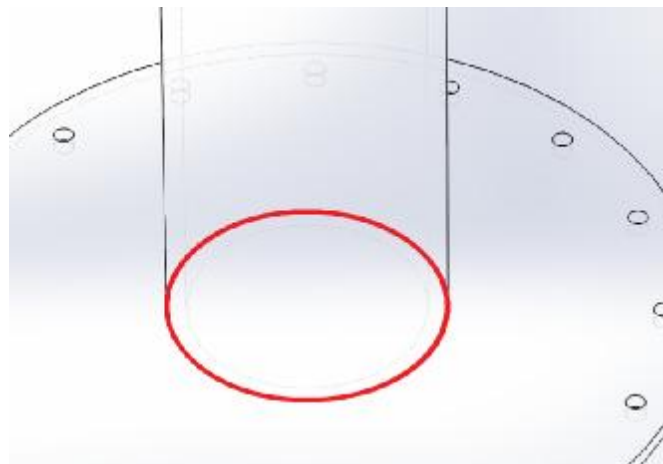
$$\tau_m = \frac{Q}{f_w} = \frac{11636kp}{26,04cm^2} = 447 \frac{kp}{cm^2} < \tau_{m\epsilon\pi} = 1350 \frac{kp}{cm^2}$$

Όπου f_w το άθροισμα της f_{w1} και f_{w2}

Η επιτρεπόμενη τάση των συγκολλήσεων σε διάτμηση είναι μεγαλύτερη από αυτή των υπολογισμών μας, για το λόγο αυτό η συγκόλληση θα αντέξει.

2.5.4 Συγκόλληση βάσης

Η σύνδεση του στύλου και της πλάκας βάσης θα γίνει με μια μετωπική εξωραφή, περιμετρικά της κυκλικής διατομής του στύλου. Οι δυνάμεις που ασκούνται στις ραφές της βάσης είναι μια καμπτική ροπή και μια αξονική δύναμη που θλίβει τον στύλο. Οπότε θα γίνει υπολογισμός των δύο αυτών τάσεων και κατόπιν η συνολική τάση σε αυτή την περίπτωση θα δοθεί με το άθροισμα των δυο αυτών τάσεων. Στην εικόνα 2.4 φαίνεται με κόκκινο χρώμα η περιμετρική κόλληση του στύλου με την πλάκα βάσης.



Εικόνα 2.4: Συγκόλληση στύλου με την πλάκα βάσης

- Υπολογισμός ροπής αδράνειας των ραφών

Επιλέγοντας πάχος ραφής $a = 10$ cm και με $D = d + a$ όπου a είναι η διάμετρος της δοκού, έχουμε:

$$I_w = \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4) = \frac{\pi}{64} \cdot \{(d + 2a)^4 - d^4\} = \frac{\pi}{64} \cdot (37,56^4 - 35,56^4) \\ = 19204 \frac{kp}{cm^2}$$

- Υπολογισμός της τάσης λόγω κάμψης

$$\sigma_d = \frac{M}{I_w} \cdot e = \frac{M}{I_w} \cdot \left(\frac{35,56}{2} + a \right) = \frac{814500}{19204} \cdot \left(\frac{35,56}{2} + 1 \right) = 797 \frac{kp}{cm^2} < \sigma_{dεπ} \\ = 1350 \frac{kp}{cm^2}$$

- Υπολογισμός της τάσης λόγω θλίψης

Η Αξονική δύναμη N την οποία δέχεται η δοκός στο σημείο A είναι το άθροισμα του φορτίου και όλων των εξαρτημάτων και δοκών οπότε προκύπτει ίσο με το συνολικό βάρος όλων των μερών και εξαρτημάτων του γερανού, δηλαδή $N = 3000 + 240 + 190,24 + 77,76 + 624 + 10 = 4142$ kp

Το ενεργό μήκος ραφής είναι ίσο με την περίμετρο του κύκλου, συνεπώς $l_n = \pi \cdot d$

$$\sigma_d = \frac{N}{a \cdot l_n} = \frac{4142}{a \cdot \pi \cdot d} = \frac{4142}{\pi \cdot 35,56} = 37 \frac{kp}{cm^2}$$

- Υπολογισμός τάσης συγκρίσεως

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, η ισοδύναμη τάση προκύπτει από το άθροισμα των δύο τάσεων που υπολογίστηκαν.

$$\sigma_v = \sigma + \sigma_d = 797 + 37 = 834 \frac{kp}{cm^2} < \sigma_{vεπ} = 1350 \frac{kp}{cm^2}$$

Οπότε η συγκόλληση της βάσης θα αντέξει.

2.5.5 Συγκόλληση ενισχυτικών νεύρων

Εφόσον η συγκόλληση της δοκού από μόνη της αντέχει και τα ενισχυτικά νεύρα θα λειτουργήσουν μόνο για λόγους ασφαλείας όπως εξαρχής θέλαμε, θα επιλεγεί το πάχος και το μήκος ραφής απευθείας και δεν θα γίνει έλεγχος αντοχής των συγκολλήσεων εφόσον ούτος ή αλλιώς θα αντέξουν, Οπότε :

Με βάση τον εμπειρικό κανόνα των κανονισμών έχουμε για τα τρία τεμάχια που συνδέονται $t_{min} = 12$ και $t_{max} = 25mm$.

Συνεπώς

$$3 \leq \alpha \leq 0.7 \cdot t_{min} \Rightarrow 3 \leq \alpha \leq 0.7 \cdot 12 \Rightarrow 3 \leq \alpha \leq 8.5mm$$

Και

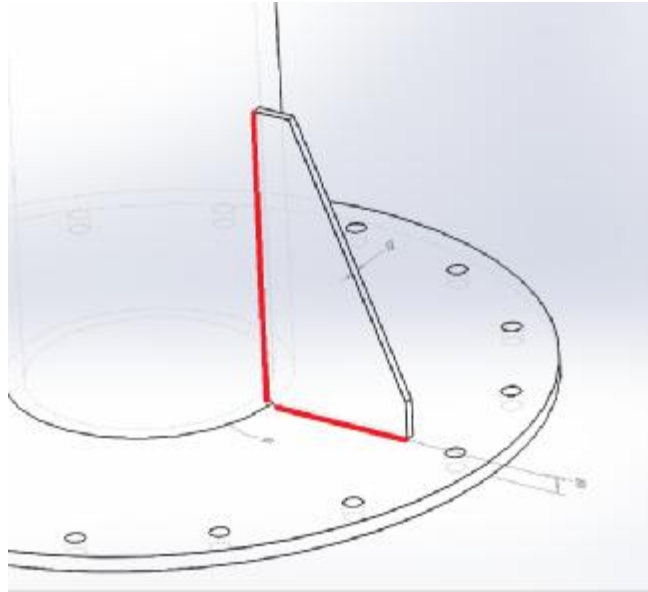
$$\alpha \geq \sqrt{t_{max}} - 0.5 = \sqrt{25} - 0.5 = 4.5mm$$

Οπότε επιλέγουμε $\alpha = 5mm$

Επίσης για το μήκος κάθε ραφής πρέπει να ισχύει:

$$15 \cdot \alpha \leq l \leq 100 \cdot \alpha \Rightarrow 75 \leq l \leq 500$$

Άρα το μήκος των ραφών που επιλέγεται θα είναι 390mm σε κάθε μια από τις κάθετες πλευρές των ενισχυτικών νεύρων οι οποίες τα συνδέουν με τον στύλο και 190mm σε κάθε μια από τις παράλληλες πλευρές οι οποίες τα συνδέουν με την πλάκα βάσης. Οι κολλήσεις φαίνονται με κόκκινο χρώμα στην εικόνα 2.5.



Εικόνα 2.5: Συγκόλληση ενισχυτικών νεύρων

2.5.6 Συγκόλληση κεφαλής

Η σύνδεση της πλάκας κεφαλής και του στύλου θα γίνει με μία περιμετρική εξωραφή.

- Υπολογισμός του μήκους ραφών

Εφόσον η ραφή θα είναι περιμετρική και δεν θα περιέχει λοξά μέρη το μήκος της θα είναι ίσο με την περίμετρο της διατομής του στύλου, άρα:

$$l = \pi \cdot d = \pi \cdot 355,6mm = 1117mm$$

- Υπολογισμός πάχους ραφών

$$3 \leq a \leq 0,7 \cdot t_{min} \Rightarrow 3 \leq a \leq 0,7 \cdot 20 \Rightarrow 3 \leq a \leq 14mm$$

Για πάχος ραφής $a=12$ mm θα πρέπει να ισχύει

$$15 \cdot a \leq l \leq 100 \cdot a \Rightarrow 120 \leq 1117 \leq 1200 \text{ άρα το πάχος είναι αποδεκτό.}$$

- Υπολογισμός επιφάνειας ραφής

Η επιφάνεια ραφής είναι αντίστοιχη με αυτή ενός κυκλικού δακτυλίου με ακτίνα του μικρού κύκλου αυτή του στύλου και του μεγάλου κύκλου προσθέτοντας το πάχος της συγκόλλησης πάνω στην πρώτη, οπότε:

$$f_w = \pi \cdot (R + a)^2 - \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (17,78 + 1,2)^2 - \pi \cdot 17,78^2 = 139 \text{ cm}^2$$

- Υπολογισμός της τάσης λόγω θλίψης

$$\sigma_d = \frac{N}{a \cdot l} = \frac{3508}{111,7 \cdot 1,2} = \frac{3508}{134,04} = 26 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} < \sigma_{d\epsilon\pi}$$

- Υπολογισμός διατμητικής τάσης ραφών

$$\tau_\pi = \frac{Q}{f_w} = \frac{11636}{139} = 83,71 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} < \tau_{\pi\epsilon\pi}$$

- Υπολογισμός τάσης συγκρίσεως

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + \tau_\pi^2} = \sqrt{83,71^2 + 26^2} = 87,68 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} < \sigma_{v\epsilon\pi}$$

Άρα η συγκόλληση δεν δέχεται καμία ουσιαστική δύναμη, όπως υποθέσαμε πριν τον έλεγχο της.

2.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΔΡΑΝΩΝ

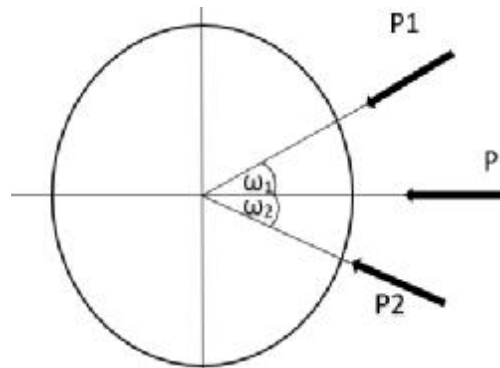
Εφόσον πλέον γνωρίζουμε τις δυνάμεις που θα ασκηθούν στα έδρανα κυλίσεως που θα τοποθετηθούν στον γερανό, μπορούμε θέτοντας παραμέτρους όπως τον αριθμό των εδράνων που θα απορροφήσει την εκάστοτε δύναμη, την περιστροφή ανά λεπτό, το θερμοκρασιακό περιβάλλον λειτουργίας, καθώς και την διάρκεια ζωής που επιθυμούμε, μπορούμε να υπολογίσουμε το απαιτούμενο δυναμικό φορτίο του κάθε εδράνου και στην συνέχεια να γίνει επιλογή του κατάλληλου, βάσει τυποποιήσεων.

2.6.1 Επιλογή εδράνων πλάκας υποστηρίγματος

Στην βάση της πλάκας υποστηρίγματος θα τοποθετηθούν δύο έδρανα κυλίσεως, τα οποία θα αναλάβουν την δύναμη Δ_x η οποία έχει υπολογιστεί σε προηγούμενες παραγράφους.

- Υπολογισμός δυναμικού φορτίου κάθε εδράνου

Δεδομένου ότι τα έδρανα είναι δυο, θα υπολογιστεί το μέρος της δύναμης της Δ_x την οποία αναλαμβάνει το κάθε έδρανο. Στο σχήμα 2.6 φαίνονται τα κέντρα της δοκού και των εδράνων και οι δυνάμεις που ασκούνται στην δοκό με την βοήθεια του οποίου θα υπολογιστεί η δύναμη που ασκεί και δέχεται το κάθε έδρανο.



Σχήμα 2.6: Ασκούμενες δυνάμεις στην δοκό από τα ρουλεμάν

Για $P_1=P_2$ και $\omega_1 = \omega_2 = 25,82^\circ$

Όπου P_1, P_2 η δύναμη που ασκεί το κάθε έδρανο στην δοκό

ω_1, ω_2 η γωνία που σχηματίζει η ασκούμενη δύναμη κάθε εδράνου

Και θέτοντας $\Delta_x = P$ έχουμε:

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2 \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot \cos(2 \cdot \omega)} = \sqrt{2 \cdot P_1^2 + 2 \cdot P_1^2 \cdot \cos(2 \cdot \omega)} = \\
 &= \sqrt{2 \cdot P_1^2 \cdot (1 + \cos(2 \cdot \omega))} = \sqrt{2 \cdot P_1^2 \cdot 2 \cdot \cos^2 \omega} = \sqrt{4 \cdot P_1^2 \cdot \cos^2 \omega} = \\
 &2 \cdot P_1 \cdot \cos \omega \qquad \qquad \qquad (2.5)
 \end{aligned}$$

$$\text{Άρα από την (2.5) } \Rightarrow P_1 = \frac{P}{2 \cdot \cos \omega} = \frac{11636}{2 \cdot \cos 25.82} = \frac{11636}{1,8} = 6463,24 \text{ kp} = 64 \text{ KN}$$

Η δύναμη αυτή των 64 KN εφόσον τα συγκεκριμένα έδρανα δεν δέχονται κάποια αξονική δύναμη, αποτελεί το ακτινικό φορτίο των εδράνων και θα συμβολιστεί ως F_r .

- Συντελεστής ταχύτητας

Για την περιστροφή του σύλου θα τοποθετηθούν κυλινδρικά έδρανα κυλίσεως (ρουλεμάν). Επειδή η ταχύτητα περιστροφής επηρεάζει την αντοχή του εδράνου κυλίσεως, καθώς και το τελικό απαιτούμενο δυναμικό φορτίο, συνεπώς θα πρέπει να υπολογιστεί η ταχύτητα περιστροφής του εδράνου και στην συνέχεια ο αντίστοιχος συντελεστής ταχύτητας, ήτοι:

Θεωρούμε ότι ο βραχίονας θα κάνει μια πλήρη περιστροφή σε 16sec, οπότε για διάμετρο δακτυλίου $D_2 = 370\text{mm}$, διάμετρο εδράνου $D_1 = 100\text{mm}$ και στροφές βραχίονα $n_2 = \frac{60\text{sec}}{16\text{sec}} = 3,75 \text{ rpm}$, η ταχύτητα n_1 του εδράνου υπολογίζεται ως εξής:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \Rightarrow n_1 = \frac{D_2 \cdot n_2}{D_1} = \frac{370 \cdot 3,75}{100} = 14 \text{ rpm}$$

και

$$F_n = \sqrt[3,33]{\frac{33,333 \text{ RPM}}{n_1}} = \sqrt[3,33]{\frac{3,333}{14}} = 1,297$$

Όπου n_1 η ταχύτητα περιστροφής του εδράνου

F_n ο συντελεστής ταχύτητας

- Συντελεστής διάρκειας ζωής

Με βάση τις ώρες λειτουργίας που θέλουμε να αντέξει το έδρανο κύλισης, θα υπολογιστεί ο συντελεστής διάρκειας ζωής. Για επιθυμητή διάρκεια ζωής 3000 ώρες, έχουμε:

$$F_L = \sqrt[3,33]{\frac{L_h}{500}} = \sqrt[3,33]{\frac{3000}{500}} = 1,712$$

Όπου L_h η επιθυμητή διάρκεια ζωής σε ώρες

- Απαιτούμενο δυναμικό φορτίο

Το τελικό φορτίο που θα δεχθεί το κάθε ένα από τα δύο ρουλεμάν υπολογίζεται:

$$C_{απαιτ} = P \cdot \frac{F_L}{F_n \cdot F_t} = 64 \cdot \frac{1,712}{1,297 \cdot 1} = 84,4 \text{ KN}$$

Όπου $C_{απαιτ}$ το απαιτούμενο δυναμικό φορτίο σε KN

F_t ο συντελεστής θερμοκρασίας

Και

F_t λαμβάνεται ίσο με ένα για θερμοκρασίες $< 150^{\circ}$ και κατά συνέπεια για την δική μας εφαρμογή

Άρα τα έδρανα τα οποία θα επιλεγούν είναι κυλινδρικά έδρανα κυλίσεως, με διάμετρο οπής $d = 45\text{mm}$ και εξωτερική διάμετρο $D = 100\text{mm}$ κατά DIN 5412 σειράς NUP3, τα οποία θα μπορούν να δεχθούν δυναμικό φορτίο $98 \text{ KN} > 84,4 \text{ KN}$ και τα χαρακτηριστικά τους φαίνονται στον πίνακα 6 του παραρτήματος Β.

2.6.2 Επιλογή εδράνων πλάκας κεφαλής

Στην πλάκα της κεφαλής θα τοποθετηθεί ένα κωνικό έδρανο κυλίσεως, το οποίο θα αναλάβει όλη την εγκάρσια δύναμη B_x καθώς και την αξονική δύναμη B_y , δυνάμεις οι οποίες έχουν υπολογιστεί σε προηγούμενες παραγράφους.

- Υπολογισμός δυναμικού φορτίου

Το έδρανο στην συγκεκριμένη θέση θα αναλάβει τόσο ακτινική δύναμη F_r όσο και αξονική F_a .

Οπότε $F_a = B_y = W_1 = 3508 \text{ kp}$ και $F_r = B_x = 11636 \text{ kp}$

Για να εξακριβώσουμε αν το ισοδύναμο φορτίο ισούται με το ακτινικό ή αν θα πρέπει να συνυπολογίσουμε την αξονική δύναμη για την εύρεση του δυναμικού φορτίου, θα συγκρίνουμε το λόγο του αξονικού με του ακτινικού για να δούμε αν είναι μικρότερος από τον συντελεστή e του εδράνου κύλισης που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε. Για την εφαρμογή μας, για κωνικό ρουλεμάν κατά DIN 720 σειράς 323 με διάμετρο οπής 60mm και εξωτερική διάμετρο 130mm από τον πίνακα 7 του παραρτήματος Β, βρίσκουμε $e = 0,35$.

$$\text{Συνεπώς } \frac{F_a}{F_r} = \frac{3508}{11636} = \mathbf{0,301} < 0,35$$

Και άρα το αξονικό φορτίο θα το παραβλέψουμε και θα λάβουμε $P = F_r = 116$
KN

- Υπολογισμός συντελεστή ταχύτητας

Η ταχύτητα περιστροφής του κωνικού εδράνου είναι ίση με την ταχύτητα περιστροφής του σύλου, η οποία υπολογίστηκε προηγουμένως, ήτοι:

$$n_1 = n_2 = 3,75 \text{ rpm}$$

Επομένως ο συντελεστής ταχύτητας F_n του εδράνου υπολογίζεται ως εξής:

$$F_n = \sqrt[3,33]{\frac{33,333 \text{ RPM}}{n_1}} = \sqrt[3,33]{\frac{3,333}{11}} = 1,395$$

- Υπολογισμός διάρκειας ζωής

Σε αντίθεση με τα ρουλεμάν της πλάκας υποστηρίγματος τα οποία είναι εύκολα προσβάσιμα για αλλαγή, η αλλαγή του ρουλεμάν της πλάκας κεφαλής είναι πιο σύνθετη εργασία, οπότε η διάρκεια ζωής του θα τεθεί τετραπλάσια από αυτά που θα τοποθετηθούν στην πλάκα του υποστηρίγματος. Οπότε:

$$F_L = \sqrt[3,33]{\frac{L_h}{500}} = \sqrt[3,33]{\frac{12000}{500}} = 2,597$$

- Υπολογισμός απαιτούμενου δυναμικού φορτίου

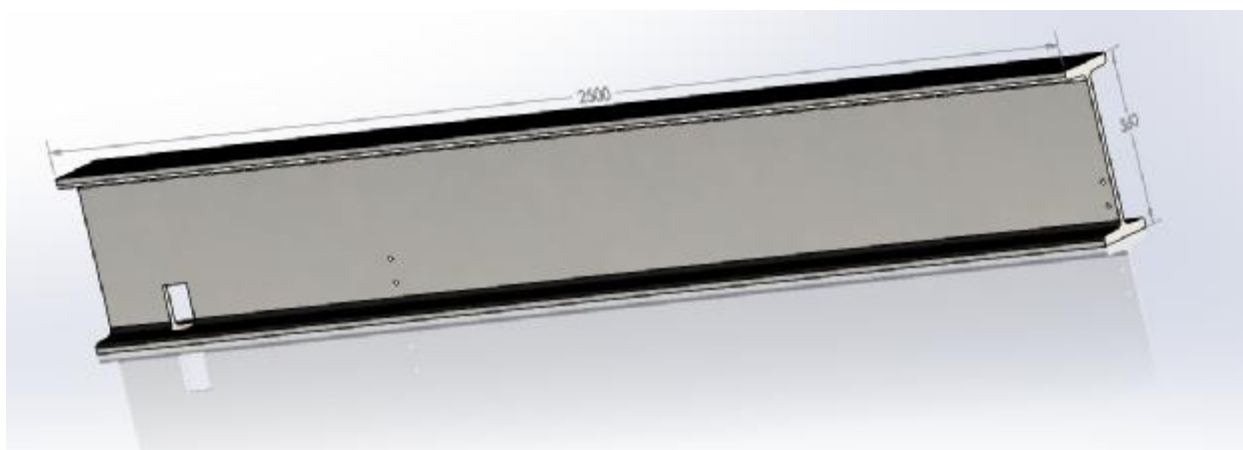
$$C_{\text{απαιτ}} = P \cdot \frac{P \cdot FL}{F_n \cdot F_t} = 116 \cdot \frac{2,597}{1,395 \cdot 1} = 216 \text{ KN}$$

Άρα το έδρανο επιλογής μας με δυναμικό φορτίο 245KN κατά DIN 720 σειράς 323 με διάμετρο οπής 60mm και εξωτερική διάμετρο 130mm από τον πίνακα 7 του παραρτήματος Β επαρκεί.

3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

3.1 ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ

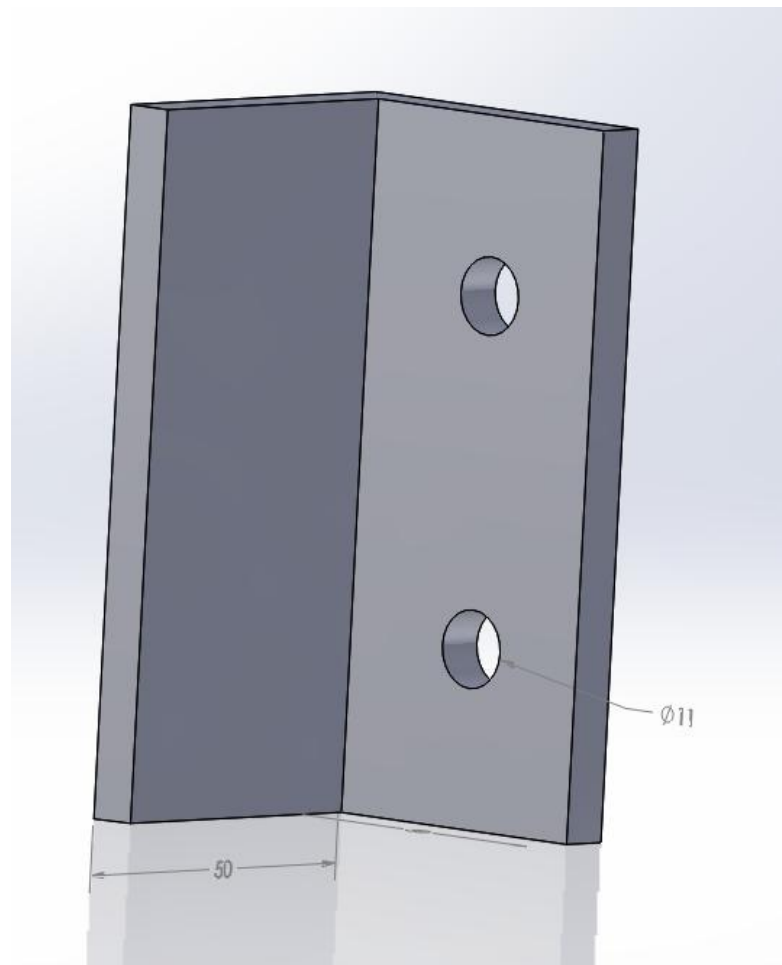
Η δοκός του βραχίονα είναι τυποποιημένη τύπου IPN από χάλυβα St37, έχει μήκος 2.5 μέτρα και διαθέτει 2 οπές στο δεξιό άκρο και άλλες δυο στο αριστερό μέρος, στις οποίες οπές θα τοποθετηθούν δυο ελάσματα με κοχλίες M10 για να περιορίσουν την κίνηση του φορείου στον συγκεκριμένο χώρο. Επίσης διαθέτει μια οπή στην οποία θα γίνει συγκόλληση του άξονα που θα εφαρμόσει στο έδρανο κύλισης και θα επιτρέψει την περιστροφή του γύρω από τον στύλο κατά 360° . Στην εικόνα 3.1 παρουσιάζεται ο βραχίονας του Γερανού.



Εικόνα 3.1: Βραχίονας γερανού

3.2 ΛΑΜΕΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ

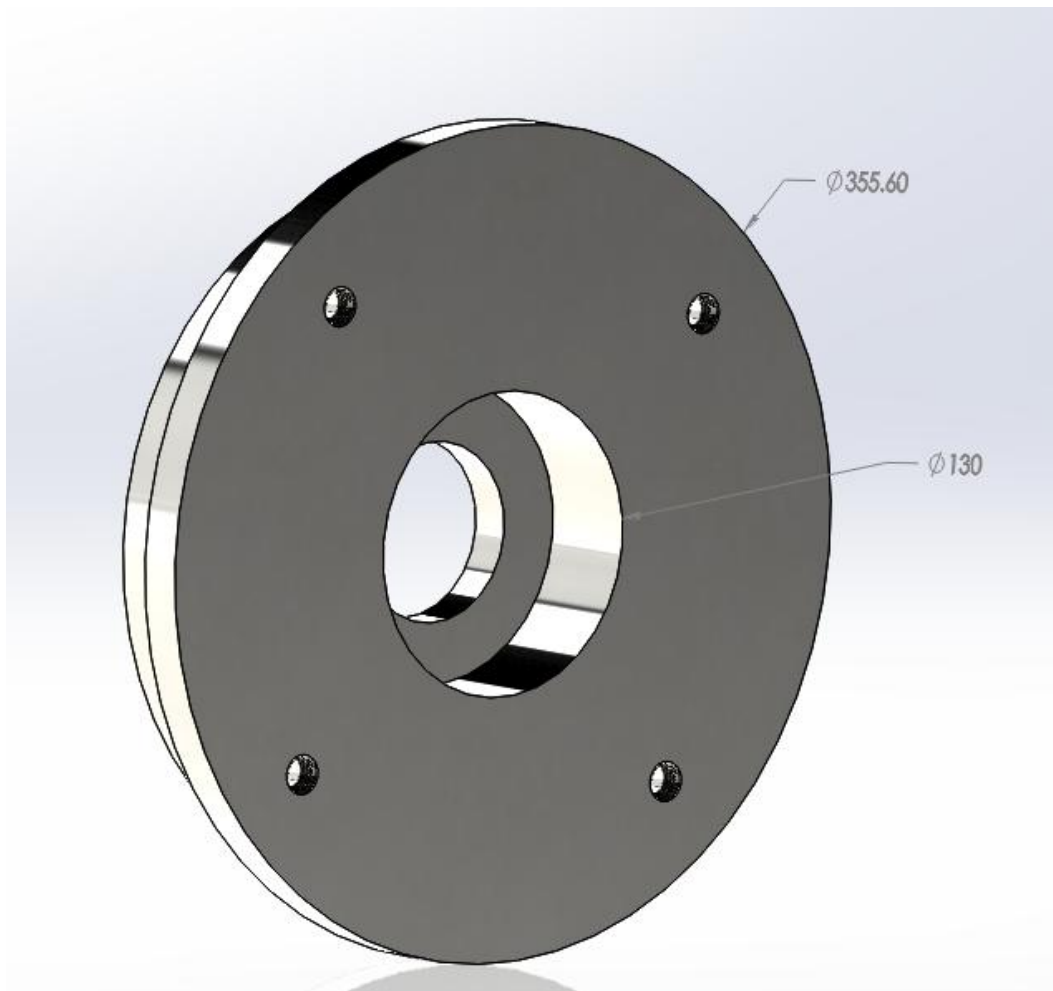
Οι λάμες συγκράτησης οι οποίες θα τοποθετηθούν στις οπές οι οποίες έχουν δημιουργηθεί στον κορμό του βραχίονα από την μια μόνο πλευρά και θα στερεωθούν με κοχλίες αντίστοιχους της διαμέτρου οπής τους. Η θέση τοποθέτησης τους πάνω στον βραχίονα έχουν υπολογιστεί ώστε το βαρούλκο με το φορείο, να μην έρχονται σε επαφή με το υποστήριγμα που θα τοποθετηθεί στο κάτω μέρος του βραχίονα. Στην εικόνα 3.2 φαίνονται οι λάμες συγκράτησης.



Εικόνα 3.2: Λάμες συγκράτησης

3.3 ΠΛΑΚΑ ΚΕΦΑΛΗΣ

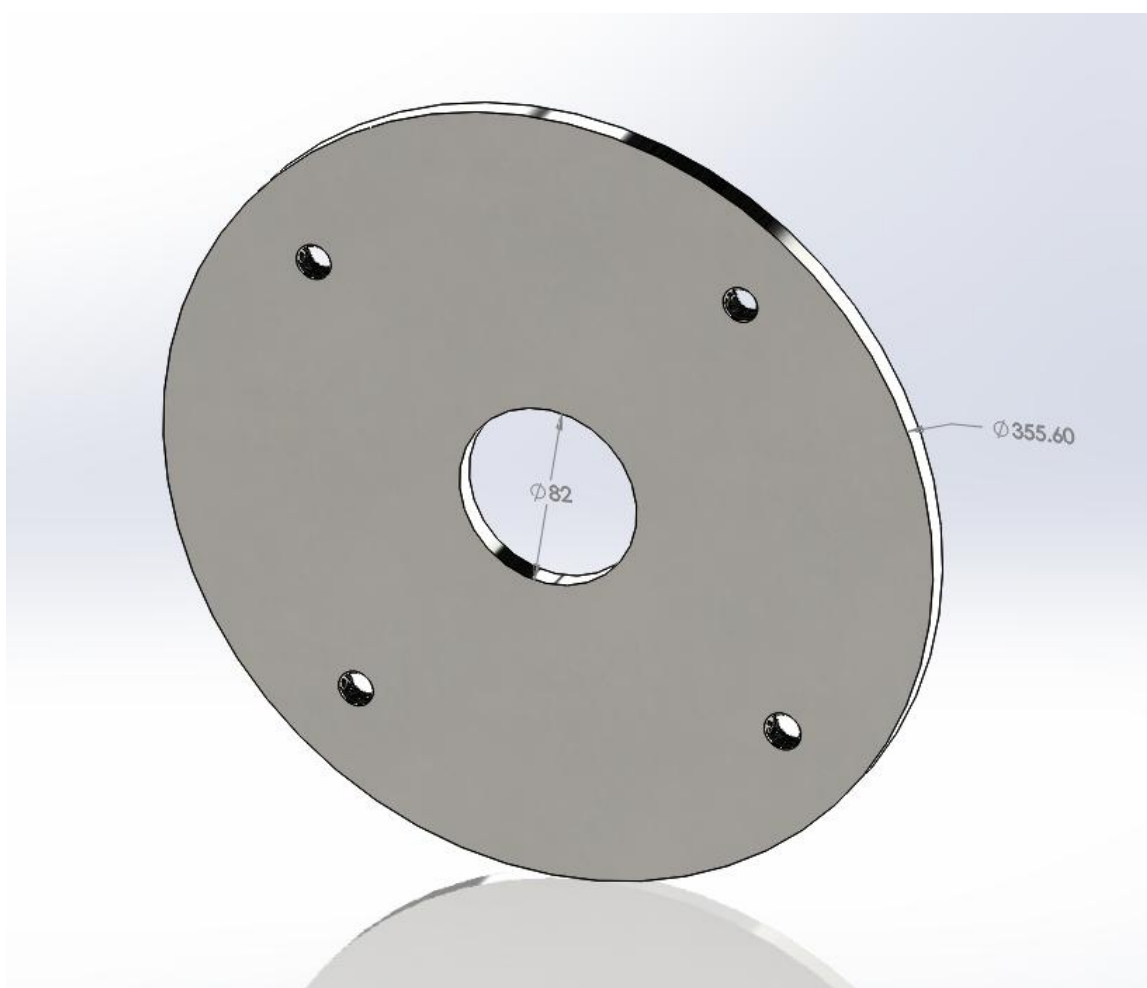
Η πλάκα κεφαλής είναι κατάλληλων διαστάσεων ώστε να εφαρμοστεί στο πάνω μέρος της δοκού του στύλου και στην συνέχεια να γίνει η συγκόλληση της. Στο κέντρο της πλάκας υπάρχει μια τρύπα από την οποία θα περάσει ο άξονας του ρουλεμάν όταν αυτό εφαρμοστεί σε αυτήν. Επίσης έχουν δημιουργηθεί 4 οπές με κατάλληλο σπείρωμα για το καπάκι που θα εφαρμοστεί. Στην παρακάτω εικόνα 3.3 βλέπουμε τον σχεδιασμό της πλάκας αυτής.



Εικόνα 3.3: Πλάκα κεφαλής

3.4 ΚΑΠΑΚΙ ΚΕΦΑΛΗΣ

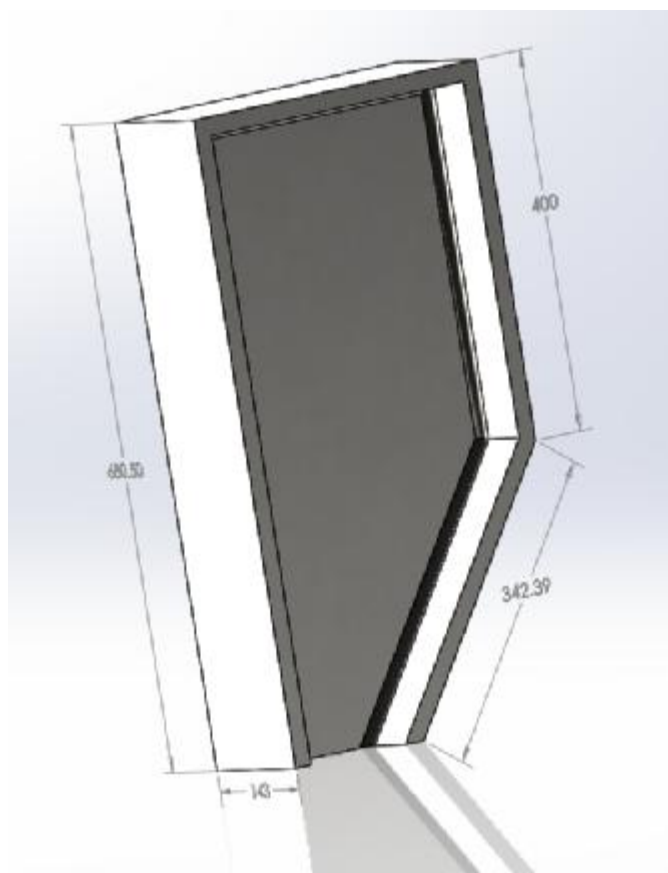
Το καπάκι τοποθετείται πάνω από την πλάκα κεφαλής και εσωκλείει το έδρανο ώστε να μείνει σταθερό και καθαρό από σκόνες και βρωμιές. Όπως φαίνεται στην εικόνα 3.4 διαθέτει οπές ίδιας διαμέτρου με την πλάκα κεφαλής και ίδιο σπείρωμα, πράγμα που θα επιτρέψει την συγκράτηση του με κοχλίες διατομής M16. Η οπή στο κέντρο της είναι μεγαλύτερη αυτής του άξονα που "πατάει" επάνω στο έδρανο ώστε να μην περιορίζεται η περιστροφή. Το υλικό κατασκευής της είναι St37.



Εικόνα 3.4: Καπάκι κεφαλής

3.5 ΥΠΟΣΤΗΡΙΓΜΑ

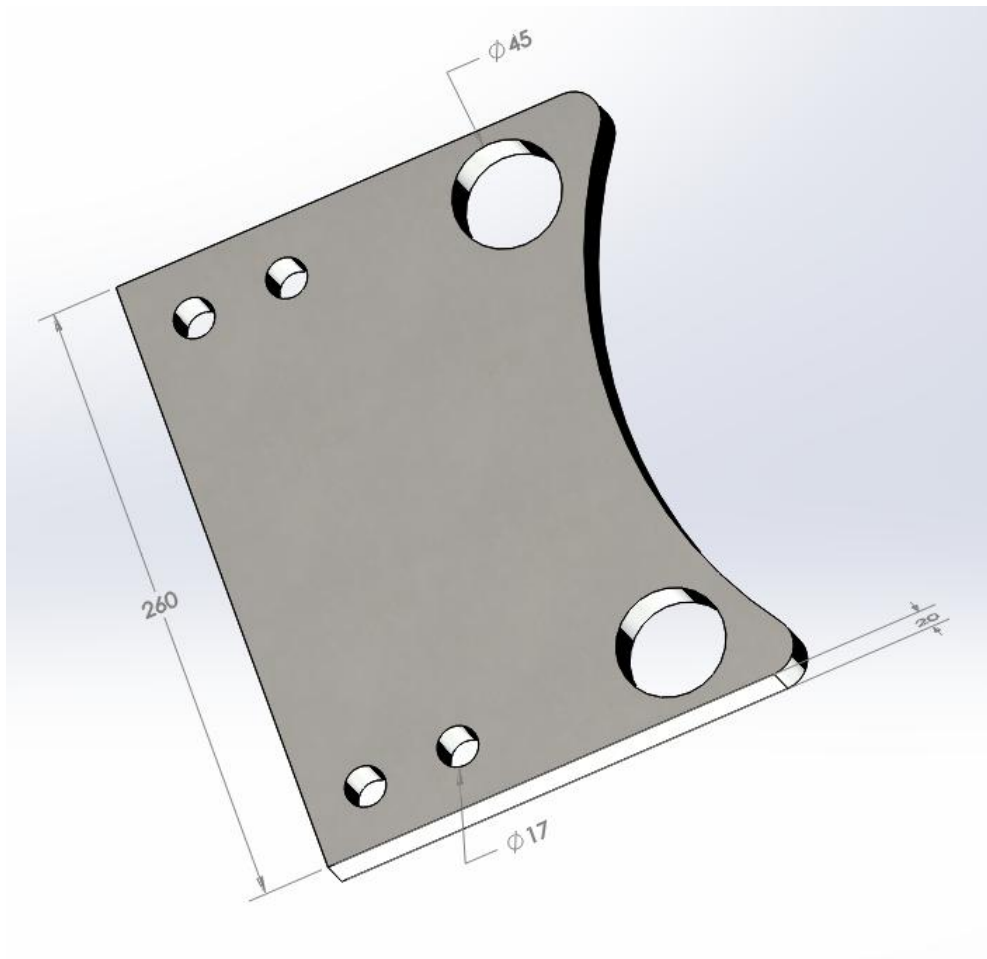
Το υποστήριγμα που παρουσιάζεται στην εικόνα 3.5 παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην όλη κατασκευή και είναι αυτό που θα μεταφέρει στο πάνω μέρος του στύλου, μεγάλο μέρος των καμπτικών δυνάμεων που θα ασκηθούν στην δοκό του βραχίονα, στο έδρανο της κεφαλής και τον άξονα του. Με αυτό τον τρόπο θα μοιραστούν ομοιόμορφα τα φορτία, μειώνοντας την εκδοχή να δημιουργηθεί κάποιο κρίσιμο σημείο με αυξημένα φορτία, το οποίο θα οδηγήσει την κατασκευή μας σε αστοχία. Η διατομή του είναι αντίστοιχη με της δοκού του βραχίονα με την μόνη διαφορά ότι τόσο στην πάνω όσο και στην κάτω δεξιά πλευρά, έχουν τοποθετηθεί ελάσματα αντίστοιχα με αυτά των πελμάτων της δοκού για την περαιτέρω ενίσχυση της.



Εικόνα 3.5: Υποστήριγμα

3.6 ΠΛΑΚΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΓΜΑΤΟΣ

Η πλάκα υποστηρίγματος, είναι αυτή που θα μεταφέρει τις δυνάμεις από το υποστήριγμα στα έδρανα και αυτά με την σειρά τους στο στύλο του γερανού. Το έλασμα είναι αρκετά παχύ ώστε να δεχθεί τις δυνάμεις που θα του ασκηθούν και διαθέτει δύο οπές στις οποίες τοποθετούνται οι άξονες των εδράνων και 4 οπές όπου μέσω κοχλιών M16 θα συνδεθεί με ένα έλασμα ειδικά διαμορφωμένο για την στήριξη του κινητήρα. Στην εικόνα 3.6 που ακολουθεί φαίνεται η πλάκα αυτή.



Εικόνα 3.6: Πλάκα υποστηρίγματος

3.7 ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ ΚΥΛΙΣΗΣ

Ο δακτύλιος τοποθετείται στο ίδιο ύψος με αυτό των εδράνων τα οποία θα κυλίσουν πάνω σε αυτόν. Το υλικό του δακτυλίου είναι ίδιο με αυτό της δοκού, δηλαδή St37. Ακολουθεί εικόνα 3.7 του δακτυλίου.



Εικόνα 3.7: Δακτύλιος κύλισης

3.8 ΓΡΑΝΑΖΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

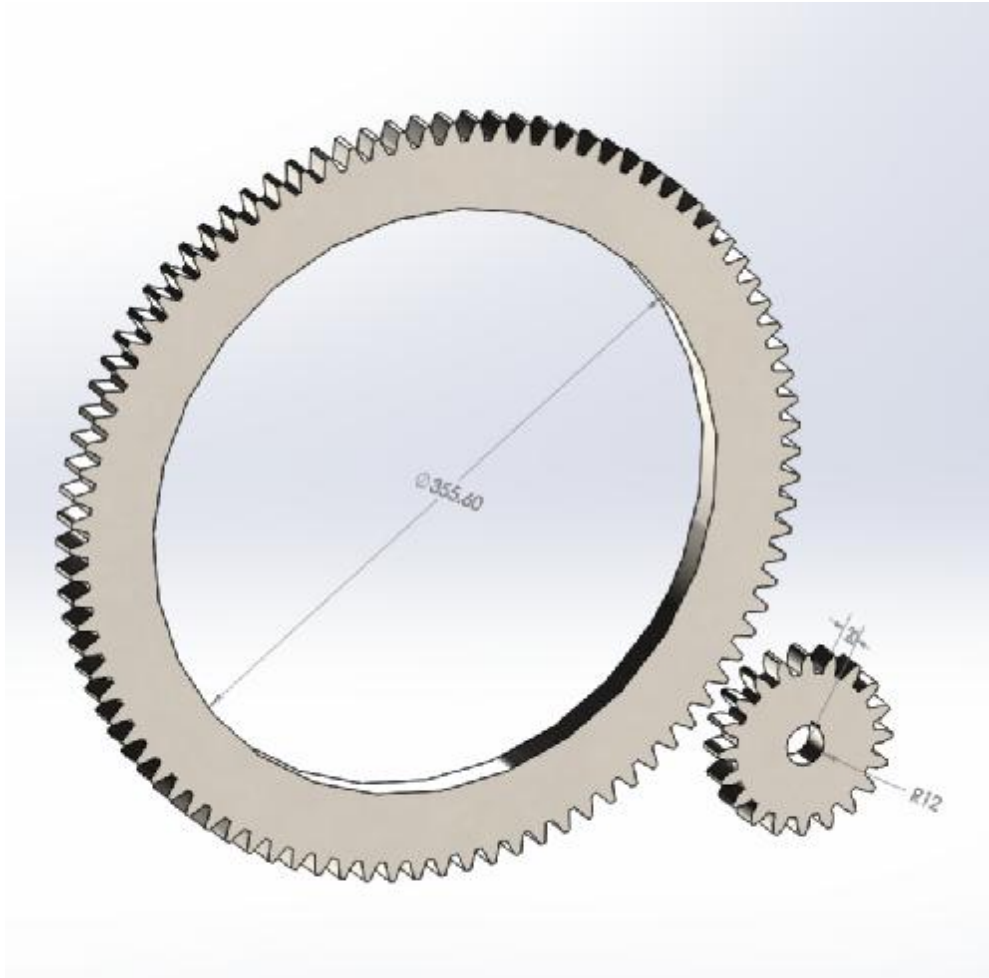
Τα γρανάζια μετάδοσης είναι δυο μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί, ο ένας εκ των οποίων θα τοποθετηθεί περιμετρικά του σύλου και ο μικρότερος τροχός, ο οποίος θα δώσει κίνηση στον βραχίονα, θα τοποθετηθεί στον άξονα του κινητήρα περιστροφής. Το κέντρο του σύλου από το κέντρο του άξονα του κινητήρα απέχει 275mm. Το μοντούλ των δύο γραναζιών λαμβάνεται $m = 5$ και τα δόντια του μεγάλου τροχού θα είναι $z_2 = 90$ ενώ του μικρού είναι $z_1 = 20$.

$$\text{Άρα} \quad d_{01} = m \cdot z_1 = 5 \cdot 20 = 100mm$$

$$d_{02} = m \cdot z_2 = 5 \cdot 90 = 450mm$$

$$\frac{d_{01}}{2} + \frac{d_{02}}{2} = \frac{100}{2} + \frac{450}{2} = 275mm$$

Οπότε οι διαστάσεις των γραναζιών που επιλέχτηκαν είναι ικανοποιητικές ως προς την απόσταση των κέντρων και ως προς την σωστή τοποθέτηση του μεγάλου γραναζιού στον σύλο.



Εικόνα 3.8: Γρανάζια μετάδοσης

3.9 ΣΤΥΛΟΣ

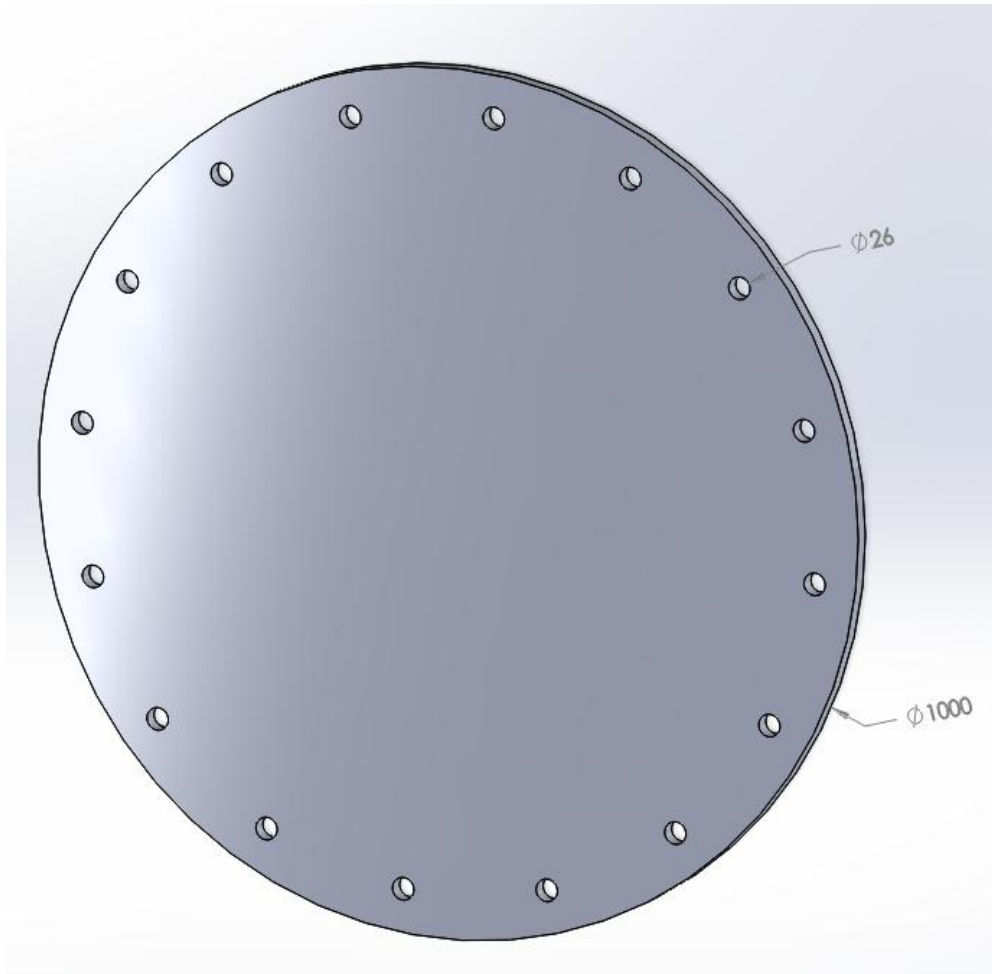
Ο Στύλος που χρησιμοποιείται στην εφαρμογή μας είναι κυλινδρικής διατομής μήκους 3 μέτρων και είναι τυποποιημένος του εμπορίου. Στο πάνω μέρος του γίνεται συγκόλληση με την κεφαλή και στο κάτω μέρος του με την πλάκα βάσης και τα ενισχυτικά νεύρα. Τόσο η διατομή του όσο και το πάχος του είναι αρκετά μεγάλα ώστε να μπορέσουν να αντέξουν όλες τις δυνάμεις που πρόκειται να ασκηθούν. Η όψη του στύλου φαίνεται στην εικόνα 3.9



Εικόνα 3.9: Στύλος γερανού

3.10 ΠΛΑΚΑ ΒΑΣΗΣ

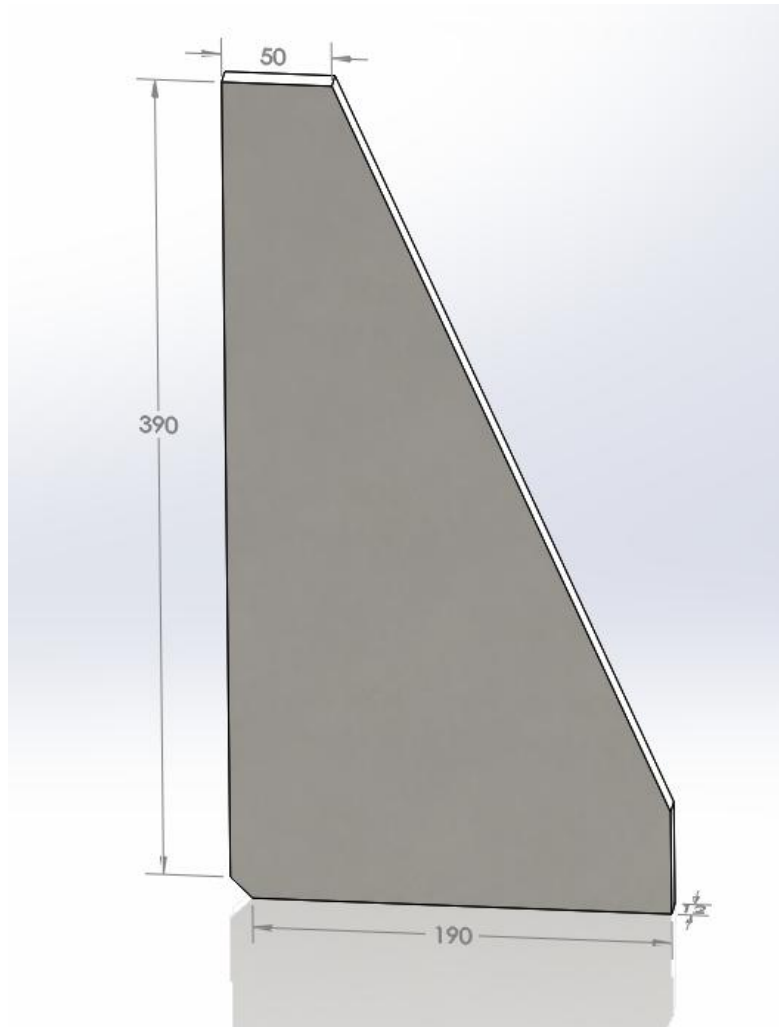
Στην εικόνα 3.10 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η σχεδίαση της πλάκας βάσης πάνω στην οποία πρόκειται να τοποθετηθεί ο στύλος και θα γίνει συγκόλληση με τα ενισχυτικά νεύρα. Η βάση διαθέτει 12 οπές διαμέτρου 26mm μέσα από τις οποίες θα περάσουν οι κοχλίες M24 που θα έχουν αγκυρωθεί εξαρχής στην βάση από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το πάχος της πλάκας της βάσης λαμβάνεται 25mm και είναι αυξημένο σε σχέση με τα υπόλοιπα μέρη για να μπορεί να φέρει τα φορτία που θα ασκηθούν. Το υλικό της πλάκας είναι χάλυβας St37.



Εικόνα 3.10: Πλάκα βάσης

3.11 ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ ΝΕΥΡΑ

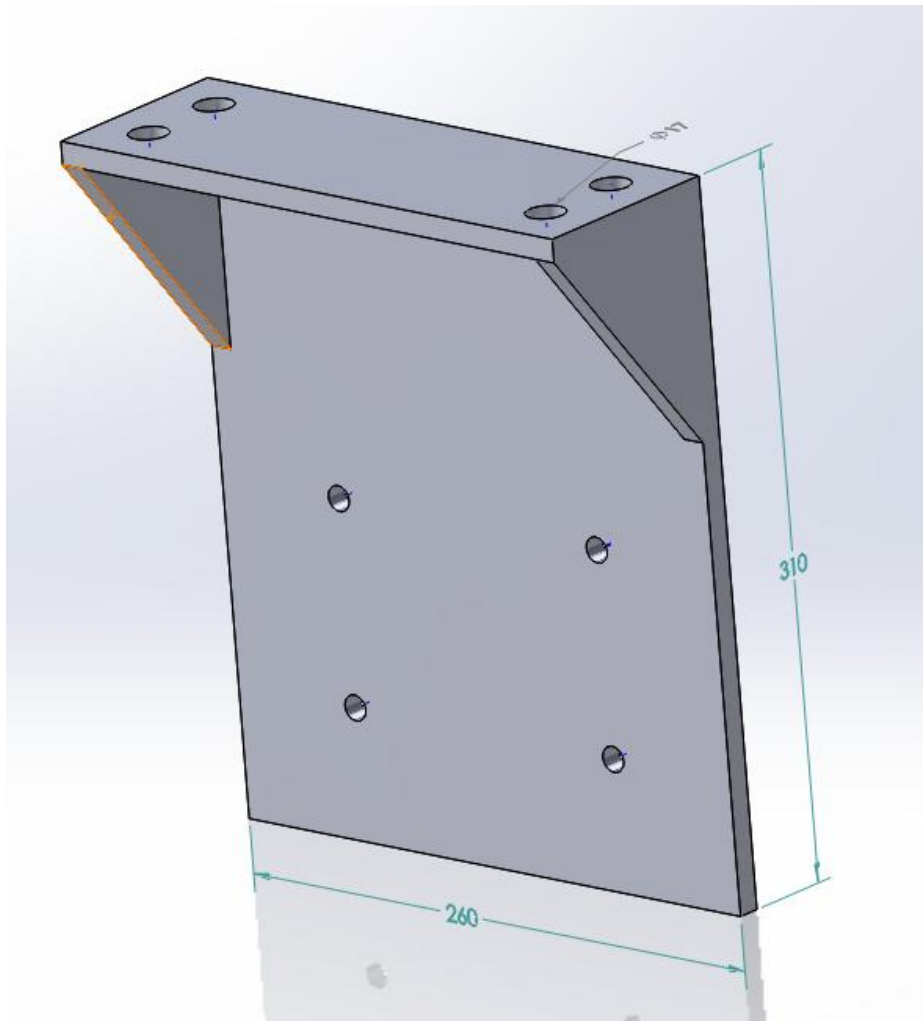
Τα ενισχυτικά νεύρα που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι έξι και θα λειτουργήσουν ενισχυτικά για την συγκράτηση της πλάκας βάσης και του στύλου αφού οι υπολογισμοί έγιναν χωρίς να συνυπολογίζονται στην μελέτη, και θα προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια και ακαμψία στην κατασκευή. Στην εικόνα 3.11 φαίνεται ένα εξ' αυτών.



Εικόνα 3.11: Εισχυτικό νεύρο

3.12 ΒΑΣΗ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ

Ένα ειδικά διαμορφωμένο έλασμα έχει δημιουργηθεί πάνω στο οποίο θα τοποθετηθεί ο κινητήρας περιστροφής με κοχλίες. Το έλασμα αυτό με την σειρά του θα συγκρατηθεί από την πλάκα του υποστηρίγματος στις 4 οπές όπου έχουν δημιουργηθεί στα δύο αυτά ελάσματα με κοχλίες M16. Ακολουθεί η εικόνα 3.12 με την βάση αυτή.



Εικόνα 3.12: Βάση στήριξης κινητήρα περιστροφής

3.13 ΑΞΟΝΑΣ ΚΑΙ ΕΔΡΑΝΟ ΚΕΦΑΛΗΣ

Ο άξονας στο πάνω μέρος του τοποθετείται στην οπή που έχει δημιουργηθεί στο κάτω μέρος του βραχίονα και στο κάτω μέρος του θα τοποθετηθεί το έδρανο της κεφαλής που θα επιτρέψει την περιστροφή του βραχίονα. Ο χάλυβας που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι ένας βελτιωμένος χάλυβας χρωμίου μολυβδαίνιου με χαρακτηρισμό 25CrMo4 ο οποίος θα είναι ικανός να μεταφέρει τα φορτία που θα ασκηθούν σε αυτόν από το έδρανο.

Στην συνέχεια, το έδρανο αφού προσαρμοστεί και σφηνωθεί ο άξονας στο εσωτερικό του, θα τοποθετηθεί στην πλάκα κεφαλής του στύλου. Στην εικόνα 3.13 φαίνονται ο σχεδιασμός του εδράνου και του άξονα αυτού.



Εικόνα 3.13: Έδρανο κύλισης

Τα έδρανα που κυκλοφορούν , διακρίνονται σε ολίσθησης και κύλισης ανάλογα της λειτουργίας τους και τα φορτία που αναλαμβάνουν. Στην δική μας εφαρμογή θα χρησιμοποιηθεί ένα έδρανο κύλισης. Στο εμπόριο, υπάρχει πληθώρα εδράνων κύλισης, όπως έδρανα κύλισης βαθιάς αύλακας, αυτορρυθμιστά, κυλινδρικά, σφαιρικά έδρανα κυλινδρικών κυλίστρων, αξονικά έδρανα κύλισης και άλλα ανάλογα με την εφαρμογή.

Δεδομένου ότι η κατασκευή μας δέχεται και ακτινικά και αξονικά φορτία στο σημείο αυτό, αλλά ως επί το πλείστον αξονικά θα προτιμήσουμε ένα κωνικό έδρανο. Τα κωνικά έδρανα κύλισης, έχουν την ικανότητα να αντέχουν πολύ βαριές ακτινικές δυνάμεις αλλά μπορούν ταυτόχρονα να φέρουν και αξονικές δυνάμεις. Αυτό οφείλεται στην γωνία επαφής που δημιουργείται σε αντίθεση με τα απλά κυλινδρικά, των οποίων ο άξονας περιστροφής είναι παράλληλος με τον άξονα που τοποθετείται στο έδρανο. Έτσι τα καθιστούν ιδανικά για την κατασκευή μας.

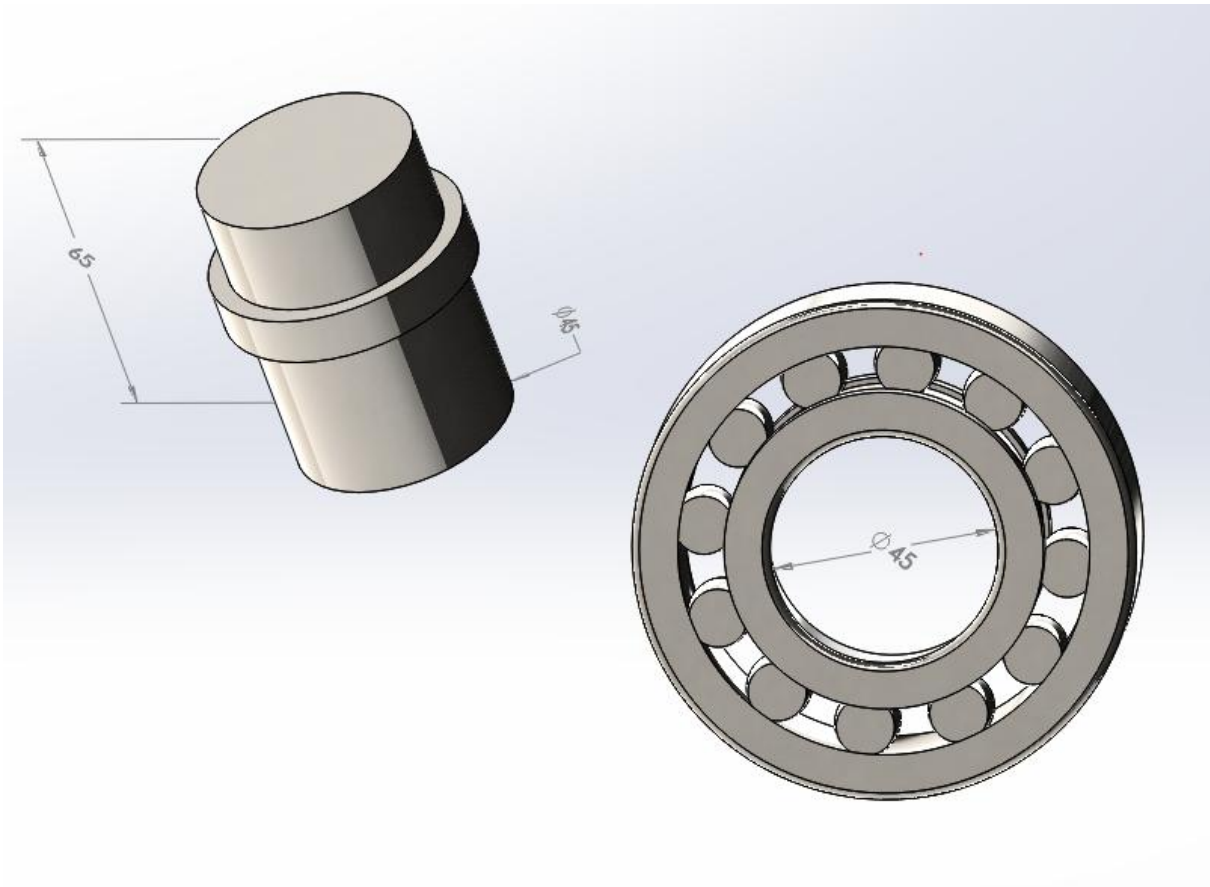
Το έδρανο αυτό πάρθηκε έτοιμο από την βιβλιοθήκη του προγράμματος σχεδίασης solidworks μιας και θα είναι τυποποιημένο του εμπορίου και ενσωματώθηκε στην κατασκευή μας. Τα πρότυπα κατασκευής του είναι κατά DIN 720 της σειράς 323 και χαρακτηριστικό αριθμό οπής 12, δηλαδή διάμετρο οπής 60mm και εξωτερική διάμετρο 130mm όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο.

3.14 ΑΞΟΝΑΣ ΕΔΡΑΝΩΝ ΚΑΙ ΕΔΡΑΝΑ ΠΛΑΚΑΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΓΜΑΤΟΣ

Τα έδρανα εφαρμόζονται με έναν άξονα στις οπές της πλάκας του υποστηρίγματος. Οι διατομές τόσο του άξονα όσο και του εδράνου , είναι μικρότερες από αυτές του εδράνου και του άξονα που τοποθετήθηκε στην κεφαλή παρόλο που η δύναμη που ασκείται είναι ίδια. Αυτό συνέβη αφενός γιατί τα έδρανα είναι δύο και αφετέρου διότι τα έδρανα αυτά έχουν χαμηλότερη διάρκεια ζωής λόγω ευκολίας αλλαγής.

Ο άξονας των εδράνων είναι και αυτός από χάλυβα υλικού χρωμίου μολυβδαίνιου ώστε να εξασφαλιστεί η αντοχή του. Στην εικόνα 3.14 φαίνονται το έδρανο και ο άξονάς του.

Τα έδρανα τα οποία χρησιμοποιούνται στην προκειμένη περίπτωση είναι κυλινδρικά ώστε να μπορούν εύκολα να φέρουν τα μεγάλα ακτινικά φορτία που ασκούνται στο σημείο αυτό. Η τυποποίηση τους είναι κατά DIN 5412 της σειράς NU23, με χαρακτηριστικό αριθμό οπής 9, δηλαδή διάμετρο οπής 45 mm και μέγιστη διάμετρο 100mm.



Εικόνα 3.14: Έδρανο και άξονας πλάκας υποστηρίγματος

4. ΛΟΙΠΑ ΜΕΡΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται ο εξοπλισμός και τα εξαρτήματα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή τα οποία πάρθηκαν έτοιμα. Παρά ταύτα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι για την ολοκλήρωση της κατασκευής και πρέπει να έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και προδιαγραφές. Επίσης στο κεφάλαιο αυτό υπάρχει επιπρόσθετη περιγραφή χαρακτηριστικών σημείων του γερανού στα οποία συμμετέχουν αρκετά μέλη, για καλύτερη κατανόηση. Τέλος, δίνεται ένα ολοκληρωμένο σχέδιο της τελικής όψης του γερανού.

4.1 ΜΕΣΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ

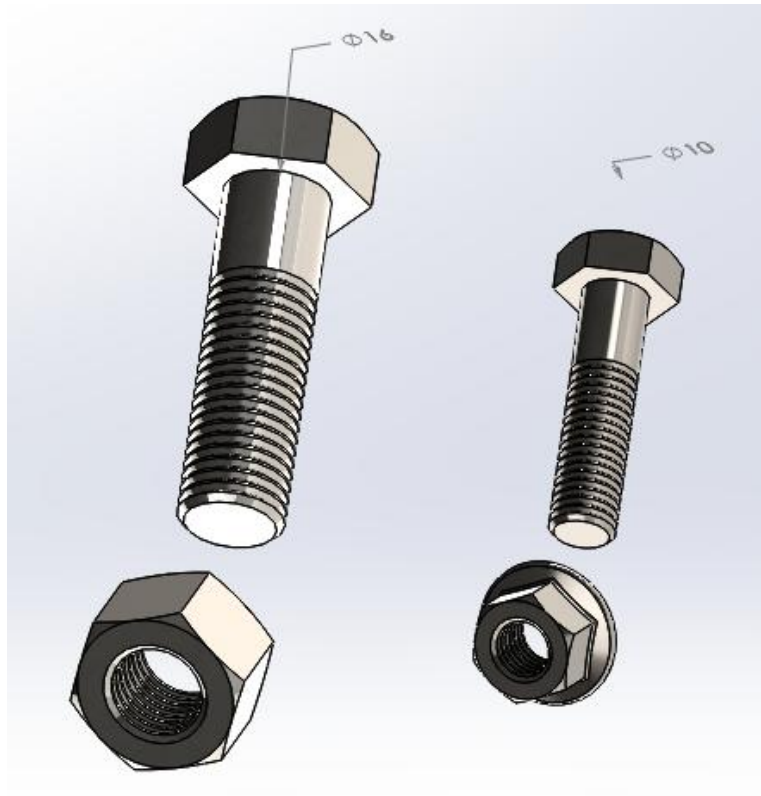
Τα μέσα συγκράτησης της κατασκευής μας είναι βίδες κοχλίες και δαχτυλίδια συγκράτησης. Οι διαστάσεις τους διαφέρουν, ανάλογα με το σημείο που θα τοποθετηθεί το καθένα από αυτά. Όλα είναι τυποποιημένα και πληρούν τόσο προδιαγραφές σχεδιασμού όσο και κατασκευής.

4.1.1 Κοχλίες και περικόχλια

Κοχλίες χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μας σε 4 διαφορετικά σημεία. Στις λάμες που θα τοποθετηθούν στον βραχίονα ώστε να περιοριστεί η κίνηση του φορείου τοποθετούνται 4 κοχλίες εξαγωνικής κεφαλής, διατομής M10 μαζί με 4 περικόχλια ίδιας κεφαλής και διατομής M10 με 4 περικόχλια με φλάντζα.

Για την συγκράτηση του κινητήρα περιστροφής με την πλάκα της βάσης του χρησιμοποιούνται ακόμη 4 κοχλίες και περικόχλια ακριβώς ίδιες με τις παραπάνω.

Για την σύνδεση της πλάκας κεφαλής χρησιμοποιούνται αντίστοιχα 4 κοχλίες M16 και 4 περικόχλια εξαγωνικής κεφαλής. Στην εικόνα 4.1 φαίνονται τα δύο είδη κοχλιών με τα περικόχλια τους.



Εικόνα 4.1: Κοχλίες και περικόχλια M16 και M10

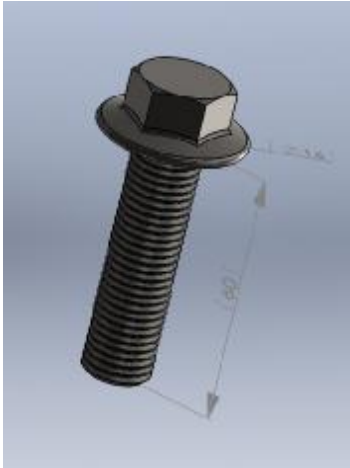
Οι M16 και M10 κοχλίες ακολουθούν τυποποίηση κατά DIN EN 24015 ενώ κατά DIN 6923 τα περικόχλια M10 και κατά ISO 4034 τα περικόχλια M16. Τα χαρακτηριστικά των οποίων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 4.1

Πίνακας 4.1: Χαρακτηριστικά κοχλιών

Χαρακτηρισμός	M10	M16
Βήμα σπειρώματος	1.5	2
Κύρια διάμετρος	10	16
Μήκος	40	55
Μήκος σπειρώματος	26	38
Εσωτερική διαμ. κοχλία	8.376	14.376
Εσωτερική διαμ. Περικόχλιου	8.647	14.92

4.1.2 Βίδες

Βίδες στην κατασκευή μας χρησιμοποιούνται στην πλάκα κεφαλής και στο καπάκι που τοποθετείται πάνω από αυτή, ώστε να γίνει η συγκράτηση του εδράνου κύλισης στο εσωτερικό τους. Οι βίδες αυτές είναι τέσσερις και διατομής M16 κατά DIN 6921. Στην παρακάτω εικόνα 4.2 φαίνεται η μία εξ αυτών καθώς και τα χαρακτηριστικά της.



Χαρακτηρισμός	M16
Βήμα σπειρώματος	2
Κύρια διάμετρος	16
Μήκος	60
Μήκος σπειρώματος	60
Εσωτερική διαμ. κοχλία	10
Εσωτερική διαμ. Περικόχλιου	14.92

Εικόνα 4.2: Βίδα M16 και χαρακτηριστικά σε χιλιοστά

4.1.3 Κοχλίες αγκύρωσης

Οι κοχλίες που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή μας θα είναι υψηλής αντοχής τύπου L και έχουν τοποθετηθεί εξαρχής μέσα στο οπλισμένο σκυρόδεμα με το σπείρωμα να προεξέχει. Οι μηχανικές προδιαγραφές είναι βάσει ISO 898-1 και οι προδιαγραφές διαστάσεων τους βάσει DIN 975, DIN 976. Οι κοχλίες θα είναι 16 διατομής M24, με μήκος 500mm και μήκος σπειρώματος 200mm. Σε κάθε κοχλία θα χρησιμοποιηθούν για σύσφιξη 2 περικόχλια για καλύτερη σύσφιξη. Εικόνα των παρακάτω κοχλιών φαίνεται στην εικόνα 4.3 .



Εικόνα 4.3: Κοχλίας αγκύρωσης τύπου L

4.1.4 Δακτύλιος συγκράτησης

Για να είναι εφικτή η συγκράτηση των εδράνων κύλισης που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή μας, έχουν τοποθετηθεί κάτω από αυτά, δακτύλιοι συγκράτησης. Οι δακτύλιοι αυτοί είναι βαρέως τύπου κατά DIN 471 ώστε να αντέξουν τις ασκούμενες δυνάμεις. Η μορφή και τα χαρακτηριστικά αυτών, φαίνεται στην εικόνα 4.4.



Διάμετρος άξονα	45	60
Εσωτ. διάμετρος δακτύλιου	42.5	57
Πάχος δακτύλιου	2.5	3

Εικόνα 4.4 Δακτύλιοι συγκράτησης και χαρακτηριστικά σε χιλιοστά

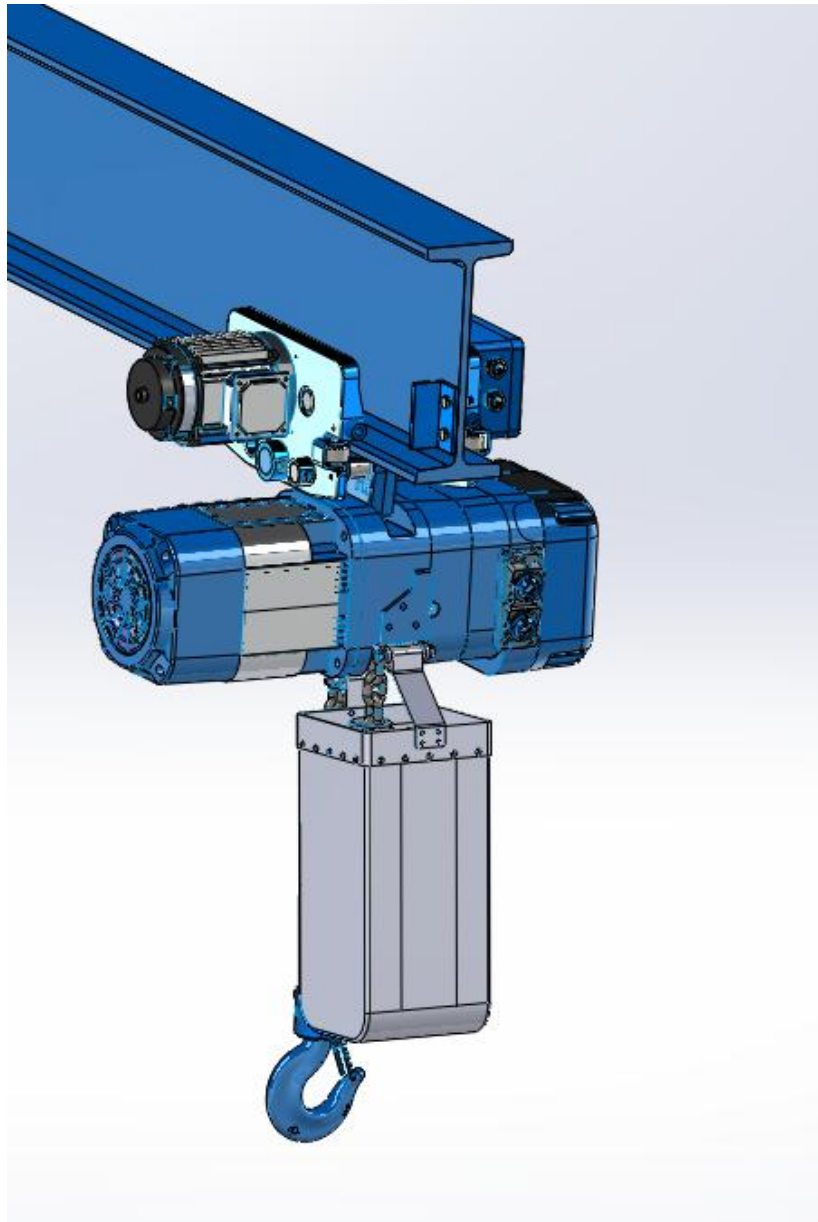
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΥΨΩΣΗΣ

Για την ολοκλήρωση της κατασκευής θα χρειαστεί ένας μηχανισμός ανύψωσης ο οποίος ονομάζεται βαρούλκο, καθώς και ένα φορείο για την μετακίνηση αυτού πάνω στην δοκό του βραχίονα.

Τα βαρούλκα που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι δύο τύπων. Είναι αυτά που η ανύψωση του φορτίου γίνεται με αλυσίδα και αυτά που η ανύψωση γίνεται με συρματόσχοινο, με διαφορετικά οφέλη και μειονεκτήματα καθένα εξ αυτών. Το βαρούλκο κινείται με την βοήθεια ενός ηλεκτροκινητήρα ο οποίος περιέχει ένα μειωτήρα με παράλληλη διάταξη οδοντώσεων ώστε να επιτευχθούν οι κατάλληλες στροφές και ταχύτητα ανύψωσης. Το συρματόσχοινο και η αλυσίδα συνήθως περιτυλίγονται σε ένα τύμπανο και έναν αλυσοτροχό αντίστοιχα και το φορτίο ανυψώνεται από έναν γάντζο που έχει εφαρμοστεί στο κάτω μέρος αυτών. Στην δική μας περίπτωση θα επιλεγεί ένα βαρούλκο με αλυσίδα καθώς οι διαστάσεις αυτών είναι μικρότερες και εξυπηρετούν καλύτερα την κατασκευή.

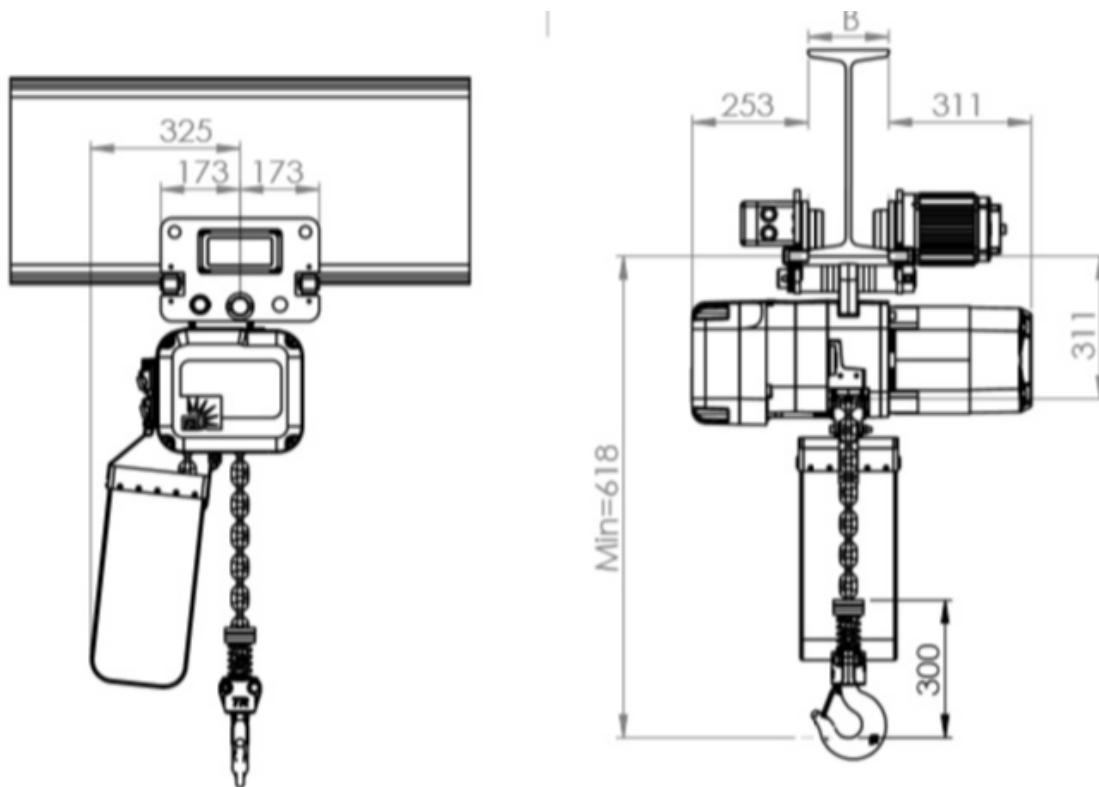
Τα φορεία με την σειρά τους μπορεί να κινούνται με ώθηση ή τράβηγμα κάποιας αλυσίδας ή να είναι μηχανοκίνητα. Στα μηχανοκίνητα χρησιμοποιείται ένας μικρός σε ισχύ ηλεκτροκινητήρας με ένα μειωτήρα στροφών ο οποίος θα δώσει κίνηση στις ρόδες του φορείου.

Στην εικόνα 4.5 φαίνεται το φορείο και το βαρούλκο τα οποία πάρθηκαν έτοιμα από την ιστοσελίδα Crabcad η οποία φαίνεται και στην βιβλιογραφία της τελευταίας σελίδας και προσαρμόστηκαν αφού τροποποιήθηκαν στην κατασκευή μας, για εικονικούς και μόνο λόγους, μιας και ο σχεδιασμός τους δεν αποτελεί αντικείμενο της μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας. Η εικόνα είναι πλήρως αντιπροσωπευτική με τις πραγματικές διαστάσεις του μηχανισμού ανύψωσης που είναι της εταιρίας San Yuan.



Εικόνα 4.5: Σύστημα ανύψωσης

Το φορείο και το βαρούλκο λειτουργούν ως ένας μηχανισμός που ονομάζεται βαρουλκοφορείο. Το βαρουλκοφορείο ικανοποιεί πλήρως τις ανάγκες της κατασκευής μας. Είναι αναρτώμενο στην δοκό και οι μικρές διαστάσεις οι οποίες έχει δεν περιορίζουν περαιτέρω την κίνηση στον οριζόντιο άξονα λαμβάνοντας υπόψιν και την τοποθέτηση του υποστηρίγματος το οποίο έχει περιορίσει σε ένα μικρό βαθμό την κίνηση στον οριζόντιο άξονα. Στην εικόνα 4.6 φαίνονται οι διαστάσεις του και στον πίνακα 4.2 τα τεχνικά χαρακτηριστικά του.



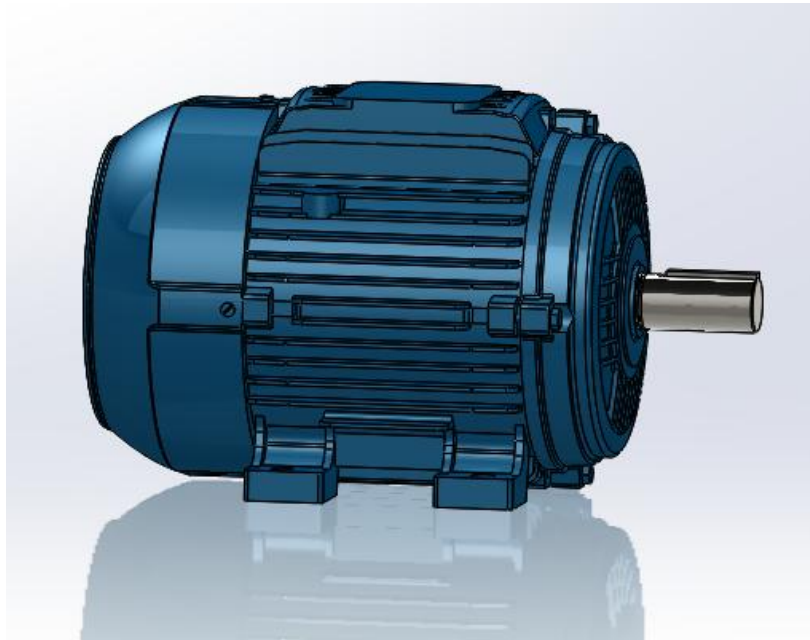
Εικόνα 4.6: Διαστάσεις βαρουλκοφορείου

Πίνακας 4.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά

Ανυψωτική ικανότητα	3 tons
Ύψος ανύψωσης	3 m
Κινητήρας περιστροφής	3.75 kw
Ταχύτητα ανύψωσης	5 m/min
Διάμετρος αλυσίδας	11.2 mm
Κινητήρας φορείου	0.5 kw
Ταχύτητα φορείου	16.7(8.4) m/min
Συνολικό καθαρό βάρος	152kg

4.3 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ

Ο κινητήρας που χρησιμοποιείται και θα έχει μορφή αντίστοιχη της εικόνας 4.7, θα είναι ένας μικρός γενικά κινητήρας ο οποίος θα περιέχει μειωτήρα με μια παράλληλη διάταξη οδοντωτών τροχών που θα επιτρέψει την απαιτούμενη ταχύτητα περιστροφής του βραχίονα. Στην εικόνα φαίνεται ο κινητήρας που πάρθηκε έτοιμος από την ιστοσελίδα crabcad και διαμορφώθηκε στις διαστάσεις της κατασκευής, μιας και η σχεδίαση του δεν είναι αντικείμενο της μελέτης αυτής και που τοποθετήθηκε για εικονικούς λόγους και για καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του γερανού.



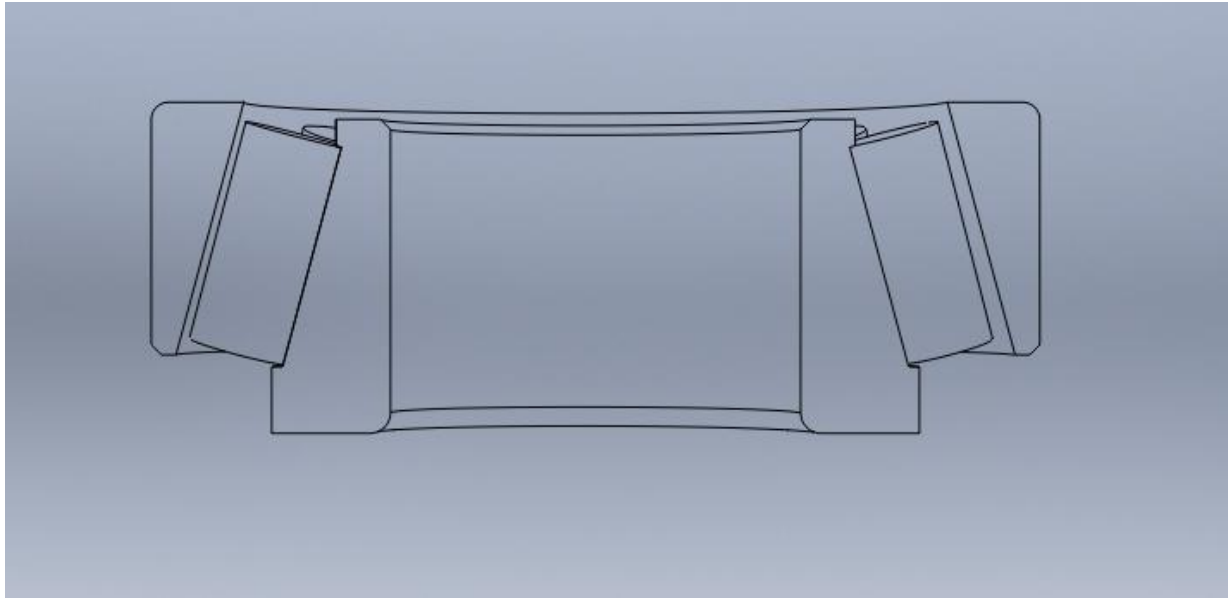
Εικόνα 4.7: Κινητήρας περιστροφής

4.4 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΕΦΑΛΗΣ

Εφόσον υπολογίστηκε η αντοχή των κύριων μελών του γερανού και σχεδιάστηκαν, και αφού παρουσιάστηκαν οι επιμέρους μηχανισμοί και τα υπόλοιπα αναγκαία εξαρτήματα με τις προδιαγραφές τους, θα παρουσιαστεί η σύνδεση αυτών, όπως έχει ήδη περιγραφεί.

Τα μέλη τα οποία συνεργάζονται άμεσα είναι οκτώ. Αρχικά γίνεται συγκόλληση της πλάκας κεφαλής με τον στύλο περιμετρικά αυτών και στην συνέχεια

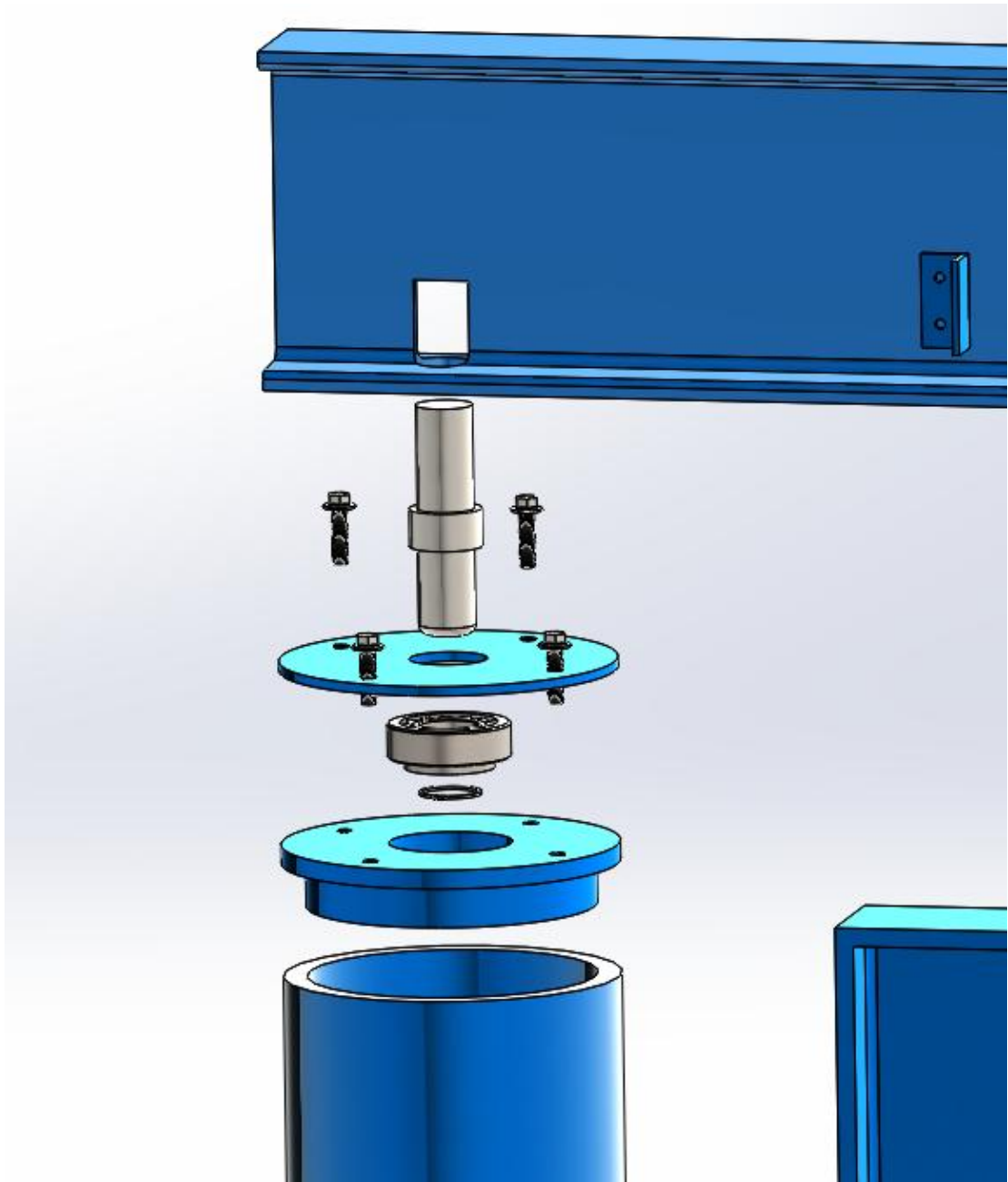
συγκόλληση του άξονα με τον βραχίονα. Έπειτα, αφού περαστεί το καπάκι κεφαλής στον άξονα, εφαρμόζεται σε αυτόν το κυλινδρικό έδρανο. Προσοχή πρέπει να δοθεί στην τοποθέτηση του εδράνου καθώς για να γίνει η συγκράτηση του άξονα, οι κύλινδροι του εδράνου πρέπει να συγκλίνουν προς τα πάνω. Στην εικόνα 4.8 φαίνεται η τομή του εδράνου και η σωστή φορά των κυλίνδρων.



Εικόνα 4.8: Σωστή φορά κυλίνδρων εδράνου σε τομή

Στην συνέχεια, στο κάτω μέρος του εδράνου τοποθετείται ο βαρέως τύπου δακτύλιος συγκράτησης και όλα μαζί πλέον τοποθετούνται πάνω στην πλάκα κεφαλής που διαθέτει ειδικά σχεδιασμένη οπή ώστε να περάσει ο άξονας και ο δακτύλιος συγκρατώντας παράλληλα το έδρανο. Τέλος, το καπάκι και η κεφαλή σχεδιασμένες με την ίδια οπή και σπείρωμα, βιδώνονται μεταξύ τους.

Στην παρακάτω εικόνα 4.9 φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο έγινε η συγκράτηση του βραχίονα με τον στύλο του γερανού ώστε να επιτραπεί η περιστροφή του βραχίονα κατά 360° και να είναι εφικτή η μετέπειτα παρέμβαση και αλλαγή του εδράνου.

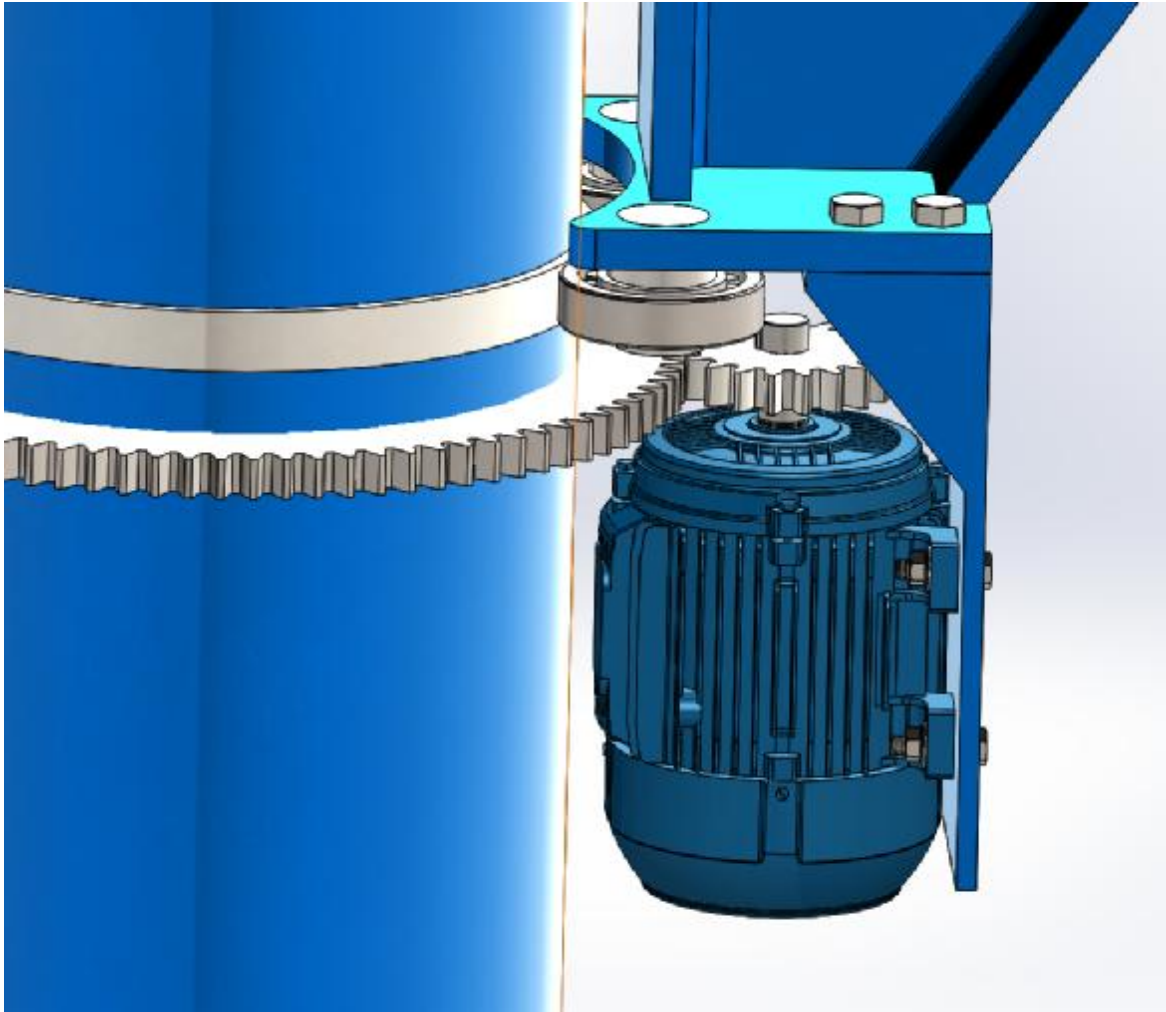


Εικόνα 4.9: Συνδεσμολογία κεφαλής

4.5 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ

Στην εικόνα 4.9 φαίνεται το κάτω τμήμα του υποστηρίγματος να καταλήγει σε μια πλάκα όπου αρχικά γίνεται η τοποθέτηση των κυλινδρικών εδράνων με τους

άξονες τους και τα δαχτυλίδια συγκράτησης με τον ίδιο ακριβώς τρόπο με της κεφαλής και εν συνεχεία η συγκράτηση της βάσης του μοτέρ. Τα έδρανα κυλίνουνται περιμετρικά του δακτυλίου και απορροφούν τα φορτία που θα δεχόταν εξ ολοκλήρου ο άξονας και το ρουλεμάν της κεφαλής σε περίπτωση που η κατασκευή είχε σχεδιαστεί χωρίς την χρήση του υποστηρίγματος και τα μεταφέρουν στον στύλο δημιουργώντας έτσι μία πιο στιβαρή και ασφαλή κατασκευή.

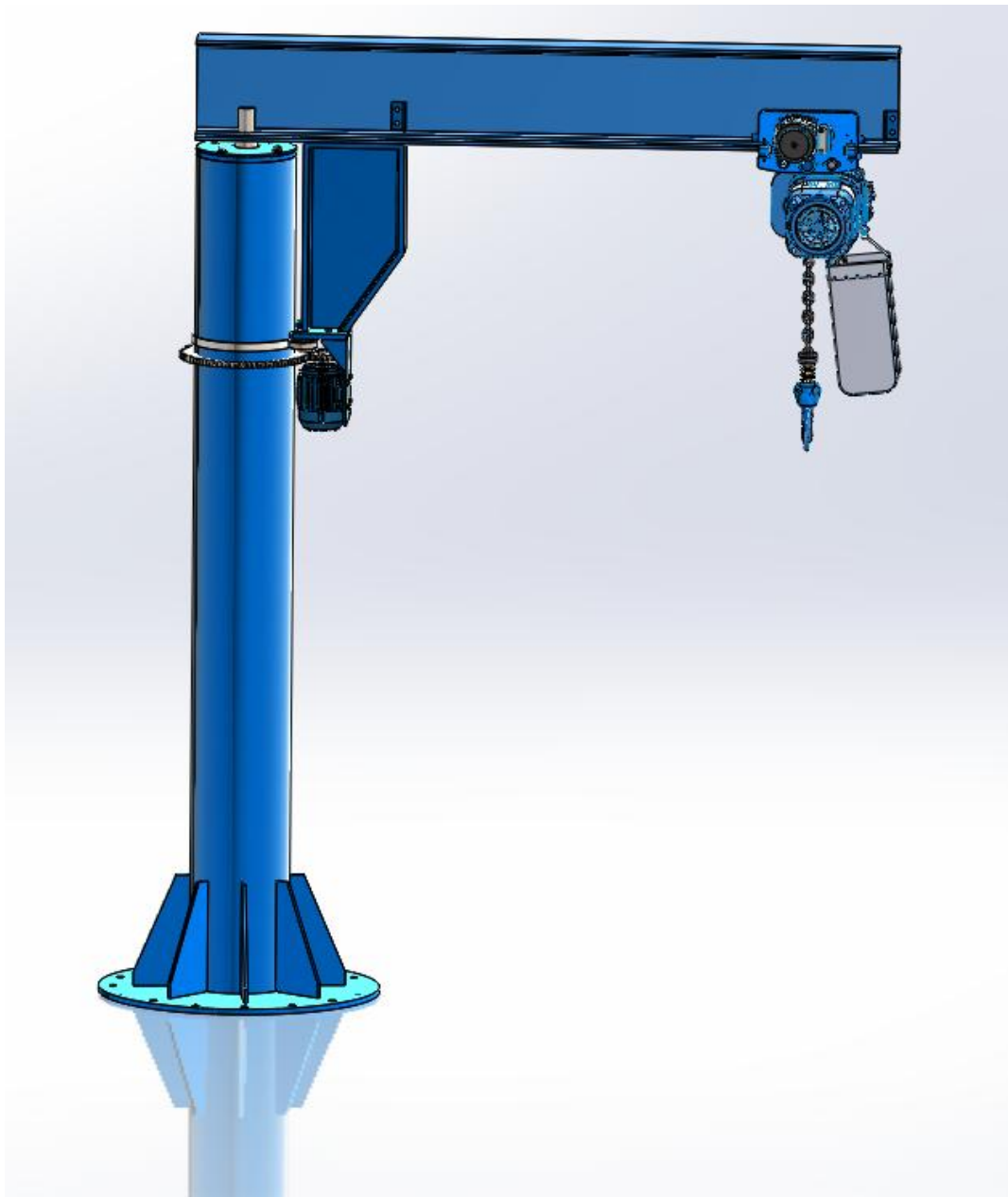


Εικόνα 4.9: Συνδεσμολογία συστήματος περιστροφής

Στην συνέχεια ο κινητήρας περιστροφής προσαρτάται στην βάση που έχει διαμορφωθεί και με ένα ζεύγος μετωπικών οδοντωτών τροχών δίνει περιστροφική κίνηση στον βραχίονα που καταλήγει στο πάνω μέρος του υποστηρίγματος. Επίσης τα γρανάζια δεν καταπονούνται από τα φορτία που δημιουργούνται από την κάμψη διότι αυτά απορροφούνται εξ ολοκλήρου από τον δακτύλιο και τα έδρανα, κάνοντας με αυτόν τον τρόπο ευκολότερη την περιστροφή.

4.6 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΧΕΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Το τελικό σχέδιο του γερανού, αφού συνδεθούν όλα τα μέλη του και τοποθετηθούν τα επιμέρους εξαρτήματα και μηχανισμοί, προκύπτει όπως στην εικόνα 4.10 .



Εικόνα 4.10: Γερανός σχεδιασμού

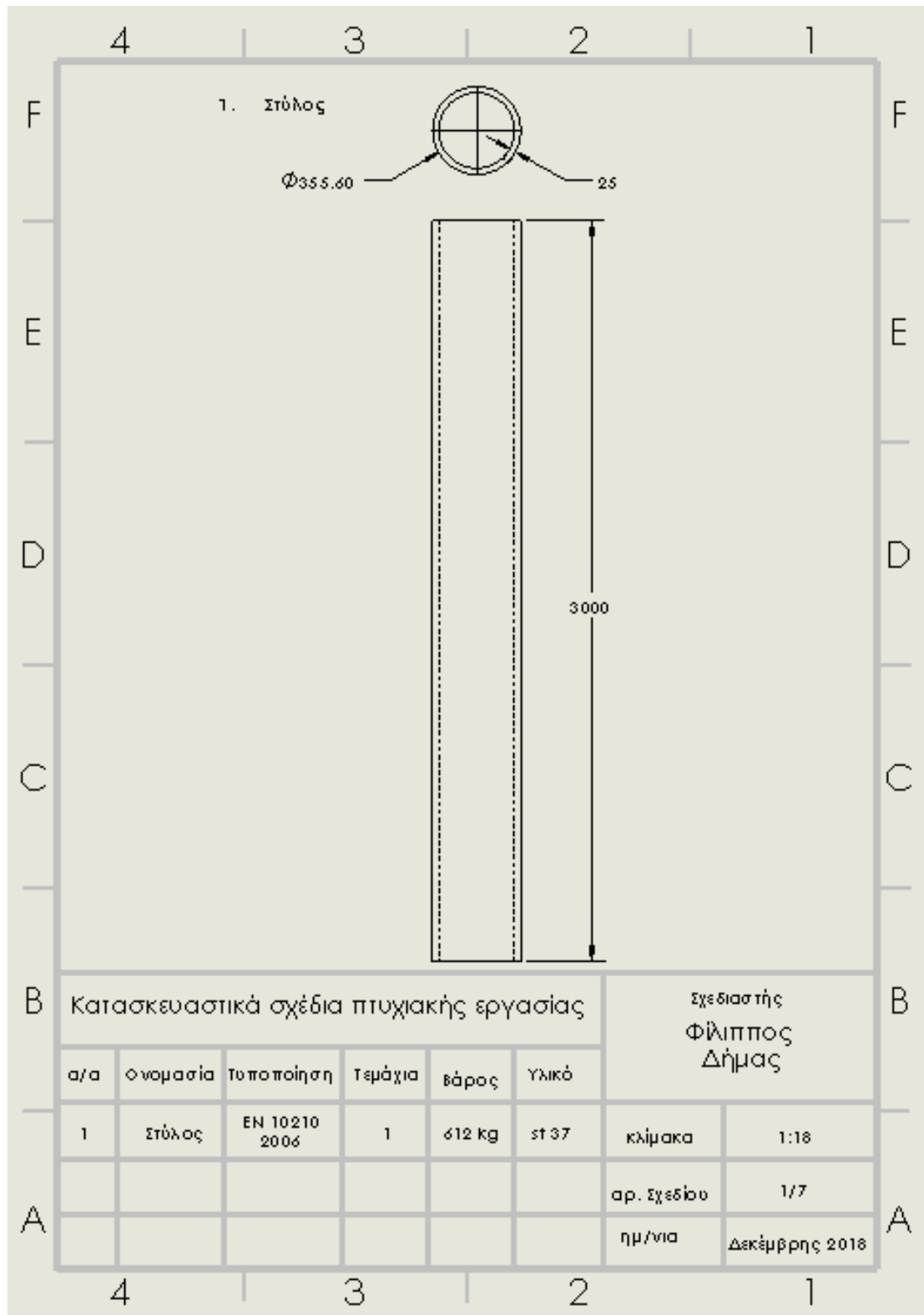
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο Γερανός ο οποίος σχεδιάστηκε είναι ικανός να εκπληρώσει το σκοπό σχεδιασμού του. Η πλειοψηφία των διαστάσεων των διατομών του μπορεί να βρεθεί έτοιμη στο εμπόριο και τα εξαρτήματά του είναι και αυτά τυποποιημένα με το πρότυπο σχεδιασμού τους να δίνεται σε καθένα από αυτά. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι όπως ορίζουν οι γερμανικοί κανονισμοί για τον σχεδιασμό μεταλλικών κατασκευών. Επίσης έγινε στατικός υπολογισμός των βασικών μελών του γερανού και υπολογισμός της αντοχής των συγκολλήσεων και των εδράνων του. Οι συντελεστές ασφαλείας που προκύπτουν είναι υψηλοί, χωρίς όμως να έχει επέλθει υπερδιαστασιολόγηση, γεγονός που θα μας προστατεύσει από λάθη που ίσως προέλθουν από απλουστεύσεις στις παραδοχές και μεθόδους υπολογισμού καθώς και τυχόν κακή εκτίμηση του είδους και του μεγέθους των φορτίσεων που θα δεχθεί το κάθε μέλος της κατασκευής.

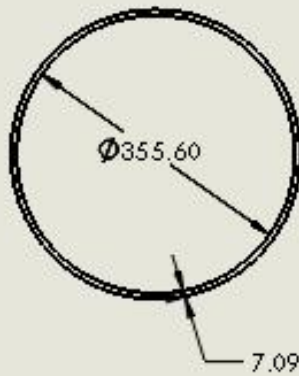
Η μελέτη χάρις στον λεπτομερή σχεδιασμό της μπορεί να δεχθεί πολλές βελτιώσεις. Έχοντας πλέον σχεδιασμένα και συνδεδεμένα, όλα τα τμήματα και εξαρτήματα στο λογισμικό solidworks με τα υλικά που αντιστοιχούν στο καθένα από αυτά, μπορούν να διεξαχθούν οποιοδήποτε είδους προσομοιώσεις. Πιο συγκεκριμένα, μπορούν να διεξαχθούν στατικές μελέτες βάσει του κριτηρίου Von Mises ώστε να ελεγχθεί οποιοδήποτε σημείο του γερανού κινδυνεύει να αστοχήσει καθώς και το σύνολο των συγκολλήσεων, βελτιώνοντας έτσι την εργονομία της κατασκευής και μεγιστοποιώντας την ασφάλεια κατά την λειτουργία της.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

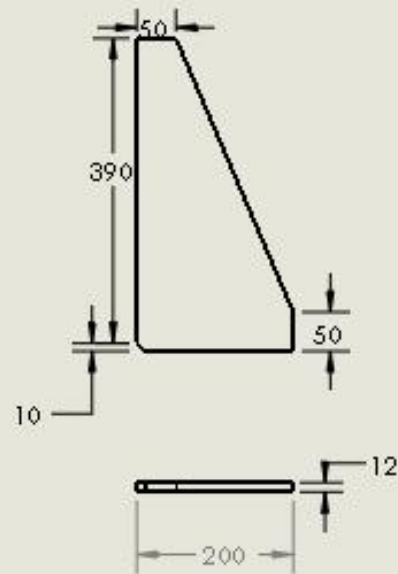
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΓΕΡΑΝΟΥ



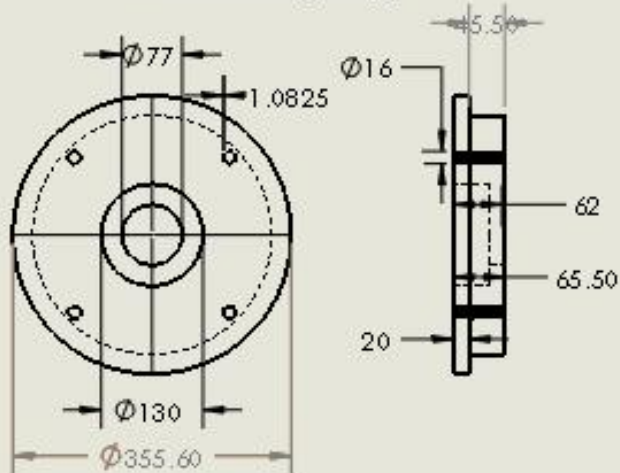
1 Δακτύλιος Στόλου



2 Ενισχυτικό Νεύρο



3 Πλάκα Κεφαλής

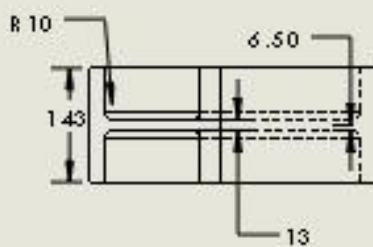
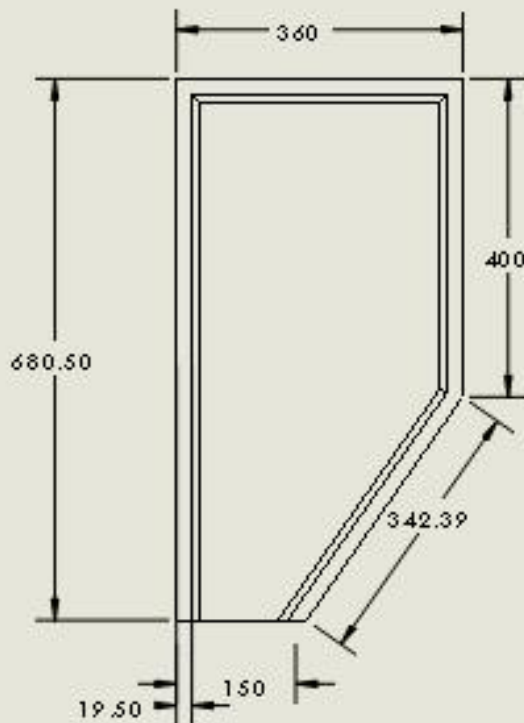


Κατασκευαστικά σχέδια πτυχιακής εργασίας

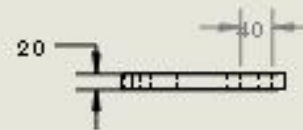
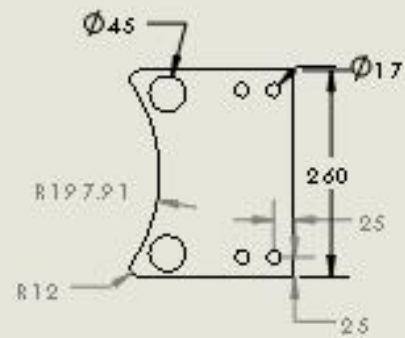
Σχεδιαστής
Φίλιππος
Δήμας

α/α	Ονομασία	Τυποποίηση	Ταμάκια	Βάρος	Υλικό		
1	δακτύλιος στόλου		1	612 kg	st 37	κλίμακα	1:8
2	ενισχυτ. Νεύρο		6	5 kg	st 37	αφ. Σχεδίου	2/7
3	πλάκα κεφαλής		1	35.7 kg	st 37	ημ/μα	Δεκέμβρης 2018

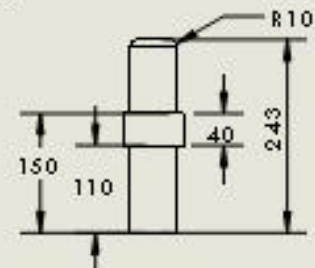
1 Υποστήριγμα



2 πλάκα κύλιστρον



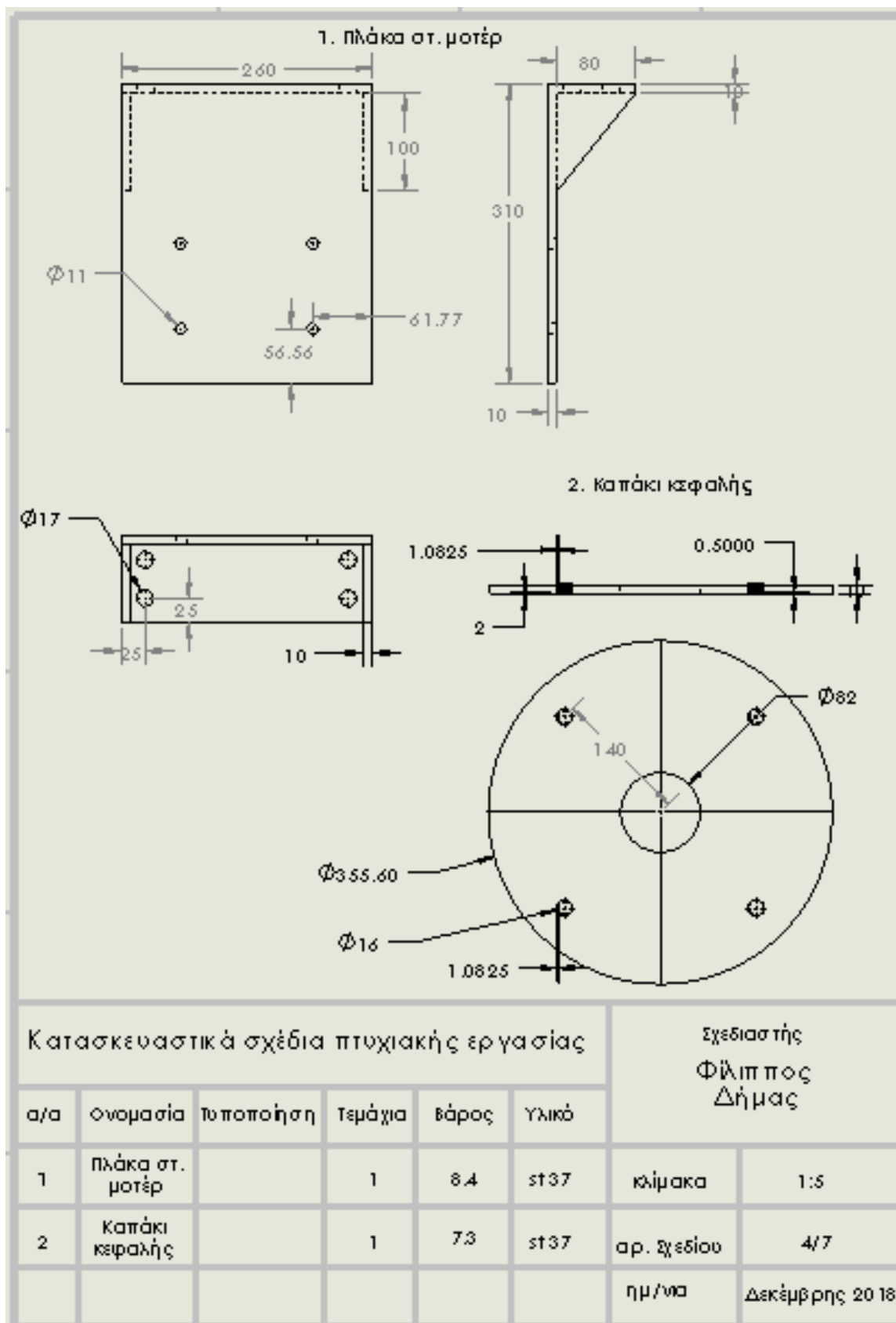
3 Άξονας Εδρ. Κεφ.



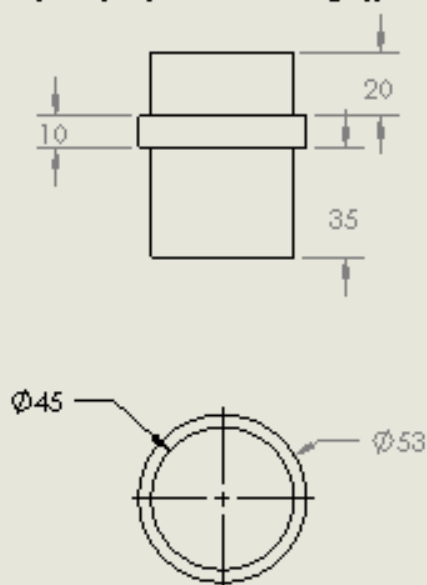
Κατασκευαστικά σχέδια πτυχιακής εργασίας

Σχεδιαστής
Φίλιππος
Δήμας

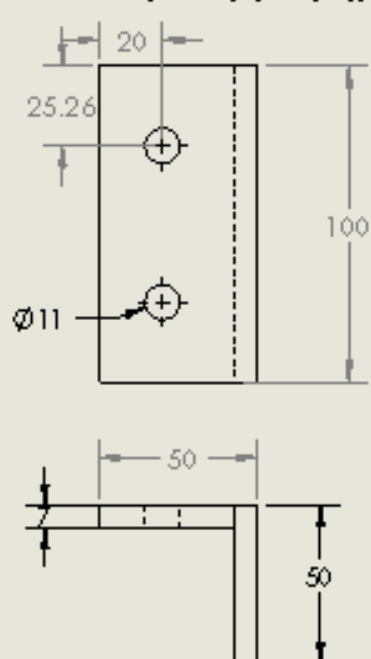
α/α	Όνομασία	Τυποποίηση	Τεμάχια	Βάρος/ τεμάχιο	Υλικό		
1	Υποστηρίγμα		1	57 kg	st 37	κλίμακα	1:8
2	πλάκα κύλιστρον		1	6.8 kg	st 37	αρ. Σχεδίου	3/7
3	άξονας εδράνου		2	5.9 kg	25Cr, Mo4	ημ/νια	Δεκέμβριος 2018



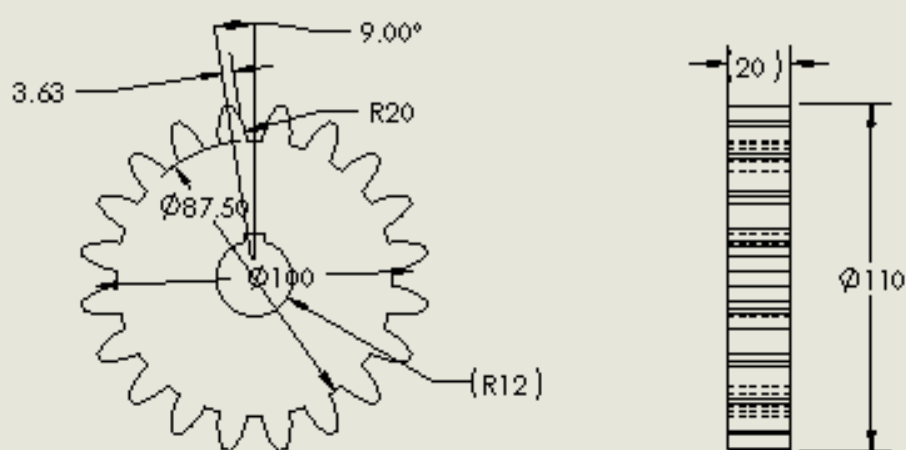
1. Άξονας εδράνου υποσπρίγματος



2. Λάμα συγκράτησης



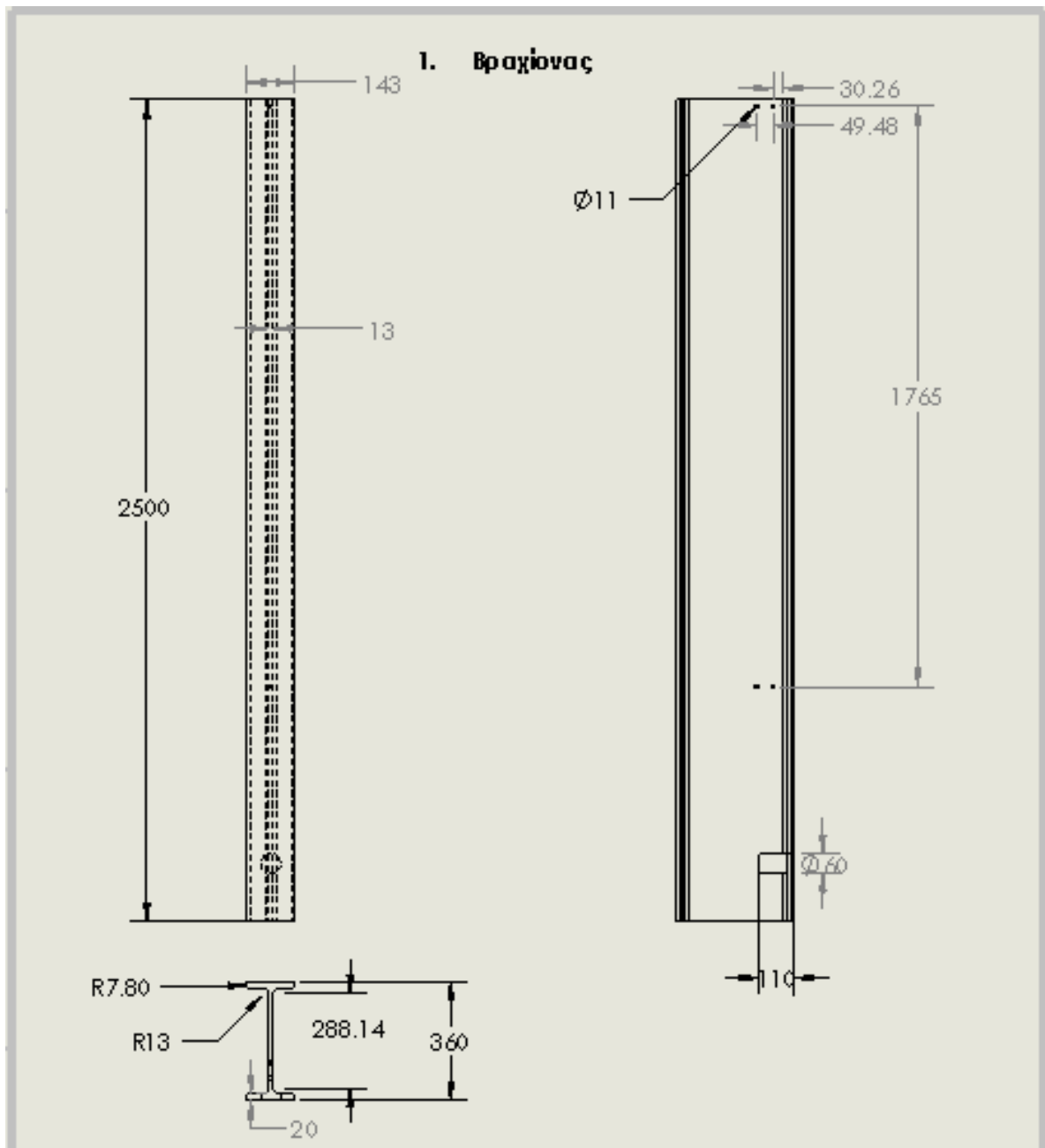
3. Γρανάζι pinion



Κατασκευαστικά σχέδια πτυχιακής εργασίας

Εξειαστής
Φίλιππος
Δήμας

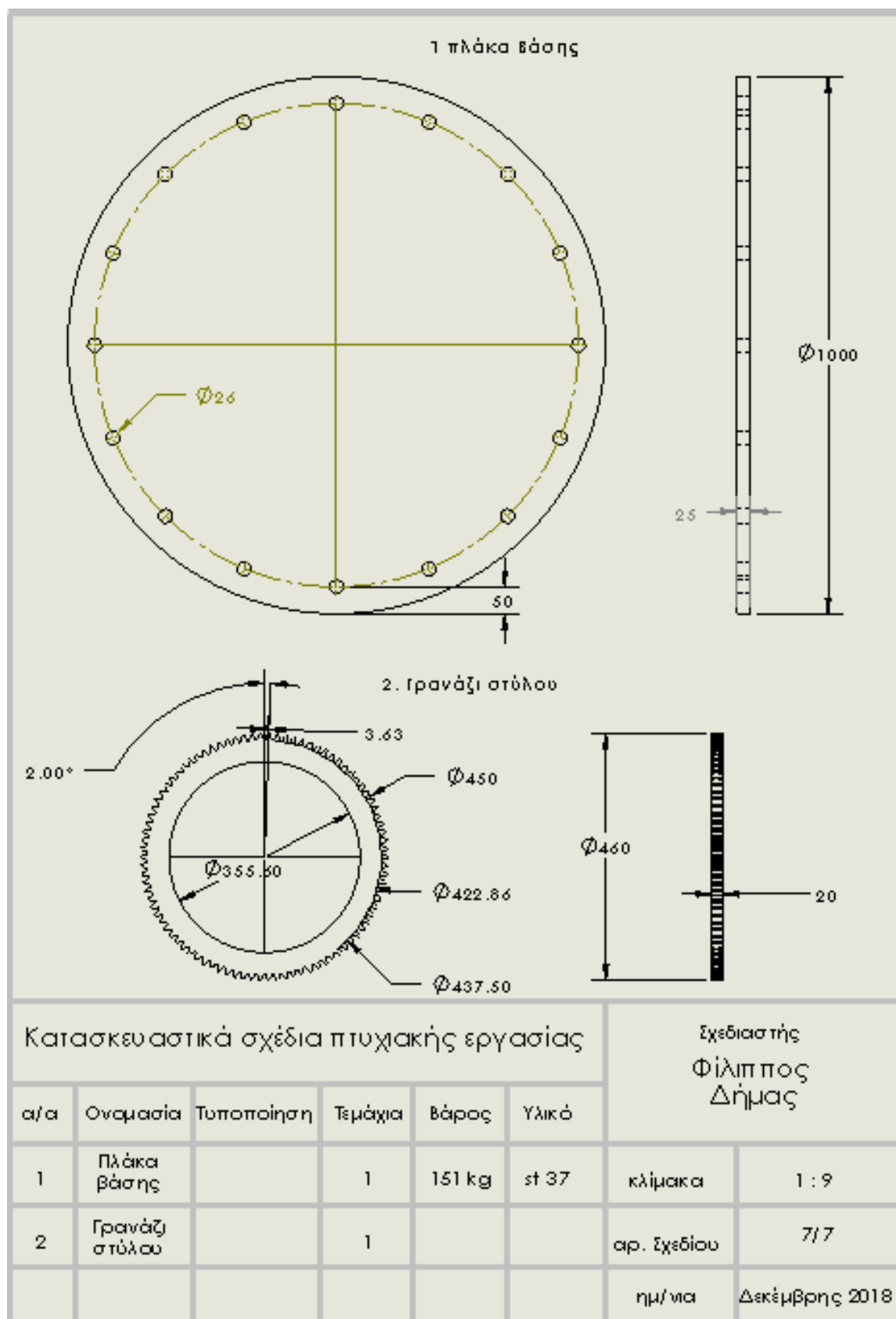
α/α	Ονομασία	Τυποποίηση	Τεμάχια	Βάρος	Υλικό		
1	άξονας εδρ. υποστ		1	0.85 kg	Cr25, Mo4	κλίμακα	1:2
2	λάμα συγκ		2	0.5 kg	st 37	αρ. σχεδίου	5/7
3	γρανάζι pinion		1			ημ/νια	Δεκέμβρης 2018



Κατασκευαστικά σχέδια πτυχιακής εργασίας

Εξειδικαστής
Φίλιππος
Δήμας

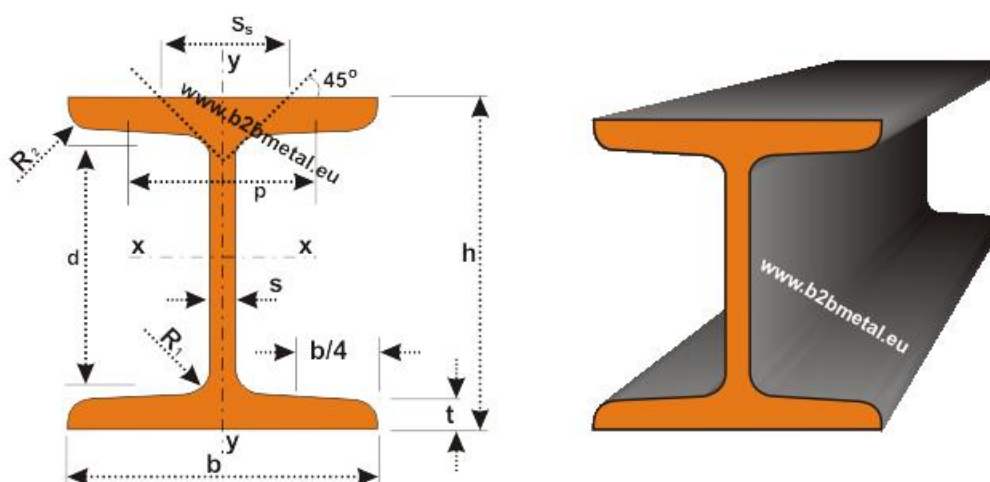
α/α	Ονομασία	Τυποποίηση	Τεμάχια	Βάρος	Υλικό		
1	Βραχίονας	EN 1025-1	1	190 kg	st 37	κλίμακα	1:17
						αρ. σχεδίου	6/7
						ημ/νια	Δεκέμβρης 2018



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΔΟΚΩΝ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Πίνακας 1 Δοκοί Στενοί IPN σύμφωνα με EN1025-1

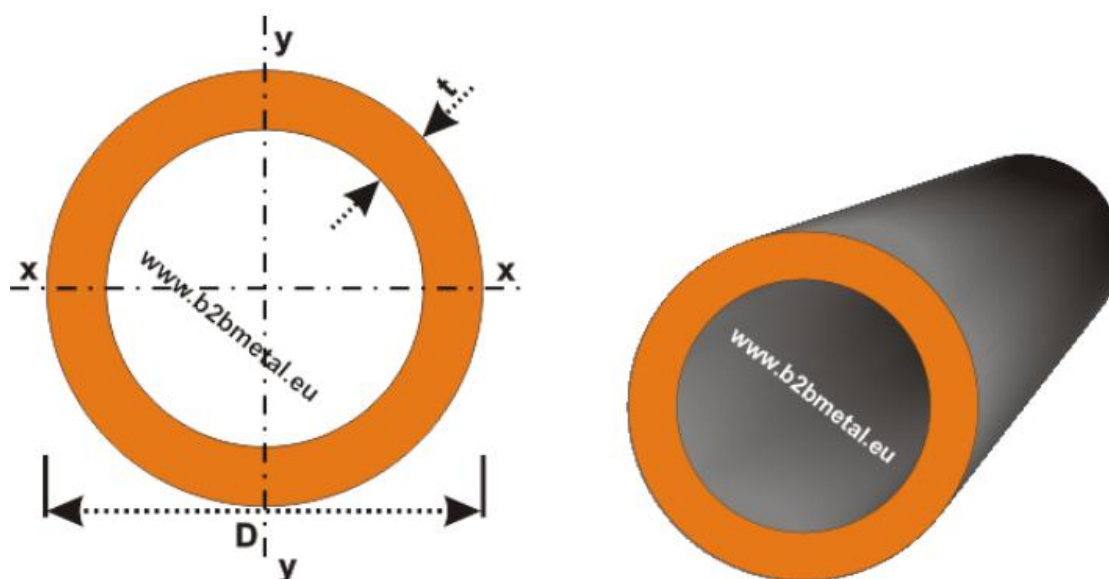


Identification	Nominal weight 1m	Nominal dimensions						Cross-section	Dimensions for detailing				Surface	
		b	h	s	t	R1	R2		A	d	Ø	pmin	pmax	AL
	kg/m	mm						cm ²	mm		mm		m ² /m	m ² /m
IPN 80	5,94	42	80	3,9	5,9	3,9	2,3	7,57	59,0	-	-	-	0,304	51,09
IPN 100	8,34	50	100	4,5	6,8	4,5	2,7	10,6	75,7	-	-	-	0,370	44,47
IPN 120	11,1	58	120	5,1	7,7	5,1	3,1	14,2	92,4	-	-	-	0,439	39,38
IPN 140	14,3	66	140	5,7	8,6	5,7	3,4	18,2	109,1	-	-	-	0,502	34,94
IPN 160	17,9	74	160	6,3	9,5	6,3	3,8	22,8	125,8	-	-	-	0,575	32,13
IPN 180	21,9	82	180	6,9	10,4	6,9	4,1	27,9	142,4	-	-	-	0,640	29,22
IPN 200	26,2	90	200	7,5	11,3	7,5	4,5	33,4	159,1	-	-	-	0,709	27,04
IPN 220	31,1	98	220	8,1	12,2	8,1	4,9	39,5	175,8	M10	50	56	0,775	24,99
IPN 240	36,2	106	240	8,7	13,1	8,7	5,2	46,1	192,5	M10	54	60	0,844	23,32
IPN 260	41,9	113	260	9,4	14,1	9,4	5,6	53,3	208,9	M12	62	62	0,906	21,65
IPN 280	47,9	119	280	10,1	15,2	10,1	6,1	61,0	225,1	M12	68	68	0,966	20,17
IPN 300	54,2	125	300	10,8	16,2	10,8	6,5	69,0	241,6	M12	70	74	1,03	19,02
IPN 320	61,0	131	320	11,5	17,3	11,5	6,9	77,7	257,9	M12	70	80	1,09	17,87
IPN 340	68,0	137	340	12,2	18,3	12,2	7,3	86,7	274,3	M12	78	86	1,15	16,90
IPN 360	76,1	143	360	13,0	19,5	13,0	7,8	97,0	290,0	M12	78	92	1,21	15,89
IPN 380	84,0	149	380	13,7	20,5	13,7	8,2	107,0	306,7	M16	84	86	1,27	15,12
IPN 400	92,4	155	400	14,4	21,6	14,4	8,6	118,0	322,9	M16	86	92	1,33	14,36
IPN 450	115	170	450	16,2	24,3	16,2	9,7	147,0	363,6	M16	92	106	1,48	12,83
IPN 500	141	185	500	18,0	27,0	18,0	10,8	179,0	404,3	M20	102	110	1,63	11,60
IPN 550	166	200	550	19,0	30,0	19,0	11,9	212,0	445,6	M22	112	118	1,80	10,80
IPN 600	199	215	600	21,6	32,4	21,6	13,0	254,0	485,8	M24	126	128	1,92	9,89

Πίνακας 2 Δοκοί Στενοί IPN σύμφωνα με EN1025-1 (συνέχεια)

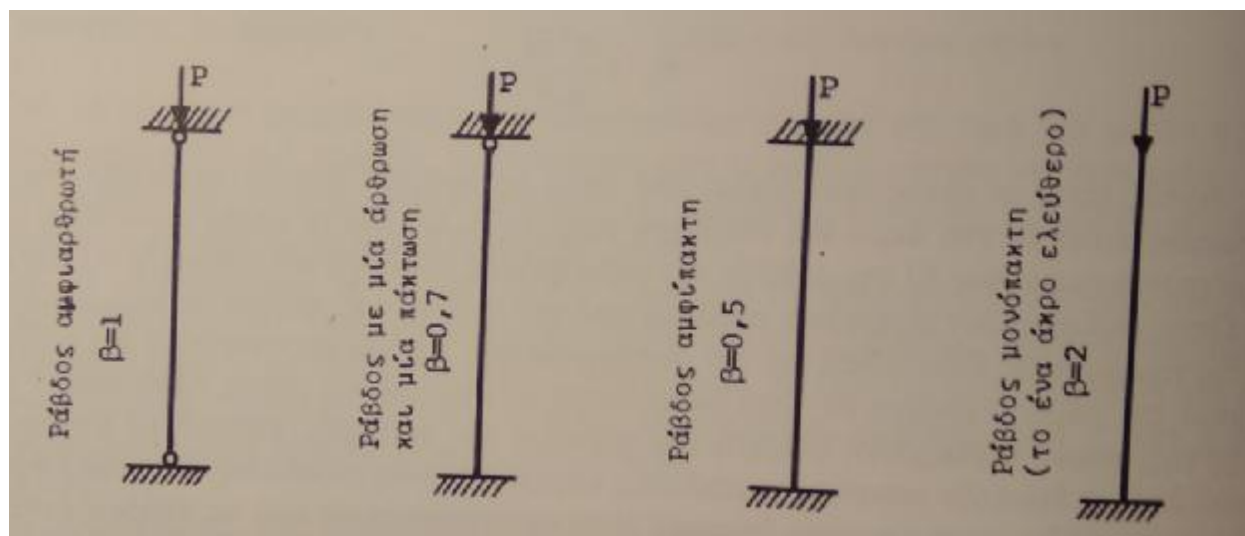
Identification	Section properties, static data											
	strong axis x-x				weak axis y-y							
	Ix	Wel.x	Wpl.x	ix	Avy	Iy	Wel.y	Wpl.y	iy	Ss	It	Iw
cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	mm	cm ⁴	cm	
IPN 80	77,8	19,5	22,8	3,20	3,41	6,29	3,00	5,00	0,91	21,6	0,87	0,09
IPN 100	171,0	34,2	39,8	4,01	4,85	12,2	4,88	8,10	1,07	25,0	1,60	0,27
IPN 120	328,0	54,7	63,6	4,81	6,63	21,5	7,41	12,4	1,23	28,4	2,71	0,69
IPN 140	573,0	81,9	95,4	5,61	8,65	35,2	10,7	17,9	1,40	31,8	4,32	1,54
IPN 160	935	117	136	6,40	10,83	54,7	14,8	24,9	1,55	35,2	6,57	3,14
IPN 180	1450	161	187	7,20	13,35	81,3	19,8	33,2	1,71	38,6	9,58	5,92
IPN 200	2140	214	250	8,00	16,03	117	26,0	43,5	1,87	42,0	13,5	10,5
IPN 220	3060	278	324	8,80	19,06	162	33,1	55,7	2,02	45,4	18,6	17,8
IPN 240	4250	354	412	9,59	22,33	221	41,7	70,0	2,20	48,9	25,0	28,7
IPN 260	5740	442	514	10,40	26,08	288	51,0	85,9	2,32	52,6	33,5	44,1
IPN 280	7590	542	632	11,1	30,18	364	61,2	103	2,45	56,4	44,2	64,6
IPN 300	9800	653	762	11,9	34,58	451	72,2	121	2,56	60,1	56,8	91,8
IPN 320	12510	782	914	12,7	39,26	555	84,7	143	2,67	63,9	72,5	129,0
IPN 340	15700	923	1080	13,5	44,27	674	98,4	166	2,80	67,6	90,4	176
IPN 360	19610	1090	1276	14,2	49,95	818	114	194	2,90	71,8	115	240
IPN 380	24010	1260	1482	15,0	55,55	975	131	221	3,02	75,4	141	319
IPN 400	29210	1460	1714	15,7	61,69	1160	149	253	3,13	79,3	170	420
IPN 450	45850	2040	2400	17,7	77,79	1730	203	345	3,43	88,9	267	791
IPN 500	68740	2750	3240	19,6	95,60	2480	268	456	3,72	98,5	402	1400
IPN 550	99180	3610	4240	21,6	111,3	3490	349	592	4,02	107,3	544	2390
IPN 600	139000	4630	5452	23,4	138,0	4670	434	752	4,3	117,6	787	3814

Πίνακας 3 Δοκοί κυλινδρικοί σύμφωνα με EN 10210 2006



Outside diameter	Thickness	Mass	Cross-sectional area	Second moment of area	Radius of gyration	Elastic section modulus	Plastic section modulus	Torsional inertia constant	Torsional modulus constant	Superficial area per metre length	Nominal length per tonne
D	T	M	A	I	i	Wel	Wpl	It	Ct	As	M
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	M
323,9	25,0	184,00	235,00	26400,0	10,60	1630,0	2239,0	52800,0	3260,0	1,020	5,43
355,6	6,3	54,30	69,10	10550,0	12,40	593,0	769,0	21090,0	1186,0	1,120	18,40
355,6	8,0	68,60	87,40	13200,0	12,30	742,0	967,0	26400,0	1485,0	1,120	14,60
355,6	10,0	85,20	109,00	16220,0	12,20	912,0	1195,0	32450,0	1825,0	1,120	11,70
355,6	12,5	106,00	135,00	19850,0	12,10	1117,0	1472,0	39700,0	2233,0	1,120	9,45
355,6	14,2	120,00	152,00	22230,0	12,10	1250,0	1656,0	44460,0	2500,0	1,120	8,36
355,6	16,0	134,00	171,00	24660,0	12,00	1387,0	1847,0	49330,0	2774,0	1,120	7,46
355,6	20,0	166,00	211,00	29790,0	11,90	1676,0	2255,0	59580,0	3351,0	1,120	6,04
355,6	25,0	204,00	260,00	35680,0	11,70	2007,0	2738,0	71350,0	4013,0	1,120	4,91
406,4	6,3	62,20	79,20	15850,0	14,10	780,0	1009,0	31700,0	1560,0	1,280	16,10
406,4	8,0	78,60	100,00	19870,0	14,10	978,0	1270,0	39750,0	1956,0	1,280	12,70
406,4	10,0	97,80	125,00	24480,0	14,00	1205,0	1572,0	48950,0	2409,0	1,280	10,20
406,4	12,5	121,00	155,00	30030,0	13,90	1478,0	1940,0	60060,0	2956,0	1,280	8,24
406,4	14,2	137,00	175,00	33690,0	13,90	1658,0	2185,0	67370,0	3315,0	1,280	7,28
406,4	16,0	154,00	196,00	37450,0	13,80	1843,0	2440,0	74900,0	3686,0	1,280	6,49
406,4	20,0	191,00	243,00	45430,0	13,70	2236,0	2989,0	90860,0	4472,0	1,280	5,25
406,4	25,0	235,00	300,00	54700,0	13,50	2692,0	3642,0	109400,0	5384,0	1,280	4,25

Πίνακας 4 Συντελεστές β για διάφορους τύπους στήριξης ράβδων



Πίνακας 5 Συντελεστής λυγισμού ω για σωληνωτές ράβδους από χάλυβα st37

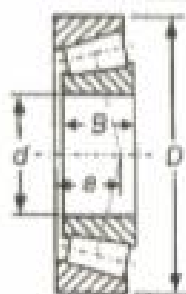
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	λ
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	20
30	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	30
40	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	40
50	1,12	1,13	1,13	1,14	1,15	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18	50
60	1,19	1,20	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	60
70	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	70
80	1,39	1,40	1,41	1,42	1,44	1,46	1,47	1,48	1,50	1,51	80
90	1,53	1,54	1,56	1,58	1,59	1,61	1,63	1,64	1,66	1,68	90
100	1,70	1,73	1,76	1,79	1,83	1,87	1,90	1,94	1,97	2,01	100
110	2,05	2,08	2,12	2,16	2,20	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39	110
120	2,43	2,47	2,51	2,55	2,60	2,64	2,68	2,72	2,77	2,81	120
130	2,85	2,90	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,17	3,22	3,26	130
140	3,31	3,36	3,41	3,45	3,50	3,55	3,60	3,65	3,70	3,75	140
150	3,80	3,85	3,90	3,95	4,00	4,06	4,11	4,16	4,22	4,27	150
160	4,32	4,38	4,43	4,49	4,54	4,60	4,65	4,71	4,77	4,82	160
170	4,88	4,94	5,00	5,05	5,11	5,17	5,23	5,29	5,35	5,41	170
180	5,47	5,53	5,59	5,66	5,72	5,78	5,84	5,91	5,97	6,03	180
190	6,10	6,16	6,23	6,29	6,36	6,42	6,49	6,55	6,62	6,69	190
200	6,75	6,82	6,89	6,96	7,03	7,10	7,17	7,24	7,31	7,38	200
210	7,45	7,52	7,59	7,66	7,73	7,81	7,88	7,95	8,03	8,10	210
220	8,17	8,25	8,32	8,40	8,47	8,55	8,63	8,70	8,78	8,86	220
230	8,93	9,01	9,09	9,17	9,25	9,33	9,41	9,49	9,57	9,65	230
240	9,73	9,81	9,89	9,97	10,05	10,14	10,22	10,30	10,39	10,47	240
250	10,55										250

Η πρώτη αριστερή στήλη (και η τελευταία δεξιά) δίνει τις δεκάδες του αριθμού λ , ενώ η πρώτη σειρά στο επάνω μέρος δίνει τις μονάδες αυτού. Παράδειγμα: Για $\lambda=124$ διαβάζουμε στην σειρά 120 και στην στήλη 4 του συμπλήρωμα 4.

Πίνακας 6: Διαστάσεις και φορτία κωνικών εδράνων κύλισης κατά DIN 5412

d mm	Σειρά NU3, NUP3, N3, NJ3				Σειρά NU23, NUP23, NJ23				Σειρά NU4, NUP4, N4, NJ4			
	D mm	B mm	C KN	C ₀ KN	D mm	B mm	C KN	C ₀ KN	D mm	B mm	C KN	C ₀ KN
17	47	14	23,5	21,2								
20	52	15	31,5	27,0	52	21	41,5	39,0				
25	62	17	41,5	37,5	62	24	57,0	56,0	80	21	45,0	38,0
30	72	19	51,0	48,0	72	27	73,5	75,0	90	23	71,0	64,0
35	80	21	64,0	63,0	80	31	91,5	98,0	100	25	75,0	69,5
40	90	23	81,5	78,0	90	33	112	120	110	27	93,0	86,5
45	100	25	98,0	100	100	36	137	153	120	29	106	100
50	110	27	110	114	110	40	163	186	130	31	129	125
55	120	29	134	140	120	43	200	228	140	33	140	137
60	130	31	150	156	130	46	224	260	150	35	166	170
65	140	33	180	190	140	48	245	285	160	37	183	186
70	150	35	204	220	150	51	275	325	180	42	224	232
75	160	37	240	265	160	55	325	390	190	45	260	270
80	170	39	255	275	170	58	355	425	200	48	300	310
85	180	41	270	300	180	60	365	450	210	52	335	365
90	190	43	315	345	190	64	430	530	225	54	365	390
95	200	45	335	380	200	67	455	585	240	55	390	430
100	215	47	380	425	215	73	570	720	250	58	440	490
105	225	49	335	380					260	60	490	540
110	240	50	415	475	240	80	630	900	280	65	540	610
120	260	55	520	600	260	86	780	1020	310	72	670	780
130	280	58	570	670	280	93	915	1220				
140	300	62	670	800	300	102	1020	1400				
150	320	65	800	1000	320	108	1160	1600				
160	340	68	865	1060	340	114	1320	1830				
170	360	72	800	1020	360	120	1220	1760				
180	380	75	900	1160	380	126	1370	2000				
190	400	78	965	1250	400	132	1500	2200				
200	420	80	965	1250	420	138	1500	2200				

Πίνακας 7 : Διαστάσεις και φορτία κωνικών εδράνων κυλίσεως κατά DIN 720



Σειρά	d mm	Σειρά 313							Σειρά 323								
		D mm	B mm	a mm	C KN	e	Y	C ₀ KN	Y ₀	D mm	B mm	a mm	C KN	e	Y	C ₀ KN	Y ₀
03	17									47	19	12	36,5	0,29	2,1	36,5	1,2
04	20									52	21	14	46,5	0,30	2,0	46,0	1,1
05	25	62	17	20	38,0	0,83	0,7	39,0	0,4	62	24	16	63,0	0,30	2,0	65,5	1,1
06	30	72	19	24	45,5	0,83	0,7	47,5	0,4	72	27	18	82,5	0,31	1,9	90,0	1,1
07	35	80	21	26	60,0	0,83	0,7	65,5	0,4	80	31	20	100	0,31	1,9	114	1,1
08	40	90	23	30	76,5	0,83	0,7	83,0	0,4	90	33	23	120	0,35	1,7	146	1,0
09	45	100	25	33	96,5	0,83	0,7	110	0,4	100	36	25	156	0,35	1,7	193	1,0
10	50	110	27	35	112	0,83	0,7	127	0,4	110	40	29	186	0,35	1,7	236	1,0
11	55	120	29	39	125	0,83	0,7	140	0,4	120	43	30	212	0,35	1,7	270	1,0
12	60	130	31	41	146	0,83	0,7	170	0,4	130	46	32	245	0,35	1,7	310	1,0
13	65	140	33	44	163	0,83	0,7	190	0,4	140	48	34	270	0,35	1,7	345	1,0
14	70	150	35	47	186	0,83	0,7	220	0,4	150	51	37	310	0,35	1,7	405	1,0
15	75	160	37	50	204	0,83	0,7	240	0,4	160	55	39	360	0,35	1,7	475	1,0
16	80	170	39	53	228	0,83	0,7	270	0,4	170	58	42	400	0,35	1,7	540	1,0
17	85	180	41	55	255	0,83	0,7	305	0,4	180	60	44	430	0,35	1,7	585	1,0
18	90	190	43	58	275	0,83	0,7	325	0,4	190	64	47	490	0,35	1,7	655	1,0
19	95	200	45	61	305	0,83	0,7	365	0,4	200	67	49	530	0,35	1,7	710	1,0
20	100	215	51	68	380	0,83	0,7	480	0,4	215	73	53	610	0,35	1,7	850	1,0
21	105									225	77	56	670	0,35	1,7	930	1,0
22	110									240	80	58	735	0,35	1,7	1020	1,0
24	120									260	86	66	670	0,39	1,5	965	0,8

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ανδρέας Χρ. Γιαννόπουλος, Στοιχεία Μηχανών 1, 2^η έκδοση, εκδόσεις Gotsis, Πάτρα, Σεπτέμβρης 2017

Ανδρέας Χρ. Γιαννόπουλος, Μεταλλικές Κατασκευές, 2^η έκδοση, εκδόσεις Gotsis, Πάτρα, 2005

Μαλαχίας Γ. Ανυψωτικά Μηχανήματα, εκδόσεις Ίων, 2001

Χρήστος Α. Παπαδόπουλος, Στοιχεία Μηχανών, 2^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα, Πάτρα, Ιούνιος 2012

Χαρώνης Π. Ανυψωτικά Μηχανήματα, εκδόσεις Ίων, 1986

Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston jr, Elliot R. Eisenberg, Στατική, 7^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα,

Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston jr, John T. DeWolf, David F. Mazurek, Μηχανική των υλικών, 5^η έκδοση, 2012

Ηλεκτρονικές σελίδες:

<https://www.hoistdq.com>

<https://www.spanco.com>

<https://www.b2bmetal.eu>

<https://www.gorbel.com>

<https://www.crabcad.com>

<https://www.harringtonhoists.com>

<http://www.ellsenjibcranes.com>

<http://www.sungyang.com>